

DARGELOTSABHÄNGIGKEIT DER Q(U)-REGELUNG VON LAUFWASSERKRAFTWERKEN IM ÖSTERREICHISCHEN 220-kV-NETZ

David Böhm¹, Stefan Aistleitner², Wilhelm Süßenbacher²

Motivation

In Österreich sind aktuell mehr als 6 GW Laufwasserkraftwerke in Betrieb [1]. Einige der leistungsstärksten Kraftwerke entlang von Donau, Inn und Drau schließen direkt im österreichischen Übertragungsnetz an. Aufgrund eines kontinuierlichen Durchflusses weisen sie durchschnittliche Volllaststunden im Bereich von 5.000 – 6.000 h/a auf [2].

Mit der Transformation des Energiesystems und der steigenden Komplexität in der Vernetzung unterschiedlichster energiewirtschaftlicher Akteure eröffnen sich für den Netzbetrieb neue Herausforderungen, unter anderem steigende Anforderungen im Management volatiler Spannungsverhältnisse. Insbesondere der Blackout auf der Iberischen Halbinsel vom 28.4.2025 hat gezeigt, dass eine aktive dynamische Spannungsregelung bzw. Blindleistungsbereitstellung in ausreichend hohem Umfang im Stromnetz unerlässlich ist [3].

In diesem Zusammenhang können insbesondere aktiv blindleistungsregelnde Laufwasserkraftwerke mit hoher Volllaststundenanzahl spannungsstützend wirken und die Einhaltung der zulässigen Spannungsbänder positiv unterstützen. Dies betrifft sowohl die untere als auch die obere Grenze des zulässigen Spannungsbandes.

Die EU Network Codes und Guidelines und die darauf basierenden technisch organisatorischen Regeln (TOR) geben für unterschiedliche Erzeugungsanlagen das erforderliche Mindestmaß an Blindleistungskapazität und die möglichen Blindleistungsbereitstellungsverfahren, wie beispielweise einer Q(U)-Regelung, vor [4].

Die Wirkleistungseinspeisung eines Laufwasserkraftwerkes ist direkt vom Wasserdargebot abhängig. Im TYNDP der ENTSO-E werden in Markt- und Netzsimulationen unterschiedliche Wetterdaten untersucht, um eine größere Bandbreite an möglichen Ergebnissen abzudecken. Im TYNDP 2024 wurden die Jahre 1995, 2008 und 2009 als Grundlage für die Studie festgelegt [5].

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird untersucht, welchen Beitrag Laufwasserkraftwerke zur Spannungshaltung im Übertragungsnetz liefern können. Im Fokus steht dabei die Frage, in welchem Ausmaß das Potenzial zur Blindleistungsbereitstellung dargebotsabhängig ist.

Methodik

In einem ersten Schritt wird die Dargebotsabhängigkeit der Blindleistungsbereitstellung anhand eines einzelnen Beispielkraftwerks im österreichischen 220-kV-Netz betrachtet. Hierfür wird eine AC-Lastflussberechnung mit unterschiedlichen Eingangsdaten für drei verschiedene Wetterjahre durchgeführt und das Beispielkraftwerk mit einer Q(U)-Kennlinie versehen. Die berechnete Spannung am Netzanschlusspunkt wird anschließend mit und ohne Anwendung der Regelung verglichen.

Die berechneten Knotenspannungen geben über die Q(U)-Kennlinie einen Sollwert für die Blindleistungsbereitstellung der Generatoren vor. Da diese jedoch vom verfügbaren Erzeugungsdargebot abhängt, kann der geforderte Spannungssollwert unter Umständen nicht jederzeit erreicht werden. Der Vergleich unterschiedlicher Wetterdaten soll Aufschluss über das allgemeine Potenzial von Laufwasserkraftwerken zur Blindleistungskompensation geben.

¹ Austrian Power Grid, Wagramer Straße 19 (IZD-Tower), 1220 Wien, david.boehm@apg.at, <https://www.apg.at/>

² Fachhochschule Oberösterreich, Stelzhamerstraße 23, 4600 Wels, stefan.aistleitner@students.fh-wels.at, wilhelm.suessenbacher@fh-wels.at, <https://fh-ooe.at/>

In weiterer Folge soll die Q(U)-Regelung auf weitere Kraftwerke im betrachteten Netzgebiet ausgeweitet werden. Hierfür wird die Q(U)-Regelung auf mehrere Netzknoten verteilt und untersucht, ob dies zu einer verbesserten Einhaltung des Spannungsbandes führt.

Ergebnisse

Die Untersuchung zeigt, dass die Netzspannung durch die Aktivierung der Q(U)-Regelung ausschließlich im Fall niedriger Werte angehoben wird. Die vorgegebene Spannungsobergrenze wird auch ohne Regelung nicht überschritten (siehe Abbildung 1 links). Da das Leistungsdiagramm vereinfacht als Rechteck angesetzt wurde, ergeben sich auch bei niedriger Wirkleistungseinspeisung vergleichsweise hohe Blindleistungswerte.

Abbildung 1 rechts zeigt einen Vergleich der Blindleistungseinspeisung der drei Wetterjahre 1995, 2008 und 2009. Die Blindleistungsbereitstellung ist ausschließlich spannungserhöhend (kapazitiv). In allen drei Jahren liegen ca. 75% der Werte im unteren Drittel des möglichen Wertebereichs. In keinem Zeitpunkt kommt es zur vollständigen Ausnutzung des Regelbereichs.

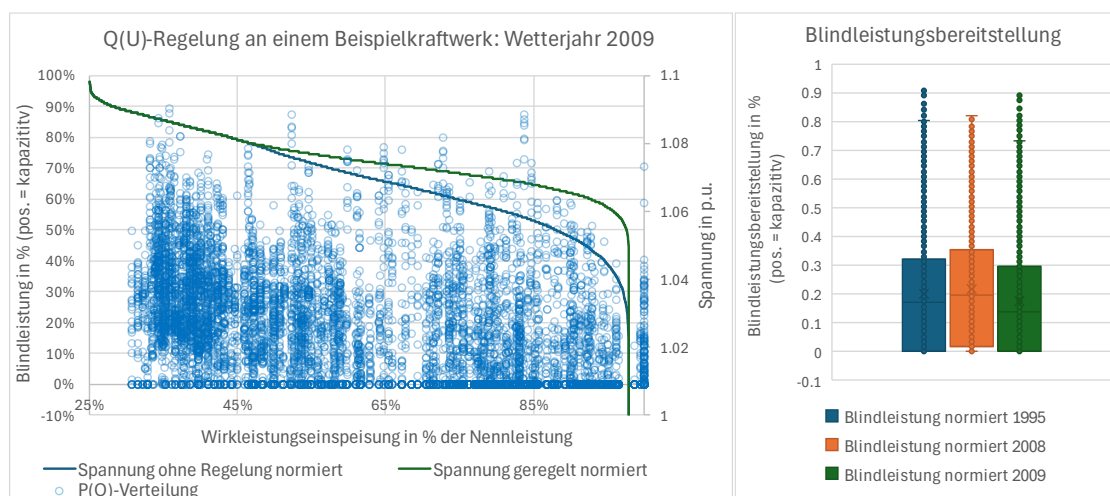


Abbildung 1: Abhängigkeit der Blindleistungsbereitstellung von der Wirkleistung und Spannungsdauerlinien mit und ohne Q(U)-Regelung (links) sowie Vergleich der Blindleistungsbereitstellung pro Jahr (rechts)

Wie in Abbildung 1 rechts ersichtlich, unterscheidet sich die Blindleistungsbereitstellung in den drei Wetterjahren 1995, 2008 und 2009 kaum. Die Volllaststunden variieren jedoch zwischen 4.776 h/a (2008) und 5.542 h/a (2009). Das lässt vermuten, dass keine signifikante Dargebotsabhängigkeit der Blindleistungsbereitstellung vorliegt.

Referenzen

- [1] Ö. Energie, „Engpassleistungsklassen in Österreich“, Österreichs Energie, 05 11 2025. [Online]. Available: <https://oesterreichsenergie.at/fakten/energiegrafiken/detailseite/engpassleistungsklassen-in-oesterreich>. [Zugriff am 05 11 2025].
- [2] V. AG, „Laufkraftwerk: alles im Fluss“, Verbund AT, 05 11 2025. [Online]. Available: <https://power.verbund.com/de/wasserkraft/laufkraftwerke/donaukraftwerke>. [Zugriff am 05 11 2025].
- [3] ENTSO-E, „Grid Incident in Spain and Portugal on 28 April 2025“, ENTSO-E, Brüssel, 2025.
- [4] E-Control, 56. Verordnung RfG Anforderungs-V, Wien: Republik Österreich, 2019.
- [5] ENTSO-E, „Implementation Guidelines for TYNDP 2024 based on 4th ENTSO-E Guideline for Cost Benefit Analysis of Grid Development Projects“, ENTSO-E, Brüssel, 2024.