

Zeitschrift:	Bündnerisches Monatsblatt : Zeitschrift für bündnerische Geschichte, Landes- und Volkskunde
Herausgeber:	F. Pieth
Band:	- (1924)
Heft:	5
Artikel:	Einige Gesichtspunkte geologischer Natur zur Beurteilung der Silserseefrage
Autor:	Blumenthal, M.M.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-396346

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: 26.01.2026

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

BÜNDNERISCHES MONATSBLETT

ZEITSCHRIFT FÜR BÜNDNER.
GESCHICHTE, LANDES- UND VOLSKUNDE

HERAUSGEGEBEN VON DR. F. PIETH

—→ ERSCHEINT MITTE JEDEN MONATS. ←—

Einige Gesichtspunkte geologischer Natur zur Beurteilung der Silserseefrage

Von Dr. M. M. Blumenthal (zurzeit in Chur).

Vom geologischen Standpunkte hat sich die Silserseefrage, resp. die Konzessionserteilung und -genehmigung für das Silsersee-Bergeller Wasserkraftprojekt 1921¹ mit dem hier unten folgenden Fragenkomplex abzufinden. Teils sind die Fragen desselben rein praktisch-geologisch-physikalischer Natur, teils aber greifen sie über in die geographisch(landschaftlich)-ästhetische Betrachtungsweise. Da Veränderungen rein geologisch-physikalischer Natur das ästhetische Moment gar oft weitgehend beeinflussen können, gehen beide Fragengruppen ineinander über.

Es ist nicht beabsichtigt, die Fragen, die hier aufgestellt werden, einer geologischen oder gar hydrotechnischen Begutachtung zu unterziehen, sondern allein sie der Beantwortung

¹ Wie bekannt, liegt dem Projekt der Bergeller Kraftwerke die Ausnützung des Silsersees als Ausgleichsbecken zugrunde. (Man vergleiche zur Orientierung die Denkschrift des Konsortiums (Dr. A. Meuli): „Die Verwertung der Wasserkräfte im Bergell etc.“ Chur, Januar 1922.) Daraus ergibt sich eine Seespiegelabsenkung von bis 5,5 m.

Die der Regierung des Kantons Graubünden vorliegende Einsprache des Kreises Oberengadin und seiner Gemeinden (ausgenommen Sils), die sich begreiflicherweise scharf gegen eine Genehmi-

zu stellen; das erstere muß Sache sein einer geologischen Expertise mit eingehender geologischer und hydrologischer Orts- und Sachkenntnis. Kommt eine solche Expertise bei Beantwortung der hier aufgeworfenen Fragen — die, nebenbei gesagt, kaum neue Gesichtspunkte aufbringen, sondern mehr resumierend zusammengestellt werden — zu Schlußfolgerungen, die das Projekt vom geologischen Standpunkte aus als anfechtbar erscheinen lassen, so wäre dies nebst den schwerwiegenden rechtlichen, wasser- und volkswirtschaftlichen, ästhetischen und hygienischen Momenten ein sehr triftiger Grund, sich gegenüber dem Projekte ablehnend zu verhalten.

Wir unterscheiden als Fragen geologischer Natur:

A. Welches sind die *unmittelbaren Folgen einer zeitlichen, aber stets sich wiederholenden Tieferenkung des Silsersees auf den natürlichen Wasserhaushalt der näheren und weiteren Uferzone?*

1. Welches ist die Beeinflussung der umliegenden oberirdischen Gewässer?
2. Welches ist die *Beeinflussung des Grundwasserstromes des Inntales?*
 - a) in lokalem Sinne; findet eine *lokale Inversion des Grundwasserstromes* statt?

gung der Silserseekonzession gemäß Projekt Meuli-Salis (1921) richtet, dürfte den hier gestellten Fragen neuerdings mehr Aktualität verleihen.

Zur geographischen Orientierung für das hier Folgende dient hinreichend die der oben zitierten Denkschrift beigegebene Karte oder die Blätter 520 und 521 des Siegfried-Atlas. Der diese Besprechung erschwerende Mangel einer neueren geologischen Detailkarte des ganzen Gebietes dürfte baldigst durch das Erscheinen der geologischen Karte des Berninagebietes von Dr. R. Staub behoben werden. Über die anstehenden geologischen Formationen der linken Silserseeseite gibt die der Arbeit von Dr. H. P. Cornelius als Beilage zugefügte Karte Auskunft. (Siehe: Petrographische Untersuchungen in den Bergen zwischen Septimer- und Julierpaß. N. Jahrb. f. Min., Beil., Bd. 35, 1913.) Über den geologischen Bau des weiteren Gebietes gibt der Abschnitt: „Die Margnadecke“ in der „Geologie der Schweiz“ Bd. II₂ S. 563 von Alb. Heim eine meisterhafte Darstellung. Die epochemachenden Arbeiten von R. Staub sind darin zu einem übersichtlichen Bilde vereinigt.

b) in regionalem Sinne; wird der *Grundwasserstrom entfernterer Gebiete* *eventuell beeinflußt* und kann dadurch eine Schädigung der Mineralquellen von Sankt Moritz möglich werden?

B. Welches sind die *Einwirkungen der Tieferlegung des Silsersees auf die Seeufer?*

1. Welche Gewähr und welche Sicherungen werden geboten gegenüber *Uferrutschungen*?
2. Womit wird den Gefahren, entstehend aus einer eventuellen *Senkung des Grundwasserspiegels* begegnet?
3. Welche Gewähr ist gegeben zur Verhütung *örtlicher Versumpfung*?

Als Fragen mehr landschaftlich-ästhetischer Natur mit allgemein geologisch-geographischem Einschlag stellen sich:

C. Welchen *Einfluß übt eine Seespiegelabsenkung* des Silsersees und der von ihm abhängigen übrigen Ober-Engadiner Seen auf die *Gestaltung ihrer Uferzonen* aus:

1. in landschaftlich-ästhetischem Sinne?
2. betreffend der winterlichen Zweckbestimmung der See- flächen?

D. Ist die *Einwirkung der Abänderung des hydrographischen Systems* (künstliche Bachablenkung nach dem Silsersee) *vorteilig oder nachteilig auf die Beschaffenheit des Sees und seiner Ufer?* Welches sind deren Folgen?

Obwohl, wie eingangs gesagt, hier nur eine Fragestellung und nicht eine kritische, auf geologischer Terrainaufnahme beruhende Beantwortung der Fragen beabsichtigt ist, mag in gleicher Anordnung eine Erläuterung und kurze Diskussion des Gegenstandes am Platze sein. Die Gruppierung und Behandlung des Gegenstandes in Anlehnung an eine mehr systematische Fragestellung mag da und dort einen Punkt über Gebühr und praktische Bedeutung berücksichtigen, ein Umstand jedoch, der sich mit einer sorgfältigen Prüfung der Silserseefrage sicherlich nur deckt.

Ad A (Einfluß auf den Wasserhaushalt):

Das Silserseebecken formt einen integrierenden Bestandteil des hydrographischen Systems des Innquellgebietes. Jede natür-

liche oder künstliche Änderung wird seinen Rückschlag auf die hydrographische Struktur und geologische Formung des ganzen Gebietes ausüben.

Ad A 1 (lokale Beeinflussung oberirdischer Gewässer):

Eine Wasserspiegelabsenkung wird in der Gefällskurve eines jeden Wasserlaufes, dem das betreffende Seeniveau als Erosionsbasis dient, eine Belebung der erosiven Tätigkeit zur Folge haben. Da es sich beim Silsersee insgesamt nur um Gebirgsbäche mit kurzem Lauf und über anstehenden Fels mit Fehlen eines längeren Abschnittes über leichter erodierbare Flußalluvionen handelt, kommt dieser Einwirkung überhaupt keine praktische Bedeutung zu. Einzig bei den vorgelagerten Bachdelta (Fedozbach, Murtairach) könnte man an ein Einschneiden, also eine Erhöhung der Richtungsbeständigkeit ihrer Bäche denken, hervorgerufen durch Vergrößerung des Gefälles bei einer extrem großen Absenkung. Einer solchen, Korrektionsbestrebungen fördernden — somit vorteiligen — Einwirkung kommt im vorliegenden Falle kaum ein praktischer Wert zu, wie überhaupt die natürliche Beeinflussung des lokalen, oberirdischen Flusssystems wegen der Kleinheit der Verhältnisse keine Rolle spielt; deren Erwähnung geschah nur der Vollständigkeit halber.

Ad A 2 (Beeinflussung des Grundwasserstromes):

Das Oberengadin kann bis zum Querriegel unterhalb Campfer hydrologisch und geologisch als ein einheitliches Talbecken angesehen werden; diese Einheitlichkeit kann postuliert werden auf Grund seiner Morphologie und der leichten Zusammenhangsmöglichkeit für die Untergrundgewässer innerhalb der alluvialen resp. diluvialen Schotterausfüllung — dabei freilich eventuelle Moränen- und Bergsturzeinschaltungen vernachlässigend. Es ist deshalb kaum übertrieben, wenn man annimmt, daß das Tal von einem in sich zusammenhängenden Grundwasserstrom durchflossen wird; wir betrachten diesen Talabschnitt somit als ein großes Grundwasserbecken, in welchem die Seen, entsprechend den Hohlformen des Untergrundes, gewissermaßen nur die übertrieben großen Wasseransammlungen sind.

Einen nächsttieferen Talabschnitt repräsentiert jener von St. Moritz mit seinem Seebecken. In anbetracht der sich ein-

schaltenden Schwelle anstehenden Gesteins bei Sela unterhalb Campfer — zufolge Theobalds geologischer Karte Blatt XX — und der tieferen Lage des St. Moritzer Beckens ist ein kontinuierlicher, ungehemmter Zusammenhang des Grundwasserstromes mit jenem des oberen Talabschnittes kaum vorhanden, es müßte denn sein, daß der besagte Selariegel sich zum Teil aus losen Bergsturzmassen zusammensetzt.

Der Grundwasserstrom eines Tales ist im wesentlichen in seiner Gestalt bedingt durch das Relief der undurchlässigen Unterlage, als Ganzes betrachtet also in unserem Falle durch die Form der Talrinne im anstehenden Fels. Sein Oberflächengefälle reguliert sich sowohl nach derselben (Unterlage) als auch nach dem Wasserhaushalt der Oberfläche. Obwohl man gewöhnlich annimmt, daß die Speisung des Grundwassers in erster Linie abhängt von den Niederschlagsverhältnissen der betreffenden Gegend, kann man für die Oberengadiner Verhältnisse bei der gewiß weitgehenden Homogenität des Talbodenuntergrundes und dessen Durchlässigkeit für das Fluß- und Seewasser eine Beeinflussung des Grundwassers durch den Wasserhaushalt der Flüsse der Oberfläche, wie deren Wasseransammlungen überhaupt, nicht vollkommen in Abrede stellen. Werden die letzteren Faktoren (Oberflächengewässer) auf eine lange Dauer durch natürliche oder künstliche Vorgänge beeinflußt, so kann der Grundwasserspiegel ändern und sein Oberflächengefälle ein anderes werden. Dies geschieht einerseits durch die künstliche Wasserabsenkung im Silsersee und anderseits durch den dem Projekte zugrunde liegenden Wasserentzug für den vom Silsersee abwärts gelegenen Talabschnitt. Entsprechend der Lage gegenüber dem Silsersee, kann die Frage des Verhaltens des Grundwasserspiegels auf eine lokale und regionale Betrachtungsweise eingestellt werden.

Ad A 2a (Einfluß auf den lokalen Grundwasserspiegel):

Die Tieferlegung des Silserseespiegels, sei es um die vorerst vorgesehenen 5—6 m oder deren mögliches Maximum von 12 m, beeinflußt unmittelbar den Grundwasserspiegel des umgebenden Ufergeländes. In den jungen Alluvionen, welche den Untergrund des Bodens von Sils-Baselgia und jenen des Seesüdendes bei Maloja zusammensetzen, darf ein Grundwasser-

spiegel in sehr geringem, vom jeweiligen Seeniveau wenig verschiedenen Niveau, in den ersten, den Humus- und Schwemm- boden unterlagernden Kiesschichten vorausgesetzt werden. Das natürliche Oberflächengefälle des Grundwasserspiegels in der Alluvialebene von Sils-Baselgia ist entsprechend der Oberfläche ein sehr mäßig talauswärts geneigtes. Eine Tieferlegung des Silsersees kann für die angrenzende Alluvialebene von Sils- Baselgia eine zeitliche Inversion des Oberflächengefälles des Grundwassers in der Richtung nach dem tiefer gelegenen See zu bewirken; dies so lange, bis dasselbe sich auf das tiefere Seeniveau mit natürlichem Gefälle eingestellt hat. Das areale Ausmaß solcher lokaler Inversion ist abhängig von dem Betrag der Tieferlegung und dem Grade der Schnelligkeit, mit welcher dieselbe vor sich geht. Wohl ist der Betrag der Tieferlegung in dieser Hinsicht gering, trotzdem ist aber keine Gewähr geboten, daß demzufolge ein Teil des dem Grundwasser zustrebenden künstlich geschaffenen Innabflusses (400 Sek.l.) während der Tieferlegungsperiode nicht, wie bezeichnet, sich talabwärts richtet, sondern sich dem Silsersee zuwendet, in dieser Richtungsumkehr möglicherweise noch befördert durch die Deltastruktur des Schotterbodens.

Welche Vorsorgsmaßregeln bietet das Projekt bei der sonst schon so karg bemessenen Wasserabgabe für den „neuen“ Inn zur Vermeidung solcher Unzulänglichkeiten?

Ad A 2 b (Regionale Einwirkung auf den Grundwasserspiegel):

Die Tatsache der reduzierten Wasserzufluhr für den silsersee- abwärts gelegenen Talabschnitt während der Periode März—Mitte Juni (der Wassermengeverlust für den Inn bei St. Moritz- Bad beläuft sich nach dem Gutachten von Dr. R. Gelpke² für die erste Hälfte des Juni auf über 7000 Sekundenliter) bewirkt natürlicherweise ein Zurückgehen der Seespiegel (Silvaplana- Campfer, eventuell auch St. Moritz) unter ein ihnen auf die betreffende Jahreszeit zukommendes Niveau; eine leichte Beeinflussung der Grundwasserverhältnisse der angrenzenden Ufer,

² „Kritische Betrachtungen zur Silserseefrage“, datiert 20. April 1922, enthalten in: „Das Engadin und sein Inn und seine Seen“, Chur, Mai 1923, siehe S. 31.

insbesondere bei der Summierung dieses Vorganges über viele Jahre, kann die natürliche Folge sein.

Welche Gewähr bietet das derzeitige Silserseuprojekt zur Zuvorkommung eventuell daraus entstehender Schäden?

In diesem Zusammenhange muß auch auf eine eventuelle Beeinflussung der Mineralquellen von St. Moritz hingewiesen werden. Sämtliche drei Quellen sind nicht in anstehendem Gebirge, dem sie begreiflicherweise entströmen, gefaßt, sondern in alluvialem Grund (Lehm Boden). Gleichgewichtsveränderungen im Wasserhaushalt³ von Alluvialböden können sich auf größere Entfernung auswirken. Eine stets sich wiederholende und jeweilen für ansehnliche Zeit andauernde Reduktion in der Wasserführung des Inn und davon abhängige, wenn auch geringe Grundwasserspiegelschwankungen im Innboden von St. Moritz-Bad, könnte von nachteiligen Folgen sein. Wenn auch kein Versiegen oder eine wesentliche Ablenkung der St. Moritzer Quellen zu befürchten ist, so kann doch eine Schädigung der jetzigen Fassung, eventuell erst nach vielen Jahren, nicht vollkommen ausgeschlossen sein und verdient diese Frage, wie überhaupt das ganze Problem der Grundwasserbeeinflussung, sorgfältige Prüfung.

Ein tektonischer Zusammenhang zwischen der Silserseegegend und den Mineralquellen von St. Moritz, wie er seinerzeit durch W. v. Güm bel⁴ angenommen wurde, besteht nicht. Eine Oberengadiner Quellenspalte in der Talrichtung gibt es nicht. Die tektonischen Hauptlinien (Deckensaum und Deckenbasis, Überschiebungsflächen) verlaufen im wesentlichen quer zur Haupttalrichtung. Die Bezugnahme auf die veralteten Anschau-

³ Legt man z. B. die Zahlen, welche Dr. R. Gelpke (zit. Gutachten S. 29 u. ff., und dieser auch wieder auf den Wassermessungen des Schweizerischen Wasserwirtschaftsamtes basierend) für den dem „neuen“ und künstlichen Inn zukommenden Wasserentzug ermittelt, einer absoluten Totalschätzung zugrunde, so kommt man für eine schwache Halbjahrsperiode (Januar—15. Juni) auf ein Gesamtmano an Innwasserzufluhr bei St. Moritz-Bad von reichlich 19 Millionen Kubikmeter. Die Frage, ob dieses bedeutende Zufuhrdefizit durch andere Faktoren kompensiert zu werden vermag (?), oder ob eine Niveausenkung der übrigen Engadinerseen unter ihren Winterwasserstand und eine davon abhängige Einwirkung auf den Grundwasserstand die Folge sein kann, ist von weittragender Bedeutung.

⁴ Gutachten 30. August 1888.

ungen Gümbeis, wie dies in der Abwehrschrift der Oberengadiner Gemeinden⁵ geschieht, besteht deshalb in diesem Sinne nicht zu Recht.

Ad B (Einwirkungen auf die Seeufer):

Ad B 1 (Uferrutschungen):

Die Seeabsenkung mit einem Wasserentzug von 20 000 000 Kubikmeter enthebt die Ufer eines respektablen Gegendruckes. Die Frage nach der inneren Kohäsion der uferbildenden geologischen Formationen stellt sich unmittelbar.

Von der zirka 13 km langen Uferlinie des Silsersees fällt, abgesehen von geringer Moränen- und Gehängeschuttbedeckung, weniger als ein Viertel auf alluviale Uferumrandung. Die übrigen drei Viertel der Silserseeufer sind von anstehendem Fels begrenzt. (Im wesentlichen die Gneise und Phyllite der Margnadecke mit eingefalteter Trias, welcher Gesteinsserie sich auf der Westseite noch einzelne mesozoische Schuppen (Dolomit) und Ophiolithica zugesellen.) Alluviale Böden, deren innerer Zusammenhang begreiflicherweise sehr viel geringer ist, beschränken sich auf das obere und untere Seende und einige Bachdelta (Fedozbach, Murtairach, Ova del mulin). Wenn bedeutendere Uferbewegungen eintreten, dann betreffen sie erst diese Strecken.

Allein das obere und untere Seende besitzen sanfte subaquatische Böschungen, sind also für Uferbewegungen weniger prädisponiert. Dagegen sind die seitlichen Bachdelta steileren Uferzonen aufgesetzt; Uferabstürze und -abgleitungen sind deshalb hier bei maximaler Seespiegelabsenkung sehr wohl möglich, ja wahrscheinlich; sie sind auch schon für das Projekt Zschokke & Lüscher (Absenkung 2,6 event. 4,6 m) in dem Gutachten von Prof. Alb. Heim⁶ als wahrscheinlich angenommen worden; immerhin betreffen dieselben in ihren ersten Auswirkungen nicht sehr wertvollen Boden oder bewohntes Gelände.

Als analogen Vorgängen sei hier nur nochmals auf die Rutschungen am abgesenkten Lago Ritom, am Lac de Bret und Lac d'Arnon und auf die jüngsten Bewegungen am Davosersee hingewiesen. Die relativ plötzliche Abrutschung am Todtalpbachdelta (7. Februar 1923) bei einer Seeabsenkung von 12 m führt

⁵ Dr. F. Brügger, „Das Engadin und sein Inn etc.“, S. 16.

⁶ „Die Silsersee-Wasserwerkanlage“, Alb. Heim, G. J. Cardinaux, J. Epper u. a. Chur 1910, S. 11.

zur Frage nach der Beschaffenheit gleichartiger Deltabildungen im Silsersee und dem Grade der strukturellen Übereinstimmung mit den Verhältnissen im Davosersee. Es kommt dabei in erster Linie das weit in den See ausgreifende Delta des Fedozbaches bei Isola in Betracht. Ein eher nur approximativ gehaltener Vergleich ist durch die Gegenüberstellung der hier unten folgenden Serien von subaquatischen Böschungen ausgeführt.

Zum Vergleich der Deltaböschungen werden hier allein die *subaquatischen Uferabhänge* beigezogen; darunter sei jene Zone verstanden, welche noch eine ausgeprägte Böschungskurve aufweist und die Art der Sedimentation als Ablagerungskegel noch deutlich erkennen lässt; ihr gegenübergestellt wird die flachere *Seewanne*, welche einem stabileren Zustand der abgelagerten, zugleich auch feinkörnigeren Sedimente entspricht. Wo Seewanne und Uferabhang (resp. Deltauferabhang) ineinander übergehen, ist subjektiv zu beurteilen und kann je nach dem Grade der Kenntnis des subaquatischen Reliefs besser oder schlechter präzisiert werden. Da diesbezüglich für den Silsersee eine weniger detaillierte Karte zum Vergleich herangezogen wird⁷, als dies für den Davosersee der Fall ist⁸, so kommt jenen Zahlen auch mehr nur Schätzungswert zu.

In einer ersten Serie A finden sich die subaquatischen Deltaböschungen im Silsersee, vorwiegend am Delta von Isola; diesen werden die Böschungen der zwei hauptsächlichen Bachdelta des Davosersees (Todtalpbach und Fluelabach) gegenübergestellt (Serie B). In der dritten Serie C kommen die Teilböschungen zur Geltung, wie sie sich für den durch die stattgehabte Seeabsenkung bloßgelegten Abschnitt aus der früher hergestellten Tiefenisohypsenkarte ergeben.

Serie A: *Silserssee*:

⁷ Aufnahme von J. Hörlimann und L. v. Almen, enth. in Heim, Cardinaux ... loc. cit. Beilage 3.

⁸ Karte des Davosersees 1:1000 (Bündner Kraftwerke) von Ing. Rob. Moorr.

Deltakegel von Isola		Böschungen des subaquatischen Deltaabhangs ⁹ , ausgedrückt in:		
(Fedozbach):	Bruchform	Prozenten	Graden	
1. westlich Isola	1/8	12,5 %	7° 8'	
2. nordwestl. Isola (Deltaspitze)	1/3,8	26 %	14° 34'	
3. nordnordwestlich Isola (alte Deltaspitze)	1/2,4	41 %	22° 18'	
4. südwestlich Chaviolas	1/2,3	43 %	23° 16'	
Andere Uferpartien:				
5. Seebucht bei Capolago	1/21,7	4,6 %	2° 35'	
6. Seebucht bei Sils-Baselgia	1/9,7	10,3 %	5° 45'	
7. Kegel von Murtairach	1/2,7	37 %	20° 18'	
8. Südufer der Halbinselpitze von Chasté	1/1,6	62 %	44° 43'	
(Steilufer mit anstehendem Fels: Gneis-Schichtköpfe.)				
Serie B: <i>Davosersee</i> (Gesamtböschungen):				
Fluelabach-Delta:				
1. Deltaspitze	1/2,9	34 %	18° 47'	
2. Nordostseite des Delta (nächst Zuleitungskanal des Fluela- baches)	1/3,7	27 %	15° 7'	
Todtalpbach-Delta:				
3. Deltaspitze	1/2,27	44 %	23° 45'	
4. Delta-Ostrand (nächst Höh- wald; kombiniertes Delta)	1/3,8	26 %	14° 34'	
5. Westlicher Deltarand nächst Liebesinsel	1/2,5	40 %	21° 48'	
Serie C: <i>Davosersee</i> (Teilböschungen):				
Fluelabach-Delta:				
1. Deltaspitze	1/2	50 %	26° 34'	
2. Nordostseite des Delta beim Zuleitungskanal	1/2,9	34 %	18° 47'	
3. Nordwestseite des Delta	1/3,5	28 %	15° 39'	
Todtalpbach-Delta:				
4. Deltaspitze	1/1,8	55 %	28° 49'	
5. Delta-Ostrand nächst Höh- wald	1/4	25 %	14° 2'	
6. Westlicher Deltarand nächst Liebesinsel	1/2	50 %	26° 34'	

Ein Vergleich der Serien A und B zeigt, daß die Davosersee-Delta eher stärkere subaquatische Böschungen — insbesonders an den Deltakonvexitäten — als jenes des Fedozbaches aufweisen, somit für Abrutschung bei Aufheben des Gegendruckes mehr prädisponiert waren. Deren Steilheit in ihrem oberen Abschnitt tritt besonders in der Serie C in Erscheinung. Obwohl das Fluelabach-Delta eine recht beträchtliche Böschung (Deltaspitze!) aufweist, hat dasselbe bis anhin der Druckentlastung standgehalten. Dessen Ursache kann vielfacher Natur sein (z. B. Unterstützung durch anstehende Gesteinsschwelle — auch für Isola in Betracht kommend —, Materialzusammensetzung, dichtere Packung, möglicherweise hervorgerufen durch die Korrektion [Ablenkung] des früheren Fluelabaches).

Der allgemeine Vergleich fällt nicht zu Ungunsten der Standfestigkeit des Deltas von Isola (Fedozbach) aus. Eine stichhaltige günstigere Prognose darf daraus aber gewiß noch nicht abgeleitet werden; man vergleiche nur den steileren nördlichen Ufersaum. Außerhalb einer gefährdeten Zone für Abgleitungen liegen dagegen die Ufer bei Sils-Baselgia und Capolago.

Von besonderem Interesse ist es ferner, zu erfahren, daß die ausgeglichenen Deltaböschung („la pente moyenne actuelle du talus effondré“)¹⁰ nach der Abrutschung am Todtalpbach-Delta sich auf zirka $1/5$, (= 18% oder $10^0 12'$) einstellte. Dieser Gleichgewichtszustand war somit als Folge der Absenkung angestrebt. Diese Neigung unterbietet einen mittleren Gehängewinkel des Isolakegels recht ansehnlich, woraus auf den sehr heiklen Gleichgewichtszustand, in welchen dieser bei der Seeabsenkung kommen kann, geschlossen werden muß.

⁹ Das Niveau Seewanne-Uferabhang wird für den Davosersee mit der Tiefenishypse von 1522 m (Normalniveau des Seespiegels 1562 m), für den Silsersee mit der Isohypse 1770 m (Sommerseespiegel 1800 m, Hochwasserstand zirka 1801 m) angenommen; die letztere Abgrenzung von Seewanne zu Uferabhang basiert auf einer eher zu wenig tiefen Niveaulinie.

Da die Deltaböschung dabei besser zum Ausdruck kommt, wurde für das Fluelabachdelta der Normalseespiegel auf 1561 m angenommen.

¹⁰ Rapport d'expertise géologique sur l'affaissement des rives du Lac de Davos, von Prof. M. Lugeon, S. 3 (Priv.), dat. 1. März 1923.

Die Abrutschung am Davosersee vollzog sich unter besonderen Umständen¹¹ längs der ganzen Breite des Todtalpbach-Deltas, umfaßt also alle Böschungen, die innerhalb den Zahlenwerten — teils sogar noch über dieselben steigend — liegen, welche für drei Deltaprofile hier angeführt wurden (Serie B und C: 3—5 resp. 4—6); die dem See zugekehrte Breite betrug zirka 330 m, während die landeinwärts gerichtete Tiefe der Abrutschung zwischen 60 und 80 m liegt. Übertragen auf das bedeutend größere Delta des Fedozbaches, nehmen sich die Größenverhältnisse der Davosersee-Abrutschung nur wie ein kleines Schürfungssegment aus, so daß eine von Abrutschung bedrohte Randzone weitab läge (zirka 200 m) von dem besiedelten Teile des Fedozbach-Deltas.

Subaquatische Rutschungen, welche sich ebenfalls als Folge der Druckentlastung im tieferen Deltateil, wie überhaupt längs allen Ufern bilden können, dürften in anbetracht der kleinen Verhältnisse kaum von einiger Bedeutung sein; wo sie entstehen, freilich, begünstigen sie die Bildung von Uferrutschungen.

Nach diesem vergleichenden Exkurs über die Voraussetzungen über Deltabewegungen, wie solcher von Alluvialböden überhaupt, erübrigt noch die Möglichkeit der Bewegung festerer Uferzonen zu berücksichtigen. Kleinere Bergschlippe oder Gehängerutschungen scheinen mir jedoch nirgends gefahrdrohend werden zu können.

Anstehende Formationen weisen mit geringen Ausnahmen kein solche Bewegungen begünstigendes Schichtstreichen und -fallen auf; dasselbe quert das Seebecken oder steht in spitzem Winkel zu demselben. Die innere Festigkeit anstehender Formationen ist groß genug, um der sie etwa betreffenden Druckentlastung standzuhalten.

Lokale kleine Rutschungen im Gehängeschutt und in der Moränenbedeckung können freilich da und dort durch die Seeabsenkung bewirkt werden. An Stellen, wo solches in erster Linie sich zutragen kann (Seeufer zwischen Ova della Roda und Sils-Baselgia, sowie das Ufer längs der Bosca della Palza), ist

¹¹ Nach Ing. Rob. Moor zufolge „Zerquetschen“ der unteren Deltaschicht, verursacht durch Belastungszunahme der oberen infolge Trockenlegung. Man vergleiche: „Der Uferabbruch am Davosersee“, von Ing. Robert Moor. „Schweiz. Bauztg.“ Nr. 5, 1923.

einerseits der Gehängeschutt sehr groß- und rauhblockig, andererseits aber ist die Schuttbedeckung von weniger sensiblem, moränigem Einschlag, so daß die bestehenden Böschungen als recht bestandfähig angesehen werden können. Kunststraßen kommen so, mit eventueller Ausnahme unterhalb Gravasalvas, kaum in Gefahr, und wo kleine Gehängerutschungen am ehesten ausgelöst werden (Ufer längs la Palza), betreffen sie nur kleine Pfade; immerhin verunstalten solche das dortige liebliche Seegelände.

Noch sei die Bemerkung hier angefügt, daß die künstliche Seespiegelschwankung des Silsersees nicht in allgemeiner Weise mit natürlichen Seespiegelschwankungen anderer Schweizerseen verglichen werden kann¹². Es handelt sich bei diesen meistens nicht um Tieferlegung unter ein Minimum oder auch Normalstand, sondern um positive Schwankungen (Steigen der Gewässer), was nicht von gleichen Wirkungen begleitet ist; übrigens ist von Fall zu Fall die geologische Gestaltung der zu vergleichenden Seebecken zu berücksichtigen.

Ad B 2 (Bodenbewegungen durch Senkung des Grundwasserspiegels):

Unter A 2 ist schon auf die Beeinflussung des Grundwasserspiegels hingewiesen. Neueste Erfahrungen haben die Sensibilität der Untergrundverhältnisse in der Wasserführung deutlich demonstriert. Die Ausführungen im Gutachten von Ing. F. Frey-Fürst¹³ über die gemachten Erfahrungen in Engelberg (Grundwasserentnahme in Alluvialboden) sprechen warnend. Eine Beeinflussung auf bis 500 m Abstand von der Wasserentzugstelle, welche sich in kurzer Zeit durch Setzungen und entsprechendem Gebäudeschaden kund tat, zwingt zu Vergleichen mit der Silserseeabsenkung und deren Beeinflussung des Grundwasserspiegels. Der Weiler Sils-Baselgia, der nur zirka 100 m vom Seerand absteht, fällt unmittelbar in den Bereich solcher Einwirkungen.

Welche Vorsichtsmaßregeln enthält das Silserseeprojekt zur Vermeidung solcher Schädigungen, welche sich auch an andern Seeuferrändern wiederholen können?

¹² Vgl. Denkschrift des „Bergeller Konsortiums“ (loc. cit.) S. 23, sowie dessen Beilage Nr. 3.

¹³ „Gutachten über die Ausnützung und Verwertung der Wasserkräfte im Bergell etc.“ dat. 20. März 1922, S. 9.

Betreffend das südliche Seende ist die Einwirkung einer Grundwasserspiegelveränderung resp. -schwankung auf eventuell eingeschaltete Torfnester, welche innerhalb des dortigen moränenigen Untergrundes etwa vorausgesetzt werden könnten, ins Auge zu fassen. Deren Gestaltveränderungen (große Schwellfähigkeit des Torfes) könnte für benachbarte Gebäudekeiten verhängnisvoll werden.

Ad B 3 (Örtliche Versumpfung):

Obwohl die Absenkung nur eine zeitliche und größtenteils während der Wintermonate ausgeführte ist, darf die Möglichkeit einer lokalen Versumpfung, welche die flachen Böden von Sils-Baselgia und Capolago betreffen könnte, nicht vollkommen außer acht gelassen werden. Der stets wiederkehrende Vorgang lässt es als nicht ausgeschlossen erscheinen, daß eine Sumpfvegetation auf dem derzeitig noch wasserbedeckten Boden bei nicht hinreichender oder nicht hinreichend wirksamer Drainage festen Fuß fassen kann, was ohnehin durch die lehmige Moränenunterlage (Copolago) begünstigt würde.

Nächst den bis anhin diskutierten Fragen, welche physikalisch-geologischer Natur sind, müssen noch solche gestellt werden, die mehr das geographisch-landschaftliche Moment berühren und im Grunde genommen von den erstgenannten Faktoren abhängen.

Ad C 1 (Beeinflussung resp. Verlegung der Uferlinie):

Eine Tiefenisohypsenkarte zeigt die Konfiguration des Seeuntergrundes (vgl. Aufnahme von J. Hörlimann und L. v. Almen). Die Wasserspiegelabsenkung reduziert die Oberfläche des Sees von der 1800-m-Kurve auf das Areal der 1795-m-Tiefenkurve, welche Einschränkung das Seeareal um zirka 490 000 m² kleiner macht.

Diese Reduktion macht sich in der flachgeböschten Seeumrandung durch Bloßlegung ausgedehnter Schlammflächen und Kiesböden (Copolago, Bucht von Sils-Baselgia und Bucht von Laret) und längs den steiler geböschten Uferzonen als unschönes, nacktes und unnatürliches Uferband geltend. Schneedeckung hebt diese Verunstaltung natürlicher Verhältnisse nicht vollkommen auf; der einmal gemachte Eingriff in den von

der Natur geschaffenen Gleichgewichtszustand beleidigt das Auge des Naturbeobachters. Absolute Vorbeugung dieser Nachteile ist *eo ipso* nicht möglich.

Ähnliche Benachteiligung droht zufolge des zuvor Gesagten, wenn auch in geringerem Grade, den übrigen Oberengadiner Seen.

Ad C 2 (Eisbrüchige Ufer):

Die freigelegte Uferzone ist während der Winterzeit der Eisplattenbildung ausgesetzt; die Zugänglichkeit der Eisflächen, wie überhaupt die Brauchbarkeit der Eisflächen als Sportterrain wird beeinträchtigt. Welche Vorbeugungsmaßregeln bietet das derzeitige Projekt gegenüber solchen Schädigungen, insbesonders der dabei hauptsächlich beteiligten St. Moritzer Interessen?

Ad D (Einwirkung der Bachablenkungen):

Die Uferlinie wird des weiteren beeinflußt durch die geplante Einleitung der Orlegna und des Fexbaches in den Silsersee. Beides sind Gletscherbäche mit einem hohen Grad feinster Trübung, hervorgerufen durch feinlehmiges Material; deren Geschiebeführung ist zur Zeit, wo ihre Wasser sehr benötigt (Ende Mai-Juni-Juli), eine sehr bedeutende. Ihre Einleitung in das Silserseebecken bewirkt erhöhte Trübung und Sedimentation. Feinster Glazialschlamm bleibt lange suspendiert; Kläranlagen bieten dafür kaum ein absolutes Vorbeugungsmittel; ebensowenig Geschiebesammler für das Geschiebe. Die Mündungsstellen der zugeleiteten Bäche liegen ohnehin in eher seichten Seebuchten (insbesonders jene der Orlegna), so daß die Folgen ihrer Sedimentation sich in relativ kurzer Zeit bemerkbar machen können. (Prof. Alb. Heim schätzt die jährliche Geschiebezufluhr auf zirka 13-14 000 m³.) Seetrübe dieser Gletscherbäche, erhöht durch die Uferbespülung während des Auffüllungsvorganges des Sees, verunstalten dessen Reiz....

Die Fragen spezieller und allgemein geologisch-geographischer Natur, die das Silserseuprojekt aufwirft, sind hier gestellt, erläutert und da und dort nach ihren Folgeerscheinungen, Vergleichsobjekten und ihrer Opportunität beurteilt. Eine allseitige und unvoreingenommene Prüfung derselben wird nächst den übrigen Gesichtspunkten mitbestimmend sein müssen, ob das Bergeller Wasserkraftprojekt im Interesse der Talschaft liegt, in welcher die beeinflußten Gewässer sich befinden.