

Master Thesis

Herbst 2021

**Zweite
Moderne**

2121: A Zurich Odyssey

- 0 Intro: Flux**
- 1 Die Fakten**
 - Bewegliche Grenzen**
 - Gletscherschmelze**
 - Gletscherseen**
 - Konsequenzen Wasserhaushalt**
 - Niederschläge**
 - Gewässer: Abflüsse**
 - Dargebot vs. Nachfrage**
 - Wasserspeicher**
 - Hydrometrische Netze**
- 2 Case Study: Sihlsee**
- 3 Der Mythos**
- 4 Die Frage**
- 5 Outro: Appendix**
- 6 Quellen**

0 Intro: Flux

Flux (*lat. Fluss*), steht für:

- grösserer natürlicher Wasserlauf;
- fliessende Bewegung;
- stetiger, ununterbrochener Fortgang;
- flüssiger Zustand von Metallen, Gesteinen, Mineralien

Fluvial (*lat. zum Fluss gehörig*), steht für:

- durch fliessendes Wasser geschaffen, verursacht;
- zum Fluss gehörend



Bild: L.E.- Hamelin, «Fluviation et gelifluxion sur versant», Arctique insulaire, Canada, 1963

Gletscher, ehemals sinnbildlich für Beständigkeit und Langsamkeit, sind heute zu einem ikonischen Bild für einen unfassbar schnellen Wandel geworden. Der Fluss der Eismasse fungiert als sensibler Indikator für den Klimawandel, der – so meine These – einen Einfluss auf eine Vielzahl bestehender Flüsse hat: Beginnend beim augenscheinlichen Wechsel des Aggregatzustandes vom festen Eis zum flüssigen Wasser, über Bevölkerungsflüsse welche die alpinen Gebiete der Schweiz prägen, bis hin zur Transformation der kinetischen Energie des Wassers zu Strom oder dem Fluss der Ressource Wasser als solches.

Die Flüsse tangieren räumliche Phänomene, legislative Grauzonen und werfen nicht zuletzt gesellschaftliche Fragen auf. Natürliche Grenzen werden unscharf und müssen neu verhandelt werden, physische Grenzen heben sich zunehmend auf. Sie sind zum Laboratorium des 21. Jahrhunderts avanciert. Eine aus hydrologischer Sicht bedeutende Grenze ist die Nullgradgrenze. An ihr misst sich, ob Niederschlag in Form von Schnee fällt und zwischengespeichert werden kann, oder als Regen, der sofort abfließt. Ausserdem definiert sie die Höhenlage, unter welcher Schnee- und Gletscherschmelze stattfinden kann.¹ Sie

bestimmt, welcher Zustand gewinnt: Akkumulation und Metamorphose oder Ablation und Sublimation. Kurz: Eis oder Wasser?

Bis heute fungieren die Alpen als Schlüsselort, an dem man aufgrund seiner Sensibilität und ökologischen Bedeutung die Komplexität der sozialen, wirtschaftlichen und politischen Beziehungen der Schweiz studieren kann. Heute wie damals wird die Wahrnehmung des Alpenraums von einem <alpinen Mythos> verschattet, der vor dem Hintergrund des Klimawandels und seinen schwindenden Hauptdarstellern – den Gletschern – zunehmend seiner Legitimation beraubt wird. Ist es an der Zeit den gängigen Mythos durch einen neuen <Mythos der Überflutung> abzulösen?

Die erste Metamorphose der Alpenregion wurde durch Kräfte des Erdinnern initiiert. Die gegenwärtige Metamorphose steht in direktem Zusammenhang mit den Treibhausgasemissionen. Sie ist im Gegensatz zu ihrer Vorgängerin menschengemacht und wirkt extrinsisch auf die Gebirgswelt. Vor rund 115'000 Jahren begann die letzte Kaltzeit der Erdgeschichte und damit eine wechselvolle Zeit, in der Gletscher aus den Alpen wiederholt ins Mittelland vorstießen, sich zurückzogen und wieder ausdehn-

ten. Seit dem Ende der letzten kleinen Eiszeit um 1850 hat das Volumen der Gletscher jedoch um über die Hälfte abgenommen. Der periodische Ablauf hat seine Elastizität eingebüsst, die Entwicklung ist einseitig geworden. Auch der mühselige Versuch, die verbliebene Eismasse mit Geotextilien vor dem Schmelzen zu schützen vermag diesen Prozess bestenfalls zu verlangsamen. Lokale Abdeckungen können zwar durchaus effizient und profitabel sein, die Rettung der gesamten Alpenlandschaft dürfte jedoch weder realisierbar noch finanzierbar sein. Fast alle wissenschaftlichen Prognosen sind sich einig, dass bis Ende des Jahrhunderts nur noch in sehr hohen Lagen Reste der grossen Gletscher zurückbleiben werden.² Denn je kleiner ein Gletscher ist, desto schneller reagiert er auf klimatische Veränderungen.

Durch den Rückzug der Gletscher entstehen im alpinen Raum neue Landschaften, bei denen Gletscherseen ein wesentliches Element darstellen. Die Seen entstanden und entstehen über die gesamte vergletscherte Fläche der Schweiz, wobei die durchschnittliche jährliche Zunahme der Flächen und Anzahl Seen während der letzten zehn Jahren – genauso wie das Volumen der geschmolzenen Eismasse – um

ein Vielfaches höher war als in den vergangenen Jahrzehnten.³

Der mittlere Jahresniederschlag der Schweiz wird auch in Zukunft keine wesentlichen Veränderungen erfahren.⁴ Stark ändern wird sich hingegen die saisonale Verteilung der Niederschläge: im Winter nehmen sie zu, im Sommer gehen sie zurück. Mit dem Temperaturanstieg im Winter sinkt der Anteil des Niederschlags, der in Form von Eis und Schnee zwischengespeichert werden kann. Der Übergang des Niederschlags erfolgt häufiger in Form von Wasser und fliesst direkt ab. Die Konsequenz davon sind starke Fluktuationen in den zu erwartenden Pegelständen: Flüsse trocknen im Sommer praktisch aus, kleine Gletscher verschwinden gänzlich. Im Gegensatz dazu nehmen Starkniederschläge zu und führen zu lokalen Überschwemmungen. Es sind Extremsituationen die einen Ausgleich verlangen.

Case Study Sihlsee

Der heutige Sihlsee ist ein Paradebeispiel beweglicher Grenzen. An ihm lassen sich exemplarisch die Konsequenzen studieren, die durch den Bau eines künstlichen Sees provoziert wurden. 1932 wurde der Bau des flächenmässig grössten Stausees der Schweiz begonnen. Wenige Jahre später wurde das Sihltal geflutet und ein See geschaffen, der eben nicht in einem kargen, unbewohnten Hochalpental zu liegen kam wie andere schweizerische Kraftwerke, sondern in einem bewirtschafteten Gebiet. Die wahrscheinlich gravierendste Konsequenz war die Enteignung von rund fünfzig Bauernhöfen die gänzlich überflutet wurden, gesamthaft wurden indessen 1762 Personen durch den Bau des Sees wirtschaftlich mehr oder weniger stark betroffen.⁵

Der Takt der heutigen Energieproduktion ist einseitig bestimmt: Die Stromnachfrage wird von Gesellschaft und Wirtschaft vorgegeben, die Stromproduktion erfolgt entsprechend. Genauso sind auch die Strompreise unmittelbare Konsequenz unseres Verbrauches: im Winter sind sie höher, im Sommer tiefer. Einige Wassernutzungen stehen in Konkurrenz zueinander,

so wird Trinkwasser beispielsweise über das ganze Jahr relativ konstant gebraucht, wogegen die Nachfrage für landwirtschaftliche Bewässerung infolge wärmerer Temperaturen in den Sommermonaten zunimmt. Zeitliche Diskrepanzen erschweren die Koordination der Kategorien zusätzlich. Informationen über Wasserstand und Temperatur von Flüssen, Seen und Grundwasser sind wichtige Grundlagen für den Schutz und die nachhaltige Nutzung von Wasser. Die hydrometrischen Netze der Schweiz umfassen Wasserstands- und Abflussmessstationen von verschiedenen Betreibern und liefern konstant Daten. Seit Beginn des 20. Jh. ist ein kontinuierlicher Anstieg der Messstationen zu verzeichnen. Es besteht eine Abhängigkeit zwischen generierten Daten und gespeichertem Wasser: Da Wasser künftig regional und saisonal begrenzt sein wird, sind Angebot und Nachfrage einzelner Regionen gesamtheitlich zu erfassen, um das Wasser nicht zu übernutzen.

Der Sihlsee von heute produziert in erster Linie Bahnstrom für die SBB. Gleichzeitig dient er als Pumpspeicherwerk zur Speicherung von überschüssigem Strom, fungiert als zentraler Hochwasserschutz für die Stadt Zürich und erfüllt zudem touristi-

sche Zwecke. Er deutet eine Mehrzwecknutzung an, vermag aber weder Angebot und Nachfrage in einem dynamischen System zu kombinieren, noch kann er das Gleichgewicht umverlagern sodass ein Ausgleich zwischen saisonalem Wasserdargebot und gesellschaftlicher Nachfrage entstehen kann.

Siehe:

- ¹«Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer: Hydrologie, Gewässerökologie, Wasserwirtschaft», BAFU, 2021
- ²Ebd.
- ³Mölg, N., «Inventory and evolution of glacial lakes since the Little Ice Age: Lessons from the case of Switzerland», Earth Surface Processes and Landforms, 2021
- ⁴«Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer: Hydrologie, Gewässerökologie, Wasserwirtschaft», BAFU, 2021
- ⁵Saurer, K., «Der Sihlsee: Eine Landschaft ändert ihr Gesicht», 2002

1. Die Fakten

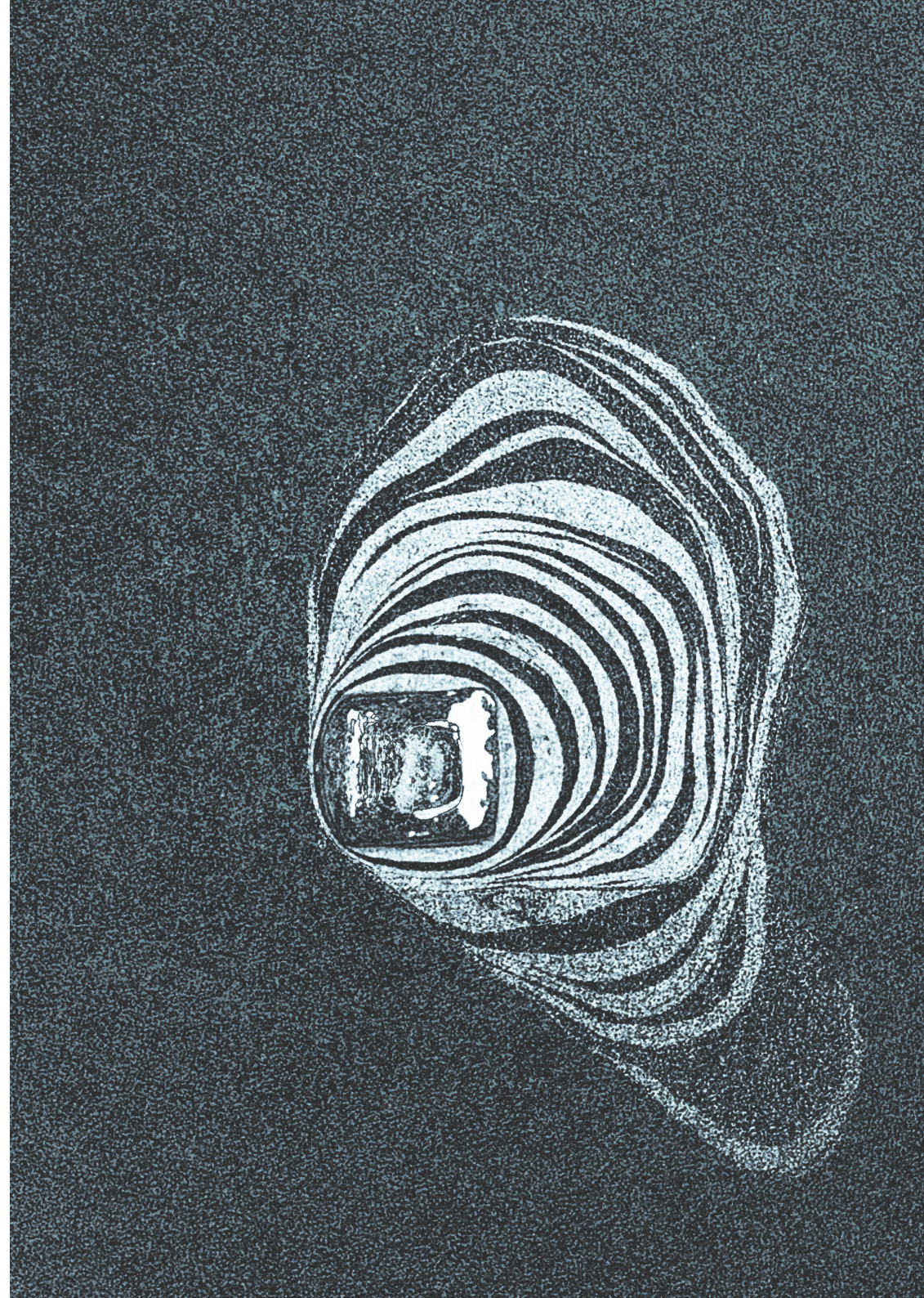
1.1 Bewegliche Grenzen

«Naturelemente, die einst als Bezugspunkte zwischen den Ländern funktionierten, beginnen sich zu verändern. Sie untergraben die Fundamente der Staaten und zwingen sie, ihre Territorien neu zu definieren.»

Siehe:

- Vogt, G., Burckhardt, V., <Paradise Now>, 2021

Bild: Schmelzender Eiswürfel, Intervall 2 min



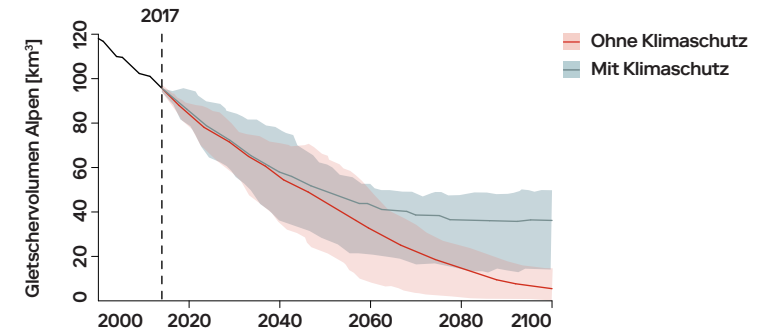
1.2 Gletscherschmelze

Seit dem Ende der kleinen Eiszeit um 1850 hat das Volumen der Schweizer Gletscher um gut die Hälfte abgenommen. Unter bleibenden Klimabedingungen werden die Gletscher in den nächsten Jahrzehnten erneut rund die Hälfte ihres heutigen Volumens verlieren. Erst dann wird der Rückzug ein neues Gleichgewicht erreichen. Durch die erwartete Temperaturzunahme wird sich der Gletscherschwund zusätzlich beschleunigen. Ohne Klimaschutz werden die Gletscher der Alpen bis Ende des Jahrhunderts bis zu 95% ihres heutigen Volumens verlieren.

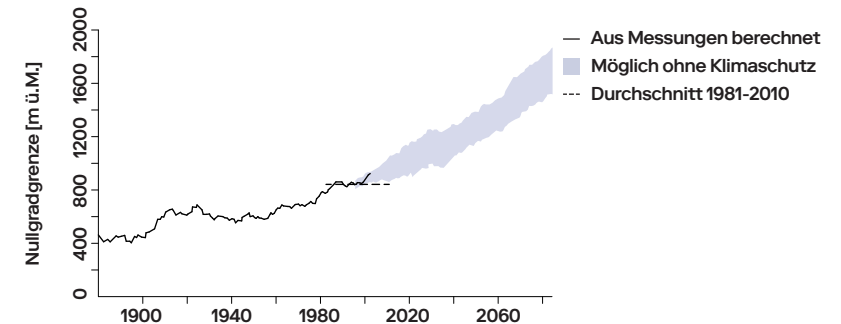
In den vergangenen 150 Jahren hat sich die jährliche Lufttemperatur der Schweiz um rund 2°C , also doppelt so stark wie der globale Durchschnitt, erhöht. Der Erwärmungstrend wird sich weiter fortsetzen, Hitzeperioden werden häufiger, länger und intensiver. Die Veränderung der Gletscher ist also – mit oder ohne Klimaschutz – unumgänglich.

Die Nullgradgrenze ist im hydrologischen Jahresverlauf von grosser Bedeutung. Sie entscheidet darüber, ob Niederschlag als Schnee fällt und zwischengespeichert

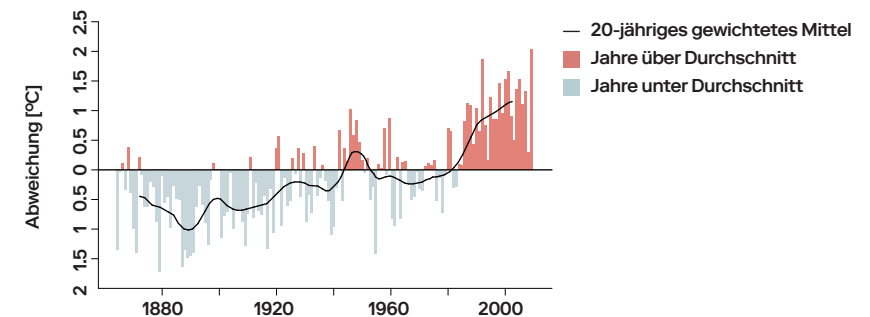
Gletscherschmelze



Nullgradgrenze



Jahres-Temperatur-Mittel



wird, oder als Regen, der sofort zum Abfluss gelangt. Ausserdem bestimmt sie die Höhenlage, unterhalb welcher die Schnee- und Gletscherschmelze stattfinden kann.

Da Gletschereis aus umgewandeltem und verdichtetem Schnee hervorgeht, gibt es Gletscher nur dort, wo Schnee fällt und mehrere Jahre überdauert. In entsprechenden topografischen Gunstlagen (grosse Höhe, nicht steil) kann sich Schnee ansammeln und über Jahrzehnte durch den Druck der sich überlagernden Massen in Eis umwandeln. In Regionen mit höheren Temperaturen schmilzt das Eis ab und fliesst der Schwerkraft folgend ins Tal. Durch das Eisfliessen wird Masse vom Akkumulations- ins Ablationsgebiet transportiert. Bei konstantem Klima stellt sich eine Gletschergrösse ein, bei der sich Akkumulation und Ablation ausgleichen. Die Fliessgeschwindigkeit des Eises steuert, wie viel Eis nachgeliefert wird und ob der Gletscher wächst oder schrumpft.

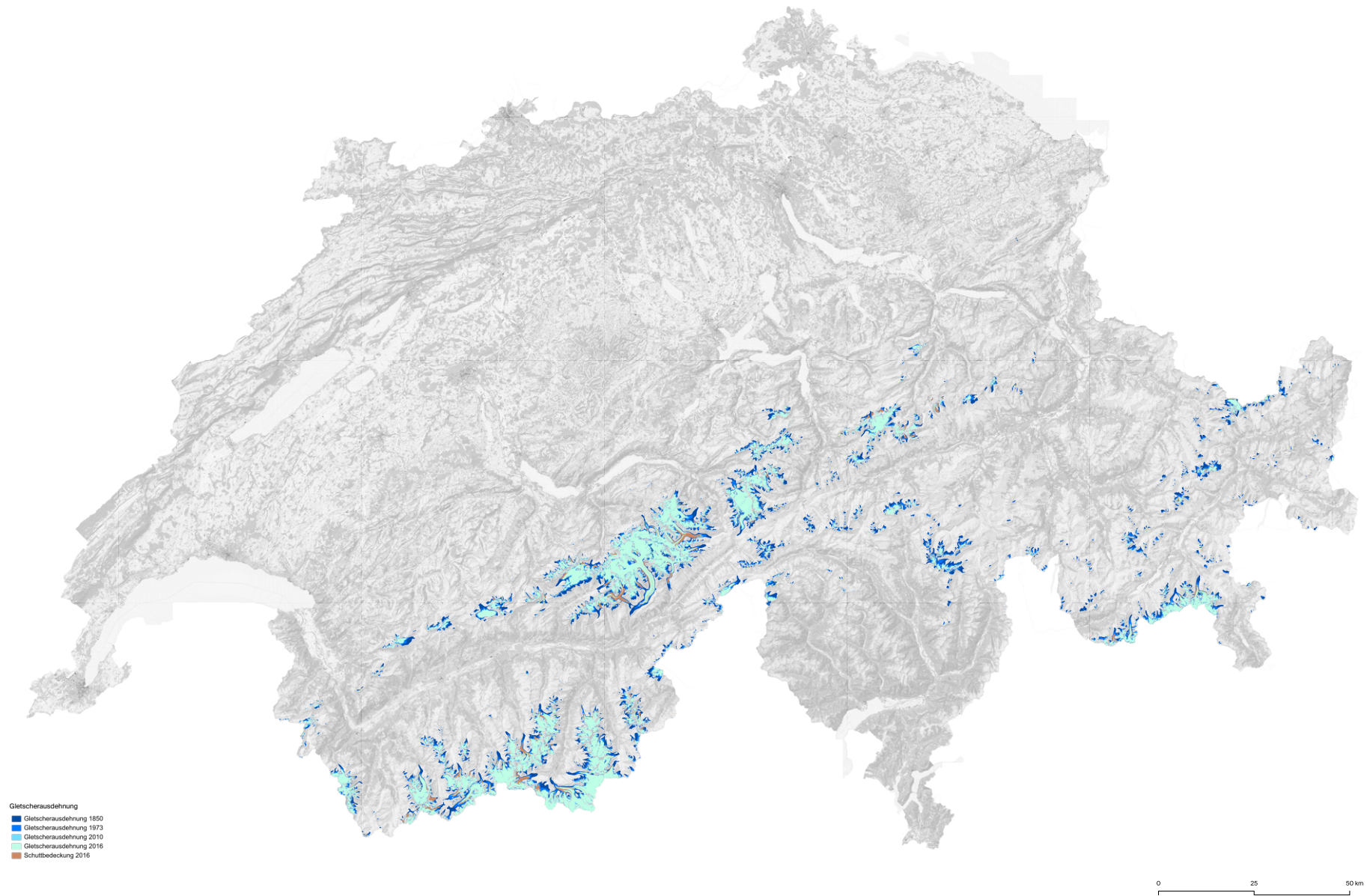
Siehe:

- «Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer», Synthesebericht zum Projekt «Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz» (CCHydro), BAFU, 2012
- «Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer: Hydrologie, Gewässerökologie, Wasserwirtschaft», BAFU, 2021

Bild: Scan Eisbeutel, Metamorphose Wasser zu Eis



Gletscherrückzug seit 1850 (Little Ice Age)



1.3 Gletscherseen

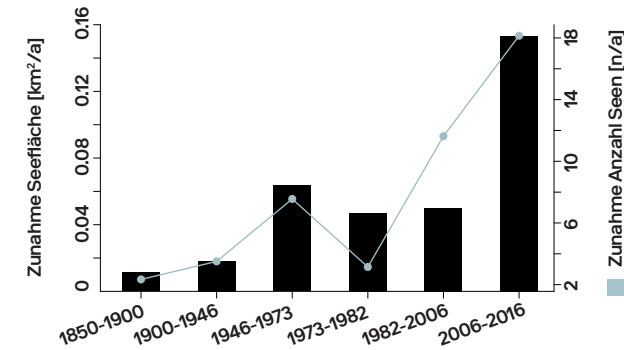
Durch den Rückzug der Gletscher entstehen im alpinen Raum der Schweiz neue Landschaften, bei denen Gletscherseen ein wesentliches Element darstellen. Die Seen entstanden und entstehen über die gesamte vergletscherte Fläche der Schweiz. Die durchschnittliche jährliche Zunahme der Flächen und Anzahl Seen war während der letzten zehn Jahren – genauso wie das Volumen der geschmolzenen Eismasse – um ein Vielfaches höher als in den vergangenen Jahrzehnten.

Neben ihrer landschaftsbildenden Funktion, könnten die Gletscherseen in Zukunft u. A. eine wichtige Rolle für die Wasserkraft der Schweiz spielen. Sie beeinflussen das Wasserdargebot und damit den gesamten Wasserhaushalt massgeblich.

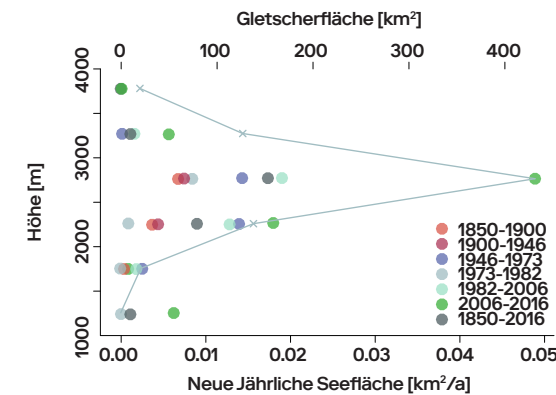
Siehe:

- Farinotti, D., <From dwindling ice to headwater lakes: could dams replace lakes in the European Alps?>, Environmental Res. Lett. 11, 2016
- Mölg, N., <Inventory and evolution of glacial lakes since the Little Ice Age: Lessons from the case of Switzerland>, Earth Surface Processes and Landforms, 2021

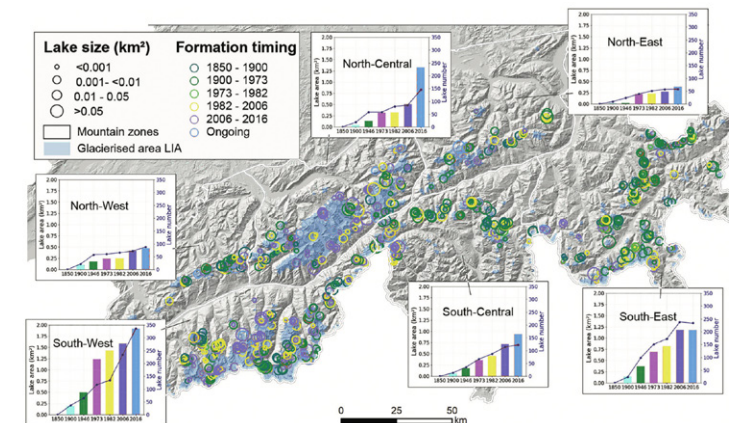
Gletscherseen



Gletscherfläche



Gletschersee Formation



1.4 Konsequenzen Wasserhaushalt

Die Alpen sind unser Wasserschloss: In den Bergen regnet und schneit es mehr als im Tiefland und in Eis und Schnee lagern die Wasserreserven für den Sommer. Im Gebirgsland Schweiz fallen im Vergleich zum restlichen Europa mehr als das Doppelte an Niederschlägen an. In Trockenzeiten sind die Alpen häufig der einzige Wasserlieferant, deren Wasserüberschuss über die Ströme in die trockenen Vorländer transportiert werden. Selbst in Regionen mit grossen Niederschlagsmengen werden die grossen Flusssysteme massgeblich vom hydrologischen Geschehen im Gebirge beeinflusst.

Die Abflüsse entstehen im regelmässigen Jahreszyklus von winterlicher Speicherung und sommerlicher Schmelze. Der Klimawandel wird die hydrologischen Grundkonstanten der Alpen fundamental verändern. Der gesamte Wasserhaushalt der Schweiz ist betroffen: Prägend sind dabei weniger

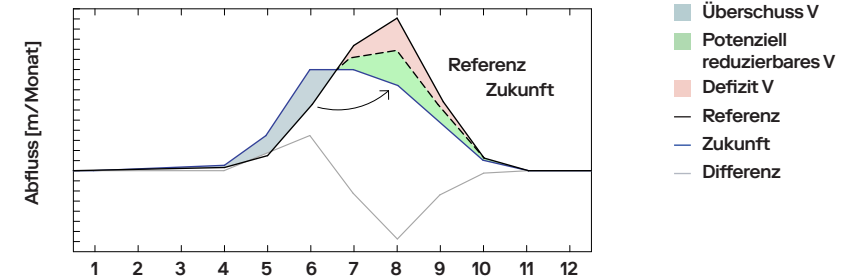
Siehe:

- Weingartner, R., «Die Alpen - das Wasserschloss Europas?», 2002
- «Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer: Hydrologie, Gewässerökologie, Wasserwirtschaft», BAFU, 2021
- Lanz, K., «Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft der Schweiz, 2021
- Zitat: Daniel Farinotti, 2012

die Veränderungen in den Niederschlägen als die Folgen einer wärmeren Atmosphäre. Die alpinen Winterwasserspeicher Eis und Schnee werden schwinden, in der Folge fehlt im Sommerhalbjahr das Wasser aus der Schnee- und Gletscherschmelze.

$$Q = N - V + dS/dt$$

Die Wasserhaushaltsgleichung beschreibt den Zusammenhang zwischen Abfluss (Q), Niederschlag (N), Verdunstung (V) und der Speicheränderung (dS) pro Zeiteinheit (dt). Alle Grössen werden durch den Klimawandel mehr oder weniger stark beeinflusst.



Konzeptuelle Darstellung der möglichen Abschwächung der Wasserknappheit durch Wassermanagement.

Der Volumenüberschuss (blau) ist die Abflussmenge, die im späten Frühjahr und Frühsommer den Abfluss im heutigen Referenzzeitraum übersteigen wird. Dieses Volumen könnte in den Spätsommer und Frühherbst verlagert werden (Pfeil), um die Abflussverringerung teilweise zu kompensieren (grün). Das Volumendefizit (rot) ist die Netto-reduktion des jährlichen Abflusses.

«Der Volumenüberschuss könnte womöglich genutzt werden, um einen Teil des Volumendefizits zu vermeiden.»

1.5 Niederschläge

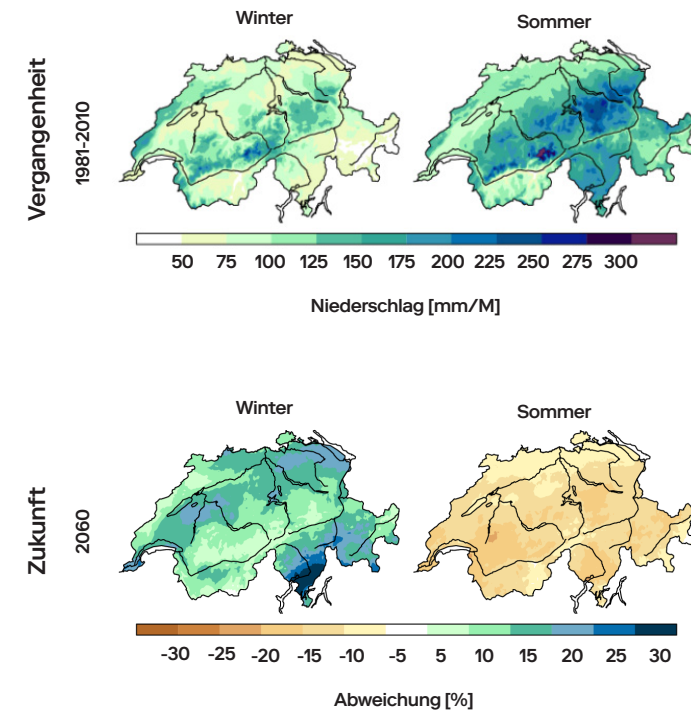
Mit über 1400mm Jahresniederschlag ist die Schweiz eines der Wasserreichsten Länder Europas. Der mittlere Jahresniederschlag hat sich in der Schweiz seit Messbeginn kaum verändert und auch in Zukunft werden keine wesentlichen Abweichungen erwartet. Stark ändern wird sich hingegen die saisonale Verteilung der Niederschläge: Im Winter nehmen sie zu, im Sommer gehen sie zurück. Ohne Klimaschutz wird bis Ende des 21. Jahrhunderts mit einer Zu- bzw. Abnahme von jeweils 20% gerechnet.

Die Häufigkeit von Starkniederschlägen hat bereits zugenommen und es wird eine weitere Steigerung über alle Jahreszeiten hinweg erwartet. Gleichzeitig wird schweizübergreifend mit längeren und häufigeren Trockenphasen im Sommer gerechnet. Die Phasen aufeinanderfolgender Tage ohne Regen könnten sich um bis zu neun Tage verlängern. Die Extreme von Hoch- und Niedrigwasser verstärken sich immer mehr.

Siehe:

- Schweizer Klimaszenarien CH 2018 <Niederschlag>, National Centre for Climate Service NCCS, Webportal
- <Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer: Hydrologie, Gewässerökologie Wasserwirtschaft>, BAFU, 2021

Niederschläge



Die relativen Änderungen im saisonalen Niederschlag bis Mitte des Jahrhunderts (2060) sind im Winter im Südtes-sin und im Mittelland am grössten. Im Sommer ist mit einer flächendeckenden Abnahme der mittleren Niederschläge zu rechnen.

1.6 Gewässer: Abflüsse

Regime

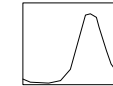
In den Fließgewässern der Schweiz fliesst eine jahreszeitlich typische Menge an Wasser ab, in der Fachsprache *Regime* genannt. Regime sind von der Region, ihrer Höhenlage und der Vergletscherung abhängig.

Im Mittelland und im Jura verändern sich zahlreiche Gebiete hin zu einem bisher unbekannten Regimetyp, dem *pluvial de transition*, mit einem Abflussmaximum im Winter und einem deutlichen Minimum im August. Diese neu hauptsächlich durch Regen gespeisten Einzugsgebiete dürften besonders empfindlich auf sommerliche Trockenperioden reagieren. Da sich sein Abflussminimum im Hochsommer befindet – wo auch die grösste Wahrscheinlichkeit für Hitzewellen besteht –, sind die Auswirkungen von Trockenperioden gravierend. Extreme Niedrigwasserereignisse sind die Folgen.

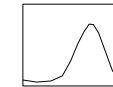
Siehe:

- Schweizerische Hydrologische Kommission, Webportal
- <Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer>, Synthesebericht zum Projekt <Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz> (CCHydro), BAFU, 2012

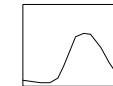
Alpines Regime



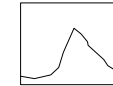
a-glaciaire



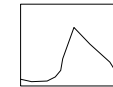
b-glaciaire



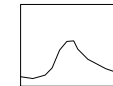
a-glacio-nival



b-glacio-nival

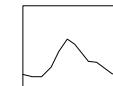


nivo-glaciaire

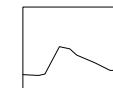


nival alpin

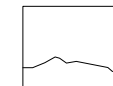
Mittelländisches und jurassisches Regime



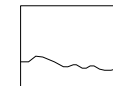
nival de transition



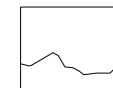
nivo-pluvial préalpin



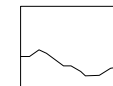
pluvial supérieur



pluvial inférieur

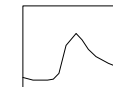


nivo-pluvial jurassien

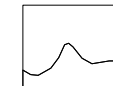


pluvial jurassien

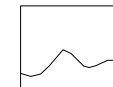
Südalpines Regime



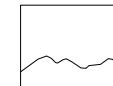
nival méridional



nivo-pluvial méridional



pluvio-nival méridional



pluvial méridional

Jahresabflüsse: Schmelzwasser

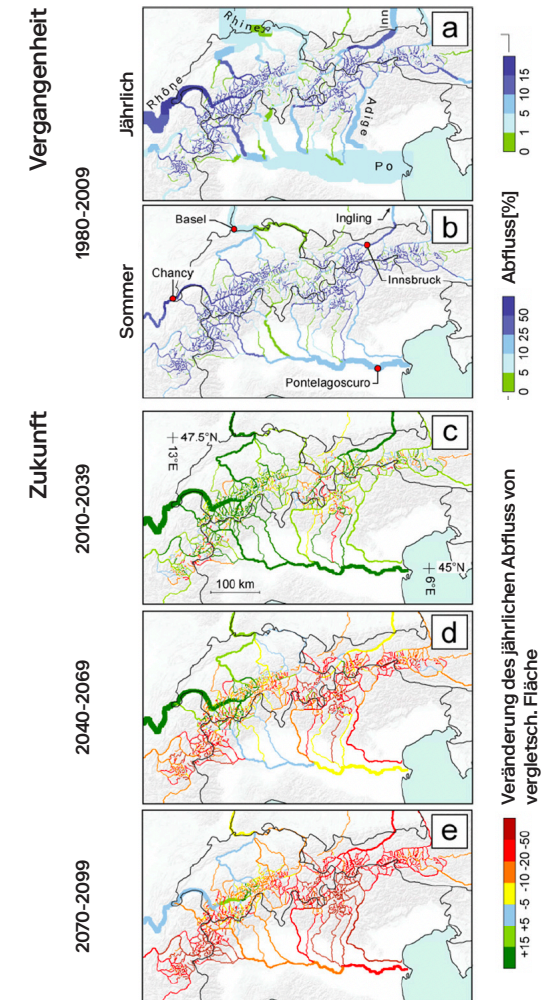
Die durchschnittlichen Jahresabflüsse werden sich auch in Zukunft nur geringfügig verändern. Ohne Klimaschutz gehen sie bis Ende Jahrhunderts ggf. leicht zurück.

In stark vergletscherten Einzugsgebieten kann der Jahresabfluss infolge der Gletscherschmelze noch bis 2050 weiter zunehmen, danach wird er rückläufig. Der maximale Gletscherschmelzwasseranteil am Jahresabfluss (<peak water>) wurde in mehr als 90% aller vergletscherten Einzugsgebiete bereits erreicht. Bedeutender für den Abfluss in den Kopfeinzugsgebieten ist die Schneeschmelze. In der Mehrheit nimmt der Schneeschmelzeanteil am Jahresabfluss in Zukunft ab. Der Gesamtanteil aus der Gletscherschmelze macht heute 8% des Jahresabflusses aus und reduziert sich gegen Ende des Jahrhunderts auf weniger als 2%. Der Schneebeitrag sinkt von heute 34% des Jahresabflusses auf 25%.

Siehe:

- <Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer>, Synthesebericht zum Projekt <Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz> (CCHydro), BAFU, 2012
- Farinotti, D., <From dwindling ice to headwater lakes: could dams replace lakes in the European Alps?>, Environmental Res. Lett. 11, 2016

Vergangener und zukünftiger Abflussbeitrag von gegenwärtig vergletscherten Flächen



Im alpinen Raum wird der Gesamtabfluss von gegenwärtig vergletscherten Flächen kurzfristig zu- und langfristig abnehmen. Ohne Massnahmen ist die zeitliche Entwicklung der sommerlichen Abflussbeiträge ähnlich wie die Jährliche. Bereits mittelfristig muss mit einer deutlichen Reduktion der Gesamtwassermenge gerechnet werden. Langfristig wird sie allgegenwärtig sein. Auf lokaler Ebene sind solche Effekte auch kurzfristig sichtbar.

Saisonale Abflüsse: Fluktuationen

Im Gegensatz zu den Jahresabflüssen verändern sich die saisonalen Abflüsse deutlich. Dies mit starken Folgen für das Wasserdargebot und die Wassernutzung. In der gesamten Schweiz wird eine Zunahme der Abflüsse im Winter erwartet, bedingt durch die Zunahme der Winterniederschläge und die Verschiebung von Schnee zu Regen.

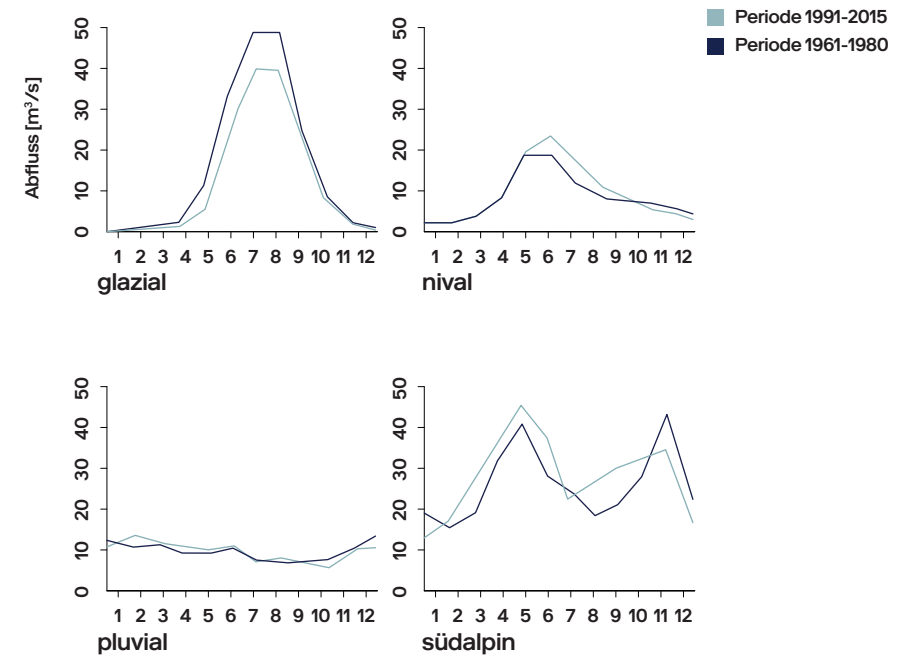
Im Frühling unterscheidet sich die Entwicklung im Mittelland und Jura von derjenigen in höher gelegenen Regionen. In den tieferen und mittleren Höhenlagen gehen die Frühjahrsabflüsse zurück, im Alpenraum nehmen sie aufgrund früher eintretender Schneeschmelze zu. Im Sommer und Herbst sind die Abflüsse rückläufig. Verantwortlich dafür sind verminderte Sommerniederschläge, höhere Verdunstung und Abnahme der Gletscher- und Schneeschmelze.

Die Zunahme der Abflüsse im Winter und eine Abnahme im Sommer kann bereits heute beobachtet werden.

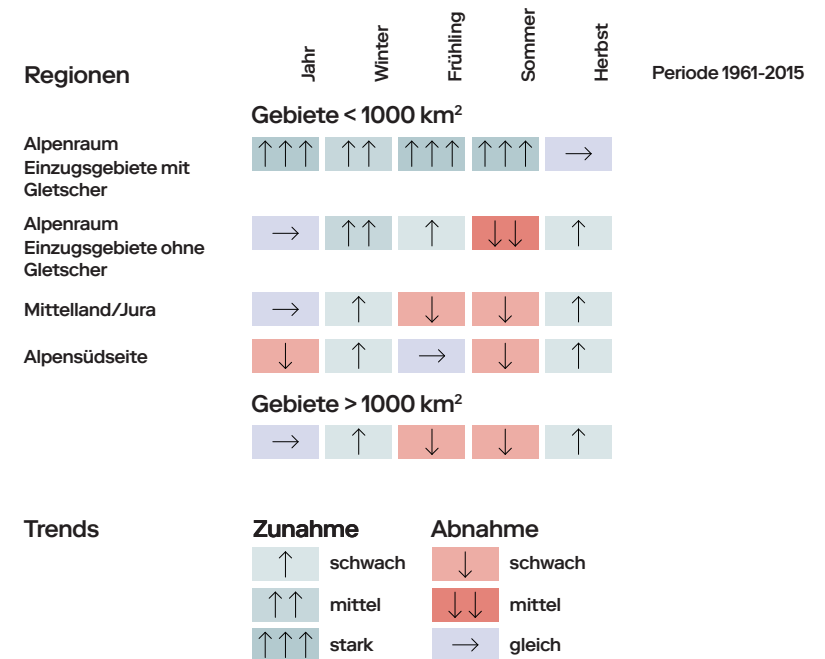
Siehe:

- <Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer: Hydrologie, Gewässerökologie Wasserwirtschaft>, BAFU, 2021

Veränderung mittlerer Monatsabflüsse in 4 Abflussregimen



Veränderung saisonaler- und Jahresabflüsse



Flussgebiete und Gewässernetz



- Gewässernetz
- Unterirdischer Fluss
 - Fluss
 - Interpretierter Flussverlauf im See
- Flussgebiete
- Aare
 - Adda
 - Adige
 - Inn
 - Limmat
 - Reuss
 - Rhein
 - Rhone
 - Ticino

0 25 50 km

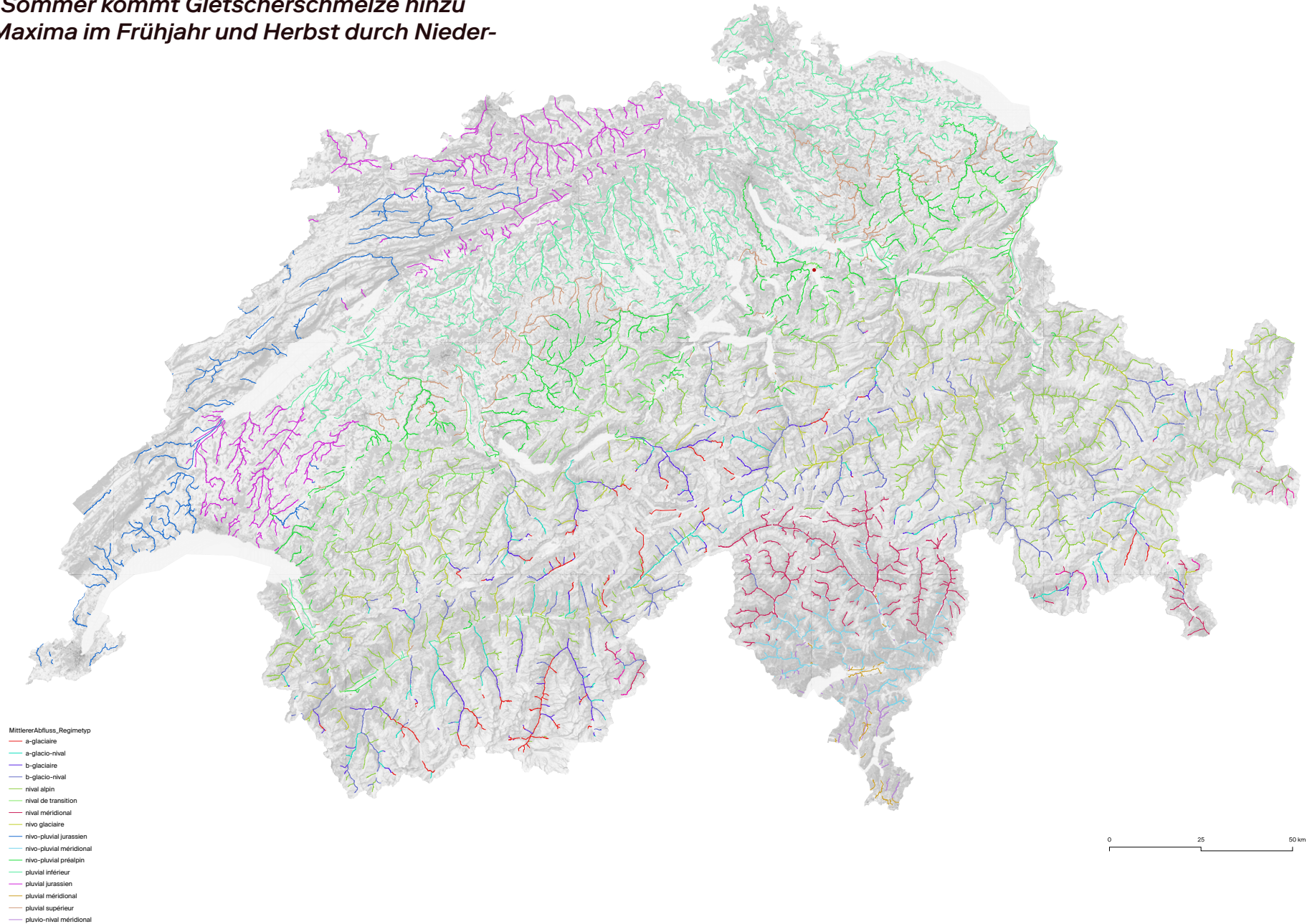
Mittlerer Abfluss nach Regimetypen

Pluvial: Niederschlagsverteilung und Verdunstung

Nival: Niederschlagsverteilung durch Schneefall und
Schneesmelze überlagert

Glazial: Im Sommer kommt Gletschersmelze hinzu

Südalpin: Maxima im Frühjahr und Herbst durch Niederschlag



1.7 Dargebot vs. Nachfrage

Die Wassernachfrage variiert nach Nutzungskategorie und Region.

Ökologie: ca. 8000 Mio m³

Wasserkraft: ca. 6000 Mio m³

Bewässerung: ca. 1000 Mio m³

Trinkwasser: ca. 425 Mio m³

Industrie Sektor 3: ca. 330 Mio m³

Industrie Sektor 2: ca. 156 Mio m³

Grossvieh: ca. 13 Mio m³

Trinkwasser Tourismus: ca. 5 Mio m³

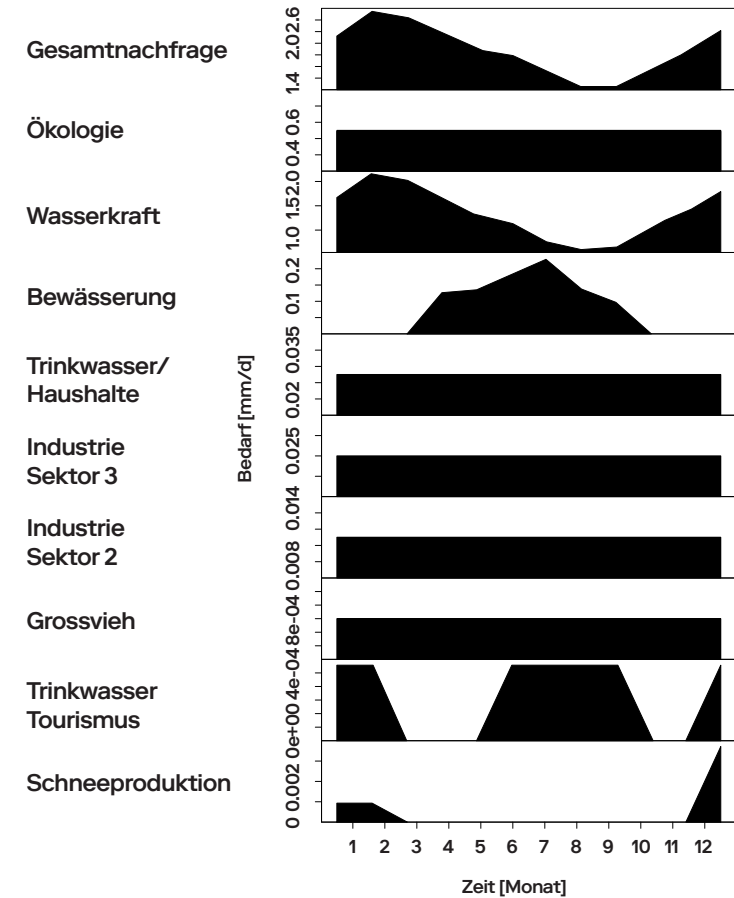
Schneeproduktion: ca. 8 Mio m³

Die Gesamtnachfrage nach Wasser ist wegen des starken Einflusses der Wasserkraftproduktion im Winter am grössten. Die Nachfrage für Bewässerung ist in den Sommermonaten am grössten, Schneeproduktion findet ausschliesslich im Winter statt. Die Wassernachfrage für die Ökologie (Rest- und Mindestwassermenge), die Trinkwasserversorgung, die Industrie und das Grossvieh werden als konstant angenommen.

Siehe:

- Brunner, M., «Welchen Beitrag leisten Mehrzweckspeicher zur Verminderung zukünftiger Wasserknappheit?», BAFU, 2019

Nachfrage



Saisonalität der Gesamtnachfrage der verschiedenen Nutzungskategorien über alle Gebiete. Jede Kategorie ist auf ihrer eigenen Skala gezeichnet.

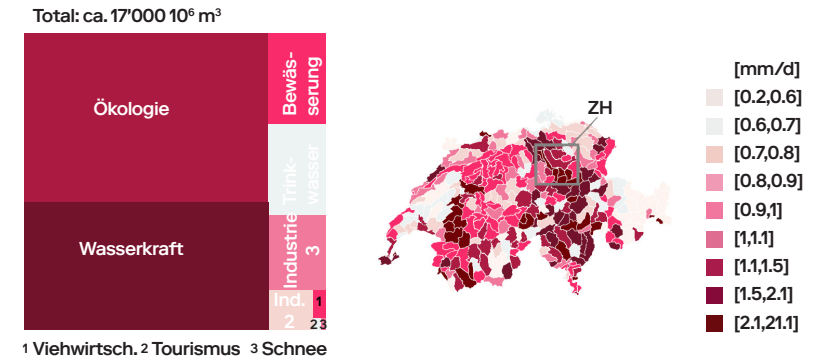
Der Gesamtwasserbedarf ist im Mittelland, speziell in der Region ZH, am höchsten. Die räumliche Verteilung der Nutzungskategorien ist heterogen. So ist z.B. der ökologische Abfluss abhängig von den natürlichen Abflussverhältnissen und daher in Regionen mit vergleichsweise hohen Niederschlägen (Alpen, südliche Schweiz) am höchsten. Genauso beschränkt sich der Wasserbedarf für die Wasserkraftproduktion auf die Alpen, Voralpen und südlichen Alpen, wo sich die meisten Stauseen befinden.

Im Gegensatz dazu ist der Bedarf an Wasser für Viehzucht und Bewässerung im Mittelland am grössten. Der Wasserbedarf für die Trinkwasserversorgung und Industrie hängt stark von der Bevölkerungsdichte ab und ist daher ebenfalls in den besiedelten Gebieten am höchsten. Die hohe Wassernachfrage im Mittelland spiegelt sich in den niedrigen Wasserüberschuss-schätzungen für die aktuellen Bedingungen wieder. Das Mittelland, wird voraussichtlich am stärksten von der Wasserknappheit betroffen sein, insbesondere während der Sommermonate.

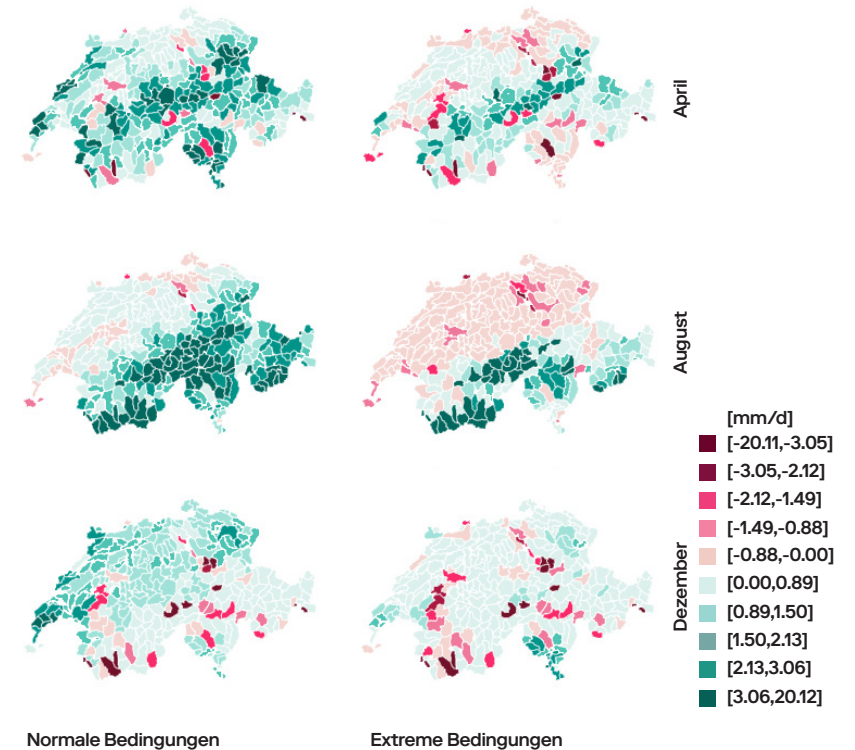
Siehe:

- Brunner, M., <Present and future water Scarcity in Switzerland: Potential for alleviation through reservoirs and lakes>, Elsevier, 2019

Wasserbedarf ZH



Überschuss/Defizit



1.8 Wasserspeicher

Der Begriff Wasserspeicher subsumiert unterschiedliche Speichertypen: natürliche regulierte und unregulierte Seen, künstliche Reservoirs (Stauseen), Beschneigungsteiche, Trinkwasser- und der Grundwasserspeicher.

Die wichtigsten Wasserspeicher und ihre Gesamt- und nachhaltig nutzbaren Volumina sind:

Schnee: 22 km³

Gletscher: 53 km³

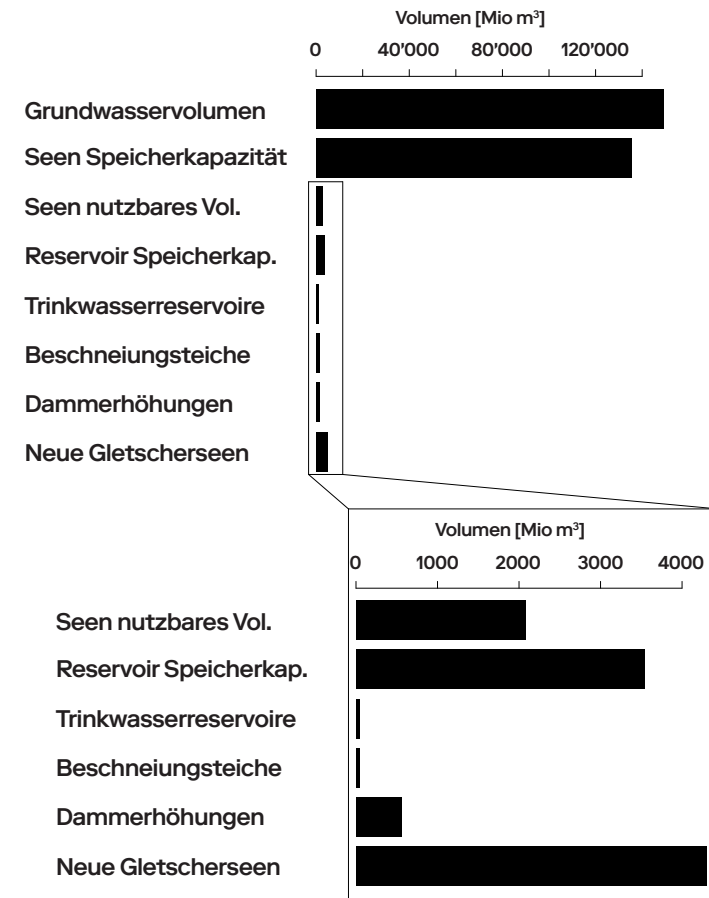
Natürliche Seen: 130 km³, nutzbar: 2 km³

Künstliche Seen (Reservoirs): 3.5 km³, nutzbar: 3.5 km³

Grundwasser: 150 3.5 km³, nutzbar: 18 km³

Durch den Klimawandel ändert sich der Füllungsgrad der Speicher im Jahresverlauf. Allerdings reagieren Wasserspeicher unterschiedlich schnell, sind also auf unterschiedlichen Zeitskalen wirksam. Je langfristiger ein Speicher wirkt, desto langsamer reagiert er auf klimatische Veränderungen. Am schnellsten reagiert der Boden, am trägsten reagieren die Gletscher und tiefe Grundwasservorkommen. Sie speichern Wasser über Jahre, Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte. Die klima-

Wasserspeichervolumen



bedingte Speicheränderung wird zusätzlich kurzfristig durch die herrschenden meteorologischen Bedingungen und menschliche Entnahme beeinflusst.

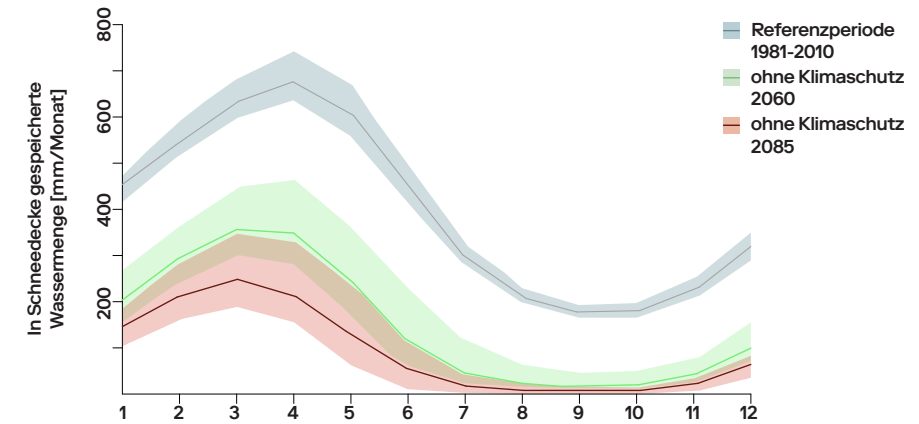
Kryosphäre

Gletscher und die Schneedecke haben als natürlicher Wasserspeicher eine herausragende Bedeutung für den Wasserhaushalt der Schweiz. Die Schneedecke baut sich im Alpenraum über den Winter auf und erreicht ihr Maximum im März. In der Zukunft wird die Schneefallgrenze parallel zur Temperatur ansteigen. Regionen bis hinauf auf 3500m ü.M. werden im Sommer vermehrt schneefrei sein. Die Dauer der Schneedecke wird sich auf allen Höhenstufen unter 3500m ü.M. um über einen Monat verkürzen. Die maximale Mächtigkeit der Schneedecke wird um mehr als die Hälfte abnehmen, was eine Abnahme der in der Schneedecke gebundenen Wasserreserven von rund 40% nach sich ziehen wird.

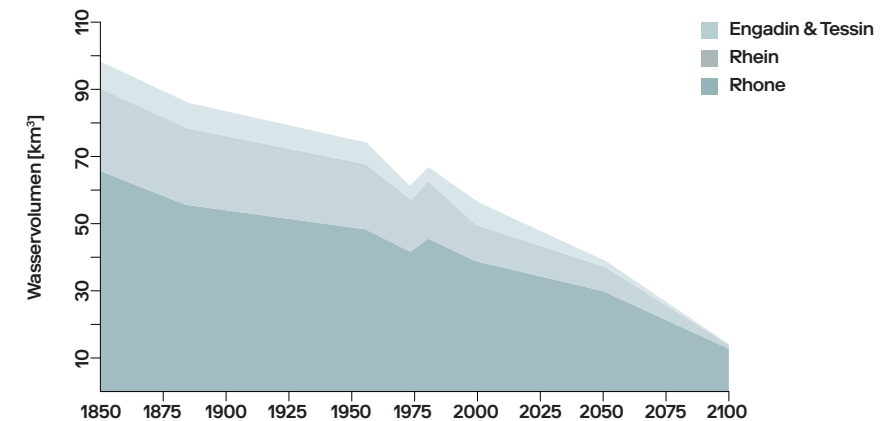
Siehe:

- <Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer: Hydrologie, Gewässerökologie Wasserwirtschaft>, BAFU, 2021
- <Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer>, Synthesebericht zum Projekt <Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz> (CCHydro), BAFU, 2012

Wasserspeichervolumen



Gespeichertes Wasservolumen



Schneedecke und Gletscher verlieren aufgrund erhöhter Temperaturen zunehmend ihre Funktion als natürliche Speicher.

Vergangenheit

«Mit den Kraftwerken wurde der Abfluss von Gewässern neu geregelt. Die Alpenlandschaft erfuhr dadurch eine weitreichende Transformation. Wo früher tosende Bäche über die Landschaft hinunterstürzten, sich Flüsse und Bäche langsam in tiefe Schluchten eingruben, findet man heute meist stille Rinnsale, zum einen, weil die Niederschläge in künstlichen Seebecken zurückgehalten werden, zum anderen, weil deren Abfluss nicht mehr in den natürlichen Fluss- und Bachbetten erfolgt, sondern unterirdisch, in kilometerlangen Stollensystemen. Nicht mehr der Rhythmus von Jahreszeiten und Niederschlägen bestimmt den Abfluss, sondern der Strombedarf von Gesellschaft und Wirtschaft.»



Siehe:

- Ragettli, J., *«Verborgene Reiche der Technik: Die unterirdischen Anlagen der Wasserkraftwerke in der Schweiz»*, Werk, Bauen, Wohnen, N°91, 2004

Bild: Christian Kerez, *«Kavernenzentrale Spina»*, 2004

vs. Zukunft

«Frage: Können natürliche Seen und künstliche Reservoirs zur Bewältigung von Sommerwasserknappheit beitragen?

Resultat: Bei künstlichen Reservoirs ist fast die gesamte Speicherkapazität auch tatsächlich nutzbar, heute jedoch i.d.R. für die Wasserkraftproduktion reserviert. Bei den natürlichen Seen ist nur ein geringer Teil nachhaltig nutzbar, da ein Mindestwasserstand nicht unterschritten werden darf. Bei allen Seen müssen auch Mindestabflüsse in das unterliegende Gewässer beachtet werden.

Sommerwasserknappheit ist v.a. im Mittelland und nur bedingt in alpinen Regionen zu erwarten. Die künstlichen Reservoirs liegen v.a. in den Alpen, weit entfernt von den Gebieten mit potenziellem Wassermangel. Deshalb ist der mögliche Beitrag alpiner Stauseen zur Verringerung von Sommerwasserknappheiten eher gering. Ein grösseres Potenzial hätten lokale Speicher, für welche jedoch im Mittelland i.d.R. der Platz fehlt.»

Siehe:

- Zitat: <Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer: Hydrologie, Gewässerökologie, Wasserwirtschaft>, BAFU, 2021

1.9 Hydrometrische Netze

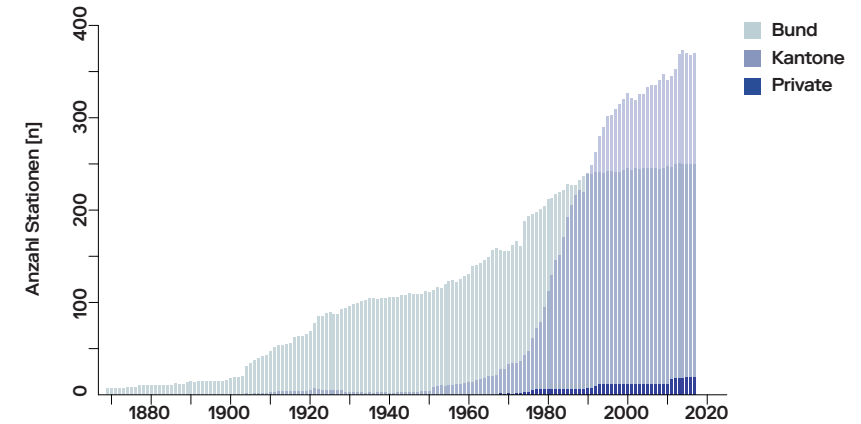
Im hydrologischen Atlas der Schweiz stehen Abflussdaten von rund 550 Messstationen zur Verfügung. An jeder Station werden die wichtigsten Abflusskenngrößen zu Mittel- Hoch- und Niedrigwasser dargestellt. Beobachtungen des Abflusses sind grundlegend für hydrologische Fragestellungen und den Schutz und die nachhaltige Nutzung von Wasser. Die Messpunkte fungieren als Warnsysteme der Trockenheit.

In Zusammenarbeit mit dem Eidgenössischen Institut für Metrologie (METAS) erneuert das BAFU die hydrologischen Messstationen, insbesondere die Datenlogger, welche die gemessenen Werte der Sensoren speichern und weiterleiten. Je präziser das Zusammenspiel der einzelnen Messstationen erfolgt, desto besser können unterschiedliche Bedürfnisse in der Wassernutzung koordiniert werden. Die gerechte Verteilung des Wassers wird die grosse politische Herausforderung dieses Jahrhunderts.

Siehe:

- Denzler, L., <Hydrometrische Messstationen: Für die Zukunft gewappnet>, BAFU, 2019
- Hydrologischer Atlas der Schweiz, <Abflusskenngrößen für Messstationen>, 2019
- Weingartner, R., <Die Alpen - das Wasserschloss Europas?>, 2002
- Zitat: Rolf Weingartner, 2021

Hydrometrische Messstationen



«Eine sektorielle Betrachtung des Wassers, wie sie heute in Verwaltung und Politik üblich ist, genügt nicht. Die Ressource Wasser muss integral bewirtschaftet werden.»

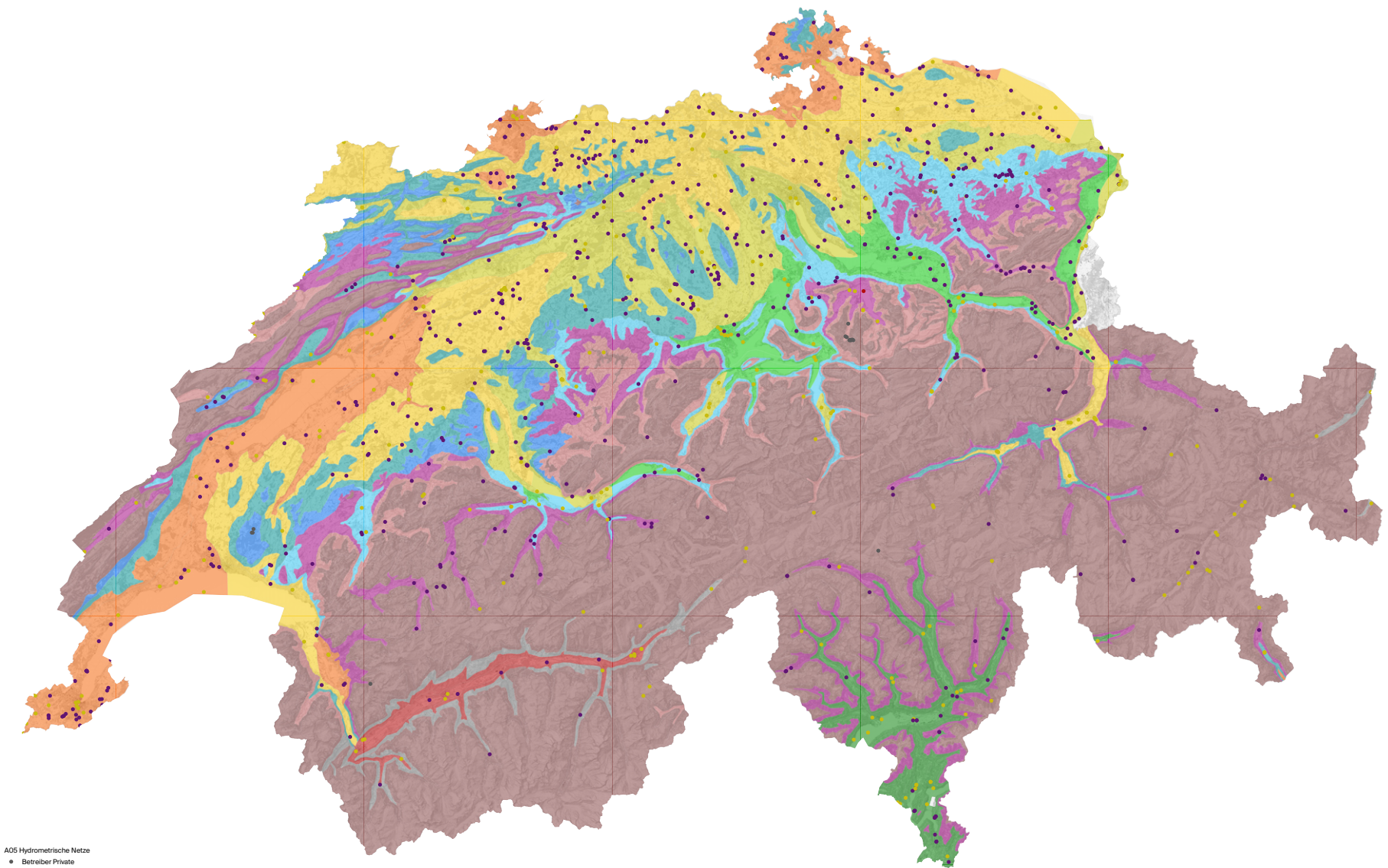
Hydrologischer Atlas Schweiz: Szenarien bis 2100



- L01 Mittlere Abflüsse mesoskaliger Einzugsgebiete
- L02 Mittlere Abflüsse grosser Einzugsgebiete
- L03 Mittlere Abflüsse vergletschter Einzugsgebiete
- Regionalisiert (Gebietsauslasspunkt)
- Messstaandort (Bund und Kantone)
- Sihlsee Punkt

0 25 50 km

Niederschlagshaushalt und Messstationen



- AOS Hydrometrische Netze
- Betreiber Private
 - Betreiber Kantone
 - Betreiber Bund
- Niederschlagshaushalt
- Sihlsee Punkt

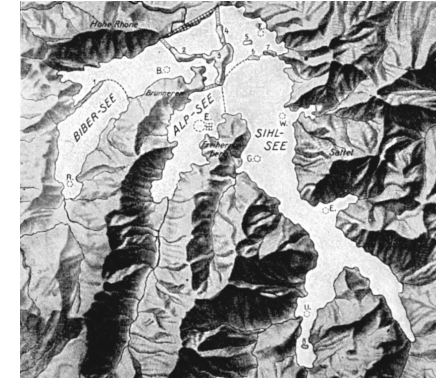


2. Case Study: Sihlsee

Am Ende der Würm-Eiszeit wurde durch den Rückzug des Linth-Gletschers ein See aufgestaut, der sich dank Moränen bei einem Pegel von ca. 900m ü.M. einige Zeit hielt: Der Ur-Sihlsee. Er war für die Entstehung der charakteristischen Flach- und Hochmoore im Sihltal verantwortlich, wie geologische Bohrungen kurz vor dem Stau des heutigen Sihlsees belegten. Die pollenanalytischen Untersuchungen der Sedimente des Sihlseebeckens liefern Angaben über den zeitlichen Verlauf der Verlandung des nacheiszeitlichen Sees und erlauben zugleich Rückschlüsse auf das Klima, das zur Zeit der Einlagerung der Pollen herrschte. Nach dem Rückzug der Gletscher stellte sich im Sihlseegebiet zunächst eine Tundravegetation ein. Die zunehmende Erwärmung brachte Hügel zunächst mit Birken, später mit Föhren.

Es folgte eine Phase landwirtschaftlicher Nutzung des ehemaligen Seebeckens, während der Torffelder das landschaftliche Bild um Einsiedeln prägten. Trotz Bemühungen zur Verhinderung des Stausees z.B. durch den Entwurf eines Sihlalpsees, bei dem weniger Fläche hätte enteignet werden müssen, wurde 1926 der SBB die Bewilligung zum Bau des Stausees erteilt.

Drei Phasen



Ur-Sihlsee



Länderei



Sihlsee

1932 wurde mit dem Bau begonnen, 1937 das Tal geflutet. Betroffen war eine Produktivlandfläche von 943ha, 452 Bauernbetriebe wurden in Mitleidenschaft gezogen. Seither produziert die SBB durch das Etzelwerk jährlich 260 Gwh oder 10% des gesamten Jahresverbrauchs des schweizerischen Bahnstroms.

Bereits heute wird der Sihlsee als Mehrzweckspeicher genutzt. Neben der Produktion von Bahnstrom dient er als Pumpspeicherwerk der Speicherung überschüssigen Stroms, indem er Wasser aus dem Zürichsee in den Sihlsee befördern kann. Für die Stadt Zürich dient er zudem als wichtiger Hochwasserschutz: Im Falle eines drohenden Hochwassers kann präventiv Wasser aus dem Sihlsee abgelassen werden um Platz für die nachfolgenden Wassermassen zu schaffen. Hochwasserspitzen der Sihl können so geglättet und die Gefahr von Hochwasser in der Stadt reduziert werden.



Siehe:

- Saurer, K., <Der Sihlsee: Eine Landschaft ändert ihr Gesicht>, 2002

Bild: Hans Nussbaumer, <Der Sihlsee>, 1964

Hydrologische Daten

Seefläche: 10.85km²

Einzugsgebiet: 156 km²

Mittlere Abflussmenge: 6m³/s

Seevolumen: 96.5 Mio m³

Maximale Tiefe: 17m

Mittlere Tiefe: 8.32m

Mittlerer Wasserstand: 889m .ü.M

Maximale Länge: 8.5km

Maximale Breite 2.5 km

Staumauer: 33m *124m, 28'000 m³



Siehe:

- SBB, <Etzelwerk>, Webportal

Bild: <Hochwasser am Platzspitz>, 1910

3. Der Mythos

«Never outside, that's the whole point. No, I am mistaken. There is a glacier visible at some point in the bright midday sun, but this Pitztaler glacier is being carefully covered so that it too remains inside a protected artificial skin to prevent it from melting too fast.»

Wasser übernimmt im Tourismussektor der Schweiz eine Doppelfunktion: Einerseits ist es Grundlage touristischer Aktivitäten wie dem Ski-, Gletscher-, oder Seentourismus. Andererseits dient es als Ressource für den täglichen Bedarf von Touristen sowie für spezifische Verwendungen wie der künstlichen Schneeherstellung. Die alpinen Gletscher gehören zu den wichtigsten Attraktionen der Schweiz. Doch die Gletscher schmelzen immer schneller und durch das Zurückgehen der Schneebedeckung wird sich der heimische Tourismus nachhaltig verändern.

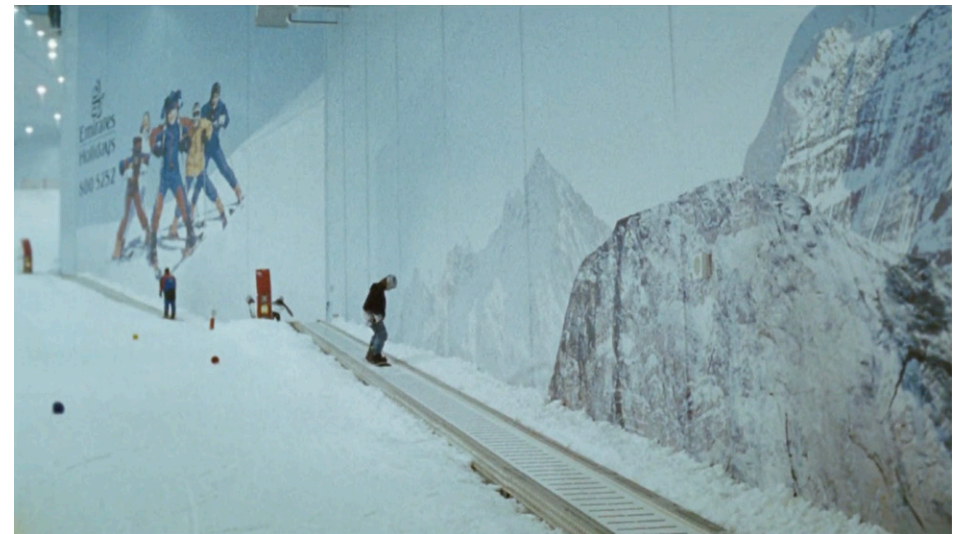
Mit der schwindenden Eismasse verliert die Schweiz also nicht nur die Sicherheit, dank Schnee und Eis genügend Wasser in den Sommermonaten zu ha-

Siehe:

- Bruno Latour, über <Alpi>, Armin Linke, 2010
- Lanz, K., <Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft der Schweiz, 2021



00 07' 34''



00 10' 32''

«It is like magic: we can turn the snow guns on and off. We can create snow, we can create nature. It is snow just as it is in nature.»

00 10' 07''

ben, vielmehr entschwindet ihr auch ein integraler Bestandteil ihres alpinen Mythos, ihrer Identität. Die mühseligen Versuche die verbleibende Eismasse zu konservieren machen das Unabwendbare nur offensichtlicher. Die Blachen vermögen den Gletscher nicht vor seinem Rückzug zu schützen, sondern untermauern die Krise: Das bekannte Bild der Schweiz schmilzt dahin.

Ist es an der Zeit, den bekannten «Mythos der Gletscher» durch einen neuen «Mythos der Überflutung» abzulösen?

Siehe:

- Roland Barthes, <Mythen des Alltags>, 1957

Wie Paris nicht unterging

Trotz der Behinderungen und Schäden, die sie für Tausende von Parisern bedeutete, hatte die Überschwemmung vom Januar 1955 mehr von einem Fest als von einer Katastrophe. Zunächst hat sie manchen Gegenständen ein Gefühl der Fremdheit verliehen, die Wahrnehmung der Welt aufgefrischt, indem sie ungewöhnliche und trotzdem erklärliche Punkte in die Welt brachte: Man sah Autos, von denen nichts blieb als ihr Dach, verkürzte Straßenlaternen, deren Kopf allein wie eine Seerose aus dem Wasser ragte, Häuser wie Spielzeugklötzchen zerlegt, eine Katze, die tagelang auf einem Baum festsaß. All diese alltäglichen Gegenstände erschienen plötzlich von ihren Wurzeln getrennt, der Erde als ihrer eigentlichen, vernunftgemäßen Substanz beraubt. Dieser befremdliche Riß wurde zum Glück nicht magisch bedrohlich: Die Wasseroberfläche wirkte wie eine gelungene, aber bekannte Trickaufnahme; die Menschen hatten das Vergnügen, veränderte, aber letztlich doch »natürliche« Formen zu sehen; sie konnten sich im Geist an die Wirkung halten, ohne ängstlich und regressiv auf die Unerklärlichkeit der Ursachen zu starren. Das Hochwasser hat die alltägliche Optik verwandelt, ohne doch ins Phantastische abzugleiten; die Gegenstände waren zum Teil verborgen, aber nicht entstellt: Das Schauspiel war einzigartig, aber vernünftig.

Jeder etwas breitere Riß im Alltäglichen dient als Einfallstor für das Fest. Nun hat das Hochwasser aber nicht nur bestimmte Objekte herausgehoben und fremd werden lassen, es hat auch die Zönästhesie der Landschaft, die angestammte Organisation der Horizonte umgewälzt: Die vertrauten Linien der Fluren, die Baumvorhänge, Häuserreihen, Straßen, sogar das Flußbett, diese geometrische Stabilität, die

den Eigentumsformen so praktisch vorarbeitet, all das war ausradiert, vom Winkel zur Fläche ausgebreitet: keine Wege, keine Ufer, keine Richtungen mehr; eine flache Substanz, die nirgendwoher kommt und so die Entwicklung des Menschen unterbricht, ihn von einer vernünftigen, zweckdienlichen Nutzung der Orte entfernt.

Das verwirrendste Phänomen ist gewiß das Verschwinden des Flusses selbst. Er, die Ursache dieser ganzen Umwälzung, ist nicht mehr, das Wasser hat seine Strömung verloren. Das Flußband, diese Grundform jeder geographischen Wahrnehmung, von der Kinder mit Recht so fasziniert sind, geht von der Linie zur Fläche über; die Unebenheiten des Raumes stehen in keinem Zusammenhang mehr; die Rangunterschiede zwischen dem Fluß, der Straße, den Feldern, den Böschungen, dem offenen Gelände sind nivelliert; der Panoramablick büßt seine herrschaftliche Macht ein, die darin liegt, den Raum als Nebeneinander von Funktionen zu organisieren. Genau im Zentrum seiner optischen Reflexe liegt das Verstörende des Hochwassers, und doch ist dieses Verstörende nicht sichtbar bedrohlich (ich spreche von den Photos in der Presse, dem einzigen Medium, mittels dessen die Überschwemmung wirklich kollektiv konsumiert wird): Die Aneignung des Raumes ist unterbrochen, die Wahrnehmung ist verblüfft, doch insgesamt bleibt die Stimmung gelassen, friedlich, ruhig und umgänglich; der Blick gerät in den Sog einer unendlichen Verdünnung; der Bruch im alltäglich Sichtbaren ist nicht von der Art eines Tumults. Man bemerkt diese Verwandlung erst als fertige, was ihr den Schrecken nimmt.

Dieser Beruhigung des Blicks, die sich einstellt, wenn stille Flüsse über die Ufer treten und die Funktionen und Namen der Geländetopographie suspendieren, entspricht offensichtlich ein ganzer glücklicher Mythos des Gleitens: Die Überschwemmungsphotos versetzen stellvertretend jeden Leser in das Gefühl, zu gleiten. Daher der große Erfolg der Szenen,

in denen Boote auf den Straßen fahren; von diesen Szenen gibt es viele, Zeitungen und Leser waren ganz versessen darauf. Denn man sieht im Realen den großen mythischen und kindlichen Traum des Gehens auf dem Wasser erfüllt. Nach mehreren tausend Jahren Seefahrt ist das Schiff immer noch ein Gegenstand des Staunens geblieben; es erregt Sehnsüchte, Leidenschaften, Träume; spielende Kinder oder Arbeiter, die von der Kreuzfahrt fasziniert sind, alle sehen in ihm das eigentliche Mittel, schwerelos zu werden, die immer noch verwirrende Lösung eines Problems, das dem gesunden Menschenverstand unerklärlich ist: auf dem Wasser zu gehen. Die Überschwemmung erneuert dieses Thema, gibt ihm den reizvollen Rahmen der alltäglich vertrauten Straße: Man fährt mit dem Boot zum Krämer, der Priester erreicht seine Kirche im Kahn, eine Familie geht einkaufen im Kanu.

Zu dieser kühnen Phantasie kommt die Euphorie hinzu, das Dorf oder das Viertel neu zu erbauen, mit neuen Wegen zu erschließen, es wie einen Bühnenort zu verwenden, den Kindermythos des Baumhauses zu variieren durch den erschwerten Zugang zum Haus als Fluchtborg, die gerade durch das Wasser geschützt wird wie ein Wasserschloß oder ein venezianischer Palast. Paradoxe Weise hat die Überschwemmung eine disponiblere Welt geschaffen, die mit der gleichen Genugtuung zu handhaben ist, mit der das Kind seine Spielsachen aufstellt, untersucht und daran Freude hat. Die Häuser waren nichts weiter als Klötze, die Schienen isolierte Linien, die Viehherden transportierte Massen, und das Boot, das superlativische Spielzeug des kindlichen Universums, wurde zum Modus der Besitzergreifung dieses verfügbaren, ausgebreiteten und nicht mehr verwurzelten Raumes.

Geht man von den Mythen der Empfindungen zu den Mythen der Werte über, so erweist sich die Überschwemmung erneut als gespeicherte Euphorie: Der Presse gelang es sehr leicht, eine Dynamik der Solidarität zu entfesseln und tag-

täglich das Hochwasser zu einem Ereignis zu stilisieren, das die Menschen zusammenbringt. Das liegt im wesentlichen an der Vorhersehbarkeit der Notsituation: Zum Beispiel hatte es etwas Anheizendes, Anstachelndes, als die Zeitungen im voraus den Tag benannten, an dem das Hochwasser seinen höchsten Pegel erreichen würde; die beinahe wissenschaftlich beglaubigte Frist, die noch bis zum Ausbruch des Übels zur Verfügung stand, konnte die Menschen zu einer zweckdienlichen Entwicklung von Mitteln zur Abhilfe zusammenführen. Es handelt sich um die gleiche geschäftige Euphorie, wie wenn die Ernte oder die Wäsche vor dem Gewitter ins Trockene gebracht oder in einem Abenteuerroman eine Zugbrücke hochgezogen werden muß, mit einem Wort, wenn es darum geht, die Natur mit der bloßen Waffe der Zeit zu bekämpfen.

Da es Paris bedrohte, konnte sich das Hochwasser sogar ein wenig in den Achtundvierziger-Mythos hüllen: Die Pariser haben »Barrikaden« errichtet, sie haben ihre Stadt mit Pflastersteinen gegen die feindliche Flut verteidigt. Getragen von einer ganzen Bilderwelt von Sperrmauer, ruhmreichem Schützengraben, Bollwerk aus Sand, das die Kinder am Strand eilig im Kampf gegen die steigende Flut errichten, war diese Art des legendären Widerstands für viele verführerisch. Sie war vornehmer als das Auspumpen von Kellern, mit dem die Zeitungen nicht viel Wirbel machen konnten, da die Concierges nicht einsahen, wozu es gut sein sollte, die abgepumpten Wassermassen in den hochwasserführenden Fluß zurückzuleiten. Eindrucksvoller war es, das Bild einer militärischen Mobilisierung zu entwickeln, den Hilfseinsatz der Armee, die Schlauchboote mit Außenbordmotor, die Rettung von »Kindern, Alten und Kranken«, die biblische Rückkehr der Herden, den ganzen Fiebereifer Noahs, der die Arche füllt. Denn die Arche ist ein glücklicher Mythos: Die Menschheit gewinnt darin Abstand von den Elementen, sammelt sich in

ihr, entwickelt das notwendige Bewußtsein ihrer Kräfte und findet gerade im Unheil den Beweis dafür, daß die Welt beherrschbar ist.

4. Die Frage

Der Klimawandel beeinflusst den Wasserhaushalt der Schweiz: Niederschläge und Abflüsse verändern sich, Temperaturen und Verdunstung nehmen zu, Gletscher schmelzen immer schneller. Durch den Anstieg der Temperaturen verlieren die Gletscher und die Schneedecke ihre Funktion als natürliche Wasserspeicher. Als Folge davon, gewinnen künstliche Speicher an Relevanz. Vereinfacht wird erwartet, dass die Abflüsse im Winter und Frühjahr zunehmen, im Sommer und Herbst hingegen zurückgehen. Die Jahresmenge bleibt stabil. Gleichzeitig ist infolge höherer Temperaturen gerade während der trockenen Sommermonate mit einem Anstieg des Wasserbedarfs zu rechnen. In der Konsequenz heisst das: Saisonale und lokale Sommerwasserknappheit. Insbesondere im Mittelland wird aufgrund landwirtschaftlicher Bewässerung und erwartetem Bevölkerungswachstum eine erhöhte Wassernachfrage prognostiziert.

Es ist sowohl eine saisonale als auch eine räumliche Diskrepanz die es zu überwinden gilt: Einerseits ist die Wasserverfügbarkeit im Winter höher als im Sommer und deckt sich damit nicht mit dem erhöhten Wasserbedarf während der trockenen Monate. Andererseits sind die durch die Gletscher-

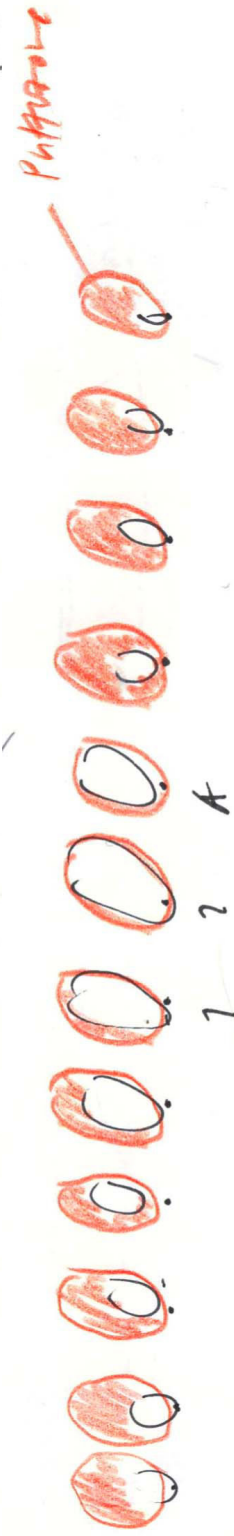
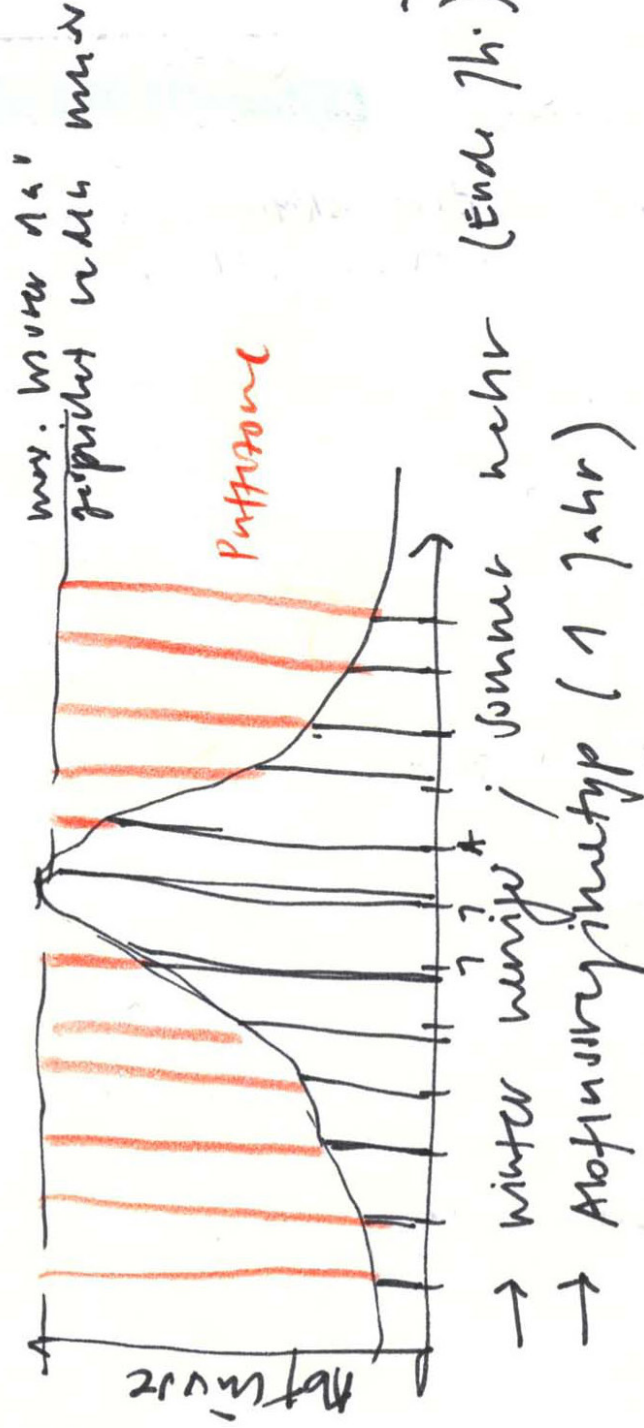
schmelze entstehenden Gletscherseen in der alpinen Region der Schweiz verortet wo die Wassernachfrage vergleichsweise klein ist. Die Nachfrage nach Wasserentnahme wird mit der Wasserverfügbarkeit in Konflikt geraten. Es stellt sich die Frage nach einer möglichen Überbrückung von Perioden mit Wasserknappheit und der Suche nach einem Ausgleich.

Vor knapp hundert Jahren baute man im ehemaligen Becken eines Gletschersees einen künstlichen Stausee, der Sihlsee. Damals wie heute dient der See primär der Energiegewinnung. Vor dem Hintergrund der starken saisonalen Fluktuationen im Wasserdargebot scheint diese Herangehensweise zu einseitig. Ich behandle den Sihlsee als Fallbeispiel eines künstlichen Sees und versuche daraus die Bedingungen und Möglichkeiten eines Speichersystems für die nächsten hundert Jahre abzuleiten. Was müsste ein heute für morgen gebauter Sihlsee alles leisten?

Fest steht: die Schweiz braucht neue Wasserspeicher. Wie könnte eine neue Art dynamisches Wasserreservoir aussehen und welche Bereiche unseres Zusammenlebens würde es tangieren? Wie könnte eine effiziente Neuverteilung des verfügbaren Nutz-

volumens geschaffen werden und wer wären seine Abnehmer? Was wären die Implikationen eines neuen Speichersystems auf die Schweizer Landschaft im grossen und die Art wie wir wohnen im kleinen Massstab? Wäre es eher ein dezentrales Netzwerk von unterirdischen Speichern oder doch eine offene Seenlandschaft, welche ein neuer Mythos Schweiz konstruiert? Und letztlich: wie könnte ein dynamisches Wasserreservoir nicht mehr nur die Bedürfnisse des Menschen – vordergründig den Strom – decken, sondern gleichzeitig auch auf das veränderte Wasserdargebot reagieren und gerade über die beschriebenen Pegelschwankungen seine grösste Qualität definieren?

glaziales Regime: Sommer: intensiverer
Wasserstrom

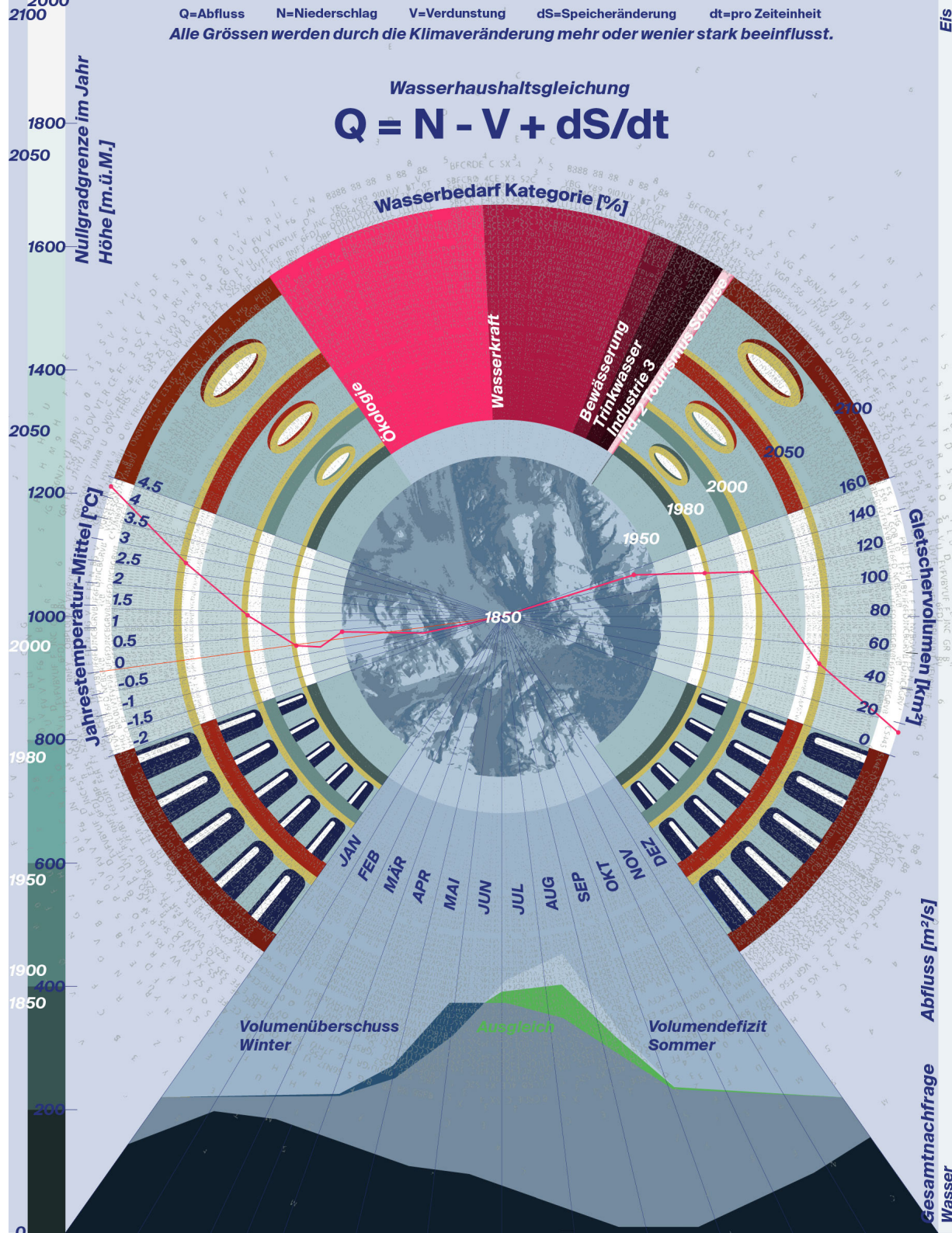


Q=Abfluss N=Niederschlag V=Verdunstung dS=Speicheränderung dt=pro Zeiteinheit
Alle Grössen werden durch die Klimaveränderung mehr oder weniger stark beeinflusst.

Wasserhaushaltsgleichung

$$Q = N - V + dS/dt$$

Wasserbedarf Kategorie [%]



Gesamtes Wasser

Abfluss [m^2/s]

Gletschervolumen [km³]

Metamorphose Gletscher

Ende: Seenbildung



5. Outro: Appendix



Bild: Ester Vonplon, «Gletscherfahrt», 2016

Glossar

Für eine allgemeine Einführung zu den Kryosphären-Elementen Schnee, Gletscher und Permafrost wird auf das [Kryosphären-Themenportal](#) der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) hingewiesen. Dieses Themenportal zeigt und erklärt ausgewählte langjährige Mesreihen zu Schnee, Gletschern und Permafrost. Aus der Gletscherbeobachtung werden die folgenden Kenngrössen erklärt und dargestellt: [Längenänderung](#), [Massenbilanz](#) und [Inventory](#).

Das nachfolgende **Gletscher-Glossar** basiert auf: M. Maisch & P. Wick: dns-Themenheft „Gletscher“, Nr. 7/8 (2004) und J. G. Cogley et al.: [Glossary of glacier mass balance and related terms](#). IHP-VII Technical Documents in Hydrology No. 86, IACS Contribution No. 2, UNESCO-IHP, Paris (2011).

Ablation

Vorgänge, die dem Gletscher Masse entziehen durch Schmelzen und Verdunsten infolge Sonneneinstrahlung, Eisabbrüchen oder Kalbung (Abbruch in See oder Meer).

Ablationsgebiet (oder Zehrgebiet)

derjenige Teil der Gletscheroberfläche – zumeist der tiefer gelegene – auf dem die jährliche Menge der Ablation grösser ist als die Menge der Akkumulation.

Accumulation Area Ratio (engl.)

Verhältnis zwischen der Fläche des Akkumulationsgebietes und der Gesamtfläche des Gletschers, abgekürzt als AAR.

Akkumulation (auf dem Gletscher)

Vorgänge, die dem Gletscher Masse zuführen durch Niederschlag (Schneefall), Winddrift oder Lawenniedergänge.

Akkumulationsgebiet (oder Nährgebiet)

derjenige Teil der Gletscheroberfläche – zumeist der höher gelegene – auf dem die jährliche Menge der Akkumulation grösser ist als die Menge der Ablation. Im Akkumulationsgebiet bildet sich aus Schnee zunächst Firn und später Gletschereis.

Beobachtungsperiode

Das Massenbilanzjahr (Haushaltsjahr) wird durch die effektiven Daten der zwei aufeinanderfolgenden Messungen definiert, die von Jahr zu Jahr variieren können.

Blockgletscher

sich wulstartig pro Jahr ca. 0,1-1,0 m talabwärts bewegender zungenförmiger Schuttstrom, aus Blöcken verschiedenster Grösse bestehend. Enthält im aktiven Zustand einen aus Permafrost gebildeten (Eis-)Kern.

Endmoräne

walfförmige, oft das Tal querende, Hufeisen-förmige Moränenablagerung eines Gletschers, der nach einer Vorstossphase für längere Zeit seine maximale Ausdehnung beibehielt.

Firn

Schnee, der mindestens einen Sommer überdauert hat und sich bereits in den dichteren Firn umgewandelt hat.

fluvio-glazial

Prozesse und Formen, die durch die kombinierte Wirkung des Eises und von Schmelzwässern zu Stande kommen.

geodätische Methode

Die Änderungen der Höhe der Gletscheroberfläche werden mithilfe von Luftbildern, Satellitendaten oder anderen Quellen bestimmt, um daraus wird die Volumen- und Massenänderung abzuleiten.

glazial

unmittelbar vom Gletscher verursachte Prozesse und die dadurch geschaffenen Gelände- oder Landschaftsformen.

Glaziologie

Wissenschaft, die sich mit den (physikalischen) Eigenschaften und dem Verhalten von Schnee, Eis, Gletschern und Permafrost beschäftigt.

Gleichgewichtslinie (engl. equilibrium line)

(theoretische) Linie auf dem Gletscher, an welcher am Ende des Haushaltsjahres (Ende Sommerhalbjahr) sich Akkumulation und Ablation die Waage halten. Bei ausgeglichenem Massenhaushalt stehen sich die Flächen von Nähr- und Zehrgebiet ungefähr in einem 2:1-Verhältnis gegenüber. Die Höhe der Gleichgewichtslinie wird als ELA bezeichnet.

Gletschertor

Unteres Ende eines Gletschers, wo durch die Öffnung eines subglazialen Tunnels an der Gletscherstirn normalerweise ein Schmelzwasserbach aus dem Eis hervortritt.

Gletschervorfeld

Gebiet zwischen den Moränen der neuzeitlichen (bzw. postglazialen) Vorstösse (z.B. Hochstand um 1850/60) und den heutigen Gletscherumrissen.

Hochstand von 1850/60

allgemein in den Alpen verbreitete Vorstossphase der Gletscher, welche um die Mitte des 19. Jahrhunderts im Anschluss an frühere Vorstösse ähnlicher Grösse (z.B. um 1600/40 und 1820) ihren Höhepunkt erreichte. Markiert das Ende der "Kleinen Eiszeit" (in den Alpen).

Weiterführende glaziologische Links:

- [Foto-Glossar zu Gletscherbegriffen auf Glaciers online \(fswisseduc.ch\)](#)
- [Kryosphären-Glossar des National Snow and Ice Data Center \(auf Englisch\)](#)
- [Interaktive Vorher-nachher-Bildvergleiche verschiedener Alpengletscher](#)
- [Schweizerische Gesellschaft für Schnee, Eis und Permafrost \(SEP\)](#)
- [Expertenkommission für Kryosphärenmessungen \(EKK\)](#)
- [World Glacier Monitoring Service \(WGMS\)](#)

Ablation

Ablationsgebiet (oder Zehrgebiet)

Accumulation Area Ratio (engl.)

Akkumulation (auf dem Gletscher)

Akkumulationsgebiet (oder Nährgebiet)

Beobachtungsperiode

Blockgletscher

Endmoräne

Firn

fluvio-glazial

geodätische Methode

glazial

Glaziologie

Gleichgewichtslinie (engl. equilibrium line)

Gletschertor

Gletschervorfeld

Hochstand von 1850/60

Holozän

hydrologisches Jahr

Kleine Eiszeit (engl. Little Ice Age)

Massenbilanz

Moränen

Quartär

Séracs

temperierte Gletscher

Wasseräquivalent (engl. w.e.)

Holozän

auch Nacheiszeit (Postglazial) genannt. Umfasst den Zeitraum der letzten 11700 Jahre ab Ende der letzten grossen Kaltzeit/Eiszeit.

hydrologisches Jahr

Zeitraum zwischen dem 1. Oktober und dem 30. September des folgenden Jahres, d.h., das Massenbilanzjahr (Haushaltsjahr) beginnt immer am gleichen Datum.

Kleine Eiszeit (engl. Little Ice Age)

allgemein kühle Phase der Klima- und Gletschergeschichte von Mitte 13. Jahrhundert bis Mitte 19. Jahrhundert (in den Alpen), gekennzeichnet durch allgemein grosse Gletscherausdehnungen und mehrere Hochstände in der Grössenordnung von 1850/60.

Massenbilanz

Verhältnis von Einnahmen (Akkumulation) und Ausgaben (Ablation) auf einem Gletscher am Ende des Haushaltsjahres. Wird an einigen Alpengletschern regelmässig bestimmt. Die Einheit der Massenbilanz (kg m⁻²) wird oft durch Millimeter Wasseräquivalent (mm w.e.) ersetzt. Beide Einheiten sind numerisch identisch.

Moränen

vom Gletscher an der Grenze Eis/Untergrund (Grundmoräne) oder am Eisrand bei Vorstössen häufig in Form von Wällen akkumuliertes Gesteinsmaterial (End-, Ufermoränen). Beim Zusammenfluss zweier Gletscherströme entstehen durch die Vereinigung der Seitenmoränen die meist auffälligen Mittelmoränen.

Quartär

jüngste geologische Formation der Erdgeschichte, aufgrund der verschiedenen Kaltzeiten (Glaziale) auch Eiszeitalter genannt. Beginn vor ca. 2.6 Mio. Jahren.

Séracs

durch das Überkreuzen von Längs- und Querspalten meist über Steilabbrüchen entstehendes wirres Spaltenmuster mit spektakulären Eistürmen.

temperierte Gletscher

Bezeichnung für Gletscher, deren Eistemperatur um 0 °C liegt, im Gegensatz zu kalten Gletschern mit ständig niedrigeren Temperaturen.

Wasseräquivalent (engl. w.e.)

eine Einheit (Meter oder Millimeter Wasseräquivalent), um die Gletschermasse als Dicke einer gleichen Masse mit der Dichte des Wassers zu beschreiben. 1 kg flüssiges Wasser hat eine vertikale Ausdehnung von 1 mm, wenn es gleichmässig auf eine horizontale Fläche von 1 m² verteilt ist.

Für viele Gletscher ist es bereits 5 nach 12

Gut ein Drittel der weltweiten Gebirgsgletscher muss heute schon verloren gegeben werden. Auch ein Stopp der globalen Erwärmung könnte sie nicht mehr retten.

Sven Titz
19.03.2018, 18.09 Uhr



Durch die Abdeckung mit Tüchern versucht man das Abschmelzen des Rhone-Gletschers zu verzögern. (Bild: Peter Klauunzer/ Keystone)

Selbst wenn es gelänge, die globale Temperatur auf dem gegenwärtigen Niveau zu halten, würden 36 Prozent der Gebirgsgletscher langfristig verschwinden. Zu diesem Ergebnis kommen jetzt Forscher von den Universitäten in Bremen und Innsbruck aufgrund von Computerberechnungen. Die Gletscher befänden sich derzeit nicht im Gleichgewicht mit dem Klima, schreiben die Autoren. Das heisst konkret, dass die Gletscher im Durchschnitt weniger Eismasse durch Schnee gewinnen, als sie durch Schmelzen verlieren. Mindestens bis Mitte des 21. Jahrhunderts wird sich deshalb der Rückgang der Gletscher noch beschleunigen. Auch danach wird er noch lange anhalten.

Vergleich von Klimazielen

Die Forscher haben sich genau angesehen, in welchem Masse die Einhaltung verschiedener Klimaziele den Schwund der Gletscher bremsen könnte. Im Pariser Klimaabkommen verständigte sich die Weltgemeinschaft auf das sogenannte «Zwei-Grad-Ziel». Darüber hinaus erklärte sie das «1,5-Grad-Ziel» als erstrebenswert. In vielen Bereichen des Klimas würde es in der Tat einen grossen Unterschied machen,

welches der beiden Ziele man erreiche. In Bezug auf die Gletscher ist die Differenz aber kaum zu erkennen – jedenfalls nicht vor Ende des 21. Jahrhunderts. Das belegen etwa die Zahlen zum Anstieg der Meere: Bei einer Erwärmung um 1,5 Grad gegenüber dem vorindustriellen Niveau verlieren die Gletscher bis zum Jahr 2100 eine Menge an Eis, die den Meeresspiegel um acht Zentimeter anhebt. Im Zwei-Grad-Szenario wäre es nur ein Zentimeter mehr. Nicht berücksichtigt sind dabei die Eisschilde Grönlands und der Antarktis.

Dass es oft Jahrzehnte bis Jahrhunderte dauert, bis sich Gletscher auf eine Temperaturerhöhung eingestellt haben, ist seit längerem bekannt.

«Die Ergebnisse stimmen gut mit ähnlichen früheren Studien überein», kommentiert Tobias Bolch von der Universität Zürich, der nicht an der neuen Arbeit mitgewirkt hat, gegenüber dem Science Media Center. Die Stärke der neuen Studie liege darin, dass die Anpassungszeit der Gletscher global quantifiziert worden sei.

Die heutigen Entscheidungen der Menschen zum Klimaschutz machen auf längere Sicht aber durchaus einen Unterschied, was den Schwund der Gletscher angeht. In der Studie heisst es zum Beispiel, dass pro 70 Gramm ausgestossenen CO_2 ein Kilogramm Gletschereis verloren geht. Diese CO_2 -Menge entspricht einer Fahrt von 500 Metern mit einem Durchschnittsauto.

Trübe Aussichten für Alpengletscher

Zu dem Verlust der Gletscher in einzelnen Gebirgen der Erde treffen die Autoren der Studie keine Aussagen, denn dafür ist ihr Rechenmodell zu grob gestrickt. Für regionale Untersuchungen werden meist andere Modelle verwendet, die auch Details wie das Mikroklima in den Tälern oder die Bedeckung von Gletscherzungen mit Schutt berücksichtigen.

Anfang März fasste eine Gruppe um Martin Beniston von der Universität Genf die neusten Erkenntnisse zu den Gebirgsgletschern in Europa zusammen. Ihr Artikel verbreitet wenig Zuversicht. Bei mittleren Szenarien für den Treibhausgasausstoss werden bis zum Jahr 2100 zwischen 76 und 97 Prozent des Eisvolumens in den Alpen verschwinden.

Folgen Sie der Wissenschaftsredaktion der NZZ auf Twitter.

Quelle: ✓

Schweizer Gletscher verlieren im Hitzesommer massiv an Eis

Der Winter mit Rekordschnee konnte die Schweizer Gletscher nicht vor massiven Eisverlusten bewahren. Hitze und Trockenheit haben ihnen zugesetzt. Das setzt eine dramatische zehnjährige Entwicklung fort.

16.10.2018, 13.53 Uhr



Die mit Planen abgedeckte Eisgrotte am Gletscherende des Rhonegletscher oberhalb von Gletsch am Furkapass. (Bild: Urs Flueeler / Keystone)

(dpa) Die Eismasse der Schweizer Gletscher ist im Hitzesommer 2018 massiv geschrumpft. An den etwa 1500 Gletschern schätzen die Experten den Verlust auf 1,4 Milliarden Kubikmeter oder 2,5 Prozent im Vergleich zum September 2017, berichtete die Akademie der Wissenschaften Schweiz am Dienstag. Nur der sehr schneereiche Winter habe eine noch dramatischere Entwicklung verhindert. Insgesamt hätten die Gletscher in zehn Jahren ein Fünftel ihres Volumens verloren.

ausgeapert», sagt der Glaziologe Andreas Bauder. Das bedeutet, dass der Winterschnee auf der gesamten Gletscherfläche schnell wegtaute. Das sei doppelt problematisch, weil der hellere Winterschnee die Sonne gut reflektiert und die darunter liegenden dunkleren Eisschichten vor Sonneneinstrahlung schützt. Zudem sei Winterschnee nötig, damit die Gletscher Rücklagen bilden könnten. Winterschnee, der den Sommer überdauert, wird über Jahre kompakter und dann zu Gletschereis.

Nach Angaben der Akademie wurden im vergangenen Winter teils Rekord-Schneehöhen gemessen. Im Kanton Wallis hätten die Gletscher etwa zu Beginn der Schmelzperiode bis zu 70 Prozent mehr Schnee gehabt als im Durchschnitt der vorangegangenen Jahre. In manchen Tälern sei so viel Schnee gefallen wie nur alle 70 Jahre zu erwarten sei. Bis Ende März habe oberhalb von 2000 Metern noch bis zu doppelt so viel Schnee gelegen wie in früheren Jahren. Aber: weil April und Mai extrem warm und trocken waren, seien die Schneefelder rasant schnell ausgeapert, nicht später als in anderen Jahren.

Das Sommerhalbjahr von April bis September war das wärmste seit Beginn der Messungen Mitte des 19. Jahrhunderts, schreibt die Akademie. Vor allem habe es wenig Neuschnee gegeben. Auf dem 2540 Meter hohen Weissfluhjoch, wo seit 81 Jahren gemessen werde, sei es an 87 Prozent der Sommertage nicht unter null Grad gewesen. Noch nie habe es dort zwischen dem 17. Mai und 4. September so wenig Neuschnee gegeben wie in diesem Jahr.

Bei diesen Messungen geht es nicht um die Länge oder Fläche der Gletscher, die ebenfalls stark rückläufig ist. Der flächenmässig grösste und längste Gletscher der Alpen, der Grosse Aletschgletscher, hat seit Beginn der Messungen 1870 zum Beispiel mehr als 3000 Meter an Länge verloren. Bei diesem Ergebnis geht es um die Eismasse, die jeweils im September gemessen wird. Die Experten bewerten den Zuwachs durch Schnee im Winter und den Verlust durch die Schmelze im Sommer.

Nicht alle Gletscher reagieren gleich auf die klimatischen Bedingungen, wie Bauder erklärt. Wie stark ein Gletscher schrumpfe, hänge unter anderem von Länge, Eisdicke und Neigungswinkel ab. Im vergangenen Jahr allerdings gingen praktisch alle der rund 100 in der Schweiz vermessenen Gletscherzungen zurück.

Hitzesommer: Gletscher schmelzen massiv

«Viele Gletscher sind in den vergangenen Monaten bereits komplett



Siehe:

- Armin Linke, <Alpi>, 2010

Die Alpen – das Wasserschloss Europas

In den Alpen regnet und schneit es mehr als im Tiefland. Und im Eis lagern Wasserreserven für den Sommer. Von Rolf Weingartner und Daniel Viviroli

Die Gebirge dieser Erde werden zu Recht als "Wasserschlosser" bezeichnet. So sind sie in Trockenzeiten oftmals der einzige Wasserlieferant, deren Wasserüberschuss über die Ströme in die trockenen Vorländer transportiert und dort hauptsächlich zur Nahrungsmittelproduktion genutzt wird.

Die Schweiz als bedeutende Wasserlieferantin

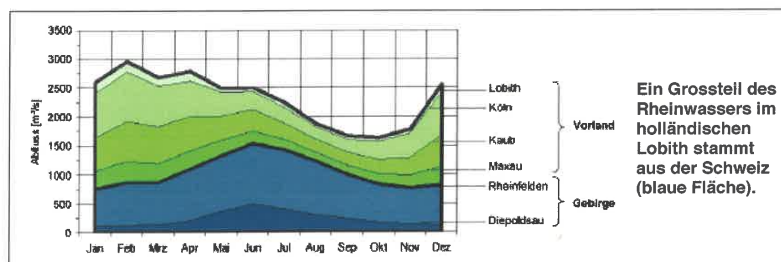
Aber selbst in Regionen mit grossen Niederschlagsmengen werden die grossen Flusssysteme massgeblich vom hydrologischen Geschehen im Gebirge beeinflusst, wie das Beispiel der Alpen veranschaulicht. Letztere bilden für die häufig von Nordwesten oder Südwesten anströmenden Luftmassen ein grosses Hindernis; der über dem Atlantik bzw. Mittelmeer aufgenommene Wasserdampf regnet aus, so dass die Schweiz pro Jahr im Mittel 1500 mm, im Extremfällen bis zu 4000 mm Niederschlag erhält. Im Gebirgsland Schweiz fallen im Vergleich zum restlichen Euro-

pa mehr als das Doppelte an Niederschlägen an! Von dieser Menge verdunstet etwa ein Drittel, die restlichen zwei Drittel verlassen die Schweiz über das Flussnetz und fliessen den Tiefländern zu - und zwar zu rund 65% über den Rhein.

Vergleicht man die beim Rhein in Basel abfliessenden Wassermengen mit dem gesamten Rheinabfluss in den Niederlanden, zeigt sich der Einfluss der Alpen sehr deutlich (s. Grafik). Die Fläche des Einzugsgebietes des Rheins bis Basel umfasst lediglich 21% des gesamten Rheingebietes. Diese Flächenanteile tragen aber im Jahresmittel 47% zum Gesamtabfluss des Rheins (bei Lobith) bei. Die Gebirgsregionen erzeugen also doppelt so viel Wasser als aufgrund des Flächenanteils zu erwarten wäre. Von hervorragender hydrologischer Bedeutung sind die Alpen im Sommer, wenn in Deutschland, Frankreich und Holland wegen hoher Verdunstung nur ein geringer Anteil des Niederschlags zum Abfluss gelangt. In dieser Periode

stammt über 70% des Wassers aus dem Alpenraum! Diese hohen Gebirgsabflüsse entstehen im regelmässigen Jahreszyklus von winterlicher Speicherung und sommerlicher Schmelze von Schnee und Eis. Sie wirken stark ausgleichend auf den Abflussgang des Rheins. In trockenen Jahren ist der Beitrag der Alpen dank der Schneeschmelzabflüsse noch wesentlich grösser, so beispielsweise im Juli 1976, als 93% des gesamten Rheinabflusses ihren Ursprung in der Schweiz hatten.

Ohne ausländische Gebirgszuflüsse würden die jährlich pro Kopf verfügbaren Wassermengen in Deutschland von 2170 m³ auf 1305 m³ fallen, in den Niederlanden sogar von 5760 m³ auf 695 m³ - Werte, bei denen bereits mit Einschränkungen bzw. Knappheit im Wasserdargebot zu rechnen ist. Zum Vergleich: In der Schweiz stehen pro Einwohner jedes Jahr 5800 m³ Wasser zur Verfügung, wovon allerdings nur 3% genutzt werden, was 450 l pro Einwohner und Tag



entspricht. Dank der Alpen ist die Schweiz also ein wasserreiches Land; sie leistet einen entscheidenden Beitrag an die Wasserführung von Rhein und Donau und etwas weniger ausgeprägt von Po und Rhone.

Partnerschaftliche Nutzung des Rheinwassers

Dank gutnachbarlicher Beziehungen, einer effizienten Wasserbewirtschaftung, aber auch dank der fehlenden Abhängigkeit von der Bewässerungslandwirtschaft treten im Rheineinzugsgebiet keine gravierenden Konfliktsituation auf.

Ober- und Unterlieger können sich im Bereich der Wassernutzung arrangieren. Was im Rheineinzugsgebiet friedlich abläuft, sorgt in anderen Regionen für politischen Zündstoff und kann - angesichts der existentiellen Bedeutung des Wassers - sogar in kriegerische Auseinandersetzungen münden. Denn: "Wo das Wasser endet, da endet auch die Welt" (usbekisches Sprichwort). Angesichts der wachsenden Erdbevölkerung werden solche Krisensituationen zunehmen, denn die Süsswassermengen lassen sich nicht vermehren. Die Bewältigung dieser Krisen und die

gerechte Verteilung des Wassers wird die grosse politische Herausforderung dieses Jahrhunderts darstellen. Es braucht die gemeinsame Anstrengung aller - miteinander und nicht gegeneinander, wie das heute leider vielfach der Fall ist.

Dr. Rolf Weingartner, Privatdozent, Gruppenleiter Hydrologie und Projektleiter Hydrologischer Atlas der Schweiz und lic. phil. nat. Daniel Viviroli, Dipl. Geograph, Gruppe für Hydrologie, Geographisches Institut der Universität Bern.

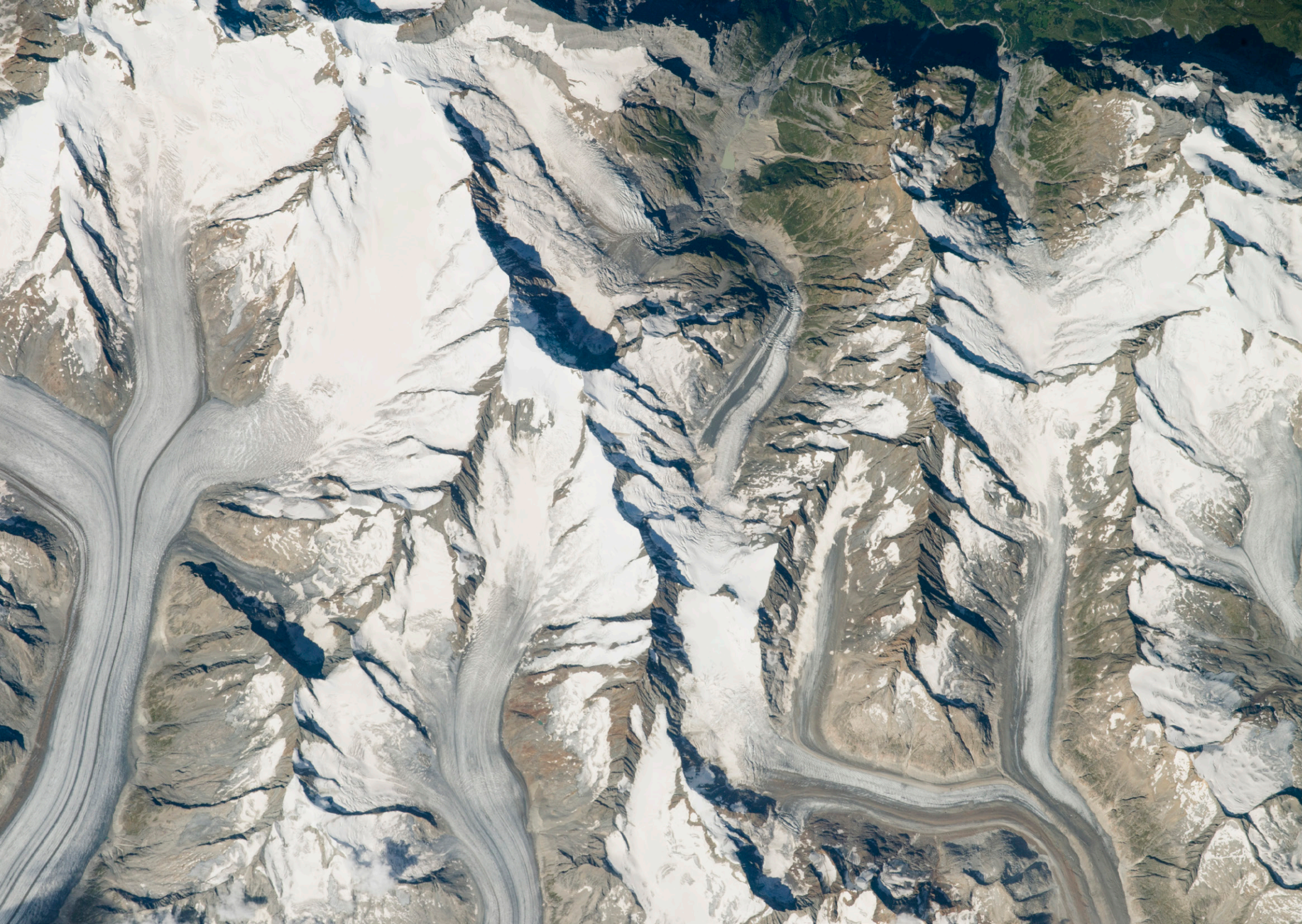
Wald reguliert und schützt

Der Wald bedeckt heute rund ein Viertel der Schweiz. Was heisst das für den Wasserhaushalt? Die Experten sind sich weitgehend einig, dass der Wald - dank hoher Verdunstung - die abfliessenden Wassermengen vermindert. Andererseits sind die Abflüsse aus bewaldeten Einzugsgebieten während niederschlagsarmen Perioden grösser, da der Waldboden in der Regel grosse Speicherkapazitäten zur Verfügung stellt. Der Wald trägt also zu einem ausgeglichenen Abflussverhalten bei. Nicht vergessen dürfen wir aber auch weitere positive (Schutz-)Funktionen des Waldes, wie z.B. Grundwasser-, Landschafts- und

Erosionsschutz.

Im 19. Jahrhundert traten in der Schweiz extreme Hochwasser auf; bekannt ist etwa das von Gotthelf in der "Wassersnot im Emmental" geschilderte 1837er Hochwasser. Infolge des grossen Land- und Brennholzbedarfs war die Waldfläche damals um einiges kleiner. Zeitgenössische Fachleute postulierten einen direkten Zusammenhang zwischen der Abholzung und diesen extremen Hochwassern. Deshalb trat bereits 1876 das Forstgesetz in Kraft, um einen besseren Wald- und damit auch Hochwasserschutz zu erreichen. Der Wald wurde als "Allheilmittel" zur Hochwasserbekämpfung angesehen.

Diese Ansicht musste im Laufe der Zeit allerdings revidiert werden. Das Ausmass eines Hochwassers hängt nicht ausschliesslich vom Bewaldungsgrad ab; weitere Faktoren wie Niederschlagsmengen, Gerinnedichte, Eigenschaften der Böden und des Untergrundes sind ebenso wichtig. Immerhin kann gezeigt werden, dass der Wald bei "normalen" Hochwassern zur Dämpfung beiträgt. Bei extremen Niederschlägen genügt aber das Sicker- und Speichervermögen der Waldböden oft nicht, so dass die dämpfende Wirkung stark eingeschränkt ist.



Expansion und Besiedlung die eisenzeitliche Latènekultur florierte. Allerdings begann sich erst im achtzehnten und neunzehnten Jahrhundert eine internationale Öffentlichkeit für die Region zu interessieren. Wissenschaftler, unter ihnen viele Botaniker und Geologen, sowie Künstler strömten in die Berge, um jene Wildnis zu erobern, die sie einst gefürchtet hatten. Ihnen folgten die Reisenden und die Gesundheit Suchenden. Die Alpen wurden zu einem Park, der wie jeder andere auch zwingend eine Infrastruktur benötigte, um der wachsenden Anzahl von Touristen Herr zu werden, die in dieser Landschaft einen perfekten Ausflugsort zu sehen meinten. Was einst einer Gebirgsfestung ähnelte, für die sich kaum jemand interessierte, wurde zum Tummelplatz der Elite, die die Topografie in ein gesellschaftliches Ereignis, ein Naturspektakel umdeutete. Wandern und Bergsteigen wurden zu einem Spleen und die Passage durch die Alpen Teil der sogenannten Grand Tour.² Das Zeitalter der Entdeckungen brachte für das Land enorme Veränderungen mit sich, als, um der wachsenden Nachfrage nachkommen zu können, der Ausbau der Infrastruktur begann. Kurz nachdem die Villen um die Alpenseen mit den ersten Gärten geschmückt waren, wurden Eisenbahngleise gelegt, die noch bis in die hintersten Winkel dieses geologischen Labyrinths vordrangen. Nun konnte jeder Mensch an Orte gelangen,

die bisher nur wenigen zugänglich waren, und sich von jenen Naturwundern faszinieren lassen, die heute langsam am Verschwinden sind.

Die wissenschaftlichen Prognosen sind alles andere als ermutigend. Fast alle stimmen darin überein, dass bis zum Ende des Jahrhunderts sämtliche Gletscher abgeschmolzen sein werden. Die steigende globale Temperatur verschiebt die Vegetationslinien immer weiter nach oben, so dass sich die betreffenden Ökosysteme völlig verändern. Wo es früher keine Vegetation gab, wachsen nun Pflanzen, und wo Skigebiete lagen, liegt jetzt im Winter nur noch Matsch. Das driftende Eis und der auftauende Permafrost erschüttern die Fundamente zahlreicher Infrastrukturen und führen für Touristen wie für Einwohner zu gefährlichen Situationen. Die Schweiz hat verschiedene Strategien entwickelt, um den Anstieg der Temperaturen abzumildern, einmal durch den Einsatz modernster Technologien, zum anderen durch eher rudimentäre Methoden wie etwa das Abdecken der Gletscher mit überdimensionierten weißen Planen. Wenn der Schnee schmilzt und sich mit Schmutz verbindet, absorbiert dessen Farbe das Sonnenlicht. Dadurch wird das Abschmelzen beschleunigt, was für weitere Instabilität sorgt. Das für den Schutz der Landschaft nötige Zubehör sorgt für ein fast absurdes Spektakel und formt ein geradezu erbärmliches Landschaftsbild aus. An-



Abb. 5. Rhone-Gletscher mit isolierenden Planen, Schweiz.

dere Maßnahmen wie beispielsweise der Einsatz von Schneekanonen sollen die Touristen davon abhalten, in andere Ferienregionen zu reisen. Das Ergebnis ist ein amüsanter und starrsinniger Versuch, das Unbestreitbare hinauszuzögern: dass die Wirtschaft leiden wird, wenn der Wintersport in den Alpen, der jährlich 70 Milliarden Dollar umsetzt und 44 Prozent der Skifahrer weltweit anzieht, allmählich in die Binsen geht.

Naturelemente, die einst als Bezugspunkte zwischen den Ländern funktionierten, beginnen sich zu verändern. Sie untergraben die Fundamente der Staaten und zwingen sie, ihre Territorien neu zu definieren. Eines dieser umstrittenen Gebiete ist der Grenzbereich zwischen Italien und der Schweiz. 1648 wurden im Rahmen des Westfäli-

schen Friedens die Grenzen festgelegt. 1752 passte man in einem weiteren Dokument, dem Vertrag von Varese, die Grenzziehung an; eine Karte, die 1941 mit dem Abkommen von Bern formalisiert wurde. Allerdings musste in Anbetracht der Tatsache, dass die die Territorien Italiens und der Schweiz betreffenden Referenzlinien abschmelzen, ein neues Konzept erarbeitet werden. Italien hatte bereits mit einem ähnlichen Problem an der Grenze mit Österreich zu tun gehabt. Die Situation nötigte die beiden Länder, sich auf eine eigentlich unvorstellbare Vereinbarung, nämlich eine »bewegliche Grenze«, zu einigen. 2008 verständigten sich die beiden Nationen auf ein neues System, und es wurde eine flexible Zone geschaffen, um die Ausdehnung und Schrumpfung von Gletschern sowie die unberechenbaren Auswirkungen steigender Temperaturen zu berücksichtigen. Die aufgrund des Klimawandels auf der Erde stattfindende Umstrukturierung erreicht mittlerweile jeden Aspekt der Gesellschaft und zwingt uns sogar, das, was wir für genaue, feste und unanfechtbare Referenzpunkte der Definition von Land hielten, neu zu zeichnen.

Die Gartenmauer verschiebt sich ständig; sie umfasst heute, in Form der Atmosphäre, die ganze Welt. Die in einem Garten waltenden Kräfte beeinflussen die Gärten auf der anderen Seite der Erde. Selbst die Granitmassive der hohen Alpengipfel

Siehe:

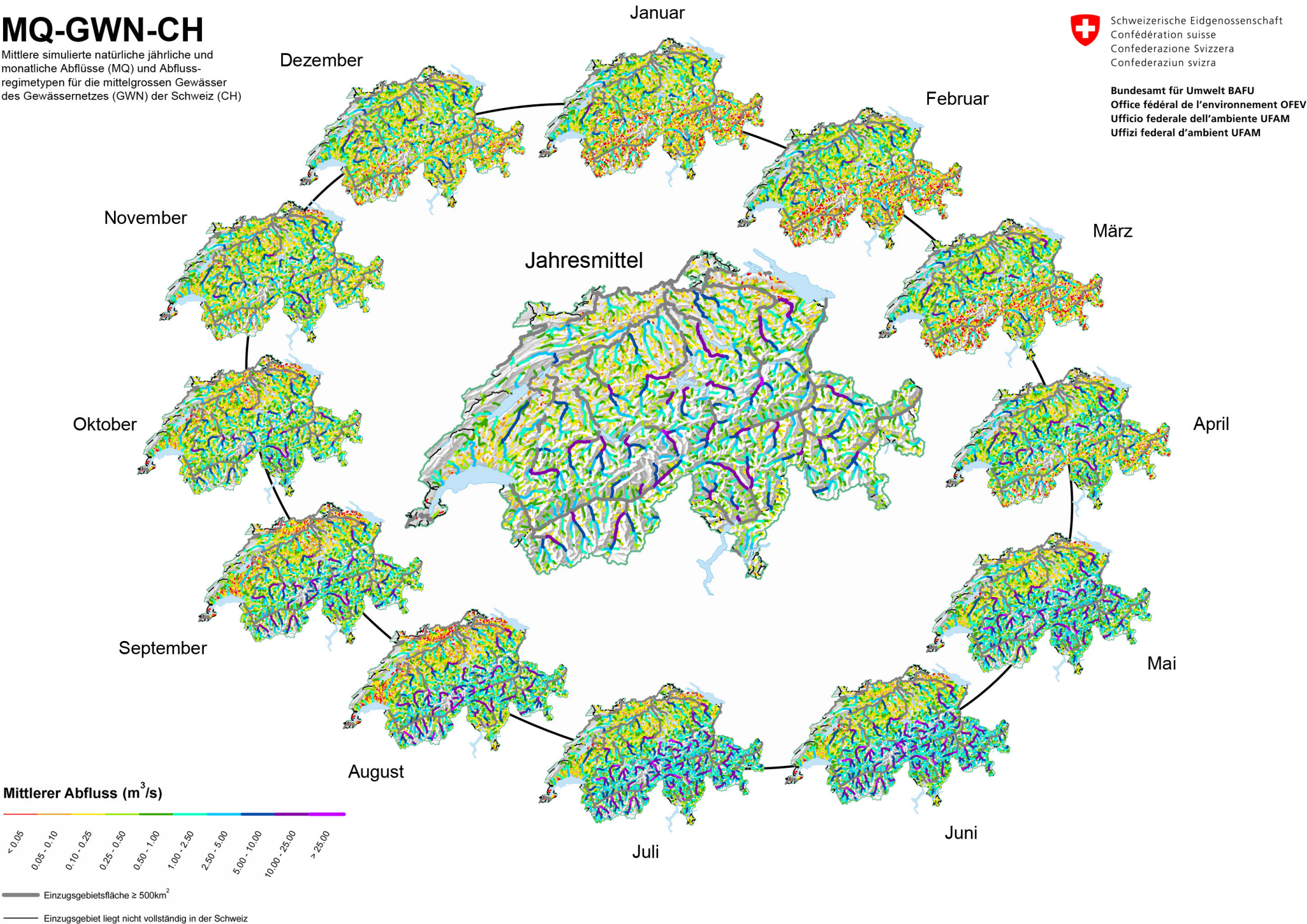
- Vogt, G., Burckhardt, V., <Paradise Now>, 2021

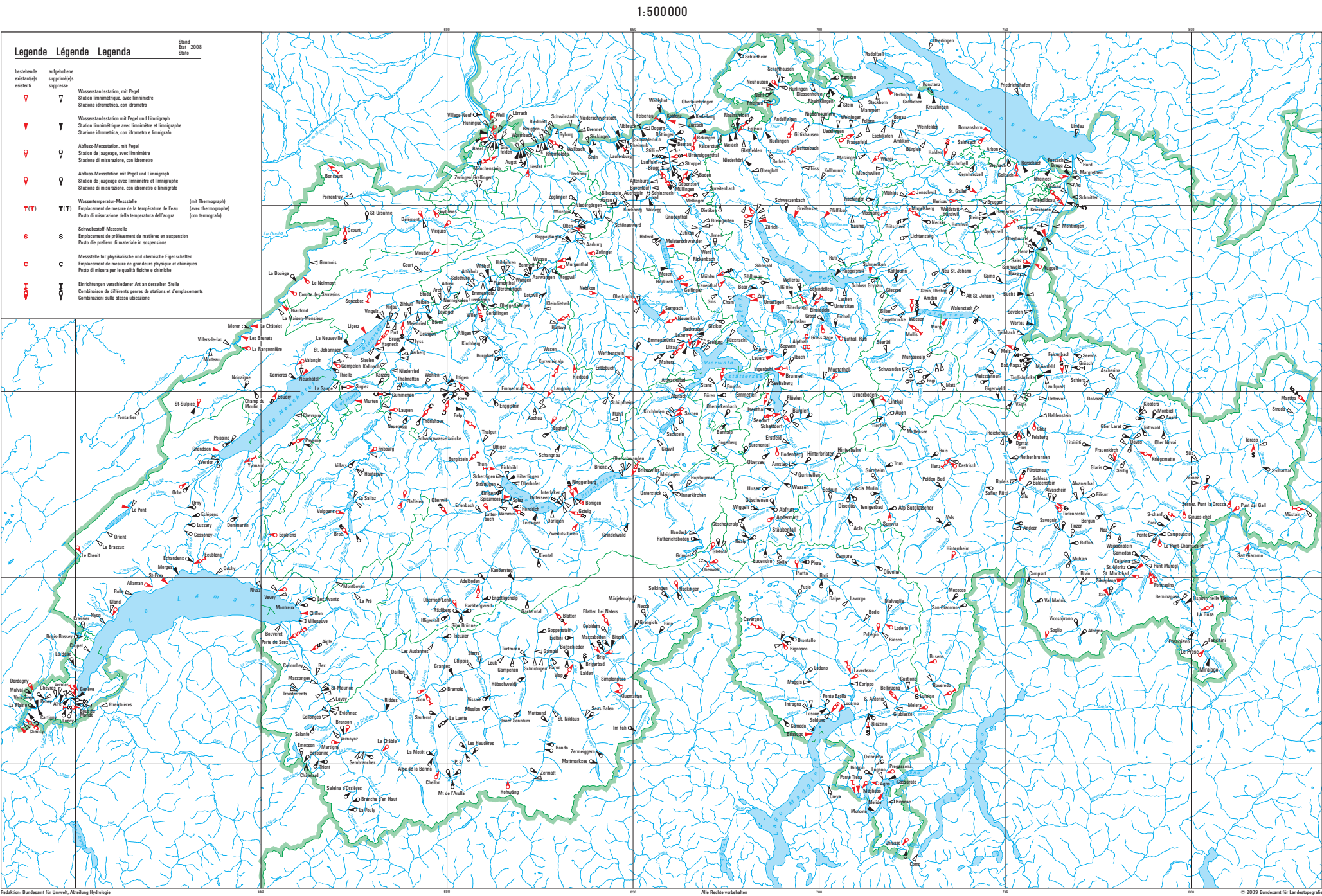
MQ-GWN-CH

Mittlere simulierte natürliche jährliche und monatliche Abflüsse (MQ) und Abflussregimetypen für die mittelgrossen Gewässer des Gewässernetzes (GWN) der Schweiz (CH)

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU
Office fédéral de l'environnement OFEV
Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Uffizi federal d'ambient UFAM





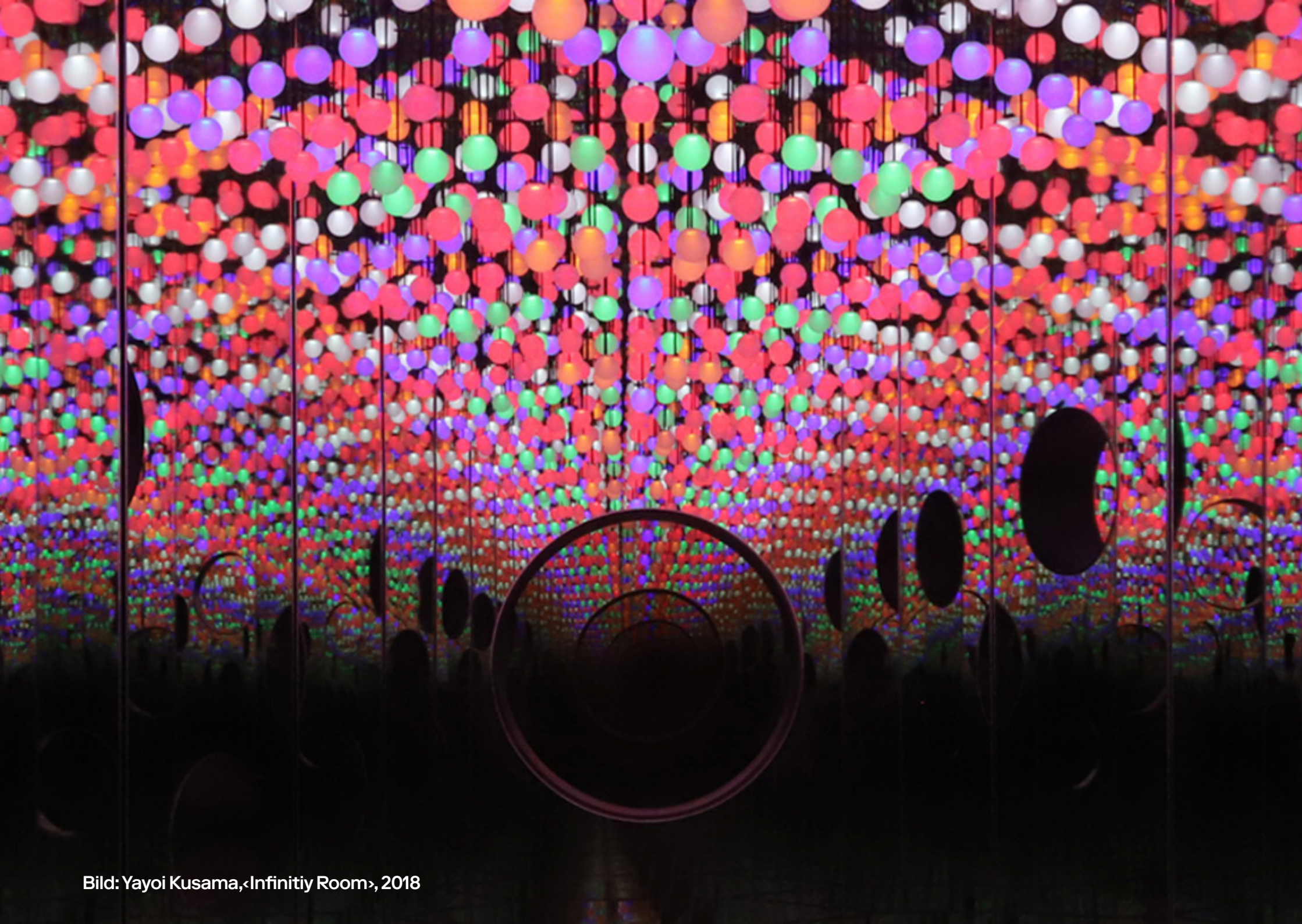
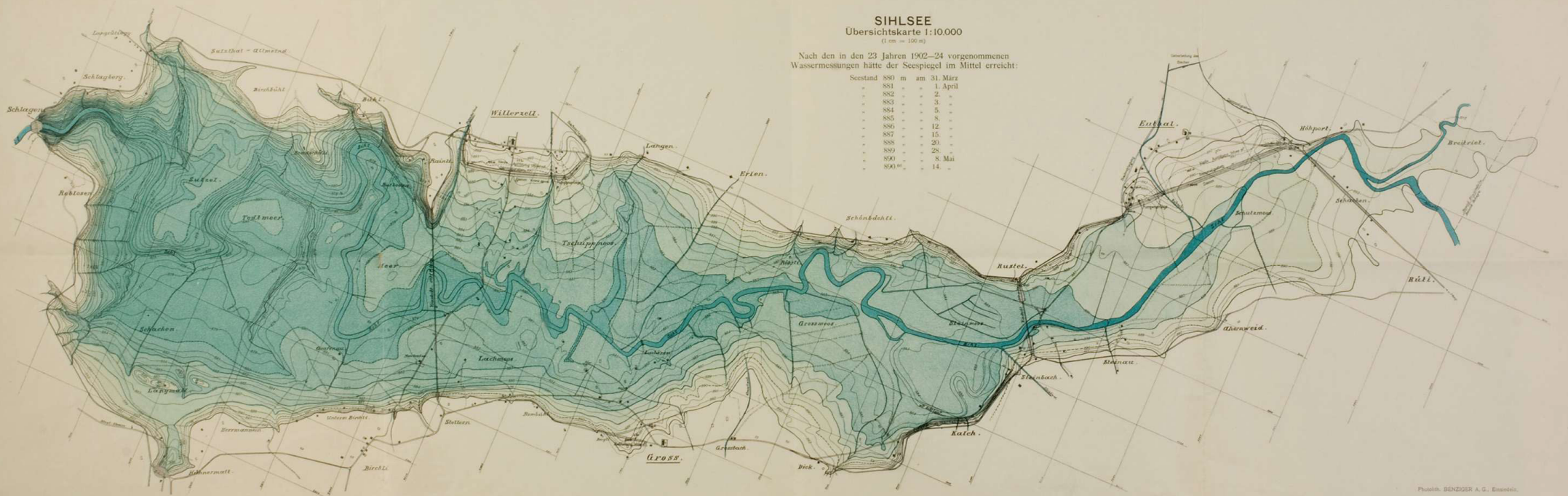


Bild: Yayoi Kusama, «Infinity Room», 2018



Bild: Oswald Heer, «Der Linthgletscher im Zürichsee-
becken», 1865



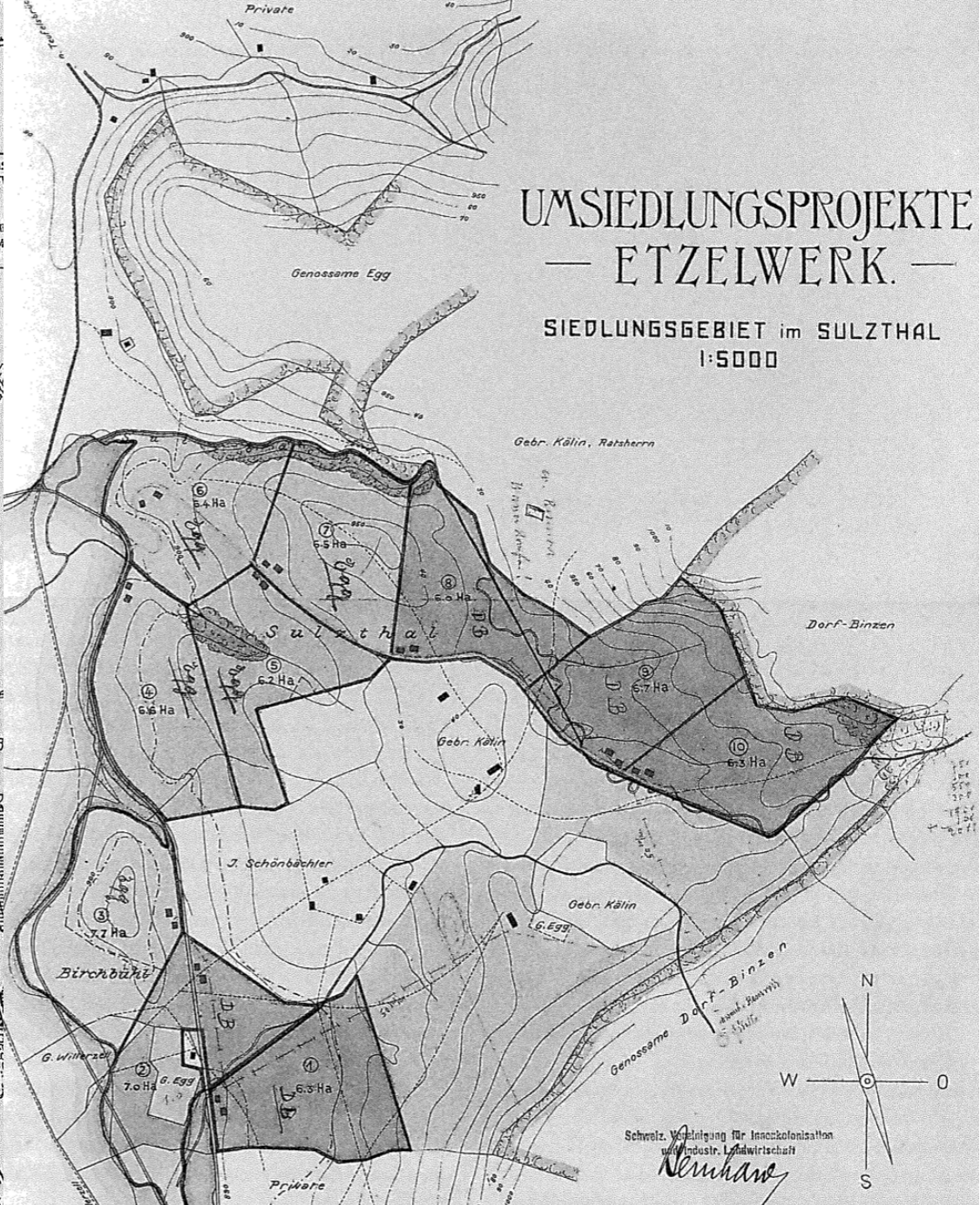
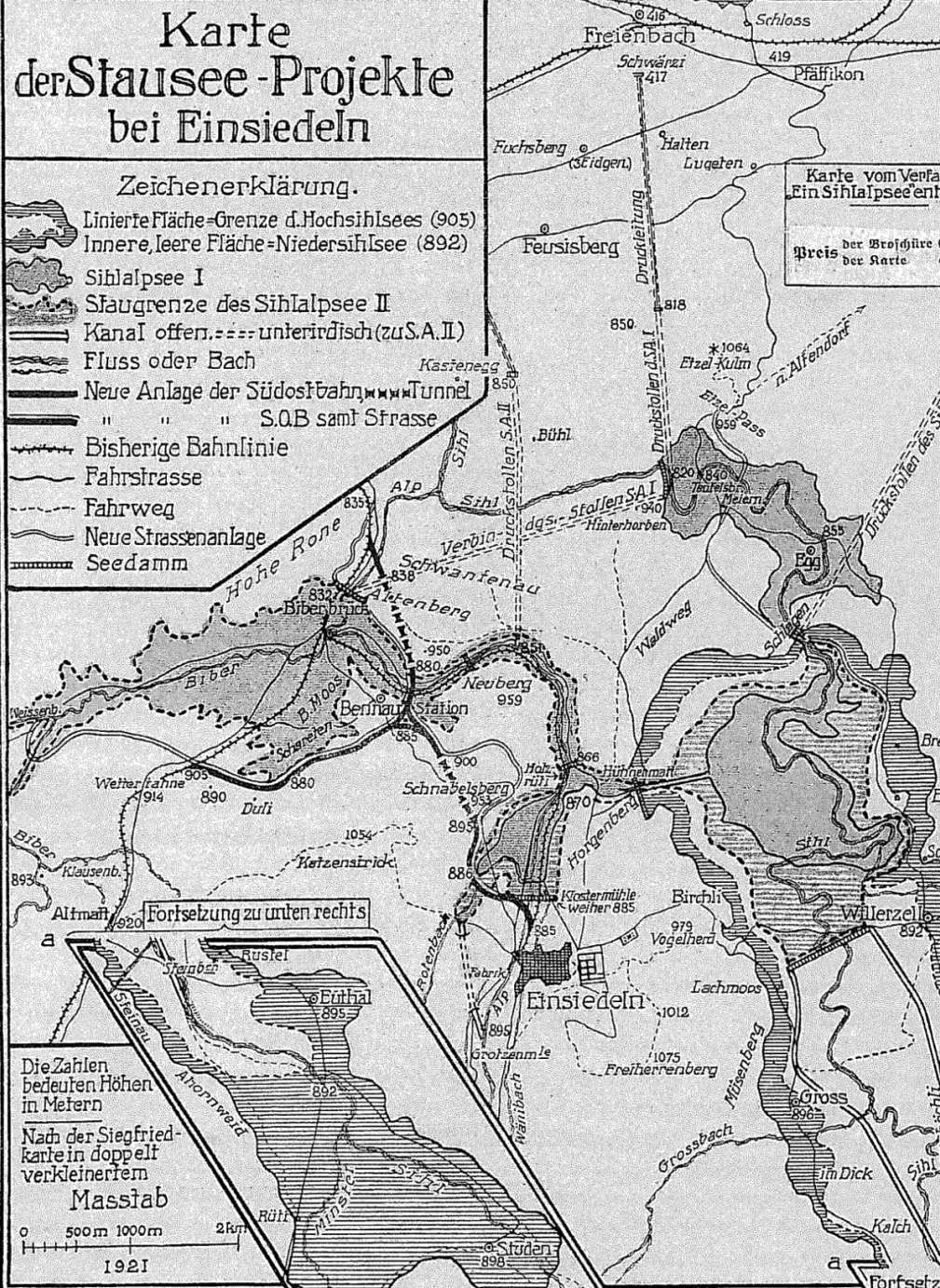
Siehe:

- Saurer, K., <Der Sihlsee: Eine Landschaft ändert ihr Gesicht>, 2002

Karte der Stausee-Projekte bei Einsiedeln

Zeichenerklärung.

- Linierete Fläche = Grenze d. Hochsihlsees (905)
- Innere, leere Fläche = Niedersihlsee (892)
- Sihlalpsee I
- Staugrenze des Sihlalpsee II
- Kanal offen, --- unterirdisch (zu S.A. II)
- Fluss oder Bach
- Neue Anlage der Südostbahn
- Tunnel
- " " " S.O.B. samt Strasse
- Bisherige Bahnlinie
- Fahrstrasse
- Fahrweg
- Neue Strassenanlage
- Seedamm



Siehe:

- Saurer, K., <Der Sihlsee: Eine Landschaft ändert ihr Gesicht>, 2002

Zivilschutz ist auch Schutz gegen Überflutung : die Organisation des Wasseralarms in Zürich

(Wasseralarm - Schutz)

Autor(en): Frick, Hans

Objekttyp: Article

Zeitschrift: Zivilschutz = Protection civile = Protezione civile

Band (Jahr): 19 (1972)

Heft 6

PDF erstellt am: 08.10.2021

Persistenter Link: <http://doi.org/10.5169/seals-365824>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der ETH-Bibliothek
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

<http://www.e-periodica.ch>

Zivilschutz
ist auch Schutz gegen
Überflutung

Die Organisation des Wasseralarms in Zürich

Im Rahmen einer Pressekonferenz wurde in Zürich eingehend über den «Wasseralarm – Sihlsee» orientiert. Es handelt sich um eine Organisation mit Geräten, die von den zuständigen Behörden bereits vor Jahren geprüft und beschlossen wurde, um im Sommer 1972 realisiert zu werden. Aus der Vielzahl des an der Pressekonferenz gebotenen Stoffes geben wir nachstehend die Ausführungen von Stadtrat Hans Frick und Ortschef Gustav Bauer bekannt, um unseren Lesern einen Einblick in die von den Zürcher Stadtbehörden gewählte Lösung zu bieten.

Wasseralarm – Sihlsee

Erläuterungen des Polizeivorstandes der Stadt Zürich, Stadtrat Hans Frick

Am 22. Oktober 1970 hat der Stadtrat beschlossen, für den Fall einer allfälligen Zerstörung der Talsperren am Sihlsee ein Wasseralarmsystem zu erstellen. Diese Arbeiten sind in der Zwischenzeit abgeschlossen worden. Das fertige Wasseralarmsystem wurde erstmals am 25. April dieses Jahres probenweise in Betrieb gesetzt.

Bei einer Zerstörung der Talsperren am Sihlsee besteht die Gefahr, dass Teile der Stadt Zürich unter Wasser gesetzt werden. Ein Schutz gegen materielle Schäden ist kaum möglich. Dagegen sollten menschliche Opfer unter allen Umständen vermieden werden können. Zu diesem Zwecke wurde ein Alarmsystem erstellt, welches eine rechtzeitige Warnung der Bevölkerung in den überflutungsgefährdeten Gebieten ermöglicht.

Die Gefahr der Zerstörung der Talsperren am Sihlsee besteht in erster Linie in Kriegzeiten. Aus diesem Grunde ist im Bundesgesetz über den Zivilschutz vom 23. März 1962 unter den vorzubereitenden Massnahmen auch der Schutz gegen Überflutung aufgeführt. In der Verordnung über den Zivilschutz vom 24. März 1964 wird festgehalten, dass die Bevölkerung von den Gefahren durch Überflutung infolge Talsperrenzerstörung zu alarmieren ist. Nach einem Beschluss des Bundesrates vom 10. Februar 1971 soll das für den Kriegsfall vorzubereitende Wasseralarmsystem so errichtet werden, dass es nötigenfalls auch in Friedenszeiten in Betrieb gesetzt werden kann.

Das in der Stadt Zürich erstellte Wasseralarmsystem erfüllt diese doppelte Forderung des Bundes. In Kriegzeiten erfolgt die Auslösung des Wasseralarms durch die Organe des Zivilschutzes, welche in direkter Verbindung mit dem Territorialdienst stehen. In Friedenszeiten ist die Tag und Nacht in Betrieb stehende Funk- und Notrufzentrale der Stadtpolizei Zürich für die Auslösung des Alarms verantwortlich. Diese Stelle wird heute schon bei Hochwasser oder Eisbildung in der Sihl orientiert und ist auch beim Bruch der Talsperren des Sihlsees auf Grund einer besonderen Regelung mit der Etzelwerk AG, Altendorf SZ, als Eigentümerin der Sihlseewerke, sofort in der Lage, die Alarmierung in der Stadt Zürich auszulösen.

In Friedenszeiten besteht nach menschlichem Ermessen keine Gefahr eines Bruches der Talsperren am Sihlsee und damit auch keine Überflutungsgefahr, und zwar aus folgenden Gründen: Die Talsperren des Sihlsees werden regelmässigen Kontrollen unterzogen. Ausser Sicht- und periodischen Funktionskontrollen der Abschlüsse werden regelmässig Lotmessungen, das heisst Kontrollen der Mauerverformungen so-

wie Auftriebs- und Sickerwassermessungen durchgeführt. Ferner werden monatlich die Betontemperaturen gemessen und halbjährlich die Fugenbewegungen kontrolliert. Beim Staudamm werden alle fünf Jahre Setzungsmessungen durchgeführt und bei der Stau-mauer zudem trigonometrische Messungen und Nivellements durch die Eidgenössische Landestopographie vorgenommen. Sämtliche Ergebnisse dieser zahlreichen und eingehenden Prüfungen werden regelmässig durch das Eidgenössische Amt für Strassen- und Flussbau nachkontrolliert. Bis zum heutigen Tag haben beide Abschlussbauwerke des Sihlsees ein vollständig normales Verhalten gezeigt. Die Talsperren am Sihlsee befinden sich in sehr gutem Zustand. Auch besteht keine Gefahr der Überflutung der Talsperren infolge Bergstürzen, Erdbeben oder Lawan-nenabstürzen.

Sollte unerwarteterweise doch ein solches Unglück geschehen, so kann nur mit dem aufgebauten Wasseralarmsystem die Bevölkerung unverzüglich auf die entstehende Gefahr aufmerksam gemacht werden. Wesentlich ist dabei, dass die Bevölkerung in den überflutungsgefährdeten Gebieten weiss, wie sie sich beim Erörtern der Sirenen zu verhalten hat. Der Stadtrat hat deshalb Weisungen über das Verhalten bei einer Überflutung der Stadt Zürich durch den Sihlsee erlassen.

Die getroffenen Massnahmen sollen nicht Anlass zur Beunruhigung geben.

Das «Tyfon», die vom Stromnetz unabhängige Alarm sirene des Wasseralarms. Daneben rechts eine alte Luftschuttsirene

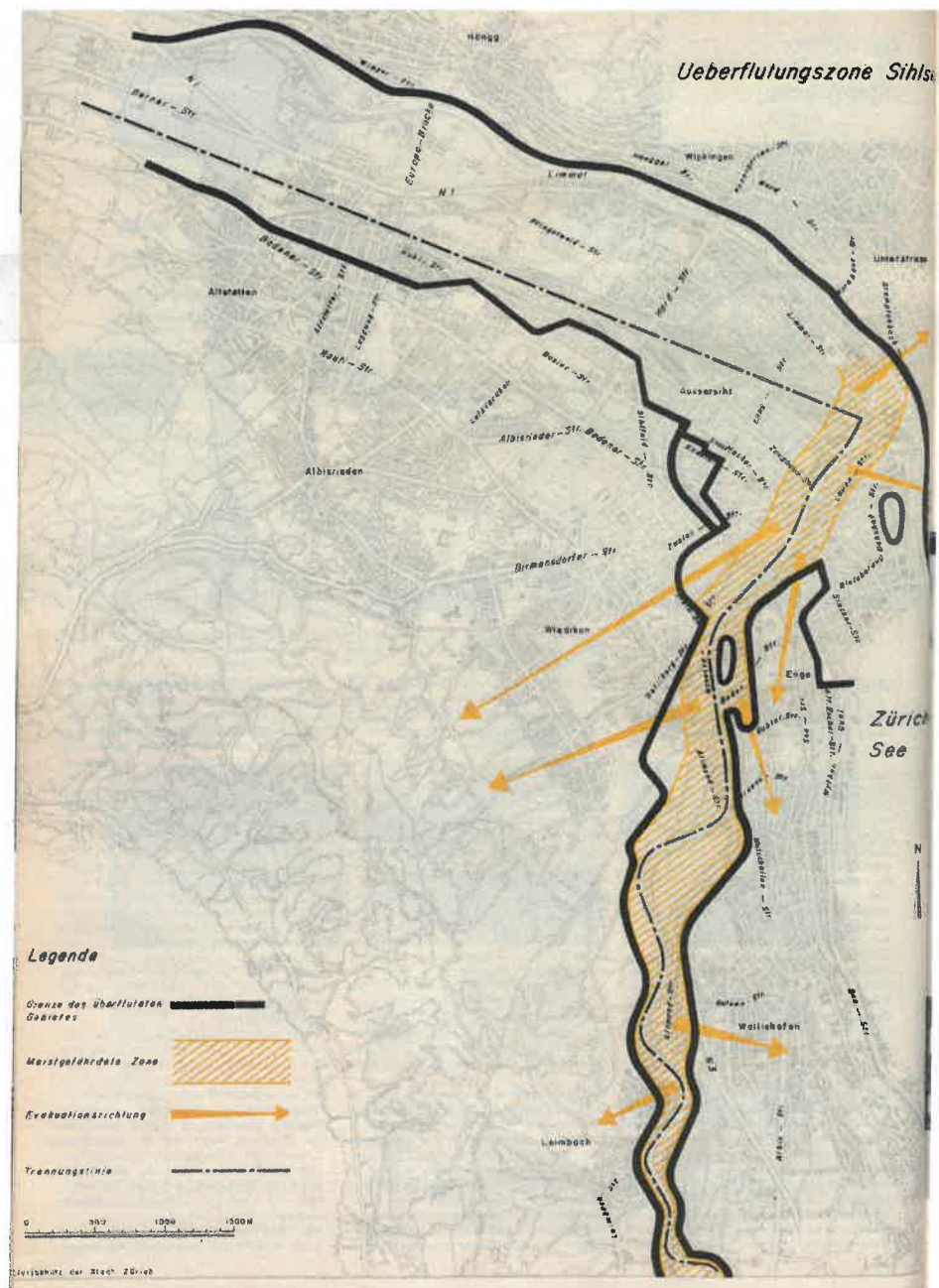
Zerstörung der
Talsperren
am Sihlsee

Gefahr:
Teile der
Stadt Zürich
könnten
unter Wasser
gesetzt werden

→ daher
Alarmierung

besondere
Regelungen

Weisungen



Es handelt sich hier um eine der verschiedenen Schutzmassnahmen, welche im Rahmen des Zivilschutzes für die Bevölkerung getroffen werden. Genauso, wie sich der einzelne Bürger in seinem Privatleben gegen allfällige Schäden zum vornherein abzusichern versucht, ohne dass er dabei hofft, jemals betroffen zu werden, so sind auch die allgemeinen Schutzmassnahmen für die Öffentlichkeit aufzufassen.

Auch wir hoffen, dass nie eine Katastrophe eintreffen wird. Die vorbereiteten Schutzmassnahmen sollen zur allgemeinen Beruhigung dienen, und, wenn das Wasseralarmsystem in der Stadt Zürich so aufgefasset wird, hat es seinen Zweck in jeder Beziehung erfüllt.

Wie funktioniert das Alarmsystem?

Das System des Wasseralarms in der Stadt Zürich und über die Weisungen des Stadtrates orientierte der Ortschef der Limmatstadt, Gustav Bayer.

1. Der Stillesee

Die Stauanlagen des Sihlsees wurden in den Jahren 1932-1936 erstellt. Mit die-

sem Wasser wird in der Elzevirk AG in Altendorf/SZ Strom für die Schwereisenwerke (Stahl- und Eisenwerke) der Nordostschweizerischen Kraftwerke erzeugt. Die Stauanlagen bestehen aus **zwei Stauelementen**, nämlich einer Staumauer, erstellt in dem von der SMI durchbrochenen Pelariegial 'In den Schlägen' und einem Staudamm (Hühnermattdamm), welcher die auf der westlichen Seite des Schlasses gelegene Talmulde abschließt. Bei der Staumauer handelt es sich um eine Beton-Schwerewichtmauer. Der Damm ist aus kiesigem Material mit einem Lehmkern als Dichtung erstellt und auf der wasserseitigen Oberfläche als Schutz gegen den Wellenschlag mit einer Tropfenplasterung versehen.

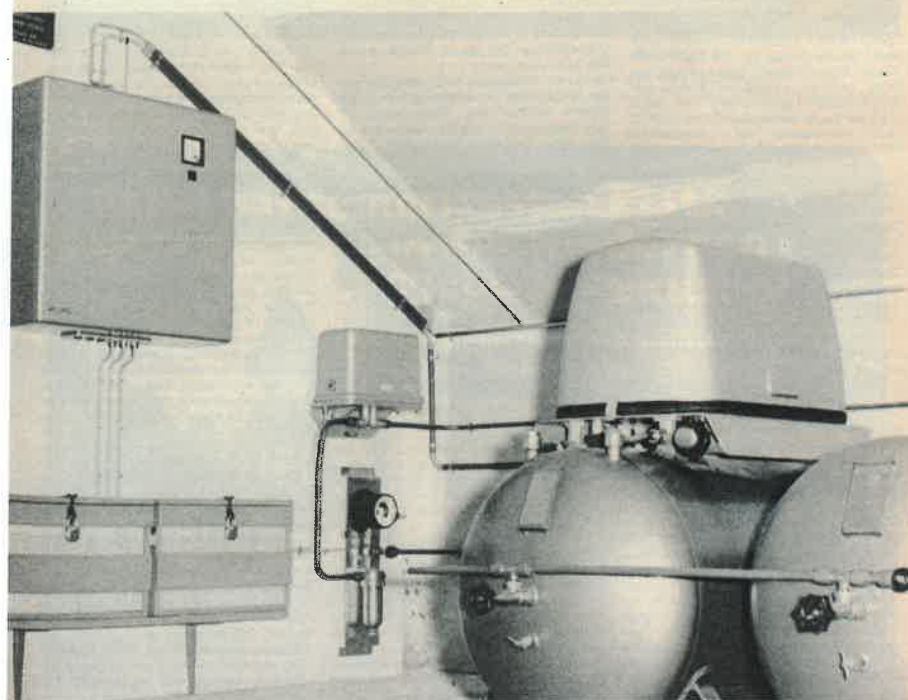
Der Sihsee wurde erstmals im Frühjahr 1937 aufgestaut. Er hat ein Speichervolumen von rund 92 Mio m³ Was-

2. Ueberflutungszone

Vorausgesetzt, der Stihlsee wäre vollständig gefüllt und beide Tauperron (die Staumauer und der Staudeamm) würden gleichzeitig schlagartig total zerstört, dann würde sich eine Flutwelle des Stihlflusses bilden und die Staudammgrenze in Leimbach nach 1 Stunde und 25 Minuten erreichen. Die Flutwelle würde eine ungefähre Höhe von 4 Metern haben.

Folgende Punkte der Stadt Zürich würden wie folgt überflutet:

Häckerbrücke	nach 1 Stunde	32 Minuten	Höhe: etwa 7 m
Allmünd Wiedlen	nach 1 Stunde	40 Minuten	Höhe: etwa 5 m
Sihhölzli	nach 1 Stunde	50 Minuten	Höhe: etwa 4 m
Unterhalb Platspitz	nach 2 Stunden	00 Minuten	Höhe: etwa 5 m
Hardturm	nach 2 Stunden	12 Minuten	Höhe: etwa 2,5 m
Bei der Europabrücke	nach 2 Stunden	27 Minuten	Höhe: etwa 1,5 m



Die Kompressoren und Schaltanlage der Alarmsirene, in der Regel im Estrich des betreffenden Hauses untergebracht.

Diese Zahlen sind selbstverständlich relativ. Je nach dem Standort, von dem aus die Flutwelle berechnet wird, kann sie in ihrer Höhe variieren. In der Regel wurde sie ab Strasseniveau berechnet. Auch bei den Zeiten können Schwankungen eintreten.

Bei der Berechnung der Ueberflutungszone, welche bekanntlich von der Armee für sämtliche Talsperren in der Schweiz gemacht wurde, ist man immer vom schlimmsten Fall ausgegangen.

Jeder Zentimeter, um den die Flutwelle niedriger ist und jede Minute, um die das Wasser später die Stadt Zürich erreicht, vermindert die Gefahren und erhöht die Chance, eine solche Katastrophe unbehelligt überstehen zu können.

3. Alarmierung

Sollte nun tatsächlich einmal ein solches Unglück geschehen, dann ist es wichtig, dass die Bevölkerung unverzüglich vor der drohenden Gefahr gewarnt werden kann. Zu diesem Zwecke ist in der Stadt Zürich durch die Firma Ericsson AG, Zürich, ein Wasseralarmsystem mit sogenannten Tiefenstationen errichtet worden.

Dieses Alarmsystem wird pneumatisch betrieben und drahtlos über Funk ausgelöst. Die erforderliche Luftmenge wird mittels eines Kompressors in zwei Luftbehältern gespeichert. Damit wird unter Berücksichtigung von Luftverlust wegen Undichtigkeit, Druckverlust infolge Temperaturabnahme, Kondensat anfall in den Luftbehältern usw., auch nach 30 Tagen Stromausfall, bei -30°C noch mindestens ein vollständiger Alarm von 6 Minuten Dauer garantiert. Der Alarmrhythmus besteht aus 12 tiefen Alarmtönen von je 25 Sekunden Dauer. Dazwischen erfolgen je eine Pause von 5 Sekunden.

Der Schalltrichter, das sogenannte "Tyfon", wird auf dem Hausdach montiert. Er dient als Resonator und ergibt im Verwendungsbereich keine Richtcharakteristik. Die Schallverteilung im Umkreis der Sirene ist praktisch gleichförmig, so dass es nicht von Bedeutung ist, nach welcher Seite der Schalltrichter gedreht wird.

Die Kompressor- und Schaltanlage befindet sich in der Regel im Estrich des betretenden Hauses. Bei der Konstruktion der Aggregate wurde auf Geräuscharmut geachtet, damit niemand im Hause gestört wird.

Die Standorte der Sirenenanlagen wurden auf Grund einer Beschallungsplanung festgelegt. Damit eine ausreichende akustische Ueberdeckung der zu alarmierenden Zone sichergestellt ist, sind in Wasseralarmanlagen notwendig.

Um eine sichere Alarmierung der Bevölkerung zu gewährleisten, soll die Lautstärke im Freien etwa 85 Phon und im Innern von Gebäuden mindestens 60 Phon betragen. Die in der Stadt Zürich aufgestellten Wasseralarm sirenen erzeugen bei einem Luftverbrauch von 13 Litern je Sekunde bei 9.5 atü Druck, mit schwachem Wind gegen die Schallquelle, in einem Abstand von 1 m von der Sirene, eine Lautstärke von 143 Phon und in einem Abstand von 500 m noch

eine solche von 84 Phon. Mit Rücksicht auf den Verkehrslärm sowie die Bauhöhe und Baudichte wurden in der Innenstadt in Abständen von 200-300 m Sirenen aufgestellt, während in den übrigen Gebieten ein Abstand von 300-500 m zwischen den einzelnen Sirenen verantwortet werden konnte.

Wie erwähnt, werden die Wasseralarmanlagen der Stadt Zürich über Funk ausgelöst. Das System der Fernsteuerung umfasst eine Fernstation und eine Antennenstation. Damit anderweitige Funkbetriebe oder Störungen keinen Fehlalarm bewirken können und eine Nachbildung des Auslösesignals durch Sabotage verunmöglicht wird, ist ein entsprechend abgesichertes Steuerungsprinzip gewählt worden.

Das von der Firma Ericsson erstellte Alarmsystem ist vom Eidg. Militärdepartement offiziell zur Warnung beim Bruch einer Talsperre anerkannt und zugelassen worden. Es steht bereits in verschiedenen Talschaften der Schweiz im Einsatz.

4. Verhalten bei Wasseralarm

Es genügt natürlich nicht, nur die Bevölkerung zu alarmieren. Sie muss auch wissen, wie sie sich beim Ertönen der Wasseralarm sirenen zu verhalten hat. Aus diesem Grunde hat der Stadtrat entsprechende Weisungen über das Verhalten der Bevölkerung bei einer Ueberflutung der Stadt Zürich durch den Sihlsee erlassen.

In diesen Weisungen wird eingangs auf die Gefahr der Ueberflutung durch den Sihlsee hingewiesen. Dann wird das Alarmsignal kurz erklärt und schliesslich als wichtigster Bestandteil dieser Weisungen das Verhalten der Bevölkerung bei Wasseralarm erläutert.

Es werden dabei zwei Zonen, in denen verschiedene Massnahmen zu ergreifen sind, unterschieden:

Die sogenannte "Mittelsichere Zone" umfasst ein Gebiet von je ungefähr 300 m Breite links und rechts der Sihl von der Stadtgrenze in Leimbach bis zur Einmündung in die Limmat beim Platzspitz. In dieser Zone muss mit der Möglichkeit gerechnet werden, dass Gebäude durch Unterspülung der Fundamente oder durch den Anprall schwimmender Trümmer zum Einsturz gebracht werden. Beim Ertönen der Wasseralarm sirenen muss dieses Gebiet sofort verlassen werden, und zwar wie folgt:

- Aus dem Gebiet links der Sihl bis Hauptbahnhof: Richtung Uetliberg;
- Aus dem Gebiet rechts der Sihl (einschliesslich östlicher Teil des Industriequartiers): Richtung Zürichberg, bzw. Wollishofen.

Diese Evakuierungsrichtungen sind unbedingt zu befolgen. Damit keine Stokungen entstehen, darf auf keinen Fall in entgegengesetzter Richtung evakuiert werden. Die Sihl darf oberhalb des Hauptbahnhofes nicht überschritten werden.

In den übrigen Ueberflutungsgebieten genügt es, wenn sich die Bewohner beim Ertönen der Alarmsirenen in die mindestens 8 m über Strasseniveau gelegenen Stockwerke begeben,

d. h. mindestens in den 3. Stock im eigenen Haus oder wenn dieses zu niedrig ist, im nächstliegenden genügend hohen Hause. Von diesen Standorten aus ist der Wasserspiegel ständig zu beobachten.

Als weitere Verhaltensmassnahmen hat der Stadtrat in seinen Weisungen angeordnet, dass man sich beim Verlassen der Wohnungen und Gebäude zu überzeugen hat, ob niemand zurückgeblieben ist. Fensterläden sowie Gas- und Wasserhähne sind zu schliessen. Elektrische Apparate sind auszuschalten. Kranken, Gebrechlichen und alten Leuten ist Beistand zu leisten. Den Anordnungen der Polizei- und Ordnungsorgane ist strikte Folge zu leisten.

Es geht ganz eindeutig aus diesen Weisungen hervor, dass sie nur dazu dienen, Menschenleben zu schützen. Materielle Verluste können ersetzt werden. Menschen indessen nicht. Voraussetzung ist, dass die Betroffenen diese Weisungen im Katastrophenfalle mit Ruhe und Ueberlegung befolgen. Dann hat jedermann Gewähr, dass er sein Leben schützen kann.

5. Probealarm

Am Dienstag, den 25. April 1972 werden die Wasseralarm sirenen erstmals probenhalber in Betrieb gesetzt. Dieser Probealarm dient lediglich dazu, die einzelnen Sirenen und deren Schallwirkung zu prüfen. Die Sirenen werden an diesem Tag mehrmals ertönen, am Morgen gruppenweise und am Nachmittag alle Sirenen einmal zusammen.

Ich möchte hier ganz besonders betonen, dass bei diesem Probealarm, die in den Weisungen des Stadtrates für die Bevölkerung vorgeschriebenen Massnahmen nicht zu ergreifen sind.

6. Schlussbemerkungen

Mit der Errichtung eines Wasseralarmsystems in der Stadt Zürich und dem Erlass der Weisungen über das Verhalten der Bevölkerung bei einer Ueberflutung der Stadt Zürich durch den Sihlsee ist eine wichtige Phase bei den Vorbereitungen der notwendigen Schutzmassnahmen abgeschlossen worden. Es handelt sich dabei ohne Zweifel um die wichtigste, aber nicht um die einzige Massnahme in diesem Zusammenhang.

In einer weiteren Phase werden wir uns nach eingehend mit der Betreuung der nach einer Ueberflutungskatastrophe obdachlos gewordenen Bevölkerung zu befassen haben. Hier kann in erster Linie auf die Mittel des Zivilschutzes, nämlich der Obdachlosenhilfe gegriffen werden. Durch die Errichtung von sogenannten Obdachlosen-Sammelstellen kann den Evakuierten eine erste Unterkunft geboten werden.

Ueberdies werden nach einer Katastrophe die Wiederinstandstellungsarbeiten und die Wiederinbetriebnahme der zerstörten Infrastruktur an die Hand genommen werden müssen. Diese Aufgabe fällt der städtischen Katastrophenorganisation, welche alle Abteilungen der städtischen Verwaltung umfasst, zu. Der Umfang der Schäden kann zum voraus nicht bestimmt werden.

Wegen zu trockenen Frühlings

Mückengeld für zu tiefen Pegelstand am Sihlsee wird fällig für SBB

Die SBB muss als Betreiberin des Wasserkraftwerks Etzelwerk am Sihlsee eine Busse zahlen, weil der Pegel den vor 80 Jahren vereinbarten Stand nicht erreicht.



Ein Bootssteg am Sihlsee bei Euthal im Kanton Schwyz wo es am Donnerstag, 16. April 2020 so trocken wie selten in den letzten Jahren war.

Quelle: SDA / Anzeiger

Seit 1937 hat die SBB eine Konzession, um am Sihlsee Strom zu erzeugen. Darin findet sich auch eine Vereinbarung, die seit Anfang

Juni seit Jahren wieder einmal zum Tragen kommt: 2500 Franken müssen die Kraftwerkbetreiber dem Bezirk Einsiedeln für jeden Tag bezahlen, an dem der Sihlsee die Stauquote nicht erreicht.

Die Strafzahlung ist seit dem 1. Juni fällig, wie ein SBB-Sprecher auf Anfrage eine Meldung der «NZZ am Sonntag» bestätigte. Die vereinbarte Pegelhöhe dürfte aber in den nächsten Tagen erreicht werden, was ein «Mückengeld» von rund 20'000 Franken ergibt. Das Pumpspeicherkraftwerk wird mit Wasser aus dem Sihlsee betrieben. Bei Bedarf kann Wasser vom Zürichsee in den Sihlsee gepumpt werden.

Hintergrund der wohl weitherum einmalige Vertragsklausel: Wenn der Seespiegel zu tief liegt, zieht der schlammige Seegrund an den Ufern Schwärme von Mücken an. Die Anwohner des Sihlsees befürchten, dass Mückenschwärme gigantische Brutplätze finden könnten.

Erstmals sei elf Jahren wieder

Allzu häufig muss die SBB allerdings wegen der Blutsauger nicht Abgeltung leisten. Letztmals war dies vor elf Jahren der Fall. Ein «alter Hut» ist das Mückengeld aber trotz seiner langen Geschichte nicht.

Erst im Februar hatten sich SBB und Konzessionsgeber nach sechsjährigen Verhandlungen auf die Konditionen für eine neue Konzession geeinigt für das Werk, das zehn Prozent des Schweizer Bahnstroms liefert und von strategischer Bedeutung ist mit seiner Lage im Grossraum Zürich.

So wird die SBB etwa das umstrittene Willerzellerviadukt sanieren und mehr Gratisstrom abgeben müssen. Beim Mückengeld sieht der neue Konzessionsvertrag gar höhere Bussen vor. Im Sommer gilt weiterhin die Mindestfüllhöhe des Sihlsees von 887,34 Meter über Meer. Die Bussgelder pro Tag liegen neu zwischen 20'000 und 45'000 Franken.

SDA

Publiziert: 02.04.2020, 11:45

Fehler gefunden? [Jetzt melden](#).

THEMEN



Siehe:

- Küttel, M., «Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte und zum Gletscherrückzug in den westlichen Schweizer Alpen», 1979

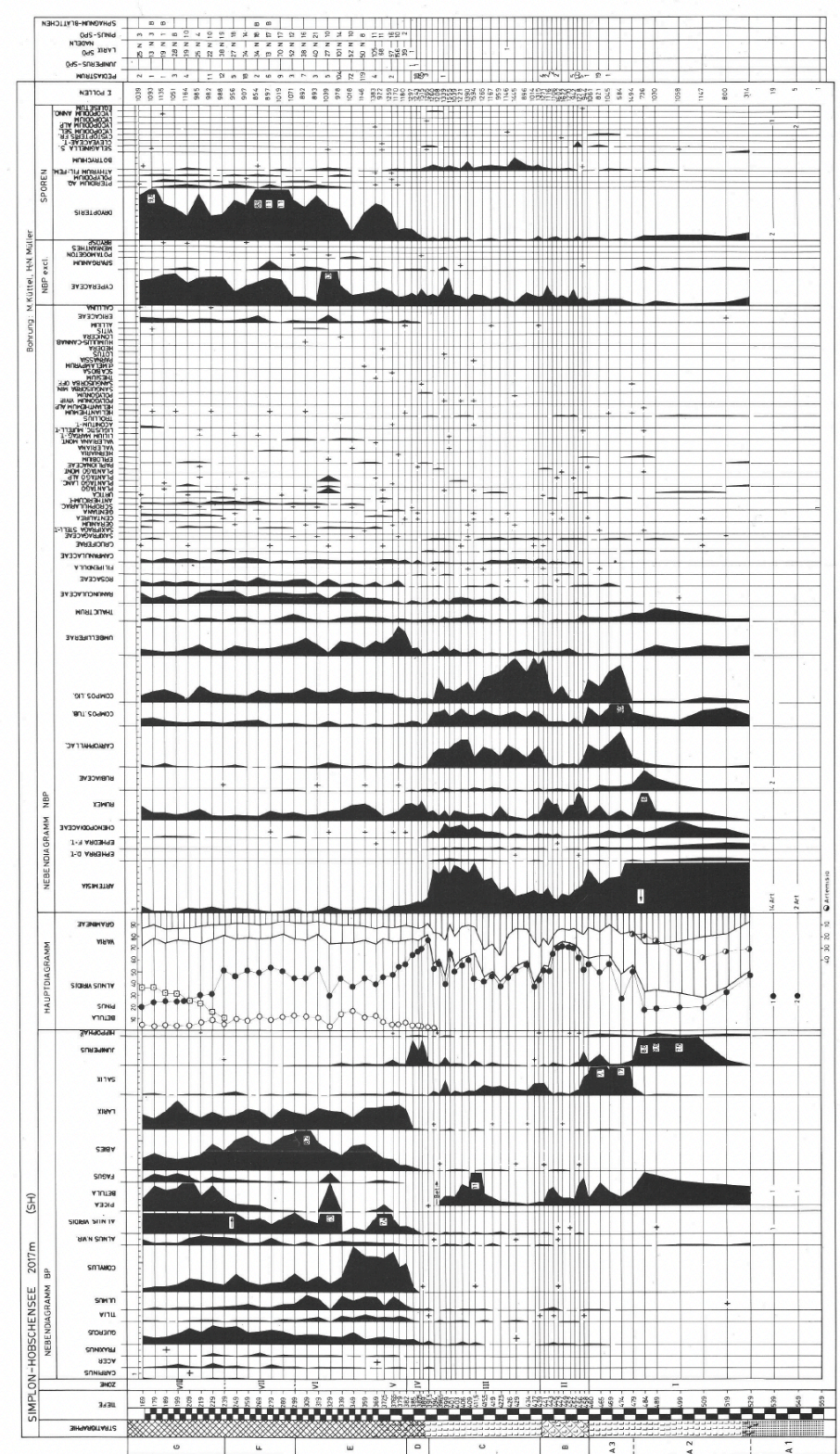
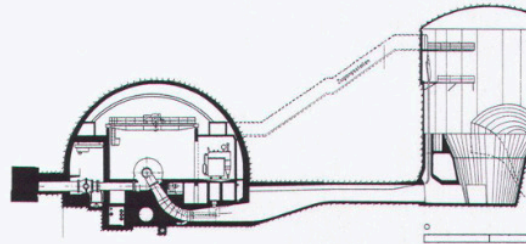
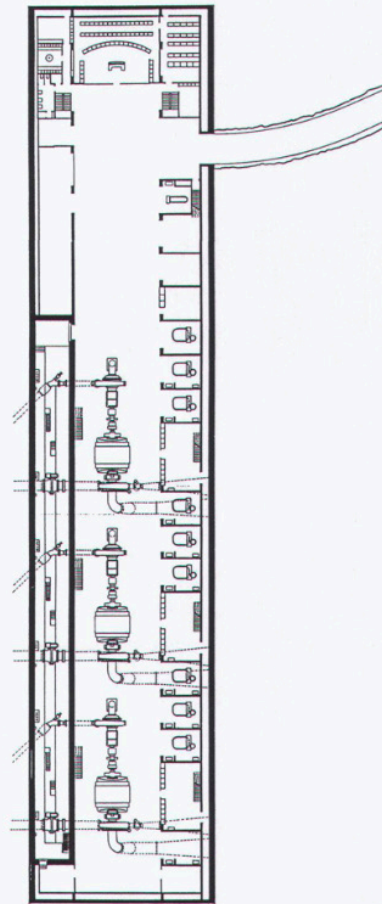


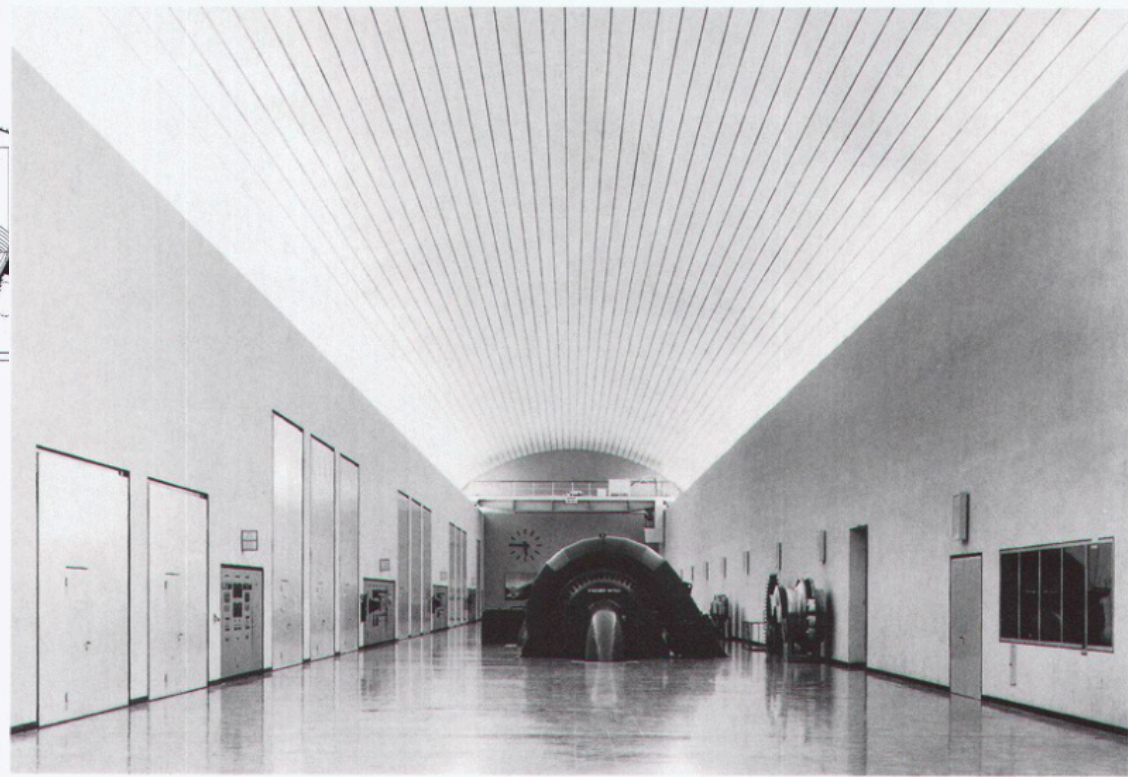
Fig. 11: Pollendiagramm Simplon-Höbschensee (SH).



Querschnitt Kaverne und Unterwasserschloss Ferrera



Grundriss Zentrale Ferrera



Siehe:

- Ragettli, J., <Verborgene Reiche der Technik: Die unterirdischen Anlagen der Wasserkraftwerke in der Schweiz>, Werk, Bauen, Wohnen, N°91, 2004

Bild: Frei Otto, «Wasserturm», Studie, 1959

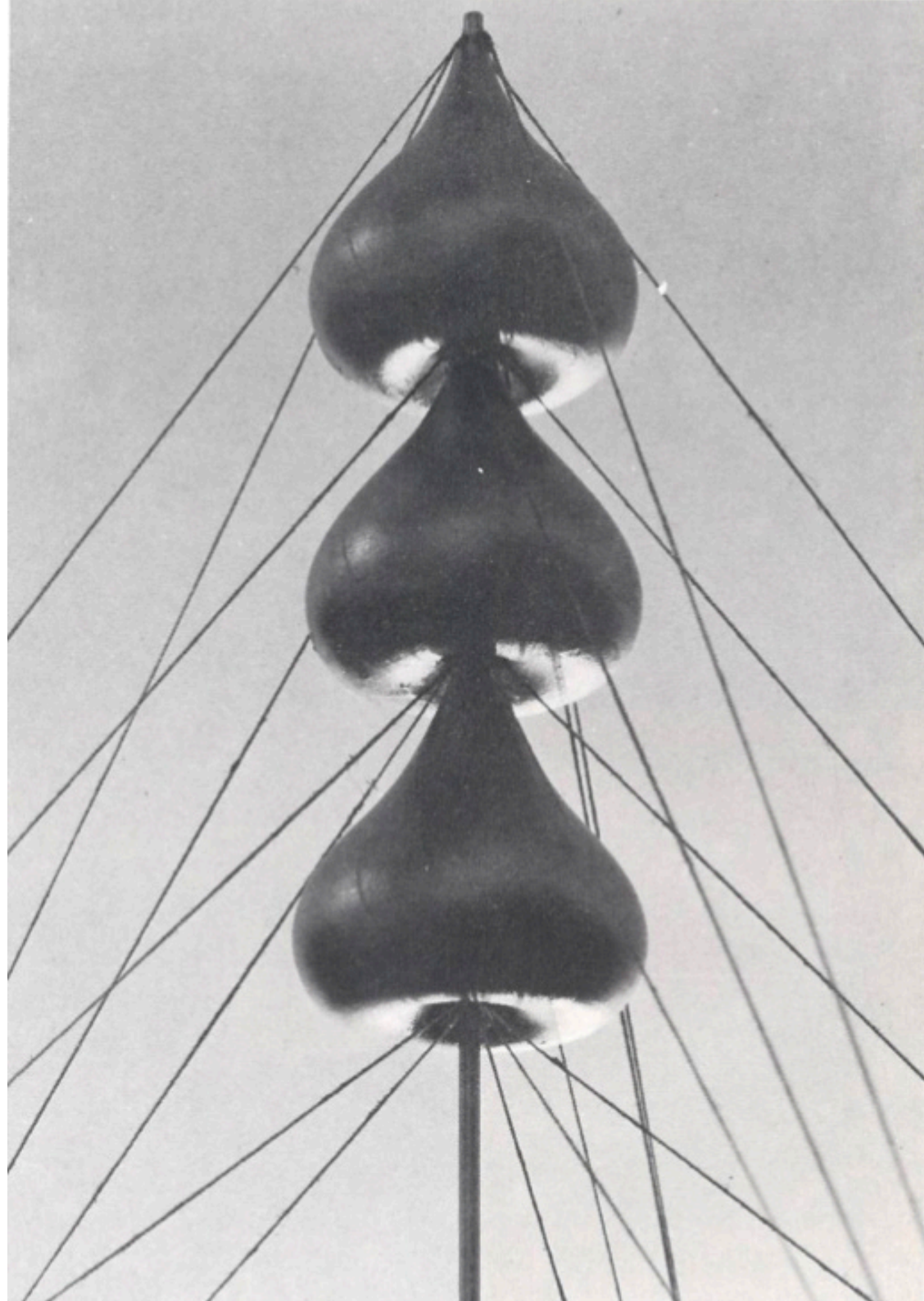




Bild: Roni Horn, «Water», 2017



Bild: Rafal Milach, «Waterslides», 2020

6. Quellen

Bücher

- Barthes, R., «Mythologies», Éditions du Seuil, Paris, 1957
- Clavuot, K., Ragettli, J., «Die Kraftwerk-bauten im Kanton Graubünden», Bündner Monatsblatt, Graubünden, 1992
- Glaeser, L., «The work of Frei Otto and his teams 1955-1976», Institut für leichte Flächentragwerke (IL), Stuttgart, 1978
- Hamelin, L., Cook, F., «Le périglaciaire par l'image: Illustrated glossary of periglacial phenomena», Les Presses de l'université laval, Québec, 1963
- Horn, R., «Dictionary of Water», Edition 7L, Paris 2001
- Krause, O., «Das Etzelwerk» M. Theiler-Helbling Buchdruckerei, Wollerau, 1937
- Saurer, K., «Der Sihlsee: Eine Landschaft ändert ihr Gesicht», Offizin, Zürich, 2002
- Schneider, B., «Wasserkraftnutzung an der Sihl», Jahrheft N°57, Jahresbericht Pro Sihltal, Zürich, 2006
- Vogt, G., Burckhardt, V., «Paradise Now», Matthes & Seitz, Berlin, 2021
- Vogt, G., «Solid, Fluid, Biotic. Changing Alpine Landscapes», Lars Müller Publishers, Zürich, 2021

Papers

- Brunner, M., «Welchen Beitrag leisten Mehrzweckspeicher zur Verminderung zukünftiger Wasserknappheit?», BAFU, 2019
- Brunner, M., «Present and future water Scarcity in Switzerland: Potential for alleviation through reservoirs and lakes», Elsevier, 2019
- Denzler, L., «Hydrometrische Messstationen: Für die Zukunft gewappnet», BAFU, 2021
- Estermann, R., Steffen, T., «Bachelor's thesis (Geology): An assessment of future glacier lakes in Switzerland», ETH Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Geology, Zürich, 2021
- Farinotti, D., «From dwindling ice to headwater lakes: could dams replace lakes in the European Alps?», Environmental Res. Lett. 11, 2016
- Farinotti, D., Round V., Huss, M., Comagno, L., Zekollari, H., «Large hydropower and water-storage potential in future glacier-free basins», Springer Nature Limited, Volume 575, 2019
- Frick, H., «Zivilschutz ist auch Schutz gegen Überflutung: Die Organisation

- des Wasseralarms in Zürich», Zivilschutz Zeitschrift N° 19, 1972
- Glatthard, T., «Flutwellen und Eislawinen: was die Gletscherschmelze für die Schweiz und weltweit bedeutet», Geomatik Schweiz, N°118, 2020
- Ghosn, R., «A Flooded Thirsty World», Journal of Architectural Education, MIT, 2020
- Kellner, E., «Herausforderungen der Governance sowie der ökologischen, landschaftlichen und ökonomischen Auswirkungen von Mehrzweckspeichern», Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 2021
- Küttel, M., «Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte und zum Gletscherrückzug in den westlichen Schweizer Alpen», Bericht der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft, 1979
- Lanz, K., «Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft der Schweiz, 2021
- Linsbauer, A., Paul, F., Hoelzle, M., Frey, H., Haebli, W. «The Swiss Alps without glaciers – a GIS-based modelling for reconstruction of glacier beds», Proceedings of Geomorphometry,

- Zürich, 2009
- Losapio, G., «The Consequences of Glacier Retreat Are Uneven Between Plant Species», Frontiers in Ecology and Evolution, 2021
- Mölg, N., «Inventory and evolution of glacial lakes since the Little Ice Age: Lessons from the case of Switzerland», Earth Surface Processes and Landforms, 2021
- Naef, H.R., «Die Errichtung einer Notwasserversorgung in der Stadt Zürich», Zivilschutz Zeitschrift N° 22, 1975
- Nussbaumer, H., «Der Sihlsee», Anthos: Zeitschrift für Landschaftsarchitektur N°3, 1964
- Ragettli, J., «Verborgene Reiche der Technik: Die unterirdischen Anlagen der Wasserkraftwerke in der Schweiz», Werk, Bauen, Wohnen, N°91, 2004
- Speich, D., «Mountains Made in Switzerland: Facts and Concerns in the Nineteenth-Century Cartography», Cambridge University Press, 2009
- Weingartner, R., «Die Alpen - das Wasserschloss Europas?», 2002

Bafu Syntheseberichte und Stadt Zürich

- <Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer>, Synthesebericht zum Projekt <Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz> (CCHydro), BAFU, 2012
- <Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer: Hydrologie, Gewässerökologie, Wasserwirtschaft>, BAFU, 2021
- <Das Seewasserwerk Lengg: Wie aus Seewasser Trinkwasser wird>, Stadt Zürich Wasserversorgung, 2021

Artikel

- Brandlhuber, A., <Arts of the Working Class>, Biennale Deutscher Pavillon, 2021
- Brannen, P., <The Anthropocene is a joke>, The Atlantic, 2019
- Laukenmann, J., <Schweizer Gletscher verlieren im Hitzesommer massiv an Eis>, Neue Zürcher Zeitung AG, 2018
- <Schweizer Flüsse drohen noch gut halb so viel Wasser zu führen>, Tages Anzeiger, 2021
- Titz, S., <Für viele Gletscher ist es bereits 5 nach 12>, Neue Zürcher Zeitung AG, 2021

Interviews

- Prof. Dr. Daniel Farinotti, Glaziologe, VAW ETH Zürich, Gespräch, 29.9.21
- Sarem Sunderland, Doktorand, ETH Zürich Professur Günther Vogt, Gespräch, 12.10.21
- Prof. em. Dr. Rolf Weingartner, Hydrologe, Universität Bern, Gespräch, 26.10.21