
Die Nutzung der alpinen Wasserkraft im Spannungsfeld zwischen Klimawandel und Liberalisierung der Strommärkte

Prof. (FH) DI Dr. Jürgen Neubarth^a

^a*Fachhochschule Kufstein – Studiengang Europäische Energiewirtschaft,
Andreas-Hofer-Straße 7, A-6330 Kufstein, AUSTRIA*

KURZFASSUNG/ABSTRACT:

Durch den hohen Anteil der Wasserkraft an der Österreichischen Stromerzeugung sind mögliche klimawandelbedingte Auswirkungen auf das Abflussregime für die heimische Stromwirtschaft von besonderer Relevanz. Verschiedene Szenarioanalysen zeigen, dass die energiewirtschaftliche Nutzung der Wasserkraft dabei weniger von einem Rückgang der jährlichen Abflussmengen sondern stärker von einer Verschiebung eines Teils des jährlichen Abflusses von den Sommer- in die Wintermonate betroffen sein wird. Ohne Einbeziehung einer Betrachtung der übergeordneten Entwicklungen im europäischen Strommarkt wäre diese Verschiebung als positiv zu beurteilen, da in den vergangenen Jahrzehnten die Strompreise nachfragebedingt im Winter höher als im Sommer waren. Diese für Österreich bisher typische Strompreisstruktur wird allerdings immer stärker von den übergeordneten Entwicklungen im europäischen Strommarkt überlagert. Insbesondere der Ausbau der Stromerzeugung aus fluktuierenden erneuerbaren Energien führt zu einer deutlich höheren Volatilität der Strompreise. Mögliche klimabedingte Effekte stellen damit nur eine der Eingangsgrößen dar, die bei einer Neubewertung der alpinen Wasserkraftnutzung – vor allem der Speicherwasserkraft – zu berücksichtigen sind.

1 EINLEITUNG

Die Energiewirtschaft ist wie keine andere Branche von einer Klimaerwärmung betroffen. Zum einen stellen die Gewinnung und Nutzung fossiler Energieträger eine Hauptquelle anthropogener Treibhausgasemissionen dar. Zum anderen können insbesondere Erzeugung und Verbrauch von elektrischer Energie durch Klimaänderungen in ihrer räumlichen und zeitlichen Struktur eine deutliche Änderung erfahren. Auf der Erzeugungsseite kann sich etwa das zeitliche und räumliche Angebot erneuerbarer Energien verändern oder die ausreichende Verfügbarkeit von Kühlwasser für konventionelle Kraftwerke während der Sommermonate gefährdet sein. Neben diesen erzeugungsseitigen Risiken stellt die mögliche Veränderung des Verbraucherverhaltens (z. B. Klimaanlage) eine weitere direkte Folge der Klimaveränderung dar.

Gerade für das wasserkraftreiche Österreich können mögliche Änderungen im Abflussverhalten alpiner Einzugsgebiete - als Folge des Klimawandels - von großer energiewirtschaftlicher Bedeutung sein. Allerdings stellen diese möglichen Klimafolgen im alpinen Wasserkreislauf nicht die einzigen sich ändernden Randbedingung dar, welche für eine gesamtheitliche energiewirtschaftliche Bewertung der Wasserkraftnutzung zu berücksichtigen sind. Insbesondere die Effekte aus der Liberalisierung der Strommärkte und dem massiven Ausbau fluktuierender Erzeugung (Windkraft und Photovoltaik) und der damit zusammenhängenden höheren Volatilität der Strompreise führen zu einer Neubewertung der Nutzung der alpinen Wasserkraft, insbesondere der Speicherwasserkraft.

Im Folgenden werden diese Effekte im Kontext mit möglichen klimabedingten Auswirkungen auf die Nutzung der Wasserkraft qualitativ dargestellt und diskutiert, wobei der Schwerpunkt auf Speicherkraftwerke gelegt wird. Die Ergebnisse dieser Arbeiten entstanden dabei im alpS-Projekt 4.1AC "Regionale Folgen des Klimawandels - Energiewirtschaft", das im Rahmen des österreichischen Kplus-Programms durch die FFG und die Tiroler Zukunftsstiftung öffentlich gefördert wurde. Neben dem alpS-Zentrum waren in diesem Projekt die Tiroler Wasserkraft AG (TIWAG), die Universität Innsbruck (Institut für Geographie, Institut für Meteorologie und Geophysik) sowie die Fachhochschule Kufstein Tirol BildungsgmbH, Studiengang Europäische Energiewirtschaft, beteiligt.

2 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE ROLLE DER WASSERKRAFT IN ÖSTERREICH

Auf Grund der sehr günstigen topografischen Voraussetzungen ist der Beitrag der Wasserkraft zur Stromerzeugung in Österreich traditionell sehr hoch. 2007 lag der Beitrag der Wasserkraft zur insgesamt erzeugten elektrischen Energie (rd. 63 TWh) bei etwa 58 % und zur gesamten installierten Kraftwerksleistung (rd. 19 GW) bei etwa 62 % (Abbildung 1). Von den insgesamt rund 12.000 MW an Wasserkraftleistung sind dabei etwa 6.500 MW in Speicherkraftwerken installiert [1]. Die Speicherkapazität übersteigt bei einer Jahreshöchstlast in Österreich von etwa 10.000 MW damit den eigenen Bedarf an Spitzenlast deutlich. Zumindest ein Teil der österreichischen Speicherkapazität kann demnach auch im europäischen Strommarkt vermarktet werden.

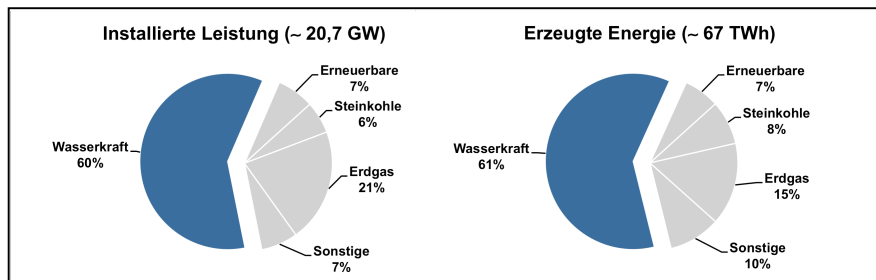


Abbildung 1. Installierte Kraftwerksleistung (links) und erzeugte elektrische Energie (rechts) in Österreich 2008; Wasserkraft inklusive Pumpspeicher [1]

Die Entwicklung der Wasserkraftnutzung in Österreich war dabei bis Anfang der 1990er Jahre von einem starken Ausbau gekennzeichnet. In den vergangenen 15 Jahren hat sich der Ausbau allerdings deutlich abgeschwächt. Gründe hierfür waren zum einen die zu Beginn der Liberalisierung der Strommärkte stark gesunkenen Stromgroßhandelspreise und damit fehlende Wirtschaftlichkeit von Neubauprojekten. Zum anderen war die Realisierung neuer Projekte insbesondere unter den Aspekten Natur- und Umweltschutz nur mehr schwer darstellbar.

Demgegenüber kann - im Gegensatz zu vielen anderen europäischen Ländern - die verminderte Ausbauaktivität der österreichischen Wasserkraft in den vergangenen Jahren nicht auf ein bereits nahezu vollständig ausgeschöpftes Potential zurückgeführt werden. Beispielsweise steht nach einer im Auftrag des VEÖ von Pöyry durchgeführten Studie [2] dem bereits genutzten Potential von rund 38 TWh/a (Regelarbeitsvermögen) ein technisch-wirtschaftliches Potential von ca. 56 TWh/a entgegen.

Neben der Dominanz der Wasserkraft im österreichischen Erzeugungsportfolio kommen gerade Speicher- und Pumpspeicherkraftwerken im Kontext Versorgungszuverlässigkeit eine weitere wichtige Rolle zu. Da Speicherkraftwerke sehr schnell aus dem Stillstand hochgefahren werden können und die Erzeugung sehr schnell angepasst werden kann, werden diese vorzugsweise auch für die Vorhaltung und Bereitstellung von Regelleistung eingesetzt. Auch sind Speicherkraftwerke in der Regel schwarzstartfähig, d. h. sie benötigen im Falle einer Großstörung kein funktionierendes Stromnetz zum Hochfahren. Dadurch können Speicherkraftwerke quasi der „Kristallisationskeim“ für den Versorgungswiederaufbau innerhalb einer Netzinsel darstellen.

3 ENERGIEPOLITISCHER RAHMEN FÜR DIE ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DER WASSERKRAFT

Als heimischer und CO₂-freier Energieträger zeigt die Wasserkraft an sich eine hohe Übereinstimmung mit dem klassischen Zieldreieck der Energiewirtschaft, der wirtschaftlichen, sicheren und umweltfreundlichen Energieversorgung. Neben den unmittelbaren, naturschutzgetriebenen Widerständen gegen Wasserkraftprojekte wird die weitere Entwicklung der Nutzung der Wasserkraft heute von einer Reihe - aus Sicht der Wasserkraft z. T. gegenläufigen - energiepolitischer Rahmenbedingungen tangiert, die im Folgenden kurz dargestellt sind.

- (1) **Liberalisierung der Strommärkte:** Durch die Liberalisierung des europäischen Strom- und Gasmarktes und der dadurch geschaffenen grenzüberschreitenden wettbewerblichen Strukturen stehen auch die österreichischen Wasserkraftwerke in einem gesamteuropäischen Wettbewerb. Während bis in die 90er Jahre der Strompreis und damit auch die Refinanzierung von Investitionen in Wasserkraftwerken über die Kosten der Erzeugung, des Stromtransportes und der Stromverteilung als „cost plus fee“ abgeleitet wurden, bildet sich heute der eigentliche Strompreis (Wholesale- oder Großhandelspreis) an den europäischen Strombörsen aus Angebot und Nachfrage. Die Wirtschaftlichkeit einer Investition in ein Wasserkraftwerk wird dadurch deutlich risikobehafteter, da die Einnahmen aus

dem Stromverkauf in einem abgeschotteten und regulierten Markt deutlich besser geplant werden können, als in einem Wettbewerbsmarkt.

- (2) **Entwicklung eines europäischen Strombinnenmarktes:** Als Folge der Liberalisierung des europäischen Strommarktes verlieren lokale und nationale Märkte gegenüber Regionalmärkten an Bedeutung. Diese Entwicklung von Regionalmärkten, bzw. langfristig eines europäischen Strombinnenmarktes, stellt dabei ein vorrangiges Ziel der europäischen Energiepolitik dar. Damit orientiert sich der Einsatz eines Wasserkraftwerks nicht mehr am Bedarf des Versorgungsgebietes der jeweiligen Landesgesellschaft (z. B. Tirol), sondern am Bedarf des zu Grunde liegenden Regionalmarktes. Für Österreich ist dabei heute der sog. Regionalmarkt West (AT, D, F, CH, Benelux und SLO) maßgeblich [3].
- (3) **Entwicklung von Brennstoff-, CO₂- und Strompreisen:** Die Wettbewerbsfähigkeit der Wasserkraft wird heute stark von den Preisentwicklungen im Strommarkt (Wholesale- und Regelenergiemarkt) bestimmt. Die Preise an den Strommärkten sind dabei von einer zunehmenden Volatilität gekennzeichnet, die zum einen auf die schwankenden Brennstoff- und CO₂-Preise zurückzuführen ist. Zum anderen führt der Ausbau der Stromerzeugung aus Windkraft und Sonnenenergie zu einer starken Schwankung im Angebot an verfügbarer Kraftwerksleistung, die sich entsprechend in der Volatilität der Strompreise widerspiegelt. Die dadurch schwieriger werdende Planbarkeit der Einnahmen ist als weitere Risikokomponente bei Neubauprojekten im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung zu berücksichtigen.
- (4) **EU Energie- und Klimapaket:** Dem Ausbau erneuerbarer Energien kommt im Energieaktionsplan der EU (Klimaschutzpaket) ein hoher Stellenwert zu. Dieser Aktionsplan sieht vor, dass die CO₂-Emissionen bis 2020 um 20 %, bzw. im Falle einer internationalen Übereinkunft um 30 %, gesenkt werden. Weiters soll bis 2020 der Anteil erneuerbarer Energien (EE) am Primärenergiebedarf auf 20 % ausgebaut und die Energieeffizienz im Vergleich zu „business as usual“ um 20 % gesteigert werden. Für die einzelnen Mitgliedsstaaten wurden dabei individuelle Quoten für den Ausbau der Erneuerbaren vorgegeben. Beispielsweise muss Österreich den EE-Anteil von 23,3 % im Jahr 2005 auf 34 % im Jahr 2020 ausbauen. Realistischerweise wird zu diesem Ziel auch der weitere Ausbau der Wasserkraft beitragen müssen.
- (5) **EU-Wasserrahmenrichtlinie:** Während die Ausbauziele für erneuerbare Energien die weitere Entwicklung der Wasserkraftnutzung positiv beeinflussen sollte, wird erwartet, dass die In-Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie novellierte Gesetzgebung in Österreich diesbezüglich eher ungünstige Auswirkungen haben wird. Insbesondere höhere Restwasserabgaben können zu Erzeugungsverlusten führen, die anlagenabhängig zwischen 2 und 32 % liegen können [4]. Neben diesen Erzeugungsverlusten auf Grund einer geringeren, für die Stromerzeugung zur Verfügung stehenden Wassermenge sind aus energiewirtschaftlicher Sicht

insbesondere auch mögliche Einschränkungen bezüglich der Freiheitsgrade in der Abarbeitung der Wassers von Speicherkraftwerken relevant. Können Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke nicht mehr ausschließlich am Strom- und Regelleistungsmarkt optimiert werden, sondern müssen z. B. bestimmte Schwall-Sunk-Vorgaben eingehalten werden, kann dies zu einem deutlichen Erlösausfall führen.

Insgesamt lässt sich durch die sich ändernden energiewirtschaftlichen Randbedingungen in den vergangenen Jahren eine deutlich höhere Volatilität der Strompreise feststellen. Die bisher typische Strompreisstruktur in Österreich - niedrige Strompreise im Sommer und hohe Strompreise im Winter - wird dadurch immer stärker von Preisspitzen, insbesondere während der Sommermonate, überlagert. Abbildung 2 zeigt hierzu eine Auswertung der Spotmarktpreise an der österreichischen Strombörse EXAA für die jeweils teuersten 1.800 Stunden der Jahre 2003 bis 2008. 1.800 h/a entsprechen den mittleren Volllastbenutzungsstunden der österreichischen Speicherkraftwerke.

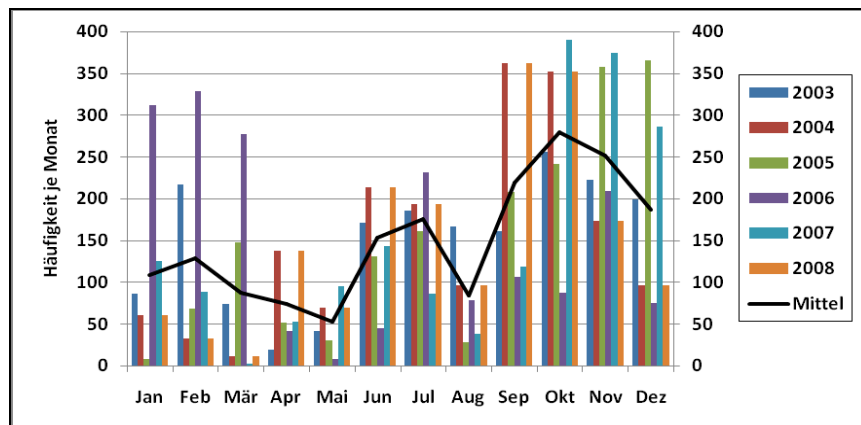


Abbildung 2. Monatliche Verteilung der Stunden mit den 1.800 höchsten Spotmarktpreisen und Monatsmittelwert der Jahre 2003 - 2008 [5]

Zwar sind die höchsten Strompreise noch immer im Herbst und Frühwinter festzustellen, allerdings ist deutlich zu erkennen, dass in den Monaten Juni, Juli und September eine größere Wahrscheinlichkeit für hohe Strompreise besteht, als während der Wintermonate. Im August ist bis auf das von einer außerordentlichen Hitzewelle geprägte Jahr 2003 der Nachfragerückgang auf Grund der Sommerferien deutlich in der Strompreisstruktur erkennbar. Für die Bewirtschaftung der großen alpinen Speicher bedeuten diese stochastischen Preisspitzen insofern eine Veränderung, als dass neben der klassischen Sommer-Winter-Verlagerung der saisonal stark schwankenden Wasserzuflüsse zunehmend ein Erlöspotential von Frühjahr bis Herbst erschlossen werden kann und damit Speicher-, aber auch Pumpspeicherkraftwerke, eher als Stunden- und Tagesspeicher und weniger als Monats- und Jahresspeicher betrieben werden.

4 MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF DIE ALPINE WASSERKRAFTNUTZUNG

Stromerzeugungstechnologien, die fluktuierende regenerative Energiequellen bzw. -ströme nutzen, sind in besonderem Maße von möglichen klimawandelbedingten Veränderungen im räumlichen und zeitlichen Angebotspotenzial betroffen. Für die Nutzung der Wasserkraft kann zum einen eine mögliche Zunahme extremer Wettersituationen von Bedeutung sein, wenn auf Grund einer Zunahme von Überschwemmungen oder Murenabgänge Anlagen häufiger außer Betrieb gehen müssen. Zum anderen kann sich bei einer Änderung des Abflussgeschehens durch den Klimawandel sowohl die saisonale Erzeugungsscharakteristik als auch die Gesamterzeugung der Wasserkraftanlagen verändern. Dabei ist im alpinen Raum mit glazial geprägten Einzugsgebieten zwischen mittel- und langfristigen Veränderungen zu unterscheiden. Mittelfristig kann das Abflussgeschehen stark von einer temperaturbedingten Zunahme der Gletscherzuflüsse geprägt sein. Bei einem möglicherweise vollständigen Abschmelzen der Gletscher kann sich das Abflussgeschehen allerdings langfristig deutlich anders darstellen.

Beispielsweise wird in [6] bei einer mittleren Temperaturzunahme im Zeitraum 2020 bis 2030 von 1 °C eine Erhöhung des Jahresgebietsabfluss verschiedener westösterreichischer Einzugsgebiete von 28 - 39 % abgeleitet. Studien zu den langfristigen Auswirkungen des Klimawandels auf die alpine Wasserkraft gehen demgegenüber von einer z. T. deutlichen Abnahme des mittleren Jahresabflusses aus (z. B. [7], [8], [9], [10]). Je nach Szenario gehen die jährlichen Abflussmengen um bis zu 20 % zurück, wobei allerdings nicht alle europäischen Regionen von diesem Rückgang gleichermaßen betroffen sind. Insbesondere Westösterreich ist tendenziell weniger von einem Rückgang der Abflussmengen als andere Alpenregionen betroffen [7], [10] bzw. es wird z. T. sogar eine Zunahme für das westliche Österreich prognostiziert [9]. Neben den Veränderungen der gesamten jährlichen Abflussmengen wird für den Alpenraum auch eine deutliche Verschiebung im mittleren saisonalen Abfluss erwartet. Während für den Winterabfluss insgesamt eine Zunahme erwartet wird, kommt es nach den Modellrechnungen verschiedener Studien langfristig zu einer Abnahme im Sommerabfluss zwischen 30 und 45 % [8], [9].

Auch wenn die in Kapitel 3 aufgezeigten Entwicklungen im europäischen Strombinnenmarkt von Unsicherheiten gekennzeichnet sind, ist es zweckmäßig, die Veränderungen im natürlichen Zufluss der österreichischen Speicher auf Grund des Klimawandels im Kontext mit der sich daraus ableitbaren, zunehmend volatilen Preisstruktur zu sehen. Preisspitzen im Sommer, durch einen hohen Stromverbrauch bei gleichzeitig niedriger Verfügbarkeit von Erzeugungskapazität (bspw. kühlwasserbedingte Einschränkungen thermischer Kraftwerke und niedrige Windstromerzeugung), zeigen dabei grundsätzlich eine positive Korrelation mit den bei einer Temperaturzunahme zu erwartenden, deutlich höheren Speicherzuflüssen in den Monaten Mai und Juni [6]. Die höheren Zuflussmengen im Frühsommer können aus energiewirtschaftlicher Sicht einen Vorteil darstellen, wenn dadurch in den Speichern genügend Wasser bereits vor der Jahresmitte zur Verfügung steht und dieses bei frühlommerlichen Preisspitzen abgearbeitet wer-

den kann. Dieser durch das beschleunigte Abschmelzen der Gletscher bedingte mittelfristige Effekt wird bei einer möglichen langfristigen Abnahme der Zuflussmengen allerdings nicht auf die gesamte Lebensdauer von aktuellen Neu- und Ausbauprojekten übertragen werden können.

5 DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN:

Die möglichen klimawandelbedingten Änderungen der Stromerzeugung in Wasserkraftwerken stellen heute nicht die einzigen Unsicherheiten dar, wenn es um eine langfristige energiewirtschaftliche Bewertung der Wasserkraft geht. Neben den expliziten wasserkraftspezifischen Aspekten sind insbesondere auch die übergeordneten Entwicklungen am Strommarkt auf Angebots- und Nachfrageseite für eine umfassende energiewirtschaftliche Bewertung der zukünftigen Rolle der Wasserkraft innerhalb des gesamten Kraftwerkportfolios zu berücksichtigen. Eine klimawandelbedingte Abnahme der jährlichen Stromerzeugung aus Wasserkraft wird den Beitrag der Wasserkraft zur Erreichung der Ausbauziele für Erneuerbare Energien reduzieren. Die Auswirkungen auf die Erlössituation und damit die Wirtschaftlichkeit von einzelnen Wasserkraftwerken muss durch diese Veränderung im Abflussverhalten allerdings nicht notwendigerweise negativ sein. Aus energiewirtschaftlicher Sicht sollte eine Betrachtung der möglichen Klimafolgen auf die Wasserkraft daher nicht ausschließlich auf die Angebotsseite beschränkt bleiben, sondern auch weitere Einflussfaktoren berücksichtigen. Zum einen wird neben der Wasserkraft ein Großteil der weiteren Erzeugungsoptionen von Klimafolgen tangiert werden. Zum anderen ist auch eine Veränderung der Verbrauchsstruktur zu erwarten. Damit können sich für die Wasserkraft – insbesondere für Speicherkraftwerke – die energiewirtschaftlichen Randbedingungen am Strommarkt durchaus positiv entwickeln. Die Entwicklung dieser Randbedingungen ist allerdings, wie auch die Modelrechnungen der Klimafolgen auf die alpinen Abflussregime, von Unsicherheiten geprägt. Vor diesem Hintergrund sind die dargestellten Auswirkungen des Klimawandels auf die energetische Nutzung der Wasserkraft zu bewerten. Auf Grund der großen Schnittmenge zwischen den technologieimmanenten Eigenschaften der Wasserkraft und den energiepolitischen Zielen der EU sollte auch unter den sich ändernden Randbedingungen dem weiteren Ausbau der Wasserkraft ein hoher Stellenwert zukommen, um dadurch einen Beitrag zur Erreichung dieser Ziele leisten zu können.

LITERATURVERWEISE

- [1] E-Control (2008): Betriebsstatistik 2008 <http://www.e-control.at/de/statistik/strom/-betriebsstatistik/berichtsjaehr-2008> (eingesehen am 15.6.2009)
- [2] Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs (2008): Initiative Wasserkraft - Masterplan zum Ausbau des Wasserkraftpotentials, Studie im Auftrag des Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs; http://www.kleinwasserkraft.at/images/stories/dateien_content/050508_positionspapier_wasserkraft_final.pdf (eingesehen am 15.6.2009)
- [3] Neubarth, J., Laege, E. (2007): Investitionsentscheidungen vor dem Hintergrund eines europäischen Strommarktes, 7. VDI-Fachtagung - Optimierung in der Energiewirtschaft, Leverkusen

- [4] Stigler, H. et al (2005): Energiewirtschaftliche und ökonomische Bewertung potenzieller Auswirkungen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie auf die Wasserkraft; Studie im Auftrag des Verbandes der Elektrizitätsunternehmen Österreichs, der Vereinigung österreichischer Elektrizitätswerke, der Kleinwasserkraft Österreich und des Lebensministeriums; http://gpool.lfrz.at/gpoolexport/media/-file/Auswirkungen_WRRRL_auf_Wasserkraft-Studie.pdf (eingesehen am 5.6.2009)
- [5] Energy Exchange Austria (2009): Marktdaten Spotmarkt, http://www.exaa.at/-market/historical/austria_germany/index.html, eingesehen am 8.1.2009
- [6] Kuhn, M.; Olefs, M. (2009): Regionale Folgen des Klimawandels - Bericht Meteorologie/Glaziologie: Regionale Folgen des Klimawandels - Energiewirtschaft; unveröffentlichter Endbericht alpS Projekt 4.1 AC
- [7] European Environment Agency (2007): Climate change and water adaptation issues; EEA Technical report No 2/2007
- [8] Beniston, M (2007).: Impacts of climatic change on snow, ice and water in the Alps; Presentation im Rahmen IPCC RegionalPressBriefing; Genf, 11.04.2007; <http://www.ipcc.ch/pdf/presentations/wg2-presentations/impact-climatic-changes-snow.pdf> (eingesehen am 30.5.2009)
- [9] Nachnebel, H. P. (2009); Mögliche Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Wasserkraft in Österreich; zek Februar 2009 (S. 20 - 23)
- [10] Lehner, B. et al (2001); Europe's Hydro Power Potential Today and in the Future; Konferenzbeitrag EuroWasser