

Zeitschrift:	Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber:	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band:	84 (1992)
Heft:	11-12
 Artikel:	Morphologische und anthropogenen Veränderungen der Schweizer Seeufer
Autor:	Huber, Andreas
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-940601

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: 10.02.2026

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

Morphologische und anthropogene Veränderungen der Schweizer Seeufer

Andreas Huber

Zusammenfassung

Es werden die Dynamik der natürlichen Seefertypen sowie der Gegensatz zwischen Naturufern und beeinträchtigten Ufern erklärt.

Résumé: Changements morphologiques et humaines des rives des lacs suisses

Cette contribution traite de la dynamique des rives naturelles. Le comportement de celles-ci est comparé à celui des rives aménagées.

Abstract: Morphological and human changes of Swiss lakeshores

Dynamics of the shore types are explained as well as the contrast of built-up shores to natural shores.

1. Seetypen und ihre natürlichen Ufer

Aus geologischer Sicht werden die Seen nach ihrem Ursprung eingeteilt. Die grosse Mehrheit, nämlich 143, der 171 natürlichen heute in der Schweiz noch existierenden Seen mit mehr als 10 000 m² Oberfläche sind glazialerosiven Ursprungs [1]. Die Entstehung geht auf die Eiszeiten zurück und hat teilweise auch tektonische Gebirgsverformungen zur Ursache. Sämtliche grossen Seen in der Schweiz sind von diesem Typus. Die Seebecken wurden im Laufe der Eiszeiten während mehrerer hunderttausend Jahre durch die mächtigen Gletscher ausgetragen. Seit dem Ende der Würmeiszeit vor 12 000 bis 15 000 Jahren sind sie eisfrei.

Die restlichen Seebecken sind verschiedenen Entstehungsgeschichten zuzuordnen: je 10 Karstseen und natürliche Stauseen (Bergsturzseen), je 3 Seen in tektonischen Hohlformen und Muldenseen auf Ablagerungen und schliesslich noch 2 Seen fluvialer Entstehung. Hinzu

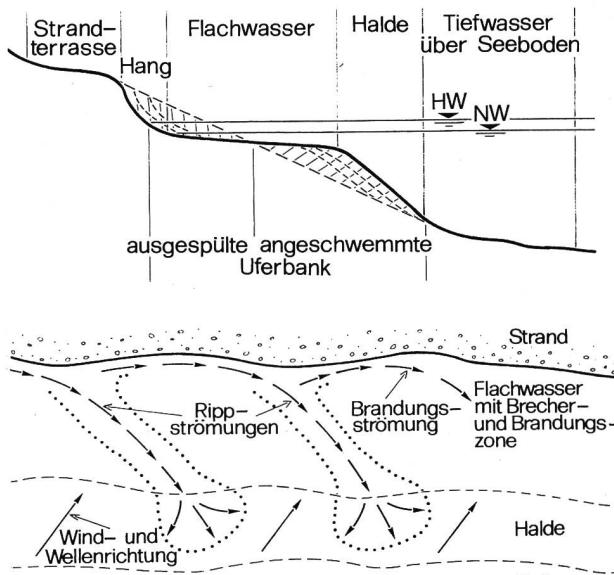


Bild 1. Profil eines Abtragungsufers (oben), Brandungs- und Rippströmungen mit Sedimenttransport infolge der Windwellen (unten).

kommen nahezu 200 künstliche, von grösseren Sperren aufgestaute Seen und ein paar kurzlebige Gletscherseen. In der Schweiz nicht vertreten sind Explosionskraterseen, Seen in einem Meteorkrater und marine Akkumulationsseen. Allgemein können an unsren Seen drei Ufertypen unterschieden werden [2]: Abtragungsufer, Anschwemmungsufer als Flachufer und Steilufer.

1.1 Abtragungsufer

Sie sind vorwiegend in Moränen und fluvalen Schottern, aber auch nahe der leicht erodierbaren Festgesteine des Tertiärs anzutreffen. Ein typisches Abtragungsufer (Bild 1) liegt südöstlich am Neuenburgersee. Entstanden sind sie seit der letzten Eiszeit durch die Erosion der Windwellen. In geringerem Mass sind Rutschungen und die allgemeine Erosion am Abtragungsprozess beteiligt. Einher mit den Wellen pflanzen sich Strömungen fort, deren Einwirkungstiefe etwa der halben Wellenlänge entspricht. Bei ausreichend starkem Wellengang versetzen die strömungsbedingten Schleppspannungen das Material des Seegrundes bis in bestimmte Seetiefen hinab in Bewegung, und die Turbulenz hält feinere Teile in Schwebew.

Die Geschwindigkeit des Abtragungsprozesses hängt massgebend ab von der Kornzusammensetzung des Ufermaterials und von der Wellenenergie, die ihrerseits aus dem Quadrat der Wellenhöhen und der Einwirkungszeit berechnet werden kann. Der Materialabtrag vollzieht sich hauptsächlich nahe der Uferlinie, indem die rücklaufenden Wellen, unterstützt durch die Schwerkraft auf die bewegten Feststoffe und den Sickerwasserdruk im Ufer, mehr Material mitnehmen, als die anlaufenden Wellen herantransportieren. Die gegen das Ufer bewegten Wassermassen sind beachtlich, man denke an die Sturmfluten im Meer. Aus Gründen der Kontinuität muss dieses Wasser in den See zurückfließen. Dies geschieht über sogenannte Rippströmungen, die auch das abgetragene Ufermaterial über die Bank des Flachwassers hinweg bis zur Halde transportieren und es dort ablagern. Wie der Name andeutet, sind diese Strömungen rippenartig in unregelmässigen Abständen, vom Ufer abgehend angeordnet (Bild 1). Schräg das Ufer anlaufende Wellen erzeugen wegen der seitlichen Impulskomponente zusätzlich uferparallele Brandungsströmungen mit entsprechenden Materialverlagerungen. Die Vorgänge des Sedimenttransports an den Abtragungsufern werden mit Hilfe einer Analogie zu den geschiebeführenden Flüssen verständlicher: Das Ufer entspricht dem Erosionsgebiet, das Flachwasser, dessen Grund sich in einem dynamischen Gleichgewicht befindet und dessen mittlere Tiefe nahezu unverändert bleibt, der Beharrungsstrecke des Flusses und die Halde schliesslich dem Alluvionsgebiet oder einem Delta, wo die Schleppspannungen nicht mehr für den Transport ausreichen. In einem Fluss bilden die Hochwasser massgeblich das Bett, an den Seeufern sind es die Sturmwellen.

Dem Ablagerungsprozess sind langfristige Seestandsänderungen überlagert. Sie bestimmen die Höhenlagen des Seegrundes im Flachwasser und der ehemals überfluteten Strandterrassen. Die mittleren Seestände sind durch den veränderlichen Pegel des Seeausflusses gegeben. Dieser kann sich durch Erosion und tektonische Senkungen eintiefen oder sich durch aufschüttende Seitenbäche, tektonische Hebungen oder vegetative Verlandungen erhöhen. Beispielsweise dehnte sich nach dem Rückzug des Rhonegletschers vor rund 13 000 Jahren am Jurafuss ein grosser See aus. Die Tiefenerosion der Zihl

und die Ausbaggerung des Nidau-Büren-Kanals im Zuge der ersten Juragewässerkorrektion (1868–1891) haben diesen grossen Jurasee kleiner werden lassen und zerstört. Auf einer 50 m tiefer gelegenen Kote liegen heute der Neuenburger-, der Murten- und der Bielersee. Würden die Seestände nicht dauernd absinken und die Seen nach und nach durch Sedimente aufgefüllt, so bestünde die Tendenz einer zunehmenden Seeoberfläche infolge des Uferabtrages.

1.2 Anschwemmungsufer

Einmündende Flüsse und Wildbäche bilden mit ihrer Geschiebefracht im Delta- bzw. Schuttkegelgebiet Anschwemmungsufer auf Kosten der Seeoberfläche. Dies ist die Hauptursache für die Vergänglichkeit der Seen. Die vorstossenden Deltas der Alpenflüsse haben seit dem Rückzug der eiszeitlichen Gletscher grosse Teile der glazialen Erosionsmulden aufgefüllt, so im St. Galler Rheintal, in den unteren Abschnitten des Urner Reusstales, des Haslitales, des Rhonetals, in der Magadinoebene u.a.m. Natürliche Flüsse neigen dazu, sich in den Flachstrecken in mehrere Arme aufzuteilen, was auch für Deltagebiete zutrifft. Die Sedimente lagern sich abwechselungsweise an den Mündungsstellen der jeweils aktiven Flussarme ab, weshalb Anschwemmungsufer weiträumig und gleichmässig vordringen.

Deltas sind in diskordanten Schichten aufgebaut, nämlich den fallenden Geschiebeablagerungen am Deltakopf und den Alluvionen des Flusses über dem Seespiegel (Bild 2). Vor allem Hochwasserereignisse tragen zum Anwachsen der Deltas bei. An den Unterwasserböschungen der Deltas ereignen sich ab und zu Rutschungen: Im Frühjahr 1990 lösten in Brienz die Wellen eines aussergewöhnlichen Sturmes einen Uferabbruch von mehreren hundert Metern Länge auf den älteren Schüttungen eines Wildbaches aus. Die Schwebstoffe folgen nach dem Verlust des Geschwindigkeitsimpulses einem fallenden Trübestrom und lagern sich erst über dem tieffliegenden Seeboden in Schichten ab. Das Uferprofil wird auch hier langfristig in seiner Höhenlage von der veränderlichen Seespiegeltiefe mitbestimmt.

1.3 Steilufer

Felsufer, die meistens mit mehr als 35° in den See abfallen – Beispiele finden sich etwa am Walensee, am Urnersee oder am Brienzersee –, heissen Steilufer. Auch Geröllhalden, Bergsturz- und Murgangkegel, überhaupt jede natürliche und künstliche Böschung am Seerand, gehören dazu. Neben der grossen Fallinienneigung zeichnen sich Steilufer im Vergleich zu den Flachufern durch das fehlende vorgelagerte Flachwasser und eine geringere

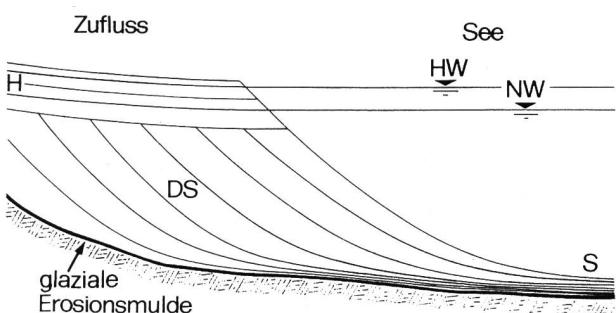


Bild 2. Schnitt durch ein Delta: diskordante Schichten: Deltaschüttung (DS) und horizontale Übergusschüttungen (H), in weiterer Entfernung Schwebstoffablagerungen (S).

Tabelle 1. Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) mit Seeanstoss [4].

Inventar-Nr. Naturschutzgebiet	
1208	La Grande Cariçae, Südostufer Neuenburgersee
1301	Petersinsel-Heidenweg, Bielersee
1309	Zugersee, Westufer
1409	Pfäffikersee
1411	Untersee-Rhein, Schweizer Ufer
1417	Lützelsee-Seewidsee-Uetziker Riet
1502	Les Granettes, Rhonedelta, oberes Ende Genfersee
1508	Weissenau, oberes Ende Thunersee
1606	Vierwaldstättersee mit Reussdelta und Alpnachersee
1802	Tessin- und Maggiadelta, Bolle di Magadino

Flächendynamik der Seespiegelschwankungen aus. Naturgemäß ist das lockere Ufermaterial mit zunehmender Uferneigung größer, und die Topographie der meist tiefen Seebecken verunmöglich die Bildung von Flachwassergebieten. Die Wellen erreichen das Ufer ohne Brandung und prallen deshalb ungebremst mit voller Energie schlagartig gegen die Ufer. Biologisch sind Steilufer weniger interessant als flache, denn das Litoral mit seiner vielfältigen Tier- und Pflanzenwelt fehlt weitgehend.

2. Ursprüngliche und künstlich veränderte Ufer

Seeufer übten von jeher eine Anziehungskraft auf die Menschen aus. Transportmöglichkeiten auf dem Wasserweg, Fischerei, der Schutz vor Feinden waren wohl wichtige Gründe für die Ansiedlung der Pfahlbauer an den Flachufern in vorgeschichtlicher Zeit. Seither hat der Siedlungsdruck auf unsere Seen stetig zugenommen. Viele Städte liegen an einem See. Entlang der Seeufer ist die Siedlungsdichte heute, wo nicht eine Schutzverordnung oder eine ungünstige Topographie dies verhindert, überdurchschnittlich.

Im 19. Jahrhundert und früher wurden natürliche Flachwassergebiete zur Landgewinnung und zur Schaffung von Häfen aufgeschüttet. Quaimauern, Blockwürfe, Molen, Schiffstege, Bootshäuser grenzen heute grösstenteils die Wasserfläche gegen das Festland ab. Aus den Flachufern sind dadurch Steilufer geworden. Aufschüttungen lösten auf ungenügend tragfähigem Seegrund unglückliche Uferrutschungen aus, wie Beispiele vom Genfersee 1891, Zugersee 1887, Zürichsee 1875, 1955 oder Lago Maggiore 1952 in Erinnerung rufen [3].

Indirekt erfuhrn manche Deltas und ihre Anschwemmungsufer Veränderungen durch die Kanalisierung der einmündenden Flüsse sowie durch Kiesbaggerungen. Am Reussdelta sind solche Auswirkungen deutlich geworden. Zwischen 1850 und 1852 wurde die Reuss korrigiert und in einen geraden Mündungskanal verlegt, so dass sich seither die Feststoffe nur noch konzentriert an einer Stelle des Deltas ablagnen. Die abgeschnittenen Altwas serarme brachten dem See kein Geschiebe mehr. Ab 1905 wurde dem See zunehmend Kies entnommen. Flachufer wurden zu Steilufern abgebaggert. Infolge dieser Eingriffe haben Wellenerosion und Uferrutschungen in den letzten 130 Jahren das Anschwemmungsufer bis zu 300 m abgetragen.

Unberührte Naturufer sind an den meisten grösseren Schweizer Seen heute selten. Bereits 1975 waren nur noch 37% der Ufer von 32 untersuchten Schweizer Seen naturnah, wie ein Bericht des Eidgenössischen Polizei- und Justizdepartementes festhält. Seither hat sich die Beeinträchtigung der Naturufer fortgesetzt. Hätten nicht unsere Vorfahren und beflissene Zeitgenossen den ökologischen und landschaftlichen Wert dieser Gebiete erkannt und ausgewählte Ufergebiete oder sogar ganze kleinere Seen unter Schutz gestellt, so wären Naturufer noch seltener. Besonders zu erwähnen sind die geschützten Landschaften der Schweiz [4], welche im Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN) eingetragen sind und an einen See anstossen (Tabelle 1). Weitere schützenswerte Gebiete unterstehen kantonalen Verordnungen.

Flache und natürliche Seeuferzonen und das angrenzende Hinterland beherbergen eine besonders reichhaltige Tier- und Pflanzenwelt. Es sind Refugien seltener und vom Aussterben bedrohter Vogel-, Insekten-, Amphibien- und Pflanzenarten. Mit der zusammenhängenden Fläche nimmt im allgemeinen die Artenvielfalt zu.

Es entspricht wohl nicht nur dem Zeitgeist, Fluss- und Bachufer zu revitalisieren, sondern auch den verbliebenen natürlichen Seeufern vermehrt Sorge zu tragen. Ein verbauter Bach lässt sich leichter wieder in einen naturnahen Zustand zurückverwandeln als ein zugeschüttetes Flachufer an einem See.

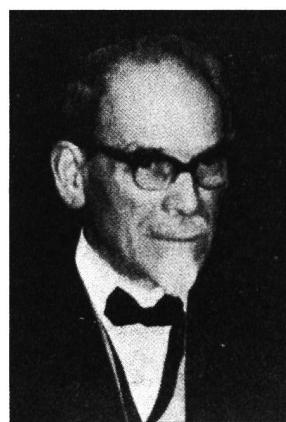
Literatur

- [1] Jung, G., (1990): Seen werden, Seen vergehen. Ott Verlag, Thun.
- [2] Stadelmann, P., (1984): Der Vierwaldstättersee und die Seen der Zentralschweiz. Verlag Keller & Co, Luzern.
- [3] Huber, A., (1982): Felsbewegungen und Uferabbrüche an Schweizer Seen, ihre Ursachen und Auswirkungen. Ecl. geol. Helv. Vol. 75 (3) S. 563 – 578.
- [4] Gohl, R., et al. (1991): Geschützte Landschaften der Schweiz, 100 Naturparadiese von nationaler Bedeutung. Verlag «Das Beste aus Readers Digest» AG, Zürich.

Adresse des Verfassers: Dr. Andreas Huber, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, VAW, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich.

Jean-Henri Dufour (1877–1966)

In Clarens VD am 11. Dezember 1877 geboren, durchlief Dufour die Schulen im Waadtland und trat 1900 ins Technikum Winterthur ein. Seine berufliche Karriere begann er 1902 bei Voith, wo er sich bis 1916 insbesondere mit Turbinenversuchen abgab. Im Zusammenhang mit einem Fassungsbauwerk in Chile stiess er auf schwerwiegende Erosionsprobleme von Turbinen durch das feststoffhaltige Triebwasser. Dufour, der findige Entwickler, begann das Problem nicht bei der Turbine zu lösen, sondern an der Wurzel, dem Fassungsbauwerk, anzupacken. Er entwickelte dabei den später weltweit bekannten Dufour-Sandfang.



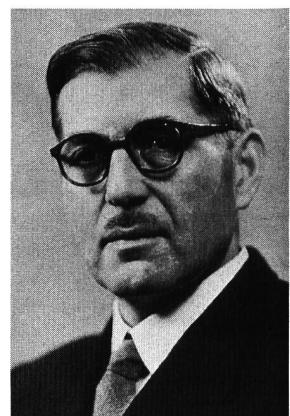
Zwischen 1916 und 1920 wurde der zweite Sandfangtyp für Schweizer Verhältnisse sowie für kontinuierliche Feststoffentnahme entwickelt. Er eröffnete infolge des geschäftlichen Erfolges 1921 ein eigenes Büro, vorerst in Basel, ab 1924 in Lausanne, in welchem bis 1955 insgesamt 165 Sandfänge projektiert wurden. Die grössten davon sind bis $100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ Durchfluss ausgelegt, und der Sandfang des Rhonekraftwerks von Lavey VD besitzt sogar einen Bemessungsdurchfluss von $200 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Dufour beschrieb seine Ideen hinsichtlich Entsandung und Entkiesung von Triebwasser in einer Vielzahl von Publikationen und liess das Verfahren verschiedentlich patentieren. Er verstarb am 17. November 1966 in Lausanne.

Karl Kobelt (1891–1968)

Geboren am 1. August 1891 in St. Gallen, diplomierte Kobelt als Bauingenieur ETH im Frühjahr 1914. Er erwarb sich 1917 den Doktortitel in der Vermessungskunde und begann dann seine berufliche Laufbahn in einer Bauunternehmung in Altdorf.

Dort beschäftigte er sich mit Arbeiten am Kraftwerk Ritom. 1919 trat er in das Eidgenössische Amt für Wasserwirtschaft ein, wo er auch Strickler kennenlernte. Während 14 Jahren leitete er die Sektion Seeregulierung, welche neben dem Hochwasserschutz eine bedeutende Rolle in der Wasserkraftnutzung spielte. Die als Mitteilung 20 des Amtes herausgegebene «Regulierung



des Bodensees» ist das bekannteste Werk Dr. Kobelts.

Mit seiner Wahl zum Regierungsrat des Kantons St. Gallen trat Kobelt 1933 die politische Laufbahn an. Während seiner fast achtjährigen Amtszeit wurden beispielsweise die internationale Rheinregulierung und die Linthmelioration stark vorangetrieben. 1939 wurde Kobelt zum Nationalrat und 1940, während des Zweiten Weltkrieges, zum Bundesrat gewählt. Er übernahm das Militärdepartement und leitete dieses bis 1954.

Persönliche Schicksalsschläge blieben Kobelt nicht erspart. Er litt unter verschiedenen Krankheiten, stürzte nach dem Krieg mit einem Militärflugzeug ab, seine Tochter hatte einen schweren Verkehrsunfall und 1953 wurde die 1927 geschlossene Ehe mit Mathilde Gallmann geschieden. Er blieb immer mehr Fachmann als Staatsmann; als Ingenieur war er sein eigener Berater und Rüstungschef. Er verstarb an einer Embolie am 5. Januar 1968 in Bern.

WHH

Robert Thomann (1967). Jean-Henri Dufour, ingénieur. «Bulletin Technique de la Suisse Romande» 93: 44–45.

Müller, H. (1975). Bundesrat Karl Kobelt. Paul Haupt: Bern.