Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer : eine kurze Übersicht zu den Resultaten des Forschungsprogramms CCHydro

Autor(en): **Bollinger, Daniel / Nyffenegger, Kurt**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Swiss bulletin für angewandte Geologie = Swiss bulletin pour la géologie appliquée = Swiss bulletin per la geologia applicata = Swiss bulletin for applied geology**

Band (Jahr): **17 (2012)**

Heft 1

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-349236

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

Swiss Bull. angew. Geol. Vol. 17/1, 2012 S. 85-88

Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer. Eine kurze Übersicht zu den Resultaten des Forschungsprogramms CCHydro

Daniel Bollinger[1], Kurt Nyffenegger[2]

1. Ziele und Vorgehen

CCHydro hatte zum Ziel, basierend auf den neuesten Klimaszenarien für verschiedene Klimaregionen und Höhenstufen der Schweiz zeitlich und räumlich hoch aufgelöste Szenarien des Wasserkreislaufs und der Abflüsse bis Ende des 21. Jahrhunderts bereitzustellen. Zentral waren die Fragen, wie sich in den nächsten 100 Jahren der Wasserhaushalt, die Risiken für Hoch- und Niedrigwasser und die Wassertemperatur saisonal verändern werden. Damit sollten robuste Grundlagen bereitgestellt werden, auf deren Basis in der Schweiz frühzeitig Strategien zur Bewältigung der sich abzeichnenden Veränderungen ergriffen werden können, denn wenn früh genug gehandelt wird, können in Zukunft Kosten gespart werden. Unter diesem Gesichtspunkt hat das BAFU schon 2008 beschlossen, das Projekt «Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz» (CCHydro) zu lancieren. Dieses Projekt umfasst 7 Module, welche in den Jahren 2009 bis 2011 von verschiedenen wissenschaftlichen Instituten bearbeitet worden sind. Im Rahmen dieser Module wurden primär quantitative Aspekte der Oberflächenhydrologie behandelt. Die Einflüsse auf die Qualität des Grundwassers, aus dem etwa 80% unseres Trinkwassers entnommen werden, wurden hingegen nicht analysiert. Diese sind Teil des Programms NFP 61 «Nachhaltige Wassernutzung», welches sich ausser mit den Einflüssen auf die Quantiät auch mit jenen auf die Qualität des Grundwassers befasst (www.nfp61.ch). Die Resultate werden 2013/14 erwartet.

Das Forschungsprojekt CCHydro stellt wichtige hydrologische Grundlagen für strategische Überlegungen und Entscheidungen bereit. Die Resultate erlauben es, die zukünftigen Auswirkungen der Klimaänderung auf die einzelnen Komponenten des hydrologischen Kreislaufs erstmals flächendeckend für die ganze Schweiz abzuschätzen. Sie liefern damit die Grundlage zur Entwicklung einer notwendigen Anpassungsstrategie an den Klimawandel.

2. Resultate

In den nächsten 20 Jahren wird sich das jährliche Wasserdargebot der Schweiz nur geringfügig verändern. Eine Ausnahme stellen Gebiete mit einem stark vergletscherten Einzugsgebiet dar, wo die Abflüsse aufgrund der Eisschmelze vorübergehend zunehmen werden. Langfristig werden aber die verfügbaren Wasserressourcen leicht abnehmen, weil wegen der Klimaänderung die Lufttemperatur zunimmt, was mit einer stärkeren Verdunstung verbunden ist, und die Schneefallgrenze steigt. Die in den Alpen gespeicherten Schnee- und Eismassen nehmen deshalb stark ab. Zusammen mit einer saisonalen Umverteilung

[1] Kanton Schwyz, Amt für Wald und Naturgefahren, Bahnhofstrasse 9, 6430 Schwyz
[2] Kanton Zürich, Baudirektion, Abteilung Gewässerschutz, Weinbergstrasse 17, 8090 Zürich

Bericht zur Fachtagung vom 8. Juni 2012 in Bern

des Niederschlags (weniger Niederschlag im Sommer, mehr Niederschlag im Winter) werden sich die Abflussregimes verändern.
Dies sind die Hauptresultate des Projekts «Klimaänderung und Hydrologie (CCHydro)». Sie sind im Synthesebericht (BAFU 2012) ausführlich dargestellt.

2.1 Gletscher und Schnee

Seit dem Ende der kleinen Eiszeit um etwa 1850 hat das Volumen der Schweizer Gletscher um gut die Hälfte abgenommen. Durch die erwartete Temperaturzunahme wird sich der Gletscherschwund noch beschleunigen. Im Jahre 2100 werden voraussichtlich nur noch 20-30% des heutigen Eisvolumens übrig bleiben, dies grösstenteils im Einzugsgebiet der Rhone.

Die aus der Schneeschmelze stammende Wasserabflussmenge beträgt in der Schweiz jedes Jahr rund 22 km³. Dies entspricht ungefähr 40% des Gesamtabflusses aus der Schweiz und ist damit deutlich grösser als der Beitrag der Gletscherschmelze (1 km³). In Zukunft wird die Schneefallgrenze gleichzeitig mit der Temperatur ansteigen. Regionen bis hinauf auf 3'500 m ü. M. werden im Sommer vermehrt schneefrei sein. Die Dauer der Schneebedeckung wird sich bis Ende des Jahrhunderts unterhalb 3'500 m ü. M. generell um über einen Monat verkürzen. Zudem wird sich die maximale Mächtigkeit der Schneedecke auf weniger als die Hälfte reduzieren. Dies wird eine Abnahme der in der Schneedecke gebundenen Wasserreserven um rund 40% zur Folge haben.

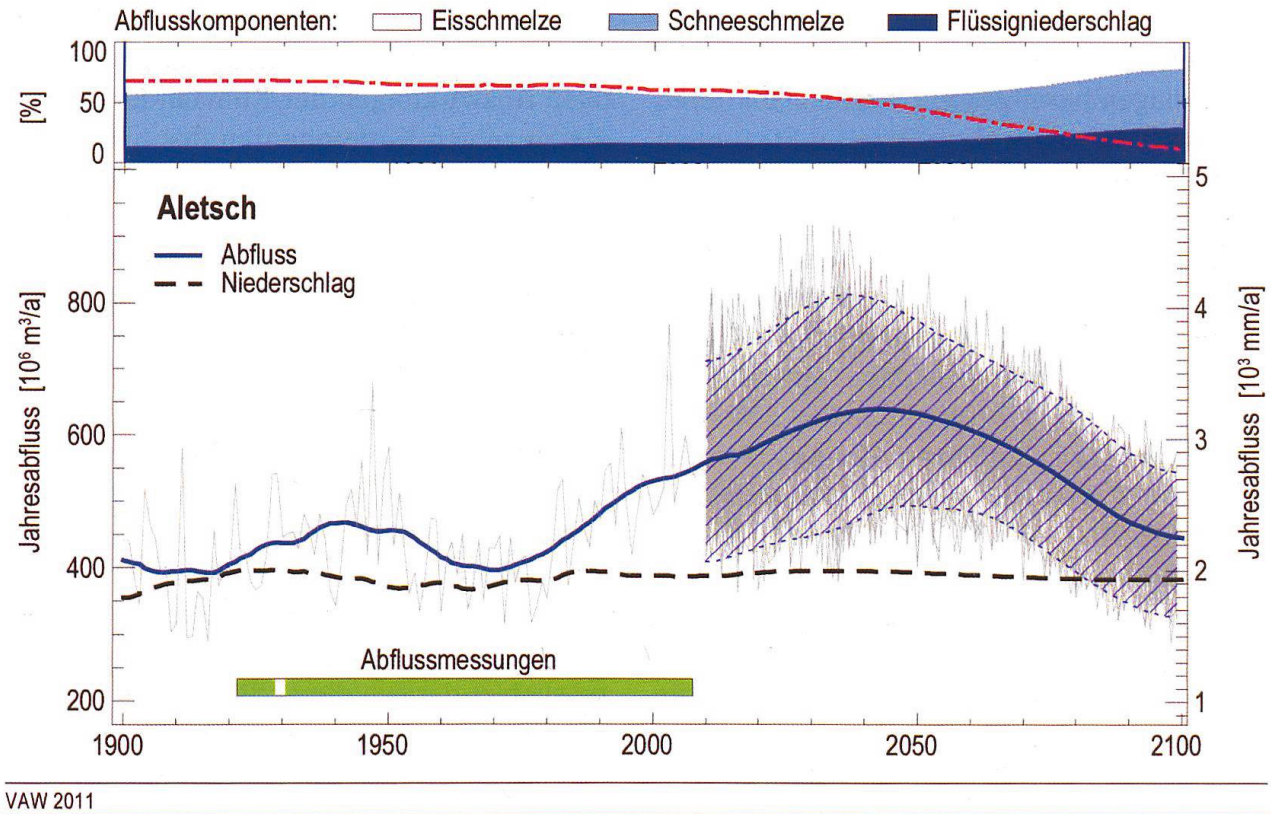

Fig. 1: Jahresabfluss an der BAFU-Messstation Massa bei Blatten (Naters), welche den Abfluss aus dem Einzugsgebiet der Gletscher im Aletschgebiet seit 1922 misst. Dargestellt sind im oberen Bereich die Anteile, die durch Schneeschmelze (hellblau), Eisschmelze (weiss) sowie direkten Abfluss aus dem Regen (dunkelblau) entstehen. Die rote Linie zeigt den Grad der Vergletscherung im Einzugsgebiet an. Der Abfluss wird in Zukunft durch die verstärkte Eisschmelze zunehmen, später wird er von der Schneeschmelze dominiert. Die schraffierte Fläche gibt den Unsicherheitsbereich an, der von den Klimaszenarien stammt (VAW 2011).

2.2 Abfluss

Die Abflüsse in der Schweiz verändern sich in der näheren Zukunft im allgemeinen nur wenig. In stark vergletscherten Gebieten ist aufgrund des schnelleren Abschmelzens des Eisvolumens mit einer vorübergehenden Abflusszunahme zu rechnen. Danach gehen die Abflüsse meist leicht zurück. Eine Ausnahme bilden die Flüsse Ticino und Toce, wo die Abnahme in fernerer Zukunft mit etwa 10% deutlicher ausfällt.
Die saisonale Verteilung der Abflüsse ändert sich gemäss Prognose fast in der ganzen Schweiz: Im Winter wird es in vielen Gebieten deutlich höhere Abflussmengen geben, im Sommer werden sie vermindert sein. Dadurch wird sich in vielen Gebieten die potenzielle Hochwasserzeit verschieben und/oder verlängern und die Hochwasserhäufigkeit wird zunehmen. Aussagen zu den zu erwartenden Hochwasserspitzen können indes keine gemacht werden.
Niedrigwasserzeiten werden länger und die Abflussmengen nehmen in Mittellandgebieten im Sommer deutlich ab. In den Alpen verschieben sich die Zeiten mit Niedrigwasser vom Winter teilweise in den Spätsommer.

3. Folgerungen

- Das Abflussregime wird tendenziell pluvialer. Der Niederschlag wird durch Schnee und Eis weniger gepuffert, die Abflussvariabilität nimmt zu. Das Abflussmanagement wird dadurch weniger planbar. Ein Handlungsbedarf zeichnet sich in folgenden Bereichen ab:
  - Die bestehenden Hochwasserschutzmassnahmen müssen vor allem im Mittelland und Jura überprüft werden. Wegen der Unklarheiten bezüglich möglicher Hochwasserspitzen sind präventive Hochwasserschutzstrategien zu fördern (Raumplanung, Überlastfall, Notfallkonzepte).
  - Ausgeprägtere Niedrigwasser und gleichzeitig grösserer Wasserbedarf während den wärmeren und trockeneren Sommern bergen ein Konfliktpotenzial unter den diversen Wassernutzern. Die rechtlichen Regelungen in verschiedenen Bereichen (Wasserentnahmen, Einleitung von Kühlwasser, Regulierreglemente von Seen usw.) müssen überprüft werden.
  - Der Bedarf an zusätzlichen (Mehrzweck-) Speichern muss abgeklärt werden.

- Gemessen an der Tatsache, dass die Schweiz heute lediglich etwa 5% des gesamten jährlichen Abflusses aus unserem Land (entspricht 2.2 km^3) nutzt, steht auch in Zukunft grundsätzlich genügend Wasser zur Verfügung. Es sind aber infolge der Veränderungen Interessenskonflikte zwischen den verschiedenen Nutzern zu erwarten. In folgenden Bereichen bestehen Handlungsoptionen:
  - Im Bereich der Wasserspeicherung Angebot durch Ausbau und Mehrzwecknutzung erhöhen, was aber vermehrte Anforderungen an die Bewirtschaftung der Speicher stellt.
  - Erschliessung bislang ungenutzter Wasservorkommen.
  - Die Nachfrage nach Wasser durch Effizienzsteigerungen im Verteilsystem (technische, organisatorische Massnahmen) und mittels ökonomischer Anreizmechanismen (z. B. über Wasserpreis) reduzieren. Die Wasserverluste im Verteilnetz verringern, welche heute gut 20% betragen.
  - Die Wasserversorgung durch regionale Vernetzung sicherstellen (mindestens zwei unabhängige Bezugsquellen schaffen).
  - Strategien entwickeln, um kurzfristige Ausnahmesituationen besser meistern und zukünftige Ungleichgewichte rechtzeitig erkennen und vermeiden zu können.
  - Standortgerechter Anbau in der Landwirtschaft verfolgen (Pflanzen mit kleinerem Wasserbedarf bevorzugen bzw. Pflanzen, welche viel Wasser benötigen, in der Nähe von Seen und grösseren Flüssen anbauen).

- Die Veränderungen im Wasserkreislauf dürften komplexe, nicht-lineare Auswirkungen auf das Gesamtsystem haben, mit teilweise unabsehbaren Folgen, darunter:
  - Der Anstieg der Grundwassertemperaturen bewirkt eine erhöhte mikrobielle Aktivität, was zu einer O_2-Abnahme und schliesslich zu vermehrter Ausfällung von Eisen und Mangan führt. Die Anforderungen an die Wasserversorgungen werden zunehmen.
  - Kühlwassernutzung: Erhöhte Wassertemperaturen beeinträchtigen die Durchflusskühlung nuklearer und thermischer Kraftwerke. Die Kühlung von Gebäuden (z.B. Server-Center, Fabriken, Grosskühlanlagen, Bürogebäude) mit Grundwasser ist – wenn überhaupt – nur noch eingeschränkt möglich.
  - Fluss-Ökosysteme: Erhöhte Wassertemperaturen führen zu vermehrten Fischkrankheiten.

Wie ist die angewandte Geologie tangiert?

Die Veränderungen des Klimas und des Wasserkreislaufs tangieren zweifellos auch das Tätigkeitsfeld der angewandten Geologie. Sie erfordern unterschiedliche ingenieur- und hydrogeologische Abklärungen, mitunter in folgenden Bereichen:

- Wasserspeicher: Ingenieurgeologische Abklärungen im Zusammenhang mit der Erweiterung bestehender und der Erstellung neuer Speicheranlagen, inklusive aller Annexbauten wie Stollen, Zugangsstrassen etc.
- Gletscherrückzug und Temperaturanstieg: Gletscherrückzüge und der Rückgang des Permafrosts wirken sich auf die Stabilität von Hängen und Talflanken im Gebirge aus, sowohl im Fels als auch im Lockergestein. Die resultierenden Gefährdungsbilder und der daraus abzuleitende Massnahmenbedarf erfordern Untersuchungen durch Ingenieurgeologen und Naturgefahrenspezialisten.
- Gletscherrückzug und Abnahme des Schneeanteils: Veränderungen der Grundwasseralimentation sowie der Hang- bzw. Bergwasserverhältnisse in Fels und Lockergestein können sich in quantitativer wie qualitativer Hinsicht auf Quell- und Grundwasservorkommen und damit auf die Trinkwasserversorgung auswirken.
- Der Klimawandel wird einen Temperaturanstieg in Oberflächengewässern und damit auch im Grundwasser bewirken. Damit einhergehend werden Veränderungen der mikrobiologischen und chemischen Eigenschaften des Grundwassers vermutet. Dies hätte Auswirkungen auf die zukünftige Trinkwassernutzung einerseits und auf die thermische Nutzung andererseits: Ein Temperaturanstieg des Grundwassers ist ungünstig für die Nutzung des Wassers zu Kühlzwecken, wogegen die Nutzung zu Heizzwecken profitieren würde. Die Grundwasservorkommen vor allem in voralpinen Gegenden könnten in Zukunft anders alimentiert werden, weil der Niederschlag übers Jahr hinweg anders verteilt ist. Dies kann zu Veränderungen in Aquiferen führen, was sich auf deren Nutzung auswirken könnte. Veränderte Hochwasserregimes können sich zudem auf die Infiltrationsverhältnisse auswirken.

Verwendete Unterlagen

Bundesamt für Umwelt BAFU 2012: Medienmitteilung vom 8. Juni 2012, Bern.

Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.) 2012: Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer. Synthesebericht zum Projekt «Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz» (CCHydro). Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1217, 76 S.

VAW 2011: Gletscher- und Abflussveränderungen im Zeitraum 1900–2100 in sieben Einzugsgebieten der Schweiz. 77 S.

Weingartner, R. 2012: Powerpoint-Präsentation Tagung CCHydro, 8. Juni 2012, Bern. Download: http://www.bafu.admin.ch/cchydro.