

# Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Alpenrandseen

Andreas Inderwildi, Tobias Wechsler, Massimiliano Zappa und Gian Reto Bezzola

## Zusammenfassung

Der fortschreitende Klimawandel verändert das Wasserdargebot, verschärft den Druck auf Wassernutzungen und erhöht die Wahrscheinlichkeit für Starkniederschläge. Die großen Alpenrandseen spielen in der Schweiz eine wichtige Rolle für das Wasserressourcen- und Naturgefahrenmanagement. Insbesondere bei der Seeregulierung bündelt sich eine Vielzahl von Interessen.

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserstände der Seen und deren Ausflüsse abschätzen zu können, werden die meteorologischen Klimaszenarien CH2018 (NCCS, 2018) mit dem Niederschlag-Abflussmodell PREVAH (Viviroli et al., 2009) in hydrologische Szenarien übersetzt. Basis bilden die drei Emissionsszenarien (konsequente, mittlere oder ausbleibende Klimaschutzmaßnahmen) und drei Zukunftsperioden (nahe, mittlere und ferne Zukunft). Um den anthropogenen Einfluss der Seenregulierung abbilden zu können, werden die Fließgewässer, Seespeicher sowie die Ausflussregulierung mit dem hydrodynamischen Modell MIKE 11 (DHI, 2004) simuliert. Der vorliegende Bericht zeigt exemplarisch die Untersuchungen für den Walensee und Zürichsee.

Die Klimaszenarien CH2018 zeigen gegen Ende des Jahrhunderts für beide Seen geringfügige Änderungen der mittleren jährlichen Seestände und Ausflüsse. Es ist jedoch eine ausgeprägte saisonale Umverteilung der Seestände und Ausflüsse zu erwarten. Die Veränderungen verstärken sich im Laufe der Zeit und mit ausbleibenden Klimaschutzmaßnahmen. Im Winter steigen die mittleren Seestände und die Ausflüsse nehmen zu; im Sommer sinken die mittleren Seestände und die Ausflüsse nehmen ab. Die Seestandänderungen des unregulierten Walensees fallen mit ausbleibenden Klimaschutzmaßnahmen deutlich höher aus als die des regulierten Zürichsees; die Änderungen der Ausflüsse liegen in beiden Seen in der gleichen Größenordnung. Die Analyse der Extreme zeigt eine erhöhte Häufigkeit von Niedrigwassertagen. Bei der Analyse der Seehochwasser ist keine Veränderung der Anzahl von Hochwassertagen erkennbar. Um zukünftige hydrologische Entwicklungen an Seen und flussabwärts gelegenen Flüssen abzuschätzen, ist es wichtig, Modelle zu verwenden, welche die Seeregelungen einbeziehen. Dies erlaubt eine Differenzierung von klimatischen und regulatorischen Einflüssen.

Hydrologische Szenarien dienen als Grundlage für die frühzeitige Diskussion der Auswirkungen und möglicher Anpassungen an den Klimawandel (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2020). Um die Bedeutung der saisonalen Verschiebung bei den Seeständen wie auch den entsprechenden Ausflüssen zu beurteilen, braucht es die Diskussion mit den Fachstellen auf Kantons- und Bundesebene sowie mit betroffenen NGOs. Gegebenenfalls müssen auch weitergehende Studien in Betracht gezogen werden.

## 1 Einleitung

Im Aktionsplan 2014 – 2019, zweiter Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014 zur Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz, sind die Anpassungsmaßnahmen der Bundesämter zusammengefasst, mit welchen die Chancen des Klimawandels genutzt, die Risiken minimiert und die Anpassungsfähigkeit von Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt gesteigert werden sollen (BAFU, 2014).

Der Aktionsplan bildet auch die Grundlage für Klimaanalysen betreffend die Seeregulierung. Mit den Klimaszenarien CH2018 stehen Grundlagen zur Verfügung, die eine detaillierte und differenzierte Betrachtung für Schweizer Seen ermöglichen. Insbesondere auch die Berücksichtigung der bestehenden Vergletscherung und des erwarteten Gletscherschwunds über die nächsten Jahrzehnte ist möglich. Die meteorologischen Größen (Niederschlag, Temperatur, Wind, Luftfeuchtigkeit und globale Strahlung) liegen in hoher räumlicher Auflösung vor, sodass hydrologische und hydraulische Simulationen für die Seen möglich sind.

Beim hier vorgestellten Projekt geht es im Wesentlichen um die Quantifizierung der Auswirkungen der Klimaszenarien CH2018 auf Seestände und -ausflüsse (bei gleichbleibender Regulierung), welche die Basis bildet für weitergehende Überlegungen und Untersuchungen. Kernpunkt ist die Entwicklung einer Methodik, um die hydraulischen Auswirkungen der Klimaszenarien auf die regulierten Seen zu simulieren. Die Erarbeitung erfolgte durch die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Die Methodik wurde zusammen entwickelt und laufend verfeinert. Die Niederschlag-Abflussmodellierung sowie die Auswertung der Resultate erfolgte durch die WSL; die hydrodynamischen Modellierungen wurden BAFU-intern durchgeführt. Im vorliegenden Bericht werden exemplarisch die Resultate vom Zürich- und Walensee gezeigt, welche das Pilotgebiet bilden und für die die hier vorgestellte Methodik entwickelt wurde.

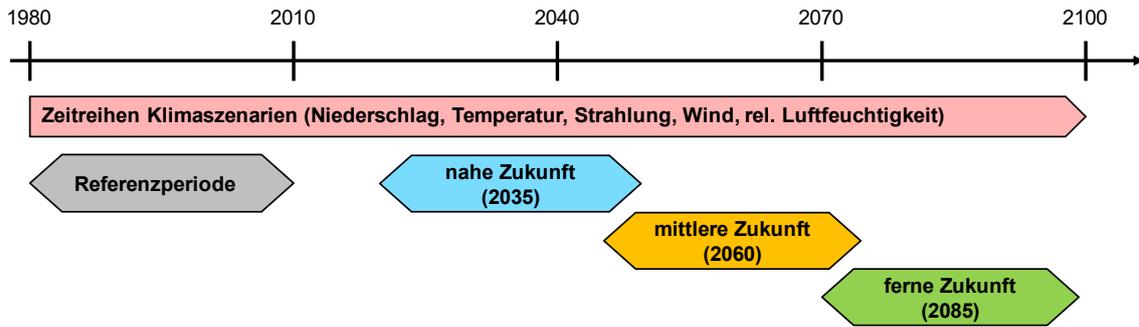
## **2 Grundlagen**

### **2.1 Klimaszenarien CH2018**

Als Grundlage für die Klimaanalysen betreffend der Seeregulierung dienen in dieser Studie die Klimaszenarien CH2018 (CH2018, 2018). Mit der Veröffentlichung der neuen Klimaszenarien CH2018 stehen meteorologische Grundlagen in transienter Form bis Ende dieses Jahrhunderts zur Verfügung. Sie basieren auf dem EURO-CORDEX Datensatz (Jacob et al., 2014), der die neusten Fortschritte in der Entwicklung der Klimamodelle abbildet. Die Klimaszenarien CH2018 folgen einer kontinuierlichen Änderung der Konzentration der Treibhausgase, sogenannter Representative Concentration Pathway (RCP) Emissionsszenarien und dem statistischen Downscaling-Ansatz Quantile Mapping (CH2018, 2018).

RCPs beschreiben mögliche zukünftige Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre. Es wird dabei zwischen drei Emissionsszenarien unterschieden, die von Moss et al. (2010) definiert werden: RCP2.6 (konsequenter Klimaschutz), RCP4.5 (mittlerer Klimaschutz) und RCP8.5 (ausbleibender Klimaschutz).

Die drei Emissionsszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5) bestehen aus einer Vielzahl von Modellketten, den sogenannten Klimaszenarien. Diese wiederum unterscheiden sich im benutzten Regionalen Klimamodell (RCM), dem Globalen Zirkulationsmodell (GCM) sowie in der räumlichen Auflösung (RES) der Modelle und stellen die Unsicherheit der Klimamodelle dar. Für die Analyse werden insgesamt 39 Klimaszenarien für die Periode 1981 – 2099 verwendet. Die Klimaszenarien bestehen aus den folgenden meteorologischen Größen: Temperatur, Niederschlag, relative Luftfeuchtigkeit, globale Strahlung, oberflächennaher Wind. Die zeitliche Betrachtung der Auswirkungen der Klimaszenarien wird in folgende vier Perioden unterteilt, die je 30 Jahre umfassen (Abb. 1):

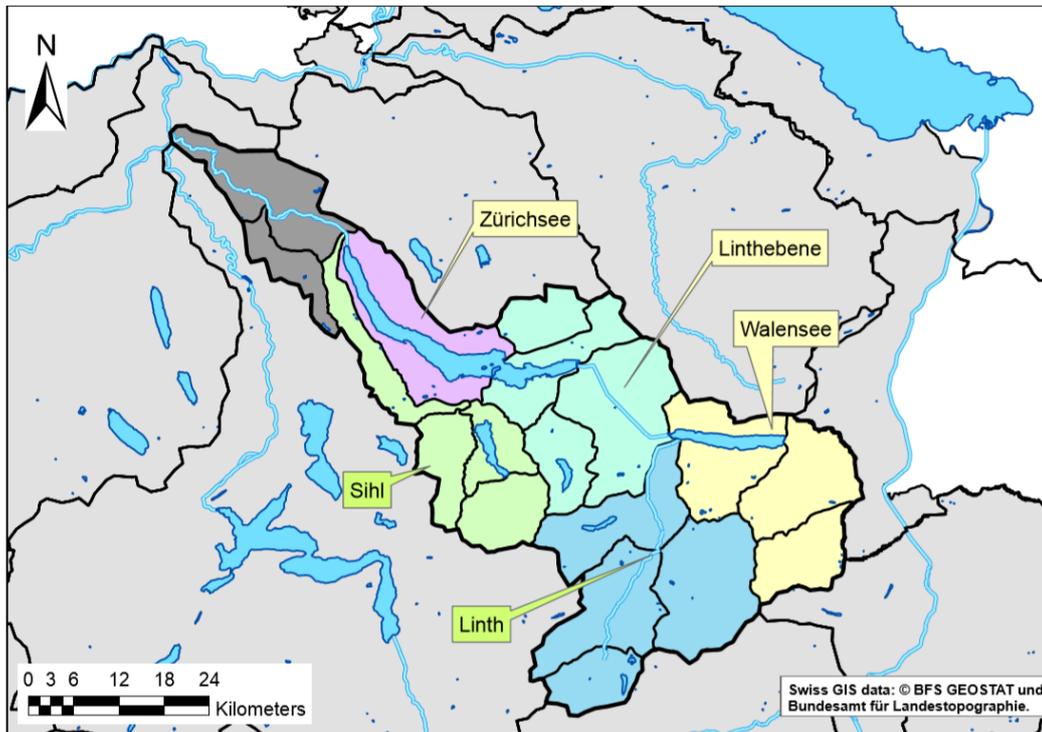


**Abb. 1** Darstellung der Perioden für die zeitlichen Auswertungen

## 2.2 Kenngrößen Pilotgebiet

Für die Niederschlags-Abflussmodellierung wurden die Einzugsgebiete von Walen- und Zürichsee in 16 Teileinzugsgebiete (50 – 250 km<sup>2</sup>) unterteilt. Im hydrodynamischen Modell sind folgende Gewässer abgebildet: Walensee, Linthkanal, Zürichsee, Limmat (

Abb.2).



**Abb. 2** Überblick der beiden Einzugsgebiete von Walensee und Zürichsee sowie deren Untereinzugsgebiete

Einige Kenngrößen der Einzugsgebiete sind in Tab. 1, die Kenngrößen der Seen in Tab. 2 dargestellt.

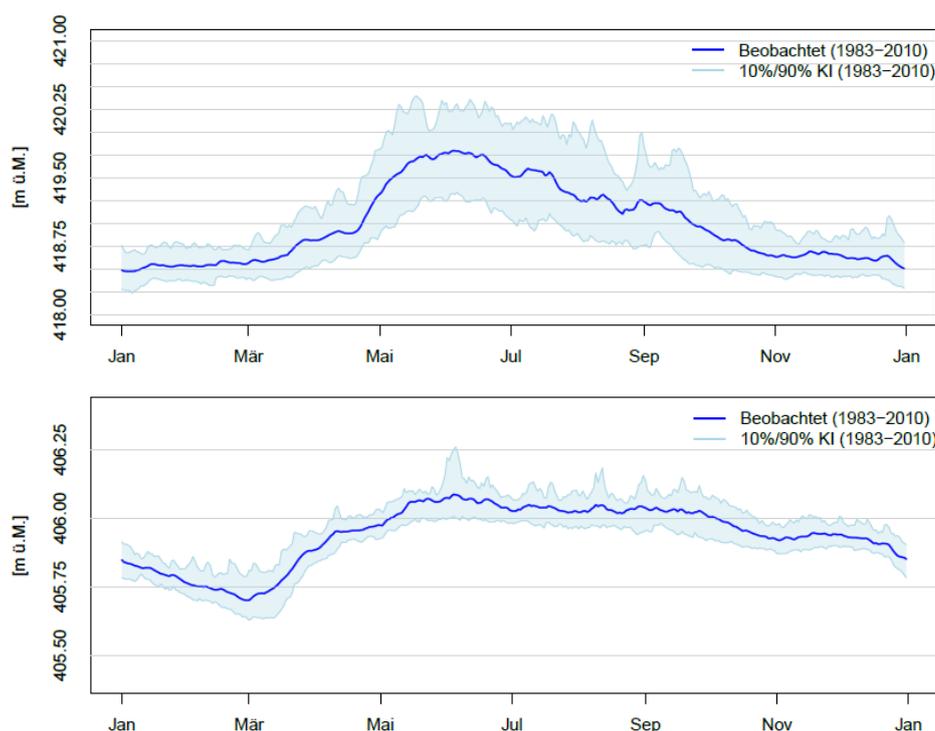
**Tab. 1** Gebietskenngrößen der betrachteten Einzugsgebiete (GIUB, 2015).

Ein-zugsge-biet	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Ø Höhe [m ü. M.]	Max. Höhe [m ü. M.]	Min. Höhe [m ü. M.]	Gletscher [%]
Walensee	1061	1581	3557	416	2
Zürichsee	1828	1222	3557	402	1

**Tab. 2** Kenngrößen der betrachteten Seen (BAFU, 2023).

See	Seevolumen [Mio m <sup>3</sup> ] bei Ø Seestand	Seefläche [km <sup>2</sup> ] bei Ø Seestand	Sommerseestand Ø [m ü. M.] Juni (1951 – 2012)	Winterseestand Ø [m ü. M.] Dezember (1951 – 2012)	HW-Grenze [m ü. M.]
Walensee	2,5	24	420.19	418.56	422.00
Zürichsee	3,9	87	406.06	405.91	406.60

Die Seestände und Ausflüsse des Walensees sind unreguliert, jene des Zürichsees sind reguliert. Durch die Regulierung weisen die Seestände des Zürichsees (Abb. 3, unten) einen kleineren Schwankungsbereich auf als beim Walensee (Abb. 3, oben). Dies ist sowohl für das Jahresregime als auch für die Tagesschwankungen zu beobachten.



**Abb. 3** Die langjährigen täglichen Seestände vom Walensee (oben) und Zürichsee (unten) während der Referenzperiode 1983 - 2010. Die blaue Linie repräsentiert den mittleren beobachteten Seestand; die hellblaue Fläche deckt die Spannweite des 10 % und 90 % Konfidenzintervalls ab.

### 3 Methodik und Vorgehen

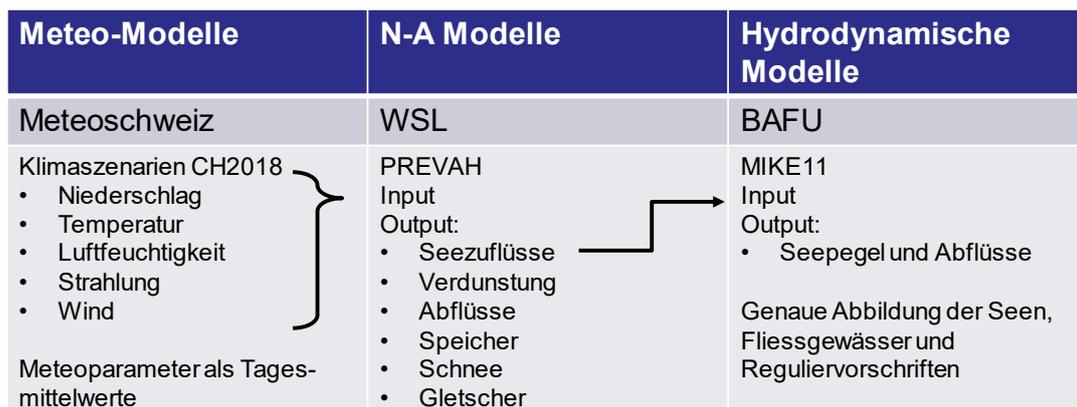
#### 3.1 Vorgehen, Methodik

Grundsätzlich müssen folgende Schritte durchlaufen werden, um ausgehend von den Klimaszenarien CH2018 hydrologische Seestandszenarien simulieren zu können (Abb. 4):

1. Berechnung der Abflussszenarien für größere und mittlere Gewässer ausgehend von den Klimaszenarien CH2018 (Niederschlag-Abflussmodellierung)
2. Aggregation der Abflussszenarien zu Zuflussszenarien für die einzelnen Seen (inkl. Berücksichtigung des direkten Einzugsgebietes des Sees)
3. Simulation der Seestandganglinien gestützt auf den Zuflussszenarien und unter Anwendung der bestehenden Reguliervorschriften (hydrodynamische Modellierung)

#### 4. Statistische Auswertung der Seestandganglinien für ausgewählte Klimaszenarien und Zeitintervalle

Die Zuflussganglinien in die Seen sind eine entscheidende Größe für die Simulation der Seestandszenarien und werden für die Referenzperiode 1981 – 2010 validiert. Basis für den Vergleich bilden die zurückgerechneten Seezuflüsse mit dem hydrodynamischen Modell. Mittels des gemessenen Ausflusses und Seestands (1981 – 2010) sowie der Wasserstand-Volumen-Funktion des Sees werden die tatsächlichen Zuflüsse in den See berechnet (Tagesmittelwerte). Der Vergleich mit den Seezuflüssen aus der Niederschlag-Abflussmodellierung kann zur Beurteilung derer Güte herangezogen werden. Je nach Größe und Systematik der Abweichungen sind Nachkalibrierungen des Niederschlag-Abflussmodells erforderlich.



**Abb. 4** Übersicht über die Szenarienrechnungen betrieben mit den Klimaszenarien CH2018 von Meteoschweiz, dem Niederschlag-Abflussmodell PREVAH und dem hydrodynamischen Modell MIKE11.

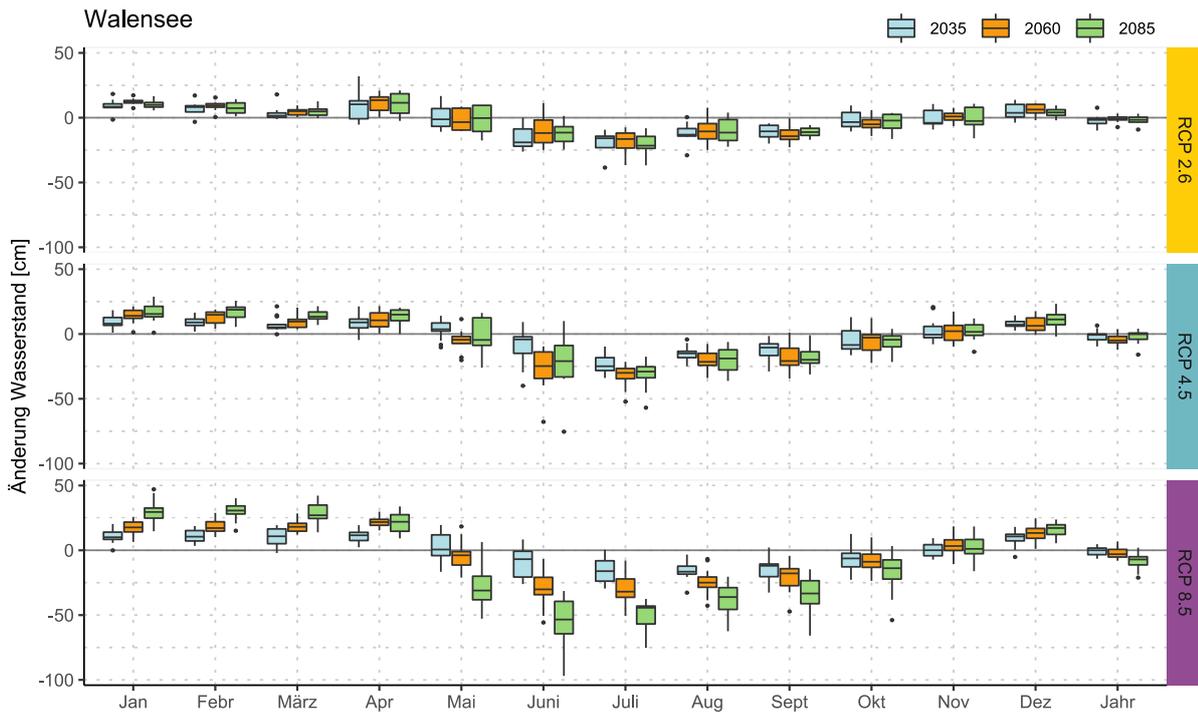
## 4 Ergebnisse

Die Projektionen der Klimaszenarien CH2018 für den Walensee und Zürichsee beziehen sich einerseits auf die Entwicklungen der mittleren Seestände und andererseits auf die Entwicklungen von Hoch- und Niedrigwasser. Die Ergebnisse der mittleren Seestände und Ausflüsse sind jeweils in einem Boxplot dargestellt, um die Streuung der insgesamt 39 Klimaszenarien aufzuzeigen, die wiederum in drei Emissionsszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5) unterteilt sind. Ein Boxplot zeigt die Streuung aller Szenarien, den Interquantilbereich, den Median sowie die Ausreißer (falls vorhanden).

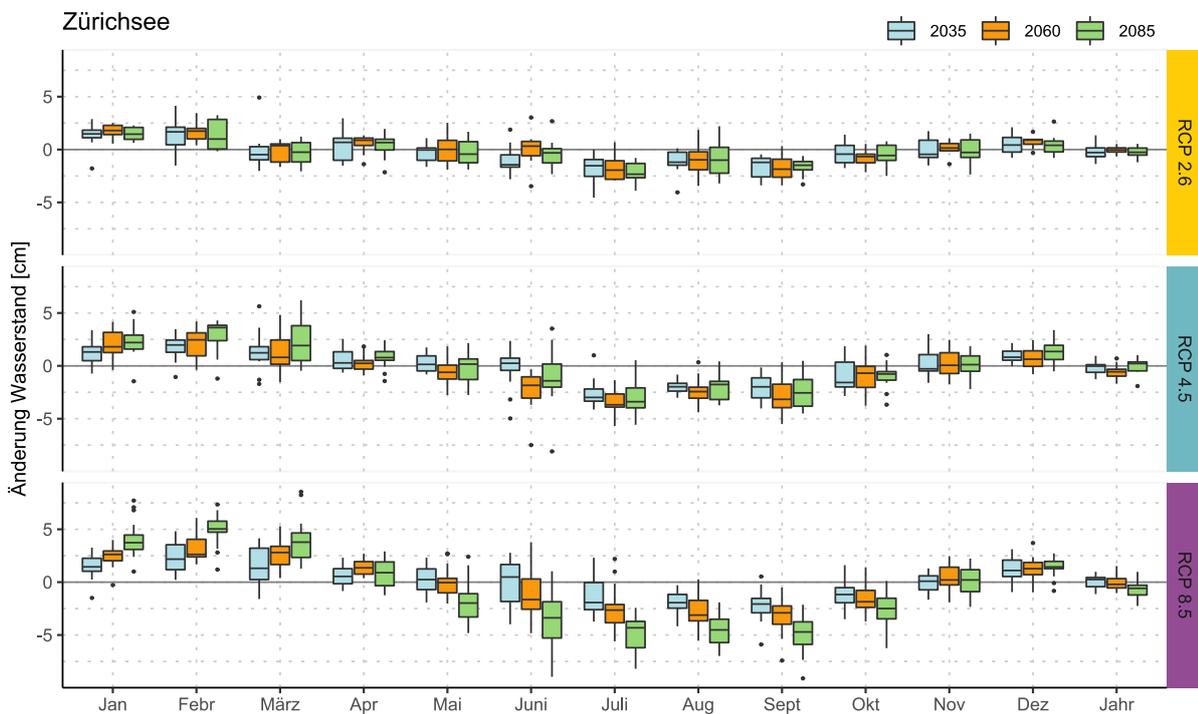
Die Veränderungen der Projektionen beziehen sich auf den Unterschied zwischen der Referenzperiode (1981 – 2010) und den verschiedenen Zukunftsszenarien (2020 – 2049, 2045 – 2074, 2070 – 2099). Die Veränderungen beziehen sich also nicht auf die beobachteten Messwerte, sondern auf die Referenzperiode der Klimaszenarien CH2018, d.h. jedes der 39 Klimaszenarien wird zwischen der Referenzperiode und den Zukunftsszenarien verglichen.

### 4.1 Veränderungen der mittleren monatlichen Seestände

Die Projektionen zeigen eine saisonale Umverteilung, die sich bei ausbleibenden Klimaschutzmaßnahmen (RCP8.5) bis Ende des Jahrhunderts verstärken (Abb.5 und Abb. 6). Die Veränderungen tendieren zu höheren Winter- und niedrigeren Sommerseeständen. Beim unregulierten Walensee reichen die Veränderungen in der Größenordnung von bis zu einem halben Meter. Beim regulierten Zürichsee liegen die Veränderungen bei +/- 5 cm und verstärken sich mit zunehmenden Emissionskonzentrationen (RCP8.5) bis Ende des Jahrhunderts.



**Abb. 5** CH2018-Projektionen der mittleren monatlichen Änderungen der Seestände [cm] des Walensees sowie des Jahresmittels (ganz rechts), unterteilt in drei Zukunftsszenarien (2035, 2060, 2085) und drei Emissionsszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).



**Abb. 6** CH2018-Projektionen der mittleren monatlichen Änderungen der Seestände [cm] des Zürichsees sowie des Jahresmittels (ganz rechts), unterteilt in drei Zukunftsszenarien (2035, 2060, 2085) und drei Emissionsszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

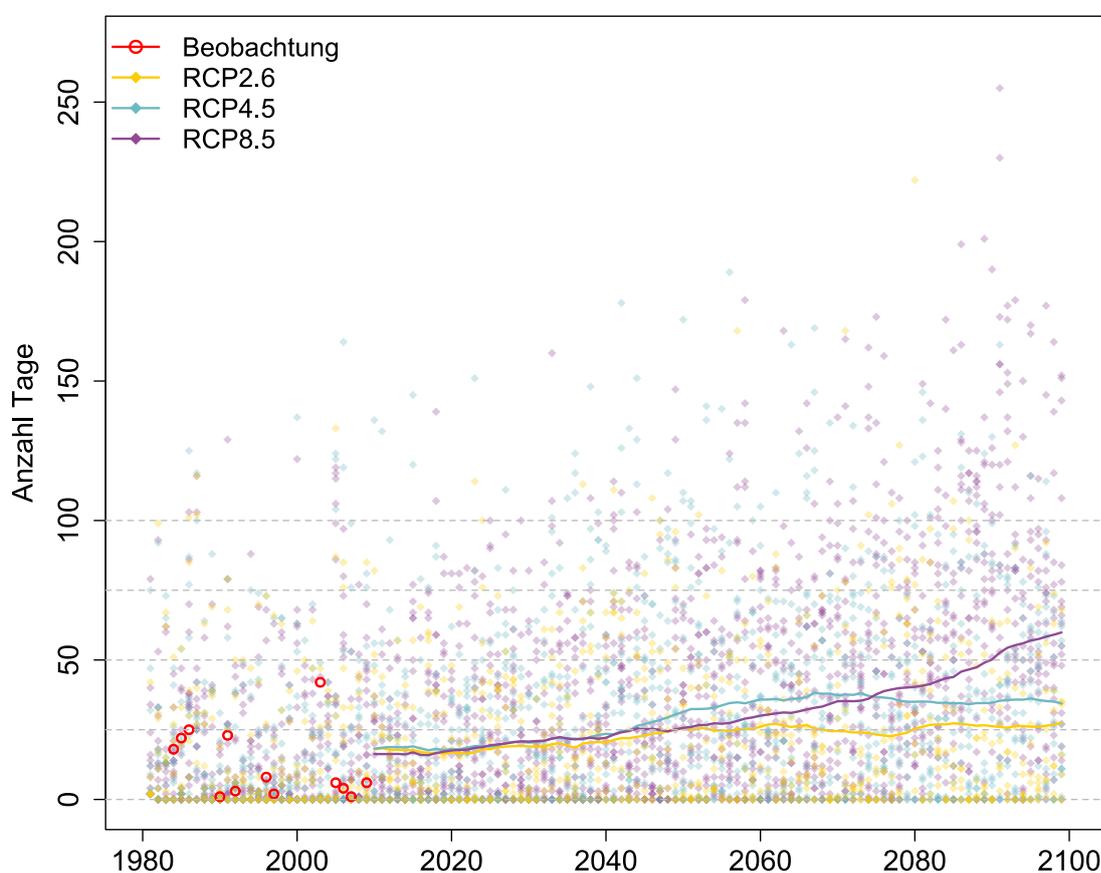
Die mittleren jährlichen Seestände des Walensees verändern sich nur geringfügig. Für RCP8.5 zeigt sich eine abnehmende Tendenz gegen Ende des Jahrhunderts aufgrund der zunehmenden Verdunstung und der schwindenden Gletscher.

## 4.2 Auswirkungen auf Hoch- und Niedrigwasser

Nebst den Veränderungen der mittleren Seestände interessieren die Veränderungen in den Hoch- und Niedrigwasserbereichen. Mit den Klimaszenarien CH2018 ist eine verlässliche Aussage zu zukünftigen Extremen nur beschränkt möglich. Aus diesem Grund wird in dieser Analyse keine Extremwertstatistik durchgeführt. Stattdessen wird analysiert, wie sich die Anzahl der Tage verändert, an denen die Absenkgrenze (Ausfluss  $< 30\text{m}^3/\text{s}$ ) oder die Hochwassergrenze (Seestand  $> 406.60\text{ m ü. M.}$ ) des Zürichsees erreicht werden.

### 4.2.1 Niedrigwasserstände

Die Projektionen zeigen eine steigende Tendenz hin zu mehr Tagen pro Jahr, an denen die Absenkgrenze unterschritten wird (Abb. 7). Besonders das Emissionsszenario RCP8.5 zeigt im Vergleich zu der Referenzperiode eine Verdoppelung auf rund 60 Tage pro Jahr Ende des Jahrhunderts (gleitendes Mittel).



**Abb. 7** Die Anzahl der Tage pro Jahr, an denen die Absenkgrenze des Zürichsees erreicht wird (Abfluss  $< 30\text{ m}^3/\text{s}$ ). Die roten Punkte repräsentieren die beobachteten Ereignisse während der Referenzperiode 1981 - 2010; der gelbe (RCP2.6), blaue (RCP4.5) und violette (RCP8.5) Verlauf zeigen die Anzahl Tage pro Jahr von sämtlichen 39 Klimaszenarien, an denen die Absenkgrenze erreicht wird je nach Emissionsszenarien; die dicken Linien zeigen das gleitende Mittel (30 Jahre) der entsprechenden Emissionsszenarien.

### 4.2.2 Seehochständen

Die Projektionen zeigen Ausreißerjahre, jedoch keine steigende Tendenz hin zu mehr Tagen pro Jahr, an denen die Hochwassergrenze erreicht wird (Abb.8). Während der Referenzperiode wurde das Erreichen der Hochwassergrenze in den Monaten Mai und August beobachtet (1999

und 2005). Die monatliche Betrachtung zeigt keinen Trend in der Entwicklung, einzig eine leichte Häufung im Monat Juni.



**Abb. 8** Die Anzahl der Tage pro Jahr, an denen die Hochwassergrenze des Zürichsees erreicht wird (Seestand > 406.60 m ü. M.). Die roten Punkte repräsentieren die beobachteten Ereignisse während der Referenzperiode 1981-2010; der gelbe (RCP2.6), blaue (RCP4.5) und violette (RCP8.5) Verlauf zeigen die Anzahl Tage pro Jahr von sämtlichen 39 Klimaszenarien, an denen die Hochwassergrenze erreicht wird je nach Emissionsszenario; die dicken Linien zeigen das gleitende Mittel (30 Jahre) der entsprechenden Emissionsszenarien.

## 5 Diskussion

### 5.1 Einfluss der Seeregulierung

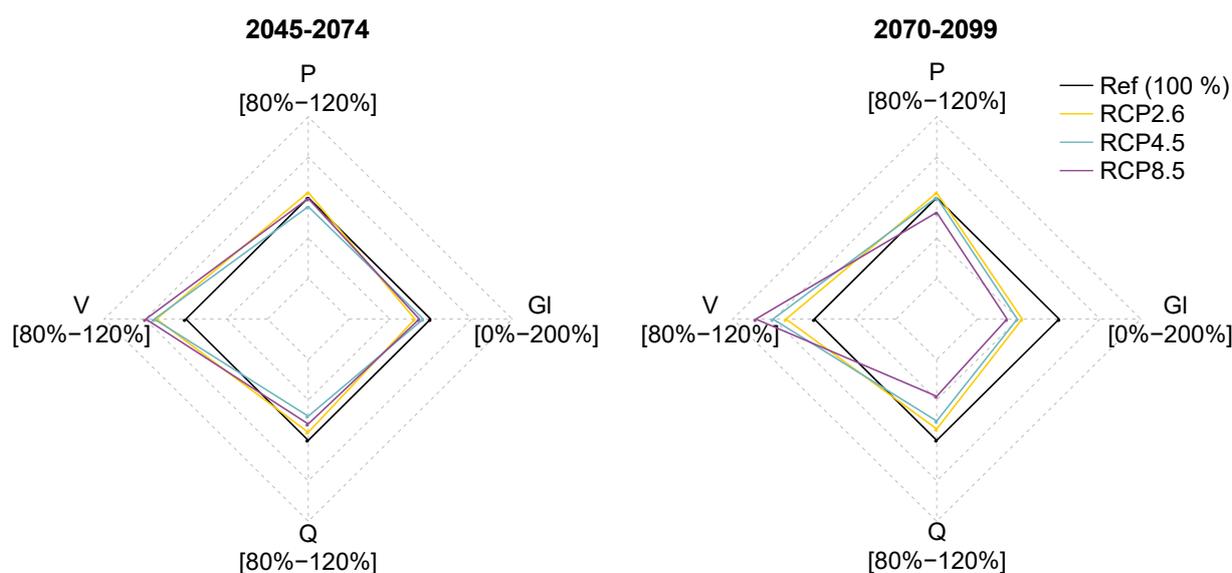
Der Vergleich der beiden Jahresganglinien für den Walen- und Zürichsee zeigt, wie bedeutend die Regulierung für das Regime sein kann (Abb. 3). Auch die Projektionen für die beiden Seen fallen entsprechend unterschiedlich stark aus (Abb. 5 und Abb. 6). Für die Simulationen wird sowohl für die Referenzperiode als auch für die Zukunftsperioden von einem gleichbleibenden Regulierreglement ausgegangen. Das Miteinbeziehen der Seeregulierung erlaubt eine Differenzierung zwischen klimatischen oder reglementarischen Einflüssen. Die Resultate zeigen, dass die Regulierung vor allem auf die Seestände einen starken Einfluss hat, jedoch einen schwächeren auf die Ausflüsse. Dieser Beobachtung ist anzufügen, dass daraus keine Bewertung abgeleitet werden kann, da die verschiedenen Interessen und Ansprüche nicht Teil dieser Analyse sind.

### 5.2 Einfluss Klimawandel

Die Klimaänderung hat direkte Auswirkungen auf den Wasserkreislauf und somit auch auf die Seen. Höhere Temperaturen und eine Häufung von Hitzetagen bedeuten mehr Verdunstung und

eine Umverteilung der Ausflüsse. Insbesondere eine höhere Schneegrenze führt zu mehr Direktabfluss und weniger Schneespeicher während der Wintermonate. Die reduzierten Schneedecken führen zu einer verminderten Rückstrahlung (Albedo), was zu einer höheren Verdunstung führt und die Ausflüsse vermindert. Weiter sagen die Klimaszenarien CH2018 für die Mitte (Ende) des Jahrhunderts im Winter eine saisonale Zunahme des Niederschlags von bis zu 20 % (24 %) und im Sommer eine Abnahme von bis zu 25 % (39 %) voraus (CH2018, 2018). Demnach sind in Zukunft die Sommermonate anfälliger auf Trockenheitsereignisse. Diese Prognosen stimmen gut mit den Analyseergebnissen dieser Studie überein. Um dies zu quantifizieren, betrachteten wir die Veränderungen der einzelnen Modellparameter (PREVAH), die schließlich zu einer Veränderung im Abfluss führen (Abb.9). Bis Mitte des Jahrhunderts verkleinert sich der Gesamtabfluss (Q) des Einzugsgebiets Zürichsee um bis zu 5 %. Der Abflussanteil aus Gletschern (GI) zeigt eine starke Abnahme. Da die Vergletscherung im Gesamteinzugsgebiet des Zürichsees jedoch klein ist, ist die Auswirkung auf den Gesamtabfluss (Q) eher gering. Diese Abnahme ist daher vor allem auf die zunehmende Verdunstung zurückzuführen. Gegen Ende des Jahrhunderts verstärkt sich diese Tendenz zunehmend und resultiert in bis zu 10 % weniger Gesamtabfluss infolge noch höherer Verdunstung. Die saisonalen Umverteilungen sind noch ausgeprägter als die Veränderungen der Jahresmittelwerte (vgl. Kapitel 4.1).

Die projizierten Veränderungen resultieren aus dem Vergleich der Klimaszenarien während der Referenzperiode sowie den zwei Zukunftsperioden 2060 und 2085. Es handelt sich um einen Direktvergleich innerhalb der Klimaszenarien. Die Projektionen zeigen die Tendenz, insbesondere der saisonalen Umverteilung, sowie das Ausmaß der Veränderung.



**Abb. 9** Die Veränderungen der Modellparameter (PREVAH) für das Gesamteinzugsgebiet Zürichsee sowie die Perioden Mitte Jahrhundert (2045 - 2074) und Ende Jahrhundert (2070 - 2099) verglichen mit der Referenzperiode (1981 - 2010), die durch das schwarz eingefärbte Quadrat (100 %) dargestellt wird. Die farbigen Verläufe stehen für: gelb (RCP2.6), blau (RCP4.5), violett (RCP8.5). Die betrachteten Parameter sind: V = Verdunstung (80 % - 120 %), P = Niederschlag (80 % - 120 %), Q = Gesamtabfluss (80 % - 120 %) und GI = Gletscheranteil im Abfluss (0 % - 200 %).

## 6 Ausblick

Um die Bedeutung der saisonalen Verschiebung bei den Seeständen wie auch den entsprechenden Ausflüssen zu beurteilen, braucht es die Diskussion mit den Fachstellen auf Kantons- und Bundesebene sowie mit betroffenen NGOs. Insbesondere bei der Seeregulierung bündelt sich eine Vielzahl von Interessen. Der regulierte Jahresgang soll sowohl den natürlichen Schwankungen als auch den unterschiedlichen Bedürfnissen von See- und Flussanliegern entsprechen, wie

beispielsweise jenen der Hochwasserprävention, Fischerei, Schifffahrt, Energieerzeugung, Ökosysteme, etc. Gegebenenfalls müssen auch weitergehende Studien in Betracht gezogen werden.

Die Resultate weiterer Seen zeigen, dass jedes Seensystem unterschiedlich analysiert werden muss. Das Wasserstands- und Abflussregime der natürlichen Alpenrandseen ist maßgeblich beeinflusst von der Charakteristik ihrer Einzugsgebiete, insbesondere auch von den alpinen Speichern. Entsprechend ist auch der Aufwand und Zeitbedarf zur Untersuchung der Auswirkungen seenspezifisch und kann derzeit nicht genau bestimmt werden. Das Vorgehen dazu ist noch offen.

Es ist absehbar, dass in einigen Jahren aktualisierte Klimaszenarien vorliegen werden. Das Modellsetting ist modular und standardisiert aufgebaut, dass auch die Simulationen bei den Alpenrandseen mit neuen Klimaszenarien nachgeführt werden können.

## Literatur

BAFU (2014): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014 – 2019. Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014. Bundesamt für Umwelt (BAFU). Bern: 100 pp.

BAFU (2023): Hydrologische Daten und Vorhersagen, <https://www.hydrodaten.admin.ch>

CH2018 (2018): CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services. Zürich: 271 pp.

DHI (2023): Informationen zu MIKE 11, [www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-11](http://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-11)

GIUB (2015): Hydrologischer Atlas der Schweiz, [www.hydrologischeratlas.ch](http://www.hydrologischeratlas.ch)

Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O.B., Bouwer, L.M., Braun, A., Colette, A., Déqué, M., Georgievski, G. (2014): EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change* 14 (2): 563–578.

Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., Van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463 (7282): 747–756.

NCCS (Hrsg.) 2018: CH2018 - Klimaszenarien für die Schweiz. National Centre for Climate Services, Zürich. 24 S.

Schweizerische Eidgenossenschaft (2020): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2020–2025. Bern, 164 S.

Viviroli, D., Zappa, M., Gurtz, J., Weingartner, R. (2009): An introduction to the hydrological modelling system PREVAH and its pre- and post-processing-tools. *Environmental Modelling & Software* 24 (10): 1209–1222.

## Anschrift der Verfasser

Andreas Inderwildi, Dr. Gian Reto Bezzola  
Bundesamt für Umwelt BAFU  
CH-3003 Bern  
[andreas.inderwildi@bafu.admin.ch](mailto:andreas.inderwildi@bafu.admin.ch),  
[gianreto.bezzola@bafu.admin.ch](mailto:gianreto.bezzola@bafu.admin.ch)

Tobias Wechsler, Dr. Massimiliano Zappa  
Eidgenössische Forschungsanstalt für  
Wald, Schnee und Landschaft WSL  
Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf  
[tobias.wechsler@wsl.ch](mailto:tobias.wechsler@wsl.ch), [massimiliano.zappa@wsl.ch](mailto:massimiliano.zappa@wsl.ch)