

KLIMAVERÄNDERUNGEN UND KONSEQUENZEN FÜR DIE WASSERWIRTSCHAFT

Einleitung:

Es werden in diesem Beitrag die Inhalte und Ergebnisse des internationalen Symposiums über Klimaveränderungen und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft (KLIWA) präsentiert. Im Rahmen dieses Symposiums wurden die bisher vorliegenden Ergebnisse der ersten Phase des Projektes vorgestellt, wobei für die fachlichen Untersuchungen der Deutsche Wetterdienst, die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg und das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft verantwortlich waren. Schwerpunktmäßig wurden die Bereiche Hydrometeorologie, Wasserhaushalt und Umwelt behandelt.

1. Klimaveränderung - Hydrometeorologie

Als erste Ergebnisse der Untersuchungen des Langzeitverhaltens von Gebietsniederschlägen, extremen Niederschlagsereignissen, Schneedeckenparametern und der potentiellen Verdunstung in der klimatischen Wasserbilanz konnten nachstehend beschriebene Ergebnisse erzielt werden.

Niederschlag:

Erste Analysen lassen keine eindeutigen gebietsumfassenden Trends erkennen. Für einige Gebiete (z.B. Einzugsgebiet des Neckars) zeigen sich allerdings signifikante Erhöhungen der Tageswerte ab 1965-1979. Auffallend dabei ist eine beobachtete Änderung von zonalen Zirkulationsformen (Wetterformen) in den siebziger Jahren. Ein Zusammenhang mit der Erhöhung der Tageswerte konnte jedoch noch nicht nachgewiesen werden. Die Untersuchung extremer Niederschlagsereignisse zeigte bei 24-stündigen extremen Niederschlagshöhen wenig signifikante Aussagen über mögliche Trends, bei längeren Dauerstufen allerdings einen Anstieg der Extremwerte.

Schneedecke:

Die Schneedecke ist ein wichtiger Indikator für Klimaänderungen. Aus diesem Grund wurde auf die Bedeutung der Schneedecke für den Wasserhaushalt hingewiesen, liegt doch der Schneeanteil am Gesamtniederschlag abhängig von der Geländehöhe bei 10-75% und hat somit große Auswirkungen auf die meisten hydrologischen Prozesse. Untersucht wurden im Einzelnen die Parameter Schneedeckendauer, Andauer der längsten Schneedeckenperiode (Winterdecke) und Beständigkeit der Schneedecke. Für die angeführten Parameter ist in der Bezugsperiode für Baden-Württemberg nahezu flächendeckend ein Rückgang (negativer Trend) zu verzeichnen, jedoch ist eine deutliche Abschwächung des Trends mit zunehmender Geländehöhe feststellbar. Erreicht der Rückgang in den unteren Höhenlagen teilweise bis 40%, verringert er sich in mittleren Lagen auf 20 bis 30% und sinkt in Kamm- und Gipfelbereichen im Mittel auf Werte unter 10%. Darüber hinaus wurde der wesentliche Zusammenhang zwischen der Schneedecke und der Grundwasserneubildung nachgewiesen.

Potentielle Verdunstung:

Die potentielle Verdunstung ist wesentlicher Bestandteil in der vom Niederschlag dominierten Wasserbilanz humider Klimazonen. Für Baden-Württemberg zeigte sich eine Verminderung der jährlichen Summen, die im wesentlichen auf einen Rückgang der Sommerhalbjahressummen zurückzuführen ist, während für das Winterhalbjahr Zunahmen der Halbjahressummen zu verzeichnen sind. Ein statistisch abgesicherter Trend lässt sich aber nach Auswertung des vorliegenden Datenmaterials nicht ableiten.

Regionale Klimamodelle:

Kernaussage zu den regionalen Klimamodellen ist deren ideale Eignung zur detaillierten Untersuchung des Wasserkreislaufes als Bindeglied zwischen globalen Klimamodellen (GCM) und hydrologischen Modellen. Die Qualität dieser regionalen Klimamodelle ist aber derzeit noch (zu) stark von den Randbedingungen, welche aus globalen Klimamodellen übernommen werden abhängig. Das Ziel der Zukunft wird der Übergang von (vagen) Szenarien zu (fundierte) Prognosen sein. Nach derzeitigem Wissensstand wird dies aber nur auf Basis eines probabilistischen Konzeptes (hohe räumliche Auflösung, direkter physikalischer Zusammenhang, hohe Variabilität, akzeptabler Aufwand) möglich sein.

2. Klimaveränderung - Wasserhaushalt

Die weitere Betrachtung befasste sich mit den Auswirkungen einer Klimaänderung auf den Wasserhaushalt, welcher schwerpunktmäßig Auswirkungen von Klimaveränderungen auf das Abflussverhalten und Naturkatastrophen behandelt wurden. Als Ausblick auf die künftige Entwicklung wird kurz auf Wasserhaushaltsmodelle eingegangen.

Abfluss:

Die Analyse des Abflussverhaltens konzentriert sich primär auf die Ermittlung eventuell vorhandener Trends bei jährlichen Höchstabflüssen. Von Bedeutung ist dabei nicht nur die Einbindung von Langzeitbeobachtungen an Pegeln sondern auch die Abschätzung historischer Ereignisse. Die bisherigen Untersuchungen zum Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse lassen folgende Aussagen zu:

- Etwa 70% der untersuchten Pegel weisen für die jährlichen Höchstabflüsse keinen signifikanten Trend auf. Dies zeigt sich vor allem bei sehr langen Zeitreihen (sechs Pegel liefern Daten bereits ab 1882), welche die Hochwasser am Ende des 19. Jahrhunderts mitberücksichtigen.
- Es besteht kein Anlass zur Neufestlegung von Bemessungswerten.

Um zu plausiblen Ergebnissen zu gelangen wurden Langzeitkorrelationen in hydrologischen Zeitreihen untersucht. Ziel der Arbeit ist die Untersuchung des Langzeit-Gedächtnisses von Beobachtungsreihen, welche mit den bisher üblichen Korrelationsanalysen (ca. 15 % Fehler) nicht wirklich gesucht, gefunden und wiedergegeben werden können. Mittels einer auf der Fraktaltheorie basierenden Methode Fehler, welche die besondere Korrelationsstruktur von Abflusszeitreihen berücksichtigt, konnte der Fehler auf eine Spanne von ± 2 % eingegrenzt werden. Die verwendeten Ansätze stützen sich auf die Erkenntnis, dass Abflusszeitreihen in einem breiten Skalenbereich selbstaffin (selbstähnlich) sind, womit gemeint ist, dass sich gewisse Verhaltensstrukturen in unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen wiederholen. Die fraktale Signatur (Fingerabdruck) einer Zeitreihe kann den Zugang in andere Zeit- und Raumskalen eröffnen. Auf diesem Weg wäre das Skalenproblem der Extremwertstatistik auf Basis unterschiedlicher Zeitfenster lösbar.

Ein weiteres Ergebnis der Untersuchungen war die Darlegung, dass durch den positiven Rückkoppelungseffekt des Erdklimas dem viel diskutierten Treibhauseffekt gegengesteuert wird. Aus diesem Grund war die Temperaturänderung bisher immer auf ± 5 [°C] beschränkt.

Der Wasserkreislauf ist für den Energiehaushalt der Erde entscheidend. Über die Wüstenzonen verliert die Erde am meisten Energie an den Weltraum und gleicht dies durch Zugewinne über die Wasserflächen der Ozeane aus. Die Weltmeere können daher als „Tankstellen“ der Erde bezeichnet werden. Die Oberflächentemperatur ist von wesentlicher Bedeutung für das Erdklima. Bei weiterem Ansteigen ist mit einer Intensivierung des Wasserkreislaufes zu rechnen, da mit steigender Temperatur die Niederschlagsmenge pro Ereignis zunimmt. Intensivere Regenereignisse mit größeren Abständen zwischen den Ereignissen wären die Folge und treten teilweise heute bereits auf. Großen Einfluss würde eine mögliche Erwärmung auf die Hochwasserabflüsse haben, da der Herbst- und Winterniederschlag ansteigen und weniger als Schnee gespeichert werden würde. Außerdem werden heute bereits Verschiebungen der Niederschlagszonen Richtung Norden beobachtet, in unseren Breiten kommt es zu Abnahmen der Niederschläge im Sommer und zu Zunahmen im Winter.

Der Bezug zur wasserbaulichen Bemessungsproblematik ist über die (Neu-) Festlegung von wasserwirtschaftlichen Bemessungswerten gegeben. Dabei tritt die problematische Neigung zu (linearen) Extrapolationen in Rahmen der aktuellen Bemessungspraxis wieder in den Vordergrund. Kurze Messreihen sind einer schiefen Ebene vergleichbar, entlang derer der statistische Mittelwert der Stichprobe wandert. Mit dieser „Wanderung“ verschiebt sich aber auch die (gewählte) Verteilungsfunktion. Die verschobenen Mittelwerte sind auch die Ursache für die Veränderung der Hochwasserjährlichkeiten von Bemessungswerten (Übergang vom HQ_{50} zum HQ_{10}) bedingt durch einen geringen Temperaturanstieg. Dieser Trend kann sich bei Abkühlung umkehren und zu einem Anstieg der Hochwasserjährlichkeiten führen.

Als methodischer Ansatz zur Klärung von Zusammenhängen zwischen Klimaveränderungen und Wasserhaushalt kann auch eine probabilistische Abschätzung der möglichen Folgen von Klimaveränderungen auf das Abflussverhalten angewendet werden. Zu diesem Zwecke wurden an der

Donau oberhalb der Illermündung in Monte-Carlo-Simulationen 7 verschiedene globale Klimamodelle, 4 verschiedene Emissionsszenarien und 9 unterschiedliche Annahmen zur Sensitivität des globalen Treibhauseffektes kombiniert. Die Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft können folgendermaßen beschrieben werden:

Die Hauptunsicherheiten der Modellierung globaler Klimaänderungen liegen in der fehlenden Prozesskenntnis selbst (z.B. offene Fragen zum besseren Verständnis des ausgleichenden Rückkopplungseffektes und die Entwicklung der zukünftigen Emissionsverhältnisse) und bei den fehlenden Aussagen zu den eingehenden meteorologischen und hydrologischen Parametern. Die Qualität von Abflussprognosen wird von der Qualität des (gewählten) Klimaszenariums dominiert. Nur stark verbesserte Klimaszenarien können die Grundlage für gute Abflussprognosen in der Zukunft sein.

Die Untersuchung des Zusammenhanges zwischen extremen Hochwässern und ihren Einflussgrößen hat die Abklärung der Zusammenhänge zwischen Niederschlag, Schneeschmelze, Wellenaufbau im Gerinne und der Entstehung von Extremhochwässern zum Ziel. Sehr viele spezielle Hochwasserstudien sind verfügbar, die jedoch kaum den Anspruch auf allgemeine Gültigkeit erheben können. In Korrelationsuntersuchungen zwischen Hochwasserereignissen und gebiets-, zeit- und ereignisspezifischen Parametern können stark unterschiedliche Korrelationen nachgewiesen werden. Eine Untersuchung ob ein n-jährlicher Niederschlag zu einem n-jährlichen Hochwasserereignis führt zeigt als Ergebnis, dass diese Hypothese nicht zutrifft, sondern eher kleinere Niederschlagsereignisse zu größeren Abflüssen führen.

Naturkatastrophen

Extreme Wetterlagen nehmen zu und treten somit auch Starkniederschläge häufiger auf. Darüber hinaus bringt ein wärmeres Winterhalbjahr eine verlängerte Regensaison mit sich. In den letzten 150 Jahren haben sich die Gletscher in den Alpen ca. auf die Hälfte reduziert. Allgemein kommt es zu mehr (flüssigen) Niederschlägen bis in größere Höhen und einem geringeren Schneevorrat im Frühjahr. Bei einem Blick in die Zukunft wird mit dem häufigeren Auftreten von Hochwässern, bei kaum veränderten Abflussspitzen gerechnet. Als Konsequenzen für die Wasserwirtschaft in der Schweiz wird ein Permafrost-Beobachtungsnetz aufgebaut und darüber hinaus ein beratendes Fachorgan für politische Entscheidungsträger installiert.

Wasserhaushaltsmodelle

Derzeit sind unterschiedliche Wasserhaushaltsmodelle im Einsatz. Beispielsweise wird hier auf die in Bayern und Baden-Württemberg eingesetzten Modelle verwiesen. In Bayern wird ein physikalisch basiertes Niederschlags-Abfluss-Modell (ASGI/Tclasgi), das in die geografischen Informationssysteme ArcInfo/GRASS integriert ist und ein effizientes Prä- und Postprocessing sowohl für die raumbezogenen (Digitales Höhenmodell, Landnutzung etc.) als auch für die zeitbezogenen (Niederschlag, Verdunstung, etc.) Daten anbietet, eingesetzt. In Baden-Württemberg werden Wasserhaushaltsmodelle auf Basis des Programmsystems LARSIM (Large Area Runoff Simulation Model) verwendet, wobei Berechnungen für 2/3 der Landesfläche vorliegen bzw. in Bearbeitung sind. Für die Einzugsgebiete des Neckars (ca. 14000 km²) und der oberen Donau bis zur Illermündung (ca. 5300 km²) sind die Wasserhaushaltsmodelle für Szenarienrechnungen von Niederschlags- und Landnutzungsänderungen einsatzbereit. Ziel beider Untersuchungen ist die flächenhafte Modellierung, Koppelung mit verbesserten Klimaszenarien und damit eine Verbesserung der Qualität von Hochwasserprognosen.

Als geeigneter Lösungsansatz für die Übertragung großräumiger Klimainformationen auf mesoskalige Einzugsgebiete zur Abschätzung hydrologischer Größen mit Hilfe des empirischen Downscalings werden Klassifikationsmethoden erachtet, die zielgerecht einsetzbar sind und auf Fuzzy-Regeln basieren. Als Ergebnis und Konsequenz für die Wasserwirtschaft kann die Notwendigkeit kleinräumiger Informationen, die allgemein noch zu große Unsicherheit bei der Klimamodellierung selbst und die Tatsache einer auch weiterhin ungewissen Zukunft angeführt werden.

3. Klimaveränderung – Umwelt

In diesem Teil wurden Klimaveränderungen und deren genereller Einfluss auf die Umwelt behandelt. Gezeigt wurden mögliche Auswirkungen einer Klimaveränderung auf größere Binnenseen am Beispiel des

Bodensees. Außerdem wurde über EU-Projekte in diesem Zusammenhang berichtet, wobei besonders auf die EU-Wasserrahmenrichtlinie hingewiesen wurde. Erwähnt wurde das Projekt EUROTAS, das sich mit der Entwicklung von synthetischen Hochwässern zur Abschätzung des Einflusses einer möglichen Klimaänderung auf den Hochwasserabfluss beschäftigt. Darüber hinaus wurde über das in der Planungsphase befindliche Programm GLOWA (Globaler Wandel des Wasserhaushaltes berichtet, dessen Zielsetzung die Entwicklung von Strategien für eine nachhaltige und vorausschauende Bewirtschaftung von Wasser im regionalen Maßstab unter Berücksichtigung globaler Umweltveränderungen und sozioökonomischer Randbedingungen ist.

Sozioökonomische Auswirkungen.

Letztendlich wurden die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Ökosysteme (Wald, Moore etc.) und sozioökonomische Konsequenzen von Klimaveränderungen beleuchtet, wobei im KLIWA - Programm ein Projektbereich „Sozioökonomische Konsequenzen von Klimaveränderungen“ eingerichtet wurde. Seine Ziele sind die systematische Analyse der sozioökonomischen Wirkungen und ihrer Verflechtungen aus möglichen Belastungsverschlechterungen. Das Projekt ist somit eingebettet in die Gesamthematik zur Entwicklung nachhaltiger integraler Hochwasservorsorgekonzepte, für welche die Kenntnis über Art und Umfang der sozioökonomischen Auswirkungen von Hochwässern (Personenschäden, Vermögensschäden, Produktionsausfälle, Schäden an Umwelt- und Naturgütern sowie Katastrophenschutz Aufwand) eine unabdingbare Voraussetzung ist.

4. Zusammenfassung der Ergebnisse

Beim Symposium in Karlsruhe wurden die ersten Zwischenergebnisse der ersten Projektphase von KLIWA präsentiert. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die bisherigen Untersuchungen betreffend den hydrometeorologischen Parametern (Niederschlag, Schneedecke und potentielle Verdunstung) keine Schlüsse auf gebietsumfassende Trends für die untersuchten Gebiete Bayern und Baden-Württemberg zulassen. Allerdings sind kleinräumig doch Entwicklungen zu beobachten, die auf eine Verschiebung der Niederschläge in die Herbst- und Wintermonate mit Anstieg der Schneefallgrenze deuten.

Auch bezüglich des Abflussverhaltens konnten keine eindeutigen, gebietsumfassenden Trends an den ausgewerteten Pegelstationen festgestellt werden. Allerdings können von einer in Arbeit befindlichen, von neuen Ansätzen (Fraktaltheorie, selbstähnliche Prozesse) ausgehenden Korrelationsstudie doch neue Erkenntnisse in dieser Hinsicht erwartet werden.

Die weiteren Ergebnisse des Projektes KLIWA werden von der hydrographischen Landesabteilung Steiermark mit großem Interesse verfolgt werden, zum Teil werden die in diesem Projekt verwendeten methodischen Ansätze zur Datenauswertung und –interpretation im Rahmen der zur Verfügung stehenden finanziellen und personellen Ressourcen bereits für eigene, steiermarkweite Untersuchungen herangezogen, wobei erste Ergebnisse in nächster Zukunft vorliegen sollten.