

# GIS-BASIERTE POTENZIALANALYSE DER WASSERKRAFT AM BEISPIEL VON SÜDTIROL

Fabian ÖTTL(\*)<sup>1</sup>, Gernot NISCHLER(\*)<sup>1</sup>, Heinz STIGLER<sup>1</sup>

Dieter THEINER<sup>2</sup>, Armin KAGER<sup>2</sup>

## Motivation und zentrale Fragestellung

Für das Erreichen der Energie- und Umweltziele der Europäischen Union werden erneuerbare Energietechnologien vermehrt gefördert und ausgebaut. Nationale Gesetzgebung wie nationale und regionale Aktionspläne knüpfen an diesen Trend an. Bedingt durch seine Topografie und seinen Wasserreichtum ist der Alpenbogen besonders für die Nutzung der Stromerzeugung aus Wasserkraft geeignet. So bezeichnet etwa der Klimaplan der Südtiroler Landesregierung die Wasserkraft als die „wichtigste Säule“ Südtirols auf dem Weg hin zum KlimaLand [1].

Die Notwendigkeit einer Erhebung der Ausbaupotenziale der Wasserkraft wurde von der Südtiroler Elektrizitätsaktiengesellschaft (SEL AG) bereits frühzeitig erkannt, woraus in Zusammenarbeit mit dem Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation an der TU Graz eine GIS-basierte Potenzialstudie vorgenommen wurde. Neben der Lokalisierung und Quantifizierung des Jahrespotenzials ist auch die Bestimmung des Potenzials in monatlicher Auflösung Gegenstand der Untersuchung. Zusätzlich sollten Aussagen über ausschöpfbare Optimierungspotenziale bei bestehenden Wasserkraftanlagen vorgenommen und das technisch- wirtschaftliche Neuerschließungspotenzial erhoben werden. Letzteres enthält bereits die ökologischen Richtlinien des Wassernutzungsplans [2] des Landes Südtirol.

## Methodische Vorgehensweise

Basis der Untersuchungen mit ESRI ArcGIS 9.3 bilden ein digitales Höhenmodell (DHM) des Untersuchungsgebietes in einer räumlichen Auflösung von 50 x 50 m je Rasterzelle [3], Rasterdaten des langjährigen mittleren Niederschlags pro Jahr bzw. pro Monat ([4], [5]) sowie Rasterdaten der aktuellen Evapotranspiration (Verdunstung,  $ET_a$ ) ([4], [6]).

Nach einer Analyse über den Stand der Technik in hydrologischen Potenzialanalyseverfahren und der Definition der wichtigsten Potenzialbegriffe [7] kann das Jahrespotenzial je Rasterzelle bestimmt werden. Ausgehend von der vereinfachten Wasserhaushaltsgleichung, welche als die Differenz aus Niederschlag und aktueller Verdunstung definiert ist, wird der abflussrelevante Niederschlag berechnet. Die Höhendifferenz von einer Rasterzelle zur benachbarten Zelle in Fließrichtung kann aus dem Höhenmodell abgeleitet werden, wodurch die Kenngrößen Masse  $m$  und Höhe  $h$  der potenziellen Energie bekannt sind. Ergebnis ist somit ein Raster mit dem jährlichen Energiepotenzial in GWh in einer Auflösung von 50 x 50 m.

Für die Berechnung des monatlichen Potenzials muss ein Speicherglied in die Wasserhaushaltsgleichung einbezogen werden, da die Auswirkungen von Rücklagen etwa in Form von Schnee im Gegensatz zum Jahresmodell nicht vernachlässigbar sind. Die Bestimmung der speicherrelevanten Niederschlagsmenge für jede Rasterzelle erfolgt mit Hilfe eines modifizierten Temperaturindex-Verfahrens.

In beiden Modellen (Jahr, Monat), werden die modellierten Abflussmengen in einem iterativen Prozess unter Zuhilfenahme langjähriger Pegelmessreihen [8] kalibriert.

---

<sup>1</sup> Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation – TU Graz, Inffeldgasse 18, A-8010 Graz, Tel.: +43 0316 873-7907, E-Mail: [Gernot.Nischler@TUGraz.at](mailto:Gernot.Nischler@TUGraz.at), Web: [www.IEE.TUGraz.at](http://www.IEE.TUGraz.at)

<sup>2</sup> Südtiroler Elektrizitätsaktiengesellschaft, Kanonikus-Michael-Gamper Str. 9, I-39100 Bozen, Tel.: +39 0471 060 717, E-Mail: [dieter.theiner@sel.bz.it](mailto:dieter.theiner@sel.bz.it), Web: [www.sel.bz.it](http://www.sel.bz.it)

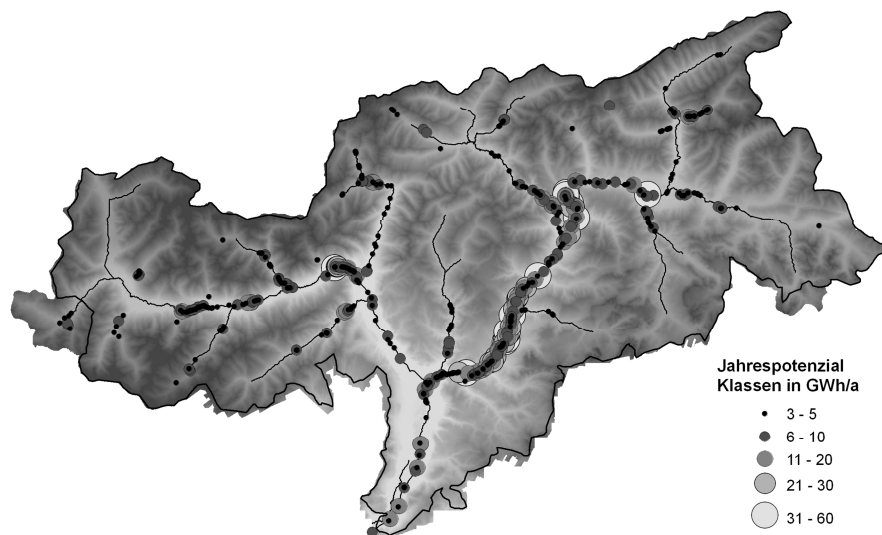
(\*) Jungautor

Für 27 Großanlagen im Untersuchungsgebiet, welche rund 80% der mittleren Jahresproduktion Südtirols bereitstellen, wird ausgehend von den Koordinaten der Wasserfassungen das bergwärts liegende Einzugsgebiet (EZG) berechnet und der abflussrelevante Niederschlag in diesem Gebiet bestimmt. Nach Berücksichtigung der Restwassermenge kann das Nettoabflusslinienpotenzial an der Wasserfassung bzw. an der Höhe der Turbinenachse aufsummiert und die mögliche Jahreserzeugung am betrachteten Standort ermittelt werden. Die Differenz aus modelliertem Jahrespotenzial multipliziert mit einem pauschalen Wirkungsgrad von 0,866 (*angelehnt an* [7]) und mittlerer jährlicher Erzeugung kann als Optimierungspotenzial für den jeweiligen Standort interpretiert werden. Eine weitere, konservativere Methode zur Berechnung des Optimierungspotenzials besteht in der Analyse des Alters der einzelnen elektromaschinellen Bauteile [9].

Um das technisch-wirtschaftliche Neuerschließungspotenzial abschätzen zu können, wird das Untersuchungsgebiet in Einzugsgebiete und diese wiederum anhand ihrer Merkmale (mittlerer Abfluss, Gefälle) in fünf Klassen unterteilt. Für jede dieser Klassen wird ein Gebietsnutzungsgrad (GNG) berechnet, welcher sich aus dem Verhältnis des bereits ausgebautem Regelarbeitsvermögen und dem modellierten Jahresproduktion ergibt. Bei letzterer fließen dabei bereits die grundlegenden ökologischen Rahmenbedingungen des Wassernutzungsplans der Südtiroler Landesregierung [2] mit ein. Der höchste GNG in der jeweiligen Klasse gilt als Referenz für alle anderen Einzugsgebiete in dieser Klasse und die zusätzlich notwendige Energie zum Erreichen dieses GNG als technisch wirtschaftliches Neuerschließungspotenzial (*angelehnt an* [7]).

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Kalibrierung des Modells erfolgt mit Hilfe langjähriger Pegelmessstationen. Deren Werte liegen, verglichen mit den simulierten Abflüssen, mit Ausnahme einiger kleiner Einzugsgebiete, innerhalb der Toleranzschwelle vergleichbarer Modelle ([10], [11]). Gleiches gilt für das monatliche Potenzial. Auch hier folgen die modellierten Abflusswerte den langjährigen Mittelwerten, mit wenigen Ausnahmen, im selben Toleranzband. Grundsätzlich wird der mittlere Abfluss und somit auch das Abflusslinienpotenzial etwas unterschätzt. Die Ursachen dafür liegen bei der hohen Sensitivität des Modells bezüglich der Eingangsdaten bzw. am nicht in die Untersuchung mit einbezogenen Gletscherverhalten, dessen Modellierung eine wesentliche qualitative Verbesserung bedeuten würde.



**Abbildung 1: Theoretisches Abflusslinienpotenzial im Untersuchungsgebiet**

Die Jahresmodellierung ergibt für Südtirol ein theoretisches Abflusslinienpotenzial von rund 20 TWh/a (Abbildung 1). Wird ein pauschaler Restwassermindestwert von 2 l/s/km<sup>2</sup> [2] berücksichtigt<sup>3</sup>, so reduziert sich das Potenzial auf ein theoretisches Abflusslinienpotenzial Netto von rund 18 TWh/a. Das Ergebnis aus der Standortanalyse einzelner Anlagen ergibt ein Optimierungspotenzial von rund 720 GWh/a, wobei bauliche, betriebliche oder elektromaschinelle Maßnahmen, zur Steigerung des

<sup>3</sup> Entsprechend der geltenden Gesetzeslage zum Zeitpunkt der Entstehung der Arbeit [12], auf welcher diese Veröffentlichung basiert.

Regelarbeitsvermögens der Anlage berücksichtigt werden. Dementsprechend wird dieses Szenario als optimistisch angesehen.

Die konservative Methode bezüglich des Optimierungspotenzials, welche auf empirischen Verbesserungswerten nach Erneuerung von elektromaschinellm Equipment basiert, fällt mit 170 GWh/a deutlich geringer aus.

Die Abschätzung des Neuerschließungspotenzials beläuft sich auf ca. 2 TWh/a, wobei es zu beachten gilt, dass einzelne Einzugsgebiete bzw. Fließstrecken für angedachte Neubauprojekte detailliert zu untersuchen und auf ihre Machbarkeit zu prüfen sind.

## Literatur

- [1] Autonome Provinz Bozen, 2011, *Energie-Südtirol-2050 KLIMA-Strategie Südtirol auf dem Weg zum KlimaLand*, Bozen.
- [2] Autonome Provinz Bozen, 2010. *Wassernutzungsplan für die Autonome Provinz Bozen*, Bozen.
- [3] Amt für raumbezogene und statistische Informatik, 2010, Digitales Höhenmodell 50mx50m, Bozen.
- [4] Institut für Geographie, Universität Innsbruck, *Tirol Atlas*, <http://tirolatlas.uibk.ac.at>.
- [5] Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., & Jarvis, A., 2005, <http://worldclim.org>.
- [6] Trabucco, A., 2010, *Global Soil Water Balance Geospatial Database*, <http://www.cgiar-csi.org>.
- [7] Pöyry, 2008, *Wasserkraftpotenzialstudie*, Studie von Pöyry Energy GmbH im Auftrag des VEÖ, Wien.
- [8] Hydrographisches Amt Provinz Bozen, 2010, Durchflussmessdaten, Bozen.
- [9] Laufer, F., Grötzinger, S., Peter, M., & Schmutz, A., 2004, *Ausbaupotenzial der Wasserkraft*, Studie im Auftrag des BFE, Bern.
- [10] Bundesanstalt für Gewässerkunde, 2003, *Wasserhaushaltsverfahren zur Berechnung vieljähriger Mittelwerte der tatsächlichen Verdunstung und des Gesamtabflusse*, Koblenz.
- [11] Fecht, M., Höfle, B., Starnberger, R., & Kaser, G., 2004, *Eine Karte der aktuellen Verdunstung für das Tirol Atlas Gebiet anhand von Landnutzungs- und Vegetationsdaten*, Innsbruck.
- [12] Öttl, F., 2011, *GIS-basierte Potenzialerhebung der Wasserkraft am Beispiel von Südtirol*, IEE TU Graz