

GLETSCHERRÜCKGANG UND HYDROLOGISCHER WANDEL IN DEN ALPEN: FOLGEN DES KLIMAWANDELS FÜR DIE WASSERKRAFT UND DIE ZUKÜNFTIGE STROMVERSORGUNG

Gerhard Totschnig¹, Daniel Schwabeneder¹, Deme Suna¹,
Caroline Ehrendorfer², Franziska Koch², Mathew Herrnegger²

Inhalt

Der Klimawandel verändert den Alpenraum tiefgreifend und beeinflusst damit zentrale Prozesse des hydrologischen Kreislaufs, die für die Wasserkraftnutzung in Österreich von entscheidender Bedeutung sind. Das ACRP-Projekt HyMELT-CC (2022–2025) untersucht erstmals umfassend, wie Gletscherrückgang, veränderte Schneedeckenentwicklung und hydrologische Extreme die zukünftige Verfügbarkeit von Wasserressourcen sowie die Resilienz des österreichischen Elektrizitätssystems beeinflussen. Der Fokus liegt sowohl auf detaillierten Analysen in hochalpinen Fallstudienregionen als auch auf der Übertragung der Ergebnisse auf ganz Österreich.

Methodik

In zwei intensiv genutzten Wasserkraftregionen – dem Zillertal (Tirol) und dem Maltatal (Kärnten) – wurden die saisonale Entwicklung des Schneepacks sowie die zukünftige Gletscherentwicklung mit hochaufgelösten Modellen (SNOWPACK/Alpine3D) simuliert. Für die hydrologischen Simulationen in Österreich wurde das Modell COSERO (siehe [1]) eingesetzt. Im Rahmen von HyMELT-CC wurde die hydrologische Modellierung des alpinen Wasserkreislaufs verbessert und anhand der detaillierteren Modelle zweier Studienregionen validiert. Die daraus resultierenden Abflussprojektionen dienen als Grundlage für eine detaillierte Energiesystemanalyse.

Für die Bewertung der Auswirkungen auf die österreichische und europäische Stromversorgung wurde das Open-Source-Energiesystemframework **IESopt** (siehe [1]) genutzt. Mit IESopt wurde ein europäisches Strommarktmodell erstellt. Es umfasst sämtliche österreichischen Wasserkraftwerke >5 MW und bildet die europäischen Energiemärkte unter Klimaszenarien der Emissionspfade **RCP 4.5** und **RCP 8.5** ab. Zusätzlich wurden Sensitivitätsszenarien berechnet, um die Rolle der Gletscher zu isolieren – darunter Simulationen mit komplett entfernten Gletschern sowie mit einem konstanten Gletschervolumen auf dem Stand von 2003.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen deutliche klimabedingte Verschiebungen der saisonalen Abfluss- und Produktionsmuster der Laufwasserkraft. Mit zunehmendem Klimawandel verschiebt sich der Abfluss verstärkt in das Frühjahr, während die Sommerabflüsse und damit die sommerliche Stromproduktion rückläufig sind. Gleichzeitig steigt die Winterproduktion durch höhere Niederschläge und veränderte Schneeregime.

¹ AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Giefinggasse 6, 1210 Wien, gerhard.totschnig@ait.ac.at, www.ait.ac.at

² Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Muthgasse 18, 1190 Wien, caroline.ehrendorfer@boku.ac.at, <https://boku.ac.at/lawi/hywa>

Um die Versorgungssicherheit in einem zunehmend wetterabhängigen Energiesystem zu bewerten, wurden zwei kritische Extremsituationen analysiert: eine Hitzeperiode und eine Dunkelflaute. Beide Stressszenarien zeigen, dass der Ausbau von Windenergie aus Systemkostensicht einen wesentlichen Beitrag zur Stabilisierung des Energiesystems im Jahr 2050 leisten kann. Darüber hinaus erweist sich die Stärkung der Flexibilitätsoptionen – insbesondere H₂-Elektrolyseure samt zugehöriger Speicher – als robust gegenüber beiden Ereignissen. In der Dunkelflaute unterstützen thermische Speicher sektorübergreifende Lastverschiebungen. Während einer Hitzeperiode hingegen, wenn sowohl Wind- als auch Wasserkrafterzeugung reduziert sind, spielen Batteriespeicher eine zentrale Rolle, um hohe PV-Einspeisung in die Abendstunden zu verschieben.

Insgesamt zeigt HyMELT-CC, dass der Klimawandel die hydrologische Grundlage der Wasserkraft deutlich verändert und damit neue Anforderungen an das zukünftige Energiesystem stellt. Die Ergebnisse liefern wichtige Grundlagen, um Anpassungsstrategien für die Wasserkraft und den Elektrizitätssektor in einem klimaneutralen Energiesystem zu entwickeln.

Referenzen

- [1] Mathew Herrnegger et al, " COSERO (HyWa Rainfall Runoff model)
<https://boku.ac.at/lawi/hywa/hywa-in-der-forschung#/faq/c342216> (Aufgerufen 20.November, 2025).
- [2] Stefan Strömer et al, "IESopt (Integrated Energy System Optimisation)",
<https://www.ait.ac.at/themen/flexibilitaet-geschaeftsmodelle/projekte/iesopt> (Aufgerufen 20.November, 2025).