

Abbildung 3.2.7.1: Mittlerer monatlicher Zufluss und Abfluss am Gepatschspeicher für eine Periode in der Vergangenheit (1971-2000) sowie für zwei simulierte Zukunftsperioden (2011-2035 und 2036-2060). Mittlerer Zufluss 1971-2000: 9.44 m³/s; 2011-2035: 9.35 m³/s; 2035-2060: 8.91 m³/s.

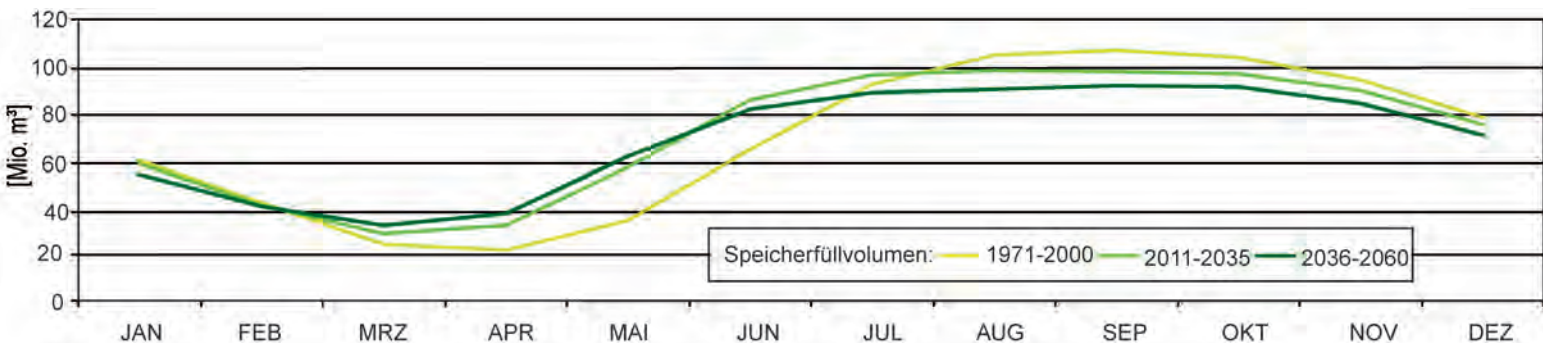


Abbildung 3.2.7.2: Mittleres monatliches Speicherfüllvolumen am Gepatschspeicher für eine Periode in der Vergangenheit (1971-2000) sowie für zwei simulierte Zukunftsperioden (2011-2035 und 2036-2060). Mittleres Speicherfüllvolumen 1971-2000: 67.29 Mio. m³; 2011-2035: 69.60 Mio. m³; 2036-2060: 66.93 Mio. m³.

Änderung der mittleren simulierten Jahresarbeit [%] nach Teileinzugsgebieten unter dem Klimatrend *REMO regional* und der Klimavariante *Baseline*

Karte 1: Vergleich der Zeiträume 2011-2035 und 1971-2000
Karte 2: Vergleich der Zeiträume 2036-2060 und 1971-2000



GLOBAL CHANGE ATLAS EINZUGSGEBIET OBERE DONAU



Herausgeber:
GLOWA-Danube-Projekt, Ludwig-Maximilians-Universität München

3.2.7 Teilprojekt Hydrologie/Fernerkundung Auswirkungen des Klimawandels auf die Energiegewinnung aus Wasserkraft und auf die Talsperrenbewirtschaftung

Rastergröße: 1 x 1 km²
Maßstab: 1: 3.800.000

Datengrundlage:
DANUBIA-Digitales Geländemodell und daraus abgeleitetes
Gewässernetz
BMLFU- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt- und Wasserwirtschaft (Hrsg.) (2005):
Hydrologischer Atlas Österreichs. Wien
Eigene Recherchen und Befragungen
Ergebnisse des statistischen Klimaantriebs-Generators (siehe
Kapitel S3): Klimatrend *REMO regional*, Klimavariante *Baseline*

Autoren:
F. Koch, A. Reiter
Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung,
Ludwig-Maximilians-Universität München
H. Bach
Vista Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH, Weßling

Grafik:
Abt. Kartographie
Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung,
Ludwig-Maximilians-Universität München

3.2.7 Teilprojekt Hydrologie/Fernerkundung - Auswirkungen des Klimawandels auf die Energiegewinnung aus Wasserkraft und auf die Talsperrenbewirtschaftung

1. Einleitung

Sowohl die Bayerische Staatsregierung als auch das österreichische Bundesland Tirol planen, die Energieerzeugung aus Wasserkraft in Zukunft zu steigern (E.ON Wasserkraft GmbH & Bayerische Wasserkraftwerke GmbH, 2009; Amt der Tiroler Landesregierung, 2008). Dies resultiert zum einen aus Prognosen zu einem steigenden Energieverbrauch und zum anderen aus einer geplanten Vergrößerung des Anteils der erneuerbaren Energien im Zuge des Klimaschutzes. Die Bayerische Staatsregierung hat sich insgesamt zum Ziel gesetzt, die Energiegewinnung aus Wasserkraft im Vergleich zum Referenzjahr 2000 in den nächsten Jahren durch Modernisierung, Nachrüstung, Reaktivierung sowie Neu- und Ausbauten um 10% zu steigern. Sowohl in Tirol als auch in Bayern wurden dazu mehrere Machbarkeitsstudien durchgeführt. Allerdings ist es für eine erfolgreiche Abschätzung der Wasserkraft notwendig, die weitere Entwicklung bestehender Anlagen zu berücksichtigen und diese Tendenz auf die geplanten Erweiterungen und Neubauten zu übertragen. Entscheidend sind dabei die Prognosen zur Abflusssituation und somit die Analyse des gesamten zukünftigen Wasserhaushaltes. In diesem Kapitel wird die Änderung der simulierten Jahresarbeit der in Kapitel 1.19 gezeigten Wasserkraftwerke für die Zeitspannen 2011-2035 und 2036-2060 unter dem GLOWA-Danube Klimaszenario *REMO regional – Baseline* dargestellt. Zusätzlich wird am Beispiel der Talsperre des Gepatschstausees (Lage siehe Karte 1.19) die Entwicklung des Zuflusses, des Abflusses und des Speicherfüllvolumens im Jahresverlauf unter dem genannten Klimaszenario aufgezeigt.

2. Änderung der mittleren simulierten Jahresarbeit in den Teileinzugsgebieten

In Karte 2.7.1 wurde die mit DANUBIA mittlere simulierte Jahresarbeit der Wasserkraftanlagen der sechs Teileinzugsgebiete Iller, Lech, Isar, Inn, Salzach sowie restliche Donau für die Zeitspanne 1971-2000 dargestellt. Die Teileinzugsgebiete Inn und Salzach entspringen in den hochalpinen, vergletscherten Kopfeinzugsgebieten der Oberen Donau und sind somit von der Gletscher- und besonders der Schneeschmelze stark geprägt. Die restlichen Gebiete sind hingegen nicht oder lediglich schwach von Gletschern beeinflusst, unterliegen aber größtenteils einem nivalen Abflussregime. Mit der Klimaänderung gehen auch Veränderungen des Abflusses und der Gletscher- und Schneespeicher einher (siehe Kapitel 3.1.1, 3.1.4 und 3.1.8), welche sich wiederum direkt auf die Energiegewinnung aus Wasserkraft auswirken.

Um mögliche Änderungen der Jahresarbeit an Wasserkraftwerken in der Zukunft zu untersuchen, wurde eine Szenariorechnung unter dem oben genannten GLOWA-Danube Klimaszenario durchgeführt. Die nebenstehenden Karten 1 und 2 zeigen die zukünftige Änderung der mittleren simulierten Jahresarbeit in den Teileinzugsgebieten der Oberen Donau in Prozent hinsichtlich des Referenzzeitraums 1971-2000. In beiden betrachteten Zukunftszeiträumen wird mit einem Rückgang der Jahresarbeit zu rechnen sein. Allerdings zeichnet sich dieser Trend im ersten Zeitraum (2011-2035) mit Abnahmen zwischen 1 und 4% nur sehr schwach ab, während im zweiten Zeitraum (2036-2060) enorme Rückgänge der Jahresarbeit von 8 bis 16% zu verzeichnen sind. Ein Grund dafür liegt an der Abnahme des simulierten Abflusses im gesamten Einzugsgebiet der Oberen Donau (siehe Kapitel 3.1.1).

In Karte 2 und in Tabelle 3.2.7.1 erkennt man für die Zeitspanne 2036-2060 sehr deutlich, dass die Energieerzeugung in den am wenigsten alpin geprägten Teileinzugsgebieten Iller und restliche Donau am stärksten abnimmt. Die simulierte Jahresarbeit verringert sich hingegen in den Teileinzugsgebieten Inn, Lech und Salzach weniger stark. Trotz Gletscherschwund sowie mengenmäßiger und zeitlicher Änderung des Schneespeichers (siehe Kapitel 3.1.4 und 3.1.5) puffert der Gletscher- und Schneehaushalt die Abnahme der Energiegewinnung aus Wasserkraft in Zukunft dennoch etwas ab. Wie auch schon in Kapitel 3.1.2 erläutert, kommt es in den hochalpinen Regionen sogar zu einer Erhöhung des Niedrigwasserabflusses, was sich positiv auf die Wasserkraft auswirkt. Das Teileinzugsgebiet der Isar nimmt mit einer Abnahme der simulierten Jahresarbeit von -12.7% eine Mittelstellung ein. Dies

Zeitraum	Kraftwerkstyp*	restl. Donau [GWh]	[%]	Iller [GWh]	[%]	Lech [GWh]	[%]	Isar [GWh]	[%]	Inn [GWh]	[%]	Salzach [GWh]	[%]	Obere Donau [GWh]	[%]
1971	LKW	1909.0	–	452.8	–	1448.8	–	1281.1	–	5527.2	–	1477.4	–	12096.3	–
bis	SKW	–	–	–	–	154.0	–	341.0	–	3784.3	–	924.5	–	5203.9	–
2000	LKW+SKW	1909.0	–	452.8	–	1602.8	–	1622.1	–	9311.5	–	2401.9	–	17300.2	–
2011	LKW	1863.3	-2.4	436.3	-3.6	1432.9	-1.1	1251.7	-2.3	5465.5	-1.1	1450.7	-1.8	11900.5	-1.6
bis	SKW	–	–	–	–	148.3	-3.7	335.3	-1.7	3684.9	-2.6	895.5	-3.1	5063.9	-2.7
2035	LKW+SKW	1863.3	-2.4	436.3	-3.6	1581.2	-1.4	1587.0	-2.2	9150.4	-1.7	2346.2	-2.3	16964.4	-1.9
2036	LKW	1628.9	-14.7	382.9	-15.4	1318.2	-9.0	1112.4	-13.2	5054.3	-8.6	1317.5	-10.8	10814.3	-10.6
bis	SKW	–	–	–	–	135.0	-12.4	303.5	-11.0	3433.8	-9.3	851.3	-7.9	4723.6	-9.2
2060	LKW+SKW	1628.9	-14.7	382.9	-15.4	1453.2	-9.3	1415.9	-12.7	8488.1	-8.8	2168.8	-9.7	15537.9	-10.2

Tabelle 3.2.7.1: Änderung der mittleren simulierten Jahresarbeit der Laufwasser- und Speicherkraftwerke nach Teileinzugsgebieten für das gesamte Einzugsgebiet der Oberen Donau unter dem Klimaszenario *REMO regional – Baseline* in absoluten Werten (linke Spalten) sowie in Prozent (rechte Spalten) im Vergleich zu 1971-2000.

* LKW: Laufwasserkraftwerke, SKW: Speicherkraftwerke

gilt auch für seine regionale Stellung im Einzugsgebiet der Oberen Donau und sein Abflussregime, das nicht völlig frei von alpinen Einflüssen, aber auch nicht hochalpin geprägt ist.

Tabelle 3.2.7.1 stellt zudem die Veränderung der simulierten Jahresarbeit in den Teileinzugsgebieten für die zwei simulierten Zukunftszeitspannen, unterteilt in Laufwasser- und Speicherkraftwerke, dar. Es ist allerdings kein gravierender Unterschied hinsichtlich der Abnahme der Jahresarbeit nach der Kraftwerksart zu erkennen. Eindeutig ist aber, dass in der zweiten Zeitspanne (2036-2060) sowohl für alle Teileinzugsgebiete als auch für die jeweilige Kraftwerksart die Abnahme der Energieerzeugung viel stärker ausprägt ist als in der ersten Zeitspanne (2011-2035).

3. Talsperrenbewirtschaftung im Jahresverlauf am Beispiel des Gepatschspeichers

Als Beispiel für die Modellierung von Talsperren wird im Folgenden die Talsperre Gepatsch im Teileinzugsgebiet des Inns behandelt, welche den Gepatschspeicher aufstaut und zum Kraftwerk Kaunertal der TIWAG (Tiroler Wasserkraft AG) in Prutz gehört. Der Speicher liegt auf 1767 m ü. NN und besitzt als einer der größten Stauseen Österreichs ein Speichervolumen von 139 Mio. m³ zur Bewirtschaftung. Das Einzugsgebiet des Speichers umfasst 275 km², wobei zum natürlichen Einzugsgebiet (107 km²) auch künstliche Überleitungen durch Stollen aus Nachbartälern hinzugezählt werden (TIWAG, 2006).

Für die Energieerzeugung legt das Wasser eine Fallhöhe von bis zu 895 m zurück und wird über einen Druckstollen zum Kraftwerkshaus in Prutz auf 872 m ü. NN geleitet. Dort können bis zu 54 m³ Wasser pro Sekunde durch die Turbinen strömen. Das Kraftwerk Kaunertal zählt mit einer Regeljahresarbeit von 661 GWh zu den leistungstärksten Kraftwerken Österreichs. Je nach Speicherstand beträgt die maximal mögliche Leistung des Kraftwerks zwischen 325 und 392 MW (TIWAG, 2006). Der Füllstand wird nach dem Betriebsplan so geregelt, dass er sich v.a. nach der Schnee- und Gletscherschmelze und der verstärkten Speicherung hinsichtlich des erhöhten Strombedarfs in den Wintermonaten richtet (siehe Kapitel 2.7.1). Demzufolge erreicht das Speicherfüllvolumen gegen Ende des Sommers ein Maximum und Anfang des Frühjahrs ein Minimum.

Da sich bei der Simulation unter den Bedingungen des Klimaszenarios *REMO regional – Baseline* der Zufluss in den Speicher zukünftig sowohl im Jahresgang als auch in seiner Gesamtmenge verändern wird (siehe Kapitel 3.1.1), sind folglich bei der Abflussabgabe sowie dem Speicherfüllvolumen Änderungen zu erwarten. Die nebenstehenden Abbildungen 3.2.7.1 und 3.2.7.2 zeigen den monatlichen Zufluss und Abfluss sowie das Speicherfüllvolumen des Gepatschspeichers für den Referenzzeitraum 1971-2000 in der Vergangenheit sowie für die zwei modellierten Zeiträume in der Zukunft (2011-2035 und 2036-2060). Im Zeitraum 1971-2000 fand eine Füllung des Speichersees überwiegend in den Monaten April bis September mit Maximum im Juni und Juli statt (Zufluss > Abfluss), während in den generell durch niedrigen Zufluss zum Speicher gekennzeichneten Wintermonaten das gespeicherte Wasser vermehrt abgegeben wurde (Abfluss > Zufluss). In den beiden untersuchten Zukunftszeiträumen ändert sich dieses Verhältnis bei

gleichbleibender Speichersteuerung merklich. So liegt der Zufluss zum Speicher im Sommer zukünftig deutlich unter den Werten der Vergangenheit. Außerdem verschieben sich die Zuflussmaxima im Zeitraum 2036-2060 im Vergleich zu 1971-2000 aufgrund von simulierten verfrühten Gletscher- und Schneeschmelzen (siehe auch Kapitel 3.1.4 und 3.1.8) um etwa zwei Monate in den Mai. Da zudem im verwendeten Klimaszenario in den Wintermonaten in Zukunft vermehrt Regen anstelle von Schnee fallen wird (siehe Kapitel 3.1.5), erhöht sich in dieser Jahreszeit v.a. in der zweiten Zeitspanne der Zufluss zum Speichersee. Insgesamt kommt es im Jahresverlauf zu einem gleichmäßigeren Zufluss mit einer Verschiebung des Maximums ins Frühjahr. In der zweiten Zeitspanne verringert sich zudem die Gesamtmenge des Zuflusses, da, wie bereits in Kapitel 3.1.4 erläutert, der Gletscherspeicher auch im Einzugsgebiet der Talsperre zukünftig stark abnimmt, wodurch die im ersten Zeitabschnitt noch steigende Gletscherspende am Zufluss ebenfalls abnimmt.

Die Änderung des Zuflussverhaltens wirkt sich unter Beibehaltung des Betriebsplans auch auf den Jahresgang des Abflusses am Speicherauslass aus, welcher wiederum im direkten Zusammenhang mit der Energieerzeugung steht. Während ehemals hohe Abgaben im Spätsommer und Herbst in Zukunft geringer ausfallen, werden die minimalen Abgaben der Monate April bis Juni in beiden Zukunftsperioden erhöht. Die Abflussabgaben in den Wintermonaten (Nov. bis Feb.) bleiben hingegen in etwa auf gleichem Niveau. Insgesamt ergibt sich auch eine Vergleichsmäßigung des Abflusses, was sich auch im Speicherfüllvolumen äußert (siehe Abbildung 3.2.7.2). Betrachtet man den mittleren Jahresverlauf des Speicherfüllvolumens von 2036-2060 im Vergleich zu 1971-2000, erkennt man deutlich, dass die Schwankungen reduziert werden und somit die Spannbreite des möglichen Speicherfüllvolumens im Betriebsraum nicht mehr vollständig genutzt wird.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Für die Zukunft wird unter dem Klimaszenario *REMO regional – Baseline* eine zum Teil erhebliche Abnahme der Energieerzeugung aus der Wasserkraft simuliert. Um die aktuelle Jahresarbeit der Wasserkraftanlagen im Einzugsgebiet der Oberen Donau zu erhalten bzw. den Anteil der Wasserkraft im Energiesektor sogar zu erhöhen, müsste zusätzlich in Neu- und Ausbauten investiert werden. Hinsichtlich der Talsperrenbewirtschaftung ändern sich die Komponenten Zufluss, Abfluss und Füllvolumen des Speichersees im Jahresverlauf, was tendenziell zu einer gleichmäßigeren Energieerzeugung führt. Die hier dargestellten Änderungen unter dem betrachteten Klimaszenario können den Energieerzeugern als Entscheidungshilfe für die Entwicklung möglicher Anpassungsstrategien dienen.

Literatur

Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Wasser, Forst und Energierecht (Hrsg.) (2008): *Tiroler Energiestrategie 2020. Grundlage für die Tiroler Energiepolitik*. Innsbruck.

E.ON Wasserkraft GmbH & Bayerische Elektrizitätswerke GmbH (Hrsg.) (2009): *Masterplan. „Ausbau-potentiale Wasserkraft in Bayern.“ Bericht aus Sicht der beiden großen Betreiber von Wasserkraftanlagen in Bayern*. Landshut, Augsburg.

TIWAG – Tiroler Wasserkraft AG (Hrsg.) (2006): *Das Kraftwerk Kaunertal*. Informationsbroschüre. Innsbruck.