

Analyse des Wasserverbrauchs im Alpenraum am Beispiel der lokalen Bevölkerung und des Tourismus

Hermann KLUG, Sebastian CADUS und Marius HERRMANN

Dieser Beitrag wurde nach Begutachtung durch das Programmkomitee als „reviewed paper“ angenommen.

Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung widmet sich der Quantifizierung und Visualisierung des Wasserverbrauchs durch die lokale Bevölkerung und durch den übernachtenden Tourismus im Alpenraum. Während es bereits zahlreiche Untersuchungen zur Wasserverfügbarkeit in den Alpen gibt, verfolgen nur wenige Ansätze eine Modellierung der Höhe des Wasserverbrauchs in diesem Gebiet. Mithilfe des ArcGIS Model Builders werden zwei Wasserverbrauchsmodelle erstellt, welche anhand statistischer Daten Verbrauchsmuster im Alpenraum berechnen und deren Veränderung illustrieren. Für beide untersuchten Sektoren kann für den Zeitraum zwischen 2005 und 2010 bisweilen eine starke Zunahme in einigen Regionen belegt werden. Es werden jedoch auch lokale Unterschiede aufgedeckt, was eine differenzierte Betrachtung des Wasserverbrauchs nach räumlicher Auflösung nötig macht. Wie die Modellergebnisse zeigen, liegt die Kernzone des hohen Wasserverbrauchs nicht in den Zentralalpen, sondern in den Randgebieten des Alpenraumes. Es besteht die Notwendigkeit der Integration und Weiterentwicklung der gestarteten Modellierungen, um schlussendlich die Anpassungsherausforderungen des Wasserverbrauchs gesamthaft zu identifizieren und politische Anpassungsstrategien darauf auszurichten.

1 Einleitung

Die Ressource Wasser besitzt seit jeher einen entscheidenden Einfluss auf das Leben der Menschen. Sie ist unentbehrlich für Gesellschaft, Wirtschaft und Klima (EU 2010). In Europa ist es insbesondere die Alpenregion, welche als „Wasserschloss Europas“ die Verfügbarkeit dieser Ressource über weite Flächen hinweg bestimmt. Als Wasserspeicher, aber auch als Wasserlieferant sind die Alpen damit maßgeblich am Wohlergehen und Wirtschaften der Menschen in der EU beteiligt (EEA 2009). Studien sowie Langzeitmessungen von Temperaturen, Niederschlägen und Abflussmengen belegen indes, dass sich die hydroklimatischen Rahmenbedingungen in der Region über die letzten Jahrzehnte hinweg verändert haben (ALPINE CONVENTION 2009, BLF 2008, KLUG 2011b). Einhergehend mit einer großen und bisweilen zunehmenden Wassernachfrage führt dies bereits heute zu zeitlichen und räumlichen Engpässen in Bezug auf Wasserverfügbarkeit. Dabei hat die Knappheit nicht nur in den südlichen Alpen, sondern auch in zentralen Trockenregionen ein kritisches Level erreicht (KLUG 2011a). Den größten Anteil am Wasserverbrauch haben die Haushalte der knapp 71 Mio. Einwohner im Alpenraum (Stand: 2010); aber auch der Tourismus, mit

etwa 500 Mio. Übernachtungen pro Jahr (Stand: 2010) prägt den saisonalen Wasserverbrauch, insbesondere in beliebten Sommer- bzw. Winterurlaubsregionen (EUROSTAT 2012, EEA 2009, KLUG 2011a). Diese gegensätzliche Entwicklung von beschränkter bzw. abnehmender Wasserverfügbarkeit und steigendem Verbrauch wird durch eine ungleiche Verteilung der natürlichen Verfügbarkeit und der Nachfrage verschärft (KLUG 2011b). Ausgehend von dieser Situation gilt es, Veränderungen im Verbrauchsmuster und in der Verteilung der Wasservorkommen zu beobachten, um ggf. rechtzeitig Maßnahmen für eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung entwickeln zu können. Dies wiederum setzt präzise quantitative Kenntnisse über den potenziellen und aktuellen Wasserverbrauch voraus (UNIVERSITY OF SAVOIE 2011). Doch während sich im Bereich der Klimaforschung die letzten zehn Jahre eine erkennbare Entwicklung vollzogen hat, blieben Forschungen hinsichtlich Nachfrageverhalten weitgehend aus (KLUG 2011a).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines Modells, welches den durch die regionale Bevölkerung und den Tourismus verursachten Wasserverbrauch in den Alpen charakterisiert und in Form von Karten visualisiert. Es werden hierbei Verbrauchswerte für lokale Haushalte bzw. für touristische Unterkünfte auf Ebene der NUTS 2/ NUTS 3 Regionen für die beiden Jahre 2005 und 2010 berücksichtigt. Das im ArcGIS Model Builder erstellte Modell nutzt für diese Berechnungen Zahlen der Gesamtbevölkerung, Altersgruppen, Schlafgelegenheiten sowie Übernachtungsdaten und basiert auf einem länderspezifischen Wasserverbrauch.

2 Methoden

2.1 Datenherkunft

Unter dem Aspekt der Vergleichbarkeit der Daten unterschiedlicher Staaten werden für diese Untersuchung im Alpenraum in erster Linie Daten des statistischen Amtes der Europäischen Kommission (Eurostat) gewählt. Die verfügbaren Daten sind einheitlich definiert und enthalten neben den EU Mitgliedsstaaten auch Daten der Schweiz. Die Auswahl des Untersuchungszeitraums von 2005 bis 2010 richtet sich nach der größtmöglichen Verfügbarkeit der Daten. Die Unterteilung der Altersgruppen erfolgt länderübergreifend in den Altersgruppen 'unter 15 Jahre', '15 bis 65 Jahre' und 'über 65 Jahre'. Dabei ist insbesondere der Anteil junger und älterer Personen für die Untersuchung des Wasserverbrauchs interessant (KOEGST 2009). Die vorhandenen Bevölkerungsdaten werden auf das Untersuchungsgebiet beschränkt und für die räumliche Ebene NUTS 2 und NUTS 3 getrennt aufbereitet.

Trotz der zentralen Datenhaltung von Eurostat sind benötigte Daten nicht vollständig verfügbar. Fehlende Daten der Bevölkerung werden somit aus Publikationen der jeweiligen statistischen Landesämter ergänzt (BLFSD 2011, SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT 2012, SLABW 2012). Unveröffentlichte Daten wie im Falle der Bevölkerungszahlen Frankreichs auf NUTS 3 2010 werden auf Basis einer geometrischen Wachstumsformel (PLAUMER 1988) errechnet, was aufgrund des kurzen Zeitraumes und geringen Schwankungen möglich ist.

Das Ergänzen der Datenlücken durch Angaben der Statistischen Landesämter ist ebenfalls ein wichtiger Bestandteil der Datenintegration des Tourismus. Hier werden Daten zu den verfügbaren Schlafgelegenheiten und über die tatsächlich geleisteten Übernachtungen in

den Jahren 2005 und 2010 für die Untersuchung verwendet. Die deutlich größeren Datenlücken im Bestand von Eurostat werden analog zum Vorgehen bei der Bevölkerung ergänzt. Eine besondere Bedeutung in der Tourismusstatistik kommt der Definition und der Berechnungsmethodik zu. Eurostat basiert dabei auf der „Community Methodology on Tourism Statistics“ (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2012a), die jeden touristischen Betrieb, der zur Übernachtung geeignet ist, erfasst und keine Untergrenze der Übernachtungsmöglichkeiten festlegt (EU 2008, BLFSD 2011). Die Unterkunftsarten setzen sich aus Hotels und ähnlichen Betrieben, touristischen Campingplätzen, Ferienwohnungen und sonstigen Beherbergungsbetrieben zusammen (EUROSTAT 2012). Hierbei wird jeweils die Gesamtzahl dieser Übernachtungsbetriebe verwendet. Diese Definitionen sind bei der Ergänzung beziehungsweise Berechnung fehlender Daten von zentraler Bedeutung.

2.2 Bestimmung der Wasserverbrauchswerte

Zur vollständigen Datenbeschaffung zählen des Weiteren die durchschnittlichen Wasserverbrauchsparameter für die Modellierung, sowohl der lokalen Bevölkerung, als auch des Tourismus. Die im Modell verwendeten Wasserverbrauchsdaten der Bevölkerung stammen aus verschiedenen Quellen (LEBENS MINISTERIUM ÖSTERREICH 2011, PIDS B 2008, ÖVGW 2011, UNEP 2005, CESIFO-GROUP 2007, DEFRA 2008, CEPS 2009, EEA 1999, ASFL 2011), wobei überhöhte Werte, die deutlich von den anderen Literaturangaben abweichen (UNDP 2006, DATA 360 2012), nicht in die Berechnung des Durchschnittswertes pro Kopf und Land mit einbezogen werden (Tabelle 1). Die Werte entsprechen dabei jeweils durchschnittlichen täglichen Verbrauchswerten für den häuslichen Gebrauch von Wasser ohne Gewerbe, Industrie oder sonstige Großverbraucher.

Tabelle 1: Wasserverbrauch Einzelpersonen (Haushalt ohne Kleingewerbe)

Land	Q 1*	Q 2*	Q 3*	Q 4*	Q 5*	Q 6*	Q 7*	Q 8*	Q 9*	Q 10*	Q 11*	Mittelwert (Q 1 – 9)
Österreich	135	162	130	138	160	125	125	162		250	250	142,1
Frankreich	151	156	112	163	151	150	164	156		287	285	150,4
Deutschland	129	127		125	127	127	126	132		193	195	127,6
Italien	213	213	213	-	213	190	-	249		386	385	215,2
Liechtenstein	-	-	-	-	-	-	-		162			162,0
Slowenien	-	-	-	113	-	146	146					135,0
Schweiz	237	237	-	156	237	-	-	237				220,8

Q: Quelle: 1* LEBENS MINISTERIUM AUSTRIA 2011; 2* PIDS B 2008; 3* ÖVGW 2011; 4* UNEP 2005; 5* CESIFO-GROUP 2007; 6* DEFRA 2008; 7* CEPS 2009; 8* EEA 1999; 9* ASFL 2011; 10* UNDP 2006; 11* DATA 360 2012 | Alle Angaben in Liter pro Kopf und Tag

Im Tourismus basiert der Wasserverbrauchswert pro Übernachtung auf der landesspezifischen Zusammensetzung der Tourismusbetriebe aus den Unterkunftsarten Hotel, Campingplatz und sonstige Beherbergungsbetriebe und ist nach ECOTRANS (2006a) und ECOTRANS (2006b) berechnet (Tabelle 2). Der durchschnittliche Verbrauchswert pro Übernachtung im Tourismus übersteigt dabei die Verbrauchswerte der Wohnbevölkerung deutlich. Dies hat seine Ursache vor allem in den angebotenen Dienstleistungen und den Hygienestandards in Tourismusbetrieben (ECOTRANS 2006b).

2.3 Erstellung des Wasserverbrauchsmodells der Bevölkerung

Das Modell zur Berechnung des Wasserverbrauchs der Bevölkerung besitzt drei verschiedene Arten von Eingangsparametern. Das erste sind die räumlichen Daten auf

NUTS 2 beziehungsweise NUTS 3 Ebene und der Umriss des Untersuchungsgebietes Alpenraum. Hinzu kommen Bevölkerungstabellen mit Daten der Jahre 2005 und 2010.

Den dritten Teil bilden die durchschnittlichen Wasserverbrauchswerte, weiter differenziert zwischen Gesamtverbrauch und nach Altersgruppen. Die Einbindung der Parameter in diesem wie auch im folgenden Modell ist variabel, d. h. es können alternative Datentabellen zur Bevölkerungs- und Tourismusstatistik sowie Wasserverbrauchswerte eingegeben werden. Zudem sind beide Modelle unabhängig vom Zeitraum 2005 bis 2010 und können mit zwei beliebigen Jahren arbeiten. Näheres hierzu liefern die Dokumentation der Modelle sowie die Parameter in den Metadaten.

Tabelle 2:
Wasserverbrauch Tourismus pro
Übernachtung

Unterkunftsart	Quelle 1*	Quelle 2*
Campingplatz	174	150 200
B&B	281	200 250
Hotel	394	300 350
2 Sterne Hotel	454	-
3 Sterne Hotel	424	-
4 Sterne Hotel	335	-
5 Sterne Hotel	594	-

1* ECOTRANS 2006b; 2* ECOTRANS 2006b | Alle Angaben in Liter pro Kopf und Tag; '-' keine Angabe

2.4 Erstellung des Wasserverbrauchsmodells des Tourismus

Die Berechnung und Visualisierung des Wasserverbrauchs durch den Tourismus in den Alpen folgt in Grundzügen dem soeben beschriebenen Schema. Ziel ist die Berechnung des potenziellen Wasserverbrauchs, der sich aus der Anzahl der Schlafgelegenheiten auf NUTS 2 und 3 ergibt sowie des tatsächlichen Verbrauchs aus den Übernachtungen auf Ebene von NUTS 2. Außerdem soll das Modell durch den Vergleich der beiden Verbrauchsmengen den absoluten sowie relativen Unterschied pro Region ausgeben. Um diese Ergebnisse zu erhalten, werden zunächst die benötigten NUTS 2 und 3 Regionen auf das Untersuchungsgebiet zugeschnitten. Anschließend werden diese mit den Tabellen der Schlafgelegenheiten auf den NUTS 2 und 3 Ebenen sowie der Übernachtungstabelle auf NUTS 2 verknüpft. Aus dieser ersten Verknüpfungoperation ergeben sich drei Modellstränge, welche die Basis aller folgenden Berechnungsschritte bilden.

3 Ergebnisse

3.1 Wasserverbrauchsmodellierung der Bevölkerung

Das vorgestellte Modell liefert für die lokale Bevölkerung sechs Datensätze, jeweils für 2005 und 2010. Diese umfassen 1) die absolute Bevölkerung auf NUTS 3, 2) die Bevölkerungsdichte auf NUTS 3, 3) die Bevölkerung aller Altersgruppen auf NUTS 3, 4) der Anteil der Altersgruppe 'unter 15 Jahre' an der Gesamtbevölkerung auf NUTS 3, 5) die absolute und relative Bevölkerungsveränderung auf NUTS 3 zwischen den Jahren 2005 und 2010 und 6) die absolute Bevölkerung auf NUTS 2 im Jahr 2010.

Für den Wasserverbrauch liefert das Modell für bzw. zwischen den Jahren 2005 und 2010 folgende Ergebnisse: 1) den absoluten Wasserverbrauch auf NUTS 3, 2) den Wasserverbrauch nach Altersgruppe auf NUTS 3, 3) die absolute und relative Veränderung des Wasserverbrauchs auf NUTS 3 und 4) die Veränderung des Wasserverbrauchs pro Flächeneinheit auf NUTS 2.

Die Daten auf NUTS 3 weisen eine größere Spannweite auf als die Daten auf NUTS 2, weshalb für NUTS 3 fünf Klassen, für NUTS 2 vier Klassen gewählt werden. Die Klassifizierung folgt für alle berechneten Daten der Quantil-Methode mit gerundeten Klassengrenzen.

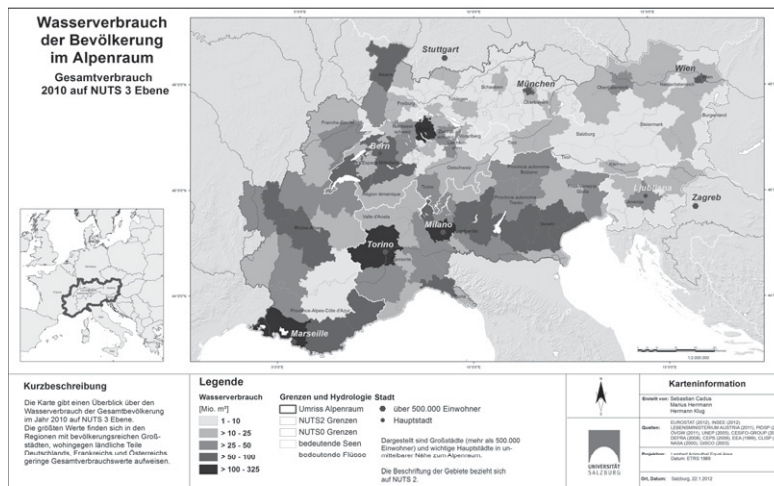


Abb. 1: Wasserverbrauch der Bevölkerung im Alpenraum im Jahr 2010

Die Darstellungen der absoluten Bevölkerung sowie der Bevölkerungsdichte auf NUTS 3 Ebene weisen Regionen, in denen große Städte wie Wien, München, Zürich, Turin, Mailand und Marseille liegen, als Bevölkerungszentren aus. Der Hauptalpenkamm im Zentrum des Untersuchungsgebietes ist überwiegend von einer geringen Bevölkerungszahl und Bevölkerungsdichte geprägt. Hier stellt der Norden und Nordwesten der Schweiz und die Bodenseeregion mit Bevölkerungsdichten über 300 Einwohner pro km² eine Ausnahme dar. Der Vergleich der absoluten Bevölkerung zwischen 2005 und 2010 macht deutlich, dass während des kurzen Untersuchungszeitraumes nur wenig Bevölkerungswachstum stattgefunden hat. Das relative Bevölkerungswachstum zeigt Gebiete im Südwesten als Schwerpunkt des Wachstums, während viele Teile Österreichs und Deutschlands Bevölkerungsrückgang bzw. Stagnation aufweisen. Eine Ausnahme hiervon bilden die Großstädte, die im gesamten Alpengebiet durch Bevölkerungswachstum gekennzeichnet sind. Die Verteilung der Bevölkerung im Alpenraum auf die untersuchten Altersgruppen ist weitestgehend homogen. Dies führt zu dem Schluss, dass eine Unterscheidung des Wasserverbrauchs im Alpenraum keinen Erkenntnisgewinn mit sich bringt. Die Methode eignet sich indes nur für die Betrachtung längerer Zeiträume, in denen die Entwicklungen des demographischen Wandels deutliche Auswirkungen auf die Bevölkerungsstruktur haben. Da das Modell jedoch unabhängig vom gewählten Zeitraum arbeitet, ist die Implementierung dieser Methoden dennoch von Bedeutung.

Der Gesamtwasserverbrauch der lokalen Bevölkerung ist im Jahr 2010 analog zur Bevölkerung in den Regionen der Großstädte mit jährlichen Verbrauchswerten von über 100 Mio. m³ am höchsten (Abb. 1). Hohe Wasserverbrauchswerte zwischen 50 und 100 Mio. m³ sind daneben vor allem in Frankreich, Italien und der Schweiz zu erkennen. In Deutschland werden die Werte auf NUTS 3 jedoch aufgrund der verhältnismäßig kleinen Gebietsgrößen verzerrt. Um dieser Verzerrung entgegenzuwirken und die räumlichen Muster unabhängig von der Gebietsgröße zu untersuchen, werden die Daten auf NUTS 2 aggregiert. Diese sind in Bezug auf ihre Größe homogener und eignen sich besser, um großräumige Trends erfassen zu können. Hierbei ist festzustellen, dass mit Ausnahme von Oberbayern in süd(west)lichen Alpenregionen mehr Wasser verbraucht wird als im Nordosten. Die geringsten Verbrauchswerte auf NUTS 2 Ebene, unter 30 Mio. m³, sind in hochalpinen Regionen wie Valle d'Aosta, Tricino, Liechtenstein und Vorarlberg zu finden.

3.2 Ergebnisse der Wassermodellierung des Tourismus

Das entwickelte Modell zur Bestimmung des Wasserbrauchs der Touristen liefert insgesamt zehn Ergebnisse, welche sich für die Jahre 2005 und 2010 in fünf Karten gegenüberstellen lassen. Diese umfassen 1) den potenziellen Wasserverbrauch nach Schlafgelegenheiten auf NUTS 2, 2) den potenziellen Wasserverbrauch nach Schlafgelegenheiten auf NUTS 3, 3) den tatsächlichen Verbrauch nach Übernachtungen auf NUTS 2, 4) einen absoluten und relativen Vergleich zwischen potenziellem und tatsächlichem Verbrauch im Jahr 2005 sowie 5) einen absoluten und relativen Vergleich zwischen potenziellem und tatsächlichem Verbrauch im Jahr 2010.

Ausgehend vom potenziellen Verbrauch aus den Schlafgelegenheiten auf NUTS 2 Ebene ergibt sich für die Jahre 2005 und 2010 in Grundzügen eine ähnliche Verteilung. Diese sieht besonders hohe Verbrauchswerte zwischen 25 und 60 Mio. m³ für die Regionen Rhône-Alpes und Provence-Alpes-Côte d'Azur, Oberbayern, Tirol und Venedig vor. Den geringsten Verbrauch mit 0,2 bis 4 Mio. m³ weisen einige Gebiete der Schweiz und Liechtensteins auf. Im Vergleich zwischen 2005 und 2010 ist vor allem für die Lombardei und die Zentralschweiz eine merkliche Verbrauchssteigerung festzustellen. Verbrauchsrückgänge sind nicht erkennbar.

Auf kleinräumiger NUTS 3 Ebene ergibt sich bei gleicher Untersuchung eine sehr viel differenziertere Darstellung, mit anderen Verbrauchsmustern. So zeigt sich für das Jahr 2005 eine Entspannung in Frankreich und Deutschland; in Österreich verschiebt sich der potenzielle Verbrauch von Tirol in Richtung Salzburg, während sich in Italien der Verbrauchsschwerpunkt aus der Region Venetien nach Norden in die Provinzen Bozen und Trient verlagert. Die maximalen Verbrauchsmengen liegen bei knapp über 30 Mio. m³ in Venezien, gefolgt von Var im Süden Frankreichs mit knapp 20 Mio. m³. In einem Vergleich mit der Situation im Jahr 2010 fällt eine tendenzielle Zunahme des potenziellen Verbrauchs in vielen Gebieten auf. Dies betrifft alle Länder, ausgenommen Liechtenstein und Frankreich. In den Regionen Alpes-Maritimes (Frankreich), Lungau (Österreich) und Weilheim-Schongau (Deutschland) ist demgegenüber ein Verbrauchsrückgang zu beobachten.

Bei Betrachtung des tatsächlichen Verbrauchs anhand der Übernachtungszahlen auf NUTS 2 Ebene wird (gegenüber dem potenziellen Verbrauch) für beide Untersuchungszeiträume in allen Regionen ein Verbrauchsrückgang deutlich (Abb. 2). Dabei ist festzustellen, dass

Gebiete mit hohem potenziellem Verbrauch auch einen verhältnismäßig hohen tatsächlichen Verbrauch aufweisen. Im Jahr 2005 betrifft dies vor allem die zuvor aufgeführten Regionen Tirol und Venetien; 2010 steigen auch die beiden Regionen Rhône-Alpes und Provence-Alpes-Côte d'Azur in die höchste Verbrauchsklasse mit bis zu 14 Mio. m³ auf. In Tübingen, Freiburg und Tirol geht demgegenüber der tatsächliche Verbrauch zwischen 2005 und 2010 zurück.

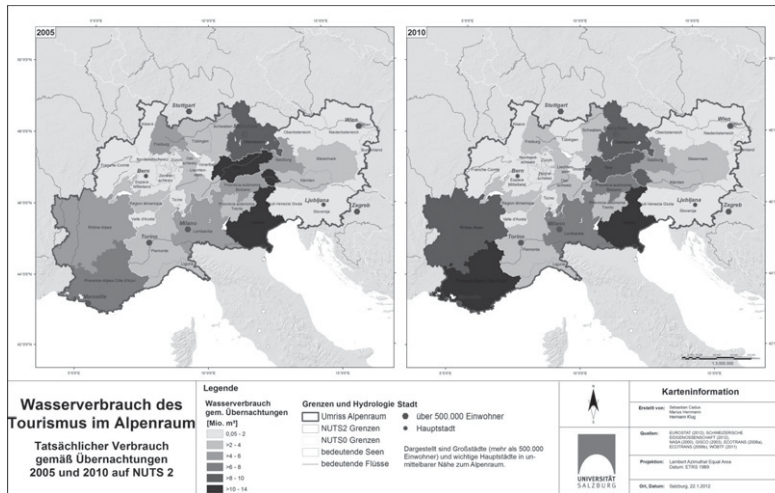


Abb. 2: Wasserverbrauch des Tourismus im Alpenraum 2005 und 2010

Werden die Ergebnisse des potenziellen denen des tatsächlichen Wasserverbrauchs in einem Vergleich gegenüber gestellt, ergeben sich Hinweise zum jeweiligen Verbrauchsstatus einer Region (in Bezug auf deren möglichen Maximalverbrauch). Bei einem absoluten Vergleich bedeutet eine große Differenz, dass Unterkünfte das Jahr über nicht ausgelastet waren und weitere Touristen aufgenommen werden könnten. Der tatsächliche Wasserverbrauch kann in diesen Gebieten folglich weiter steigen. Im Jahr 2010 war dies insbesondere in den Regionen Freiburg, Tirol, Venetien, der Lombardei sowie der Rhône-Alpes und der Provence-Alpes-Côte d'Azur der Fall. Ein relativer Vergleich der Verbrauchsberechnungen macht demgegenüber die Verbrauchsstatik der Regionen untereinander vergleichbar. Die Ergebnisse zeigen, dass im Jahr 2010 die Region Zürich im Vergleich zu allen anderen Regionen am nächsten an ihren maximalen Verbrauchswert herangekommen ist.

4 Diskussion und Ausblick

Insgesamt zeigen die Ergebnisse eine jährliche Gesamtsumme des Wasserverbrauchs durch die Bevölkerung im Jahr 2010 von knapp 4,5 Mrd. m³. Dies entspricht fast der gesamten Trinkwassermenge die in Deutschland produziert wird (DESTATIS 2009), obwohl der Alpenraum mit insgesamt über 71 Mio. Einwohnern über 10 Mio. weniger aufweist, als die Bundesrepublik Deutschland. Besonders kritisch zu betrachten sind der hohe Verbrauch

und die starke Zunahme, die sich auch im untersuchten Zeitraum im Süden und Südosten des Alpenraumes abzeichnen. In diesem Gebiet fallen mit 700 bis 1000 mm pro Jahr deutlich weniger Niederschläge (KLIMADIAGRAMME WELTWEIT 2012), als in den nördlichen und zentralen Alpenregionen mit 1000 und 2500 mm pro Jahr (Umweltbundesamt Österreich 1998; SPREAFICO & WEINGARTNER 2005).

Auch hinsichtlich des Tourismus belegen die Untersuchungen eine Zunahme, sowohl des theoretisch möglichen, als auch des tatsächlichen Wasserverbrauchs. Vor allem im südlichen Teil der Alpen, in den Regionen Frankreichs und in großen Teilen Italiens ist der tatsächliche Verbrauch deutlich gestiegen; in einigen nördlichen Alpenregionen (Deutschland und Österreich) ging der Verbrauch hingegen leicht zurück. Problematisch ist in diesem Zusammenhang, dass Regionen die bereits einen hohen Verbrauch durch den Tourismus aufweisen, über weitere, freie UnterkunftsKapazitäten verfügen. Dies betrifft insbesondere die südlichen Regionen Frankreichs, Venetien in Italien sowie Tirol in Österreich. Steigt die Zahl der Touristen in diesen Gebieten weiter an, könnten hier Probleme in Form von saisonaler Wasserknappheit verstärkt auftreten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die modellierten Verbrauchsmengen der lokalen Bevölkerung und des Tourismus nicht nur von Land zu Land, sondern insbesondere auch auf regionaler Ebene erheblich variieren. Der direkte Vergleich der NUTS 2 und 3 Ebenen macht in diesem Zusammenhang den großen Einfluss der Betrachtungsebene deutlich und bestätigt die Wichtigkeit möglichst kleinräumiger Untersuchungen. Trotz des kurzen Untersuchungszeitraumes konnte mithilfe des erstellten Modells eine Zunahme des Gesamtwasserverbrauchs in beiden untersuchten Sektoren nachgewiesen werden. Dieses Problem der steigenden Nachfrage wird dadurch verschärft, dass es in einigen Gebieten zu einer Überlagerung großer Nachfragen aus beiden Sektoren kommt. In besonderem Maße trifft dies für Teile Frankreichs und Italiens zu. Aus dieser Beobachtung geht hervor, dass weniger die zentralen Gebiete, als vielmehr die Randlagen der Alpen von starken Nachfragen geprägt sind. Dies kann insbesondere im südlichen Teil der Alpen problematisch werden, wo jährliche Niederschlagssummen im Vergleich zu anderen Alpengebieten ohnehin gering sind.

Literatur

- ALPINE CONVENTION (2009), Water and Water Management Issues. Report on the State of the Alps. Alpine Signals – Special Edition 2. Bozen. http://www.alpconv.org/documents/Permanent_Secretariat/web/RSaII/20090625_RSA_II_long.pdf (05.01.2012).
- AMT FÜR STATISTIK FÜRSTENTUM LIECHTENSTEIN (ASFL) (2011), Tourismusstatistik 2010. Jahresheft. Vaduz. http://www.llv.li/pdf-llv-as-tourismusstatistik_jh_2010 (15.01.2012).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG (BLFSD) (2011), Tourismus in Bayern im November 2011. München. <https://www.statistik.bayern.de/veroeffentlichungen/download/G4100C%20201111/G4100C%20201111.pdf> (14.01.2012).

- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BLF) (2008), Auswirkungen des Klimawandels auf die österr. Wasserwirtschaft. Wien. <http://www.zamg.ac.at/histalp/downloads/abstract/Boehm-2008b-F.pdf> (03.01.2012).
- CENTRE FOR EUROPEAN POLICY STUDIES (CEPS) (2009), Public or Private Water Management: The German Experience. Brussels. <http://www.jrni.org/extranet/public/cp45.pdf> (09.01.2012).
- CESIFO-GROUP (2007), Regulation of Water Supply in Germany. Munich. <http://www.cesifo-group.de/portal/pls/portal/docs/1/1193200.PDF> (23.01.2012).
- DATA 360 (2012), Average Water Use per person per Day. San Francisco. http://www.data360.org/dsg.aspx?Data_Set_Group_Id=757&count=all (14.01.2012).
- DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD AND RURAL AFFAIRS (DEFRA) (2008), Action taken by Government to encourage the conservation of water. London. <http://www.official-documents.gov.uk/document/hc0708/hc08/0891/0891.pdf> (09.01.2012).
- ECOTRANS e. V. (2006b), Umweltleistungen europäischer Tourismusbetriebe. Instrumente, Kennzahlen und Praxisbeispiele. Ein Beitrag zur nachhaltigen Tourismusentwicklung in Europa. Saarbrücken. <http://sutour.ier.uni-stuttgart.de/downloads/Umweltleistungen%20europaeischer%20Tourismusbetriebe.pdf> (09.01.2012).
- ECOTRANS e. V. (2006a), TourBench. Monitoring and Benchmarking of Environmental Consumption and Cost in Tourist Accomodation Services. (o. O). http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/files/laymanReport/LIFE03_ENV_NL_000473_LAYMAN.pdf (09.01.2012).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2012a), Community methodology on Tourism statistics. Luxemburg. http://bookshop.europa.eu/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/EU-Bookshop-Site/en_GB/-/EUR/ViewPublication-Start?PublicationKey=CA0196228 (14.01.2012).
- EUROPÄISCHE UNION (EU) (2008), RICHTLINIE 95/57/EG DES RATES vom 23. November 1995. Über die Erhebung statistischer Daten im Bereich des Tourismus. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1995L0057:20081211:DE:PDF> (25.01.2012).
- EUROPÄISCHE UNION (EU) (2010), Europa in Zahlen. Eurostat Jahrbuch 2010. Luxemburg. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-CD-10-220/DE/KS-CD-10-220-DE.PDF (03.01.2012).
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA) (1999), Sustainable water use in Europe. Copenhagen. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.15.724&rep=rep1&type=pdf> (09.01.2012).
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA) (2009), Regional climate change and adaptation. The Alps facing the challenge of changing water resources. Copenhagen. No 8. <http://www.eea.europa.eu/publications/alps-climate-change-and-adaptation-2009> (05.01.2012).
- EUROSTAT (2012), Statistik Datenbank. Luxemburg. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database (14.01.2012).
- INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ÉTUDES ÉCONOMIQUES (INSEE) (2012), Populations de 1975 à 2040: comparaisons régionales Paris. http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.a.sp?reg_id=99&ref_id=t_0401R (23.01.2012).
- KLIMADIAGRAMME WELTWEIT (2012), Klimadiagramme Frankreich, Italien. Karlsruhe. <http://www.klimadiagramme.de/> (23.01.2012).

- KLUG, H. (2011a), Educational Efforts in Water Scarcity – A Meta-disciplinary Approach. In: *Geoinformatics*, 3 (14), 42-44.
- KLUG, H. (2011b), Water Management Strategies against Water Scarcity in the Alps: The project Alp-Water-Scarce. *EarthZine Magazine*. <http://www.earthzine.org/2011/12/13/water-management-strategies-against-water-scarcity-in-the-alps-the-project-alp-water-scarce-2/> (23.01.2012).
- KOEGST, T. (2009), Einflussfaktoren auf den Wasserverbrauch und deren Berücksichtigung in Prognosen zum Wasserbedarf. Präsentation. http://www.demowas.de/files/DWS090421_Prognose_Koegst.pdf (03.01.2012).
- LEBENSMINISTERIUM ÖSTERREICH (2011), Daten & Zahlen. Trinkwasserverwendung in Liter. Wien. <http://duz.lebensministerium.at/duz/duz/theme/view/800276/5/450> (23.01.2012).
- ÖSTERR. VEREINIGUNG FÜR DAS GAS- UND WASSERFACH (ÖVGW) (2011), Alles über Wasser. Wien <http://www.wasserwerk.at/home/alles-ueber-wasser> (23.01.2012).
- PÄDAGOGISCHES INSTITUT FÜR DIE DEUTSCHE SPRACHGRUPPE BOZEN (PIDSB) (2008), Wasserkreislauf und Wasserverbrauch. Bozen. <http://www.blick.it/angebote/primarmathe/ma0423.htm> (09.01.2012).
- PFLAUMER, P. (1988), Methoden der Bevölkerungsvorausschätzung unter besonderer Berücksichtigung der Unsicherheit. In: *Volkswirtschaftliche Schriften*. 377. Berlin.
- SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT (2012), Bevölkerungsstand und -struktur. Ständige Wohnbevölkerung (Total) nach Alter und Kantonen. Neuchâtel. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/02/blank/data/01.html> (09.01.2012).
- SPREAFICO, M; WEINGARTNER, R. (2005), Hydrologie der Schweiz. Ausgewählte Aspekte und Resultate. Bern. <http://proclimweb.scnat.ch/portal/ressources/109.pdf> (23.01.2012).
- STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND (DESTATIS) (2009), Wassergewinnung nach Wasserarten. Pressemitteilung Nr. 377. Wiesbaden. Bonn. http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2009/10/PD09_377_322,templateId=renderPrint.psm1 (23.01.2012).
- STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (SLABW) (2012), Struktur- und Regionaldatenbank. Stuttgart. <http://www.statistik-bw.de/SRDB/home.asp?H=HandelBeherb&U=02&T=08065012&E=KR> (15.01.2012).
- UMWELTBUNDESAMT ÖSTERREICH (1998), Kartierung der nassen Deposition in Österreich. Wien. <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE104.pdf> (09.01.2012).
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP) (2006), Human Development Report 2006. Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis. New York. <http://hdr.undp.org/en/media/HDR06-complete.pdf> (23.01.2012).
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP) (2005), Freshwater in Europe. Geneva. http://www.grid.unep.ch/product/publication/freshwater_europe/consumption.php (23.01.2012)
- UNIVERSITY OF SAVOIE (2011), Monitoring and Modelling of Mountain Water Resources: A short guideline based on the results of Alp-Water-Scarce. Chambéry. http://hermannklug.com/images/downloads/2011_Saulnier_et_al_P.pdf (09.01.2012).