Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 81 (1989)
Heft: 4-5

Artikel: Das Delta der Grossen Melchaa im Sarnersee
Autor: Lambert, André
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940467

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: 15.07.2025

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

Das Delta der Grossen Melchaa im Sarnersee

André Lambert

Zusammenfassung

Im Jahr 1880 wurde die Grosse Melchaa durch eine Flusskorrektion in den Sarnersee geleitet, wo sie seither mit ihrer Feststoffracht ein Delta aufschüttet. Weil der Seegrund vor dieser Flussumleitung genau ausgelotet wurde, liess sich das Wachstum des gesamten Deltas nach 107 Jahren durch eine Neuvermessung im Herbst 1987 auf rund 1,5 Mio m³ bestimmen. Der Vergleich mit einer Seelotung aus dem Jahr 1911 zeigt, dass der Feststoffeintrag in den ersten 31 Jahren stärker war als seither. Zwischen 1880 und 1911 hat sich eine subaquatische Rutschung im Delta ereignet.

1. Einleitung und historischer Rückblick

Bis zum Jahr 1880 floss die Melchaa nach ihrem Austritt aus dem Grossen Melchtal im Gebiet der «Chalcheren» um den Felssporn des Ennetriederwaldes herum, nordöstlich des Kapuzinerklosters vorbei und mündete im Bereich der Unteren Allmend in die Sarneraa, knapp 2 km unterhalb dem Sarnersee (Bild 1, [1]). Erst seit vor mehr als einem Jahrhundert der Unterlauf kanalisiert und nach Südwesten abgelenkt wurde, bildet die Grosse Melchaa einen Zufluss des Sarnersees. Anlass zu dieser Umlenkung war die zunehmende Behinderung des Abflusses aus dem See durch das Geschiebe der Melchaa, was oft zu einem Rückstau mit Überschwemmungen (zuletzt 1830) geführt hatte. Zudem konnte durch diese Korrektion eine grosse Fläche Kulturland gewonnen werden. Aus dem «Vierten Amtsbericht über die Staatsverwaltung des Kantons Unterwalden ob dem Wald» (1884) [2] geht hervor, dass bereits vier Jahre nach der Umleitung die Sohlenvertiefung der Sarneraa beim ehemaligen Melchaa-Einlauf drei Meter betrug. Mit der Begradigung der Sarneraa in den folgenden Jahren wurde die Abflusssituation noch weiter verbessert und stabilisiert.

Durch die Umleitung der Melchaa wurde das Einzugsgebiet des Sarnersees am 8. Juni 1880 von 195 km² auf 267 km², d.h. um 72 km² (= 37%) vergrössert, was neben der veränderten Wasserbilanz vor allem Auswirkungen auf den Feststoffeintrag in den See zur Folge hatte. Im bereits zitierten Amtsbericht von 1884 ist schon von einem «grossen Delta» die Rede, das sich nach nur vier Jahren «durch Geschiebezufuhr in sehr beträchtlichem Masse» am See gebildet hatte [2]. Das Wachstum dieses Deltas bis zum Jahr 1987 konnte nun auf Anregung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich mit einer vom Bundesamt für Wasserwirtschaft in Auftrag gegebenen Neuvermessung des Seegrundes ermittelt werden. Der Kanton Obwalden unterstützte das Vorhaben finanziell und stellte die einmaligen Planunterlagen zur Verfügung. Ing. *W. Eicher* vom Tiefbauamt Sarnen sei für seine Bemühungen bestens gedankt.

2. Bisherige Seegrundaufnahmen

Aufnahme vor 1880

Es ist als seltener Glücksfall zu bezeichnen, dass *vor* Beginn der Arbeiten für die Melchaa-Umleitung das Gebiet des zukünftigen Deltas im Sarnersee bathymetrisch aufgenommen worden ist. Sehr wahrscheinlich war die geplante Umleitung der Anlass für diese Aufnahme; auf jeden Fall sind auf dem vorliegenden Plan (1:2000), der in den Archiven des Obwaldner Baudepartementes aufgefunden wurde, neben den Höhenkurven im See auch zwei Varianten der Linienführung für das kanalisierte Gerinne eingetragen. Obwohl das Dokument (Plan-Nr. 6574/F) nicht datiert ist, stellt es also die Seegrundtopographie unmittelbar vor der Melchaa-Korrektion von 1880 dar. Das Trassee der Brünigbahn – allerdings ohne Geleise – ist ebenfalls eingezeichnet; die Bahn wurde im Jahr 1888 eröffnet.

Neben den Höhenlinien sind im Plan auch knapp 300 kotierte Lotungspunkte eingetragen, die bei einer Dichte von rund 6 Punkten/ha ein Geländemodell von beachtlichem Detaillierungsgrad darstellen. Allerdings bestehen keine Angaben über die damals angewandte Vermessungsmethode, so dass mögliche Fehler nicht abgeschätzt werden können; erfahrungsgemäss wurden aber zu jener Zeit mit den zur Verfügung stehenden, vergleichsweise primitiven Mitteln erstaunlich präzise See-Aufnahmen gemacht. Der Plan enthält zwar kein Koordinatennetz, doch umfasst er das gesamte untere Seebecken bis Kirchhofen und lässt sich anhand des erwähnten Bahntrassees, des projektierten Einmündungskanals sowie von heute noch bestehenden Details, wie Steinibächli, Galgenbächli, Bootshäuser, Ausmündung der Sarneraa usw., recht präzise in den neuen Plan von 1987 einpassen, um die Veränderungen des Seegrundes nach 107 Jahren zu bestimmen.

Aufnahme von 1911

Das neu entstandene Delta wurde im Jahre 1911, d.h. nach 31 Jahren, erstmals ausgelotet. Ein Vergleich mit dem ursprünglichen Seegrund wurde damals aber offenbar nicht gemacht – zumindest konnten in den Archiven weder entsprechende kartographische Darstellungen noch Kubaturberechnungen aufgefunden werden. Vom 1911er Höhenkurvenplan (mit durchschnittlich 7 kotierten Lotungspunkten pro ha) steht aber nur eine alte Lichtpause zur Verfügung, die zudem keine Koordinaten-Angaben enthält. Die einzigen Anhaltspunkte zur Einpassung in den neuen Plan (zwecks Vergleich der Topographie) waren die Brünigbahnlinie und deren Brücke über die Melchaa.

3. Die Neuvermessung im Jahre 1987

Das vom Bundesamt für Wasserwirtschaft beauftragte Ingenieurbüro Dr. *Schlund,* Freienstein, führte die Vermessungsarbeiten im November/Dezember 1987 durch. Die Tiefenprofile wurden kontinuierlich echographisch entlang

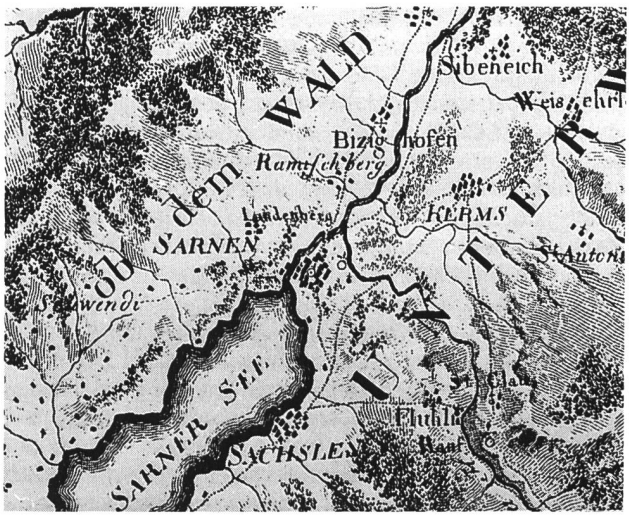

Bild 1. Tal der Sarneraa zwischen Sarnersee und Alpnachersee aus dem Atlas von *Joh. Rudolf Meyer* und *Heinrich Weiss* (1796; aus *Grosjean,* 1971 [1]): Die Grosse Melchaa fliesst noch unterhalb von Sarnen in die Aa. Im Jahr 1880 wurde der Bach korrigiert und in den Sarnersee geleitet, wo seither das Geschiebe aus dem Melchtal in einem Delta abgelagert wird.

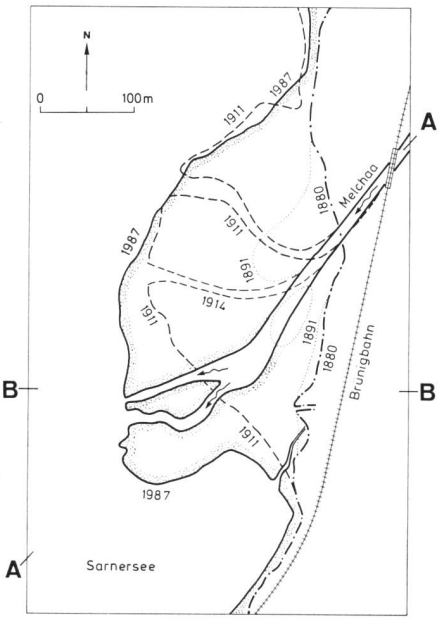

Bild 2. Veränderungen der Mündungsverhältnisse und der Uferlinie im Bereich des Melchaa-Deltas von 1880 bis 1987. A–A und B–B: Lage der Profile von Bild 5.

Bild 3. Diese Flugaufnahme zeigt den Zustand des Melchaa-Deltas am 7. Juli 1949. Im Mündungsgebiet erkennt man die Gebäude der Schrapperanlage, mit der bis in die 50er Jahre grössere Kiesmengen aus dem Delta gefördert wurden (Fotoswissair).

radial angeordneter Messlinien von zwei Landstationen aus aufgenommen. Für die Einmessung der Schiffsposition kam ein elektronischer Theodolit Wild T 1000 mit Distomat DI4S zum Einsatz. In regelmässigen Abständen von etwa 25 m wurden polare Messdaten einzelner Punkte gespeichert, um daraus die Landeskoordinaten Y, X zu berechnen. Deren mittlerer Fehler liegt innerhalb von ±1,0 m, was für die Interpolation von 1 m-Höhenkurven im Massstab 1:2000 ausreicht. Insgesamt wurden 1993 Punkte bestimmt; für die Fläche von rund 116 ha ergibt dies eine durchschnittliche Punktdichte von 17,2 pro ha. Alle Original-Dokumente der Neuvermessung sind in der Landeshydrologie und -geologie (BUS) archiviert.

4. Ermittlung des Deltawachstums

Veränderungen der Mündungsverhältnisse

Die Entwicklung des heute über dem Wasserspiegel liegenden Teils des Deltas ist in Bild 2 dargestellt. In den Archiven des Bundesamtes für Landestopographie befindet sich ein Plan (1:25000) der Seelotung von 1891 (Messtischaufnahme von *L. Suter* und *L. v. Allmen),* der also das erst elf Jahre junge Delta dokumentiert; die Melchaa floss damals praktisch in geradliniger Fortsetzung des Einmündungskanals in den See. Eine kleine Mündungsinsel deutet die Aufteilung in zwei Arme an (Bild 2). 20 Jahre später mündete die Melchaa – wie aus dem Plan von 1911 hervorgeht – nicht mehr geradeaus in den See, sondern schwenkte am Ende des kanalisierten Laufs in scharfem Bogen nach rechts, um sich in westnordwestlicher Richtung in den See zu ergiessen (Bild 2). Unklar bleibt, wie lange diese Mündung bestanden hat: In einem Situationsplan aus dem Jahre 1914 ist sie noch verzeichnet; zusätzlich hatte sich in der Zwischenzeit ein neuer Arm geöffnet, dessen Mündung etwa 100 m weiter südlich lag. Diese Änderungen des Flusslaufs auf dem Schuttkegel bekunden den dynamischen Verlauf der Deltabildung, der durch wiederholtes Durchbrechen neuer (kürzerer!) Mündungsarme gekennzeichnet ist.

Auf Luftbildern (Bild 3) und auf dem Übersichtsplan der Schweizerischen Grundbuchvermessung aus dem Jahre 1951 (Blatt Sarnen) ist nur noch eine Mündung verzeichnet, und zwar etwa in der gleichen Lage, wie sie heute noch vorliegt. In der Zwischenzeit waren die Uferverbauungen des Mündungskanals weiter vorgestreckt worden. Seither scheint sich an der Einmündungsrichtung auch keine tiefgreifende Änderung mehr ergeben zu haben. Zwecks Erhaltung der Mündungsinsel wird der rechtsseitige Arm zeitweise etwas ausgebaggert.

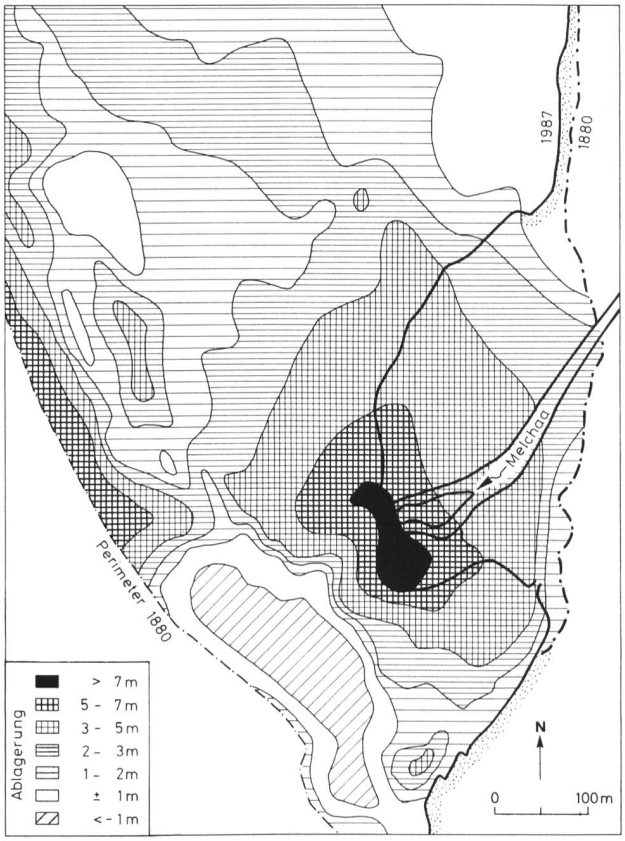

Bild 4. Verteilung der Ablagerungshöhen im Melchaa-Delta von 1880 bis 1987. Im Nordwesten überlappen sich die Sedimentationsgebiete der Melchaa und des Blattibachs, ohne dass sie genau abgegrenzt werden können.

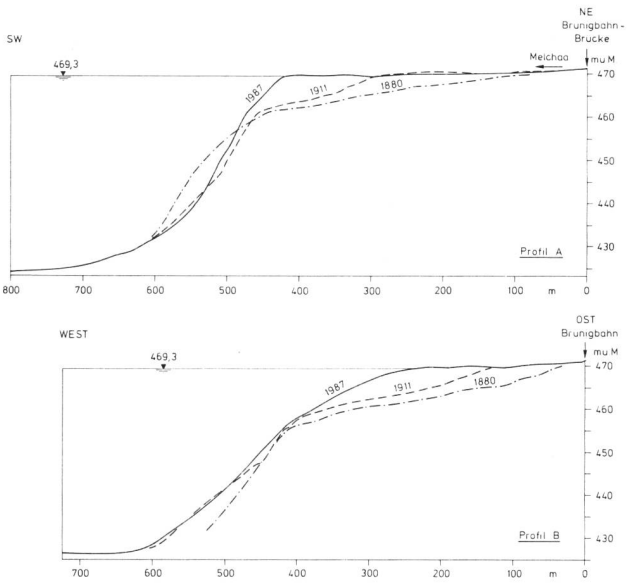

Bild 5. Entwicklung des Melchaa-Deltas, oben (A–A) dargestellt an einem Profil in der geradlinigen Verlängerung des Einmündungskanals und unten (B–B) in einem Ost-West-Profil. Die Lage der Profile ist aus Bild 2 ersichtlich.

Deltawachstum von 1880 bis 1987

Durch Vergleich der Seegrundaufnahmen von 1880 und 1987 wurden die entsprechenden Höhenunterschiede (kotierte Lotungspunkte und Höhenlinien-Schnittpunke) ermittelt. Sie dienten als Grundlage für die Konstruktion von Linien gleicher Höhenänderung («Isallohypsen»). Die Höhenangaben der Vermessung von 1880 mussten zuvor um −3,26 m korrigiert werden, da sich diese noch auf den alten Wert des Nullpunktes RPN 376,86 m ü.M. beziehen. Der Plan mit den Linien gleicher Höhenänderung diente der Bestimmung von Ablagerungs- bzw. Erosionskubaturen und der Darstellung ihrer räumlichen Verteilung (Bild 4).

Das in Bild 2 illustrierte, rasche Vordringen der Deltafront ist darauf zurückzuführen, dass die Schüttung in vergleichsweise geringen Wassertiefen erfolgte, weil sich der Seegrund, schon vor der Korrektion, vom Ufer aus schelfartig ausdehnte, um erst in knapp dreihundert Meter Entfernung in eine steilere Böschung überzugehen (Bilder 5 A und B). Diese Böschung ist als Relikt des späteiszeitlichen Schuttkegels der Melchaa zu betrachten, der damals gemeinsam mit dem Geschiebe des Mülibachs zum Aufstau des Sarnersees beigetragen hatte [3].

Das in Bild 4 schräg schraffierte «Erosionsgebiet» ist im Profil A (Bild 5) deutlich als Rutschung (etwa 60000 m³) im steilen Bereich der Delta-Vorschüttung zu erkennen. Da der Vermessungsperimeter der 1880er Aufnahme nicht weit genug über den Deltafuss hinausreicht, erscheint das abgerutschte Material nicht im topographischen Vergleich. Wahrscheinlich könnte es aber mit Sediment-Bohrungen nachgewiesen werden; solche Massenbewegungen in Deltaschüttungen sind bekannte Phänomene, die verschiedentlich dokumentiert werden konnten [4]. Bemerkenswert am Beispiel des Melchaa-Deltas ist, dass offenbar die Auflast des neu eingeleiteten Geschiebes die *bereits vorhandene* Böschung im See stellenweise destabilisierte und ins Rutschen brachte. Wie aus dem Profil in Bild 5 a ersichtlich, muss sich diese Massenbewegung schon vor 1911 ereignet haben. Da solche Geländebrüche meist durch hochwasserbedingte Feststoffschübe ausgelöst werden [4], ist es denkbar, dass das Schadenhochwasser von 1910 die Rutschung im Melchaa-Delta verursacht hat.

Innerhalb des Vermessungsperimeters von 1880 beträgt die *Volumenzunahme des Melchaa-Deltas* bis 1987 etwa 1,2 Mio m³ (weitere 200000 m³ stammen aus dem Einzugsgebiet des Blattibachs westlich von Sarnen). Sowohl aus den Profilen (Bild 5) als auch aus der räumlichen Verteilung der Sedimente (Bild 4) geht aber unzweifelhaft hervor, dass das heutige Delta der Melchaa über den Vermessungsperimeter von 1880 hinausreicht. Es ist deshalb in diesem «Saum» am Fuss des Deltas nicht möglich, die Kubatur der Ablagerung genau zu bestimmen. Eine Abschätzung aufgrund der heutigen Topographie und der mutmasslichen Höhenlage des Seegrundes im Jahre 1880 ergibt ein Volumen zwischen 100000 und 200000 m³.

Für die *Periode von 1911 bis 1987* wurde durch Vergleich der entsprechenden topographischen Unterlagen ein Wachstum von rund 400000 m³ ermittelt. In diesen Zeitraum fallen aber Baggerungen auf dem Delta: in den 40er und 50er Jahren bestand auf dem östlichen Teil des Deltas eine durch das Zuchthaus Sarnen betriebene Schrapperanlage (Bild 3), mit der grössere Feststoffmengen gefördert wurden. Sporadisch wird bis heute mit mobilen Geräten auf dem Delta gebaggert. Da über diese Schürfungen nicht systematisch Buch geführt wurde, sind die Kubaturen schwer zu beziffern; nach Schätzungen der zuständigen Behörden dürften es etwa 50000 m³ sein, wobei diese Zahl nach Ansicht verschiedener älterer Einwohner als Minimum eingeschätzt wird. Im Flusslauf oberhalb der Einmündung wurden nach Angaben des Tiefbauamtes des Kantons Obwalden seit 1975 aus der Melchaa («Chalcheren», etwa 2 km oberhalb der Mündung, und beim «Sandbett», nahe dem Campingplatz) insgesamt rund 40000 m³ Kies entnommen.

Unter Berücksichtigung dieser Materialgewinnung bewegt sich also die Feststoffakkumulation im Delta der Melchaa für den Zeitraum 1911 bis 1987 im Bereich von einer halben Million Kubikmeter, oder im Mittel 6000 bis 7000 m³ pro Jahr.

In den 70er Jahren wurde das Delta künstlich vergrössert, als dessen südwestliche Spitze («Sandbett») mit rund 5000 m³ aufgeschüttet und durch einen Blockwurf gegen Erosion geschützt wurde.

Aus den topographischen Vergleichen und den abgeschätzten Baggerkubaturen resultiert der Befund, dass das Delta in den ersten 31 Jahren (1880 bis 1911) bereits ⅔ des heutigen Volumens erreicht hatte. Unmittelbar nach der Korrektion erfolgte der stärkste Eintrag, solange sich das von Menschenhand geschaffene Flussbett den Abflussbedingungen anpasste. Dies bestätigen Berichte über die Veränderungen des Seeufers nach der Umleitung [2]. Einige ausserordentliche Hochwasserereignisse, namentlich das Unwetter von 1910, waren ebenfalls an diesem schnellen Wachstum wesentlich beteiligt.

Das verlangsamte Wachstum in der zweiten Vergleichsperiode ist auf das Ausbleiben schwerer Unwetter zurückzuführen, wobei auch die zeitweise intensive Kies- und Sandgewinnung bis in die Gegenwart dazu beigetragen hat.

Ablagerungen ausserhalb des Deltas

Die bereits im Abschnitt 4 erwähnte Karte der Seelotungen von 1891 aus den Archiven der Landestopographie deutet – zumindest punktweise – auch ausserhalb des eigentlichen Deltas eine Verringerung der Wassertiefe um 1 bis 1,5 m an. Obwohl es viel zu wenige Punkte sind, um eine generelle «Hebung» des Seegrundes infolge der deltafernen Sedimentation zu postulieren, scheint eine Prüfung dieses Befundes, zum Beispiel durch Entnahme und Analyse von Sediment-Kernproben, angezeigt. In solchen Kernen würde man wahrscheinlich die veränderte Sedimentation nach der

Melchaa-Umleitung erkennen können, analog etwa dem «Linthschnitt» in den Ablagerungen des Walensees, der die Einleitung der Glarner Linth im Jahr 1811 dokumentiert [4].

5. Erosion im Einzugsgebiet

Das 72 km² grosse Einzugsgebiet der Grossen Melchaa liegt geologisch gesehen in den helvetischen Kalkalpen («Wildhorn-Decke»); an seinem Aufbau massgeblich beteiligt sind vor allem erosionsresistente Jura- und Kreidekalke sowie etwas Tertiär im Unterlauf. Als Feststoffherde kommen demzufolge in erster Linie Gehänge-, Lawinen- und Bachschuttkegel sowie Moränen und allenfalls versackte Hangpartien in Betracht.

Bautechnische Massnahmen in Wildbachgerinnen drängten sich bisher dank günstiger Bodenverhältnisse nicht in grossem Umfang auf; ihre Wirkung auf den Feststofftransport kann deshalb weitgehend vernachlässigt werden.

Einen – wenn auch untergeordneten – Einfluss auf die Geschiebeführung der Melchaa hat die im Jahr 1933 erstellte Fassung Rismatt des Elektrizitätswerks Obwalden (EWO), die bis 10 m³/s Wasser aus ihrem 50,6 km² grossen Einzugsgebiet durch einen 6 km langen Freilaufstollen via Kleine Melchaa zum Lungernseewerk überleitet [5]. Dieses Einzugsgebiet ist nicht ausgesprochen feststoffaktiv. Zwar können Bäche wie der Tummlibach, der Diesselbach (= Sagibach), der Büelgraben sowie einige Runsen (Rüteligraben, Turrengraben, Stollengraben) bei Hochwasser Geschiebe führen und gelegentlich auch mal die Strasse verschütten; grössere Übermurungsschäden sind aber offenbar selten. Die Zubringer Bettenalpbach und Cheselenbach aus dem hinteren Teil des Einzugsgebietes sind ebenfalls potentielle Geschiebelieferanten; sie führen aber zeitweise kein Wasser, und der Bewuchs der Steine dokumentiert, dass das Geschiebe schon seit einiger Zeit nicht mehr in Bewegung war. Die geringe Wasserführung ist wohl eine Folge der von Karstphänomenen geprägten unterirdischen Entwässerung.

Nach Angaben des EWO sieht die Feststoffbewirtschaftung der Wasserfassung Rismatt wie folgt aus: Etwa alle drei Jahre werden im Maximum 10000 m³ Kies und Sand aus dem Fassungsbecken gebaggert. Daraus kann eine mittlere jährliche Feststoffracht von maximal rund 3000 m³ abgeleitet werden. Spülungen des Beckens sind in der Regel nur im Herbst zur Entfernung des anfallenden Laubes erforderlich; das dabei mobilisierte Geschiebe ist mengenmässig vernachlässigbar, ebenso die einmal jährlich durch Spülung der (Dufour-)Entsanderanlage der Melchaa zurückgegebenen Feststoffe.

Bild 6. Der Acherlibach bringt bei Hochwasser sehr viel Geschiebe in die Melchaa. Bei normaler Wasserführung erscheint sein Bett ausgetrocknet und zu gross.

Massgebend für den Geschiebetransport bis zum Sarnersee ist vor allem das Teileinzugsgebiet von 21 km² *unterhalb der Fassung;* hier befinden sich auch die ergiebigsten Feststoffzubringer: in erster Linie der Acherlibach (Bild 6), der Eistlibach und der Teufibach (Lawinenschutt im Frühjahr) sowie diverse namenlose Runsen und Geländeabrisse in der Schluchtstrecke unterhalb Hinter-Teufibach.

Aus dem bathymetrisch ermittelten Deltawachstum seit 1880 (Abschnitt 4), den abgeschätzten Baggerkubaturen im Mündungsbereich und den Kiesentnahmen bei der Fassung Rismatt ergibt sich ein Feststofftransport von insgesamt rund 1,5 Mio m³ in 107 Jahren, oder durchschnittlich 14000 m³/Jahr. Auf das gesamte Einzugsgebiet bezogen resultiert ein spezifischer Abtrag von 195 m³/km²·Jahr. Dieser Wert kann als repräsentativ für die fluviatile Abtragstätigkeit in geologisch, klimatisch und hydrologisch vergleichbaren Einzugsgebieten angesehen werden. Der daraus ermittelte Gebietsabtrag von 0,19 mm/Jahr liegt infolge des nicht besonders erosionsanfälligen geologischen Aufbaus erwartungsgemäss unterhalb des bisher aus anderen Deltavermessungen ermittelten gesamtschweizerischen Durchschnitts von 0,25 mm/Jahr [4]. Sollte sich allerdings die Vermutung einer nicht vernachlässigbaren deltafernen Sedimentation bestätigen, wäre dieser Wert noch etwas nach oben zu korrigieren.

Schlusswort

Dem Delta der Grossen Melchaa kommt, zumindest innerhalb der Schweiz, eine Sonderstellung zu: Während alle bisher vermessenen Flussdeltas – namentlich auch diejenigen, welche durch künstliche Flussumleitungen entstanden – erst nach mehreren Jahrzehnten erstmals bathymetrisch ausgelotet wurden, ist beim Delta der Melchaa das «Nullstadium» im wesentlichen vermessungstechnisch erfasst. Was auch der Anlass für die Seelotungen *vor* der Fluss-Einleitung gewesen sein mag – Beurteilung des vorhandenen Seevolumens und/oder Grundlage für spätere Vergleichsmessungen –, diese Dokumentation lässt das Melchaa-Delta, trotz seiner vergleichsweise bescheidenen Ausmasse, in der Deltaforschung neben das Rhein-Delta aufrücken. Dieses entsteht seit Vollendung des Fussacher Durchstichs im Jahre 1900 in der zuvor bathymetrisch aufgenommenen Hard-Fussacher Bucht des Bodensees; sein Wachstum wird in beispielhafter Weise durch Tiefenvermessung im zehnjährlichen Rhythmus ermittelt. Wie in allen anderen Deltas wird dabei der Abtrag des Einzugsgebiets erfassbar; aber nur im Fall des Rheins und der Melchaa konnte und kann der Mensch durch Auslotung der Deltas *von Anfang an* ermessen (im Wortsinn!), wie sich sein Eingriff in den Wasser- und Feststoffhaushalt des Gewässersystems auswirkt.

Literatur

[1] *Grosjean, G.* (1971): 500 Jahre Schweizer Landkarten. Orell Füssli, Zürich.

[2] Vierter Amtsbericht über die Staatsverwaltung und über die Rechtspflege des Kantons Unterwalden ob dem Wald für die Amtsperiode 1880 bis 1884. Druck: Jos. Müller, Sarnen, 1884.

[3] *Hantke, R.* (1980): Eiszeitalter (Bd. 2). Ott Verlag, Thun.

[4] *Lambert, A.* (1987): Sanduhren der Erdgeschichte «Geowissenschaften in unserer Zeit» 5/1, 10–18.

[5] Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband (1949): Führer durch die schweizerische Wasser- und Elektrizitätswirtschaft (Zweiter Band: Grundlagen, Beschreibungen, Statistik). Verbandsschrift Nr. 27.

Adresse des Verfassers: Dr. *André Lambert,* Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.