

# Potenzialstudie Wasserkraft Steiermark

DI Thomas Geisler, DI Dr. Johannes Wellacher

Energie Steiermark AG, Leonhardgürtel 10, 8010 Graz, +43(0)316/9000-50861  
thomas.geisler@e-steiermark.com, www.e-steiermark.com

**Kurzfassung:** Gemäß der im Auftrag von Oesterreichs Energie durchgeführten Wasserkraftpotenzialstudie aus dem Jahr 2008 verfügt die Steiermark über ein beträchtliches Wasserkraft-Restpotenzial. Um ökologische Einschränkungen zum Schutz der Natur und des Landschaftsbildes, insbesondere aufgrund der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, zu berücksichtigen, hat die Energie Steiermark AG eine weiterführende Studie zur Ermittlung des realisierbaren Wasserkraftpotenziales begonnen. Als Teil der „Energiestrategie Steiermark 2025“ der Steiermärkischen Landesregierung sollen dabei jene Gewässerabschnitte definiert werden, die für den weiteren Ausbau der Wasserkraft unter Berücksichtigung von umfassenden ökologischen Kriterien geeignet sind.

**Keywords:** Steiermark, Wasserkraftausbau, Linienpotenzial

## 1 Einführung

Die Steiermark ist mit einer Fläche von 16.401 km<sup>2</sup> und einer Bevölkerung von rund 1,21 Millionen das zweitgrößte österreichische Bundesland. Gemäß den Aufzeichnungen der zuständigen Fachabteilungen des Landes waren in der Steiermark Ende 2009 619 Wasserkraftanlagen in Betrieb. Die Erzeugung betrug im Jahr 2009 insgesamt 3.359 GWh „grünen“ Strom, dies entspricht einem Anteil von 36 Prozent am Stromendverbrauch von 9.448 GWh. Mit 1.006 GWh entfiel dabei fast ein Drittel der gesamten Wasserkraftproduktion auf die Kleinwasserkraft (maximale Leistung kleiner 10 MW).

### 1.1 Ausbauziele

Um Österreichs Klima- und Energieziele erreichen zu können, ist die Errichtung weiterer Erzeugungskapazitäten im Bereich der Wasserkraft erforderlich. So sieht die nationale Energiestrategie bis zum Jahr 2020 österreichweit eine Steigerung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Umfang von insgesamt 7,8 TWh/a vor. Den größten Anteil soll dabei die Wasserkraft mit einem weiteren Ausbau von 3,5 TWh/a übernehmen [1]. Gemäß einer im Auftrag von Oesterreichs Energie durchgeführten Studie aus dem Jahr 2008 beträgt das unter technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten ermittelte Restpotenzial der Wasserkraft in Österreich etwa 12,8 TWh/a [2]. Demnach müssen österreichweit rund 27 Prozent des noch vorhandenen Restpotenziales bis zum Jahr 2020 aktiviert werden, um die Vorgaben der nationalen Energiestrategie erfüllen zu können.

Rund 2,1 TWh/a bzw. 16 Prozent des österreichweit ermittelten Restpotenziales entfallen nach Ausschluss hochsensibler Gewässerabschnitte (Weltkulturerbe, Nationalparke) auf die Steiermark, woraus sich als Zielvorgabe für das Jahr 2020 ein Erzeugungszuwachs von 560 GWh/a ergibt. Ein ambitionierteres Ziel formuliert der steirische Klimaschutzplan, der bis zum Jahr 2020 von einer zusätzlichen Stromaufbringung aus Wasserkraft im Ausmaß von 760

GWh/a ausgeht, wobei rund 670 GWh/a durch eine Erweiterung des Kraftwerksparks und 94 GWh/a durch Revitalisierung und Ertüchtigung von Kleinwasserkraftwerken gewonnen werden sollen [3].

Das angeführte Restpotenzial von 2,1 TWh/a berücksichtigt noch keine Hemmnisse aus Gründen der Gewässerökologie oder des Natur- und Landschaftsschutzes und kann daher keinesfalls dem tatsächlich ausbaubaren Wasserkraftpotenzial gleichgesetzt werden. Die Energie Steiermark AG hat daher im Herbst 2010 beschlossen, das Wasserkraftpotenzial der Steiermark unter Berücksichtigung aller bekannten Einschränkungen neu zu bewerten. Dabei sollten insbesondere die rechtlichen Vorgaben aus der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) berücksichtigt werden, um jene Gewässerabschnitte zu finden, die für den weiteren Ausbau der Wasserkraft aus heutiger Sicht geeignet sind.

## 1.2 Rechtliche Vorgaben

Die EU-WRRL trat im Dezember 2000 mit dem Ziel in Kraft, bis zum Jahr 2015 einen guten ökologischen Zustand aller Gewässer innerhalb der EU zu erreichen. Alle Gewässer wurden anhand ihres biologischen und chemischen Zustandes in einheitliche Abschnitte („Wasserkörper“) unterteilt. Um den Zustand der Wasserkörper und die daraus abzuleitenden Maßnahmen an die Europäische Kommission und die Öffentlichkeit zu berichten, wurden die Mitgliedsländer der EU alle sechs Jahre zur Ausarbeitung von Gewässerbewirtschaftungsplänen verpflichtet. Österreichs erster „Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan“ (NGP) wurde im April 2010 veröffentlicht [4] und beinhaltet detaillierte Angaben zum Zustand sämtlicher Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet über 10 km<sup>2</sup> (Tabelle 2).

Gemäß dem NGP sollten bis 2010 bundesweit Kriterien für die Bewertung von Wasserkraftprojekten bzw. von Gewässerabschnitten hinsichtlich ihrer Eignung für die Wasserkraftnutzung unter Berücksichtigung energiewirtschaftlicher, ökologischer und sonstiger wasserwirtschaftlicher Rahmenbedingungen festgelegt werden. Dieser Kriterienkatalog liegt derzeit erst im Entwurf vor [5]. In weiterer Folge ist als wesentliche Planungsgrundlage für den weiteren Wasserkraftausbau die Erstellung von Rahmenplänen oder Regionalprogrammen durch die Bundesländer vorgesehen.

Falls durch ein Wasserkraftprojekt eine Verschlechterung des ökologischen Zustandes zu erwarten ist, kann eine wasserrechtliche Genehmigung nur dann erteilt werden, wenn (1) alle praktikablen Vorkehrungen getroffen werden, um die negativen Auswirkungen auf den Zustand des Wasserkörpers zu mindern, (2) die Errichtung der Anlage von übergeordnetem öffentlichen Interesse ist und (3) die nutzbringenden Ziele aus Gründen der technischen Durchführbarkeit oder aufgrund unverhältnismäßiger Kosten nicht durch andere Mittel, die eine wesentlich bessere Umweltoption darstellen, erreicht werden können.

Umweltschutzorganisationen bestreiten das übergeordnete öffentliche Interesse an der Wasserkraftnutzung und fordern, den weiteren Ausbau auf ökologisch geringwertige Gewässerabschnitte zu begrenzen. Gemäß den Kriterien des WWF Österreich trifft dies auf rund 13 Prozent der österreichischen Fließgewässer zu [6]. Das Wasserkraftpotenzial dieser bedingt oder gering schutzwürdigen Gewässerabschnitte wird in Abhängigkeit von den erzielbaren Volllaststunden mit 2.700 bis 3.560 GWh/a abgeschätzt, wobei nur Potenziale an

Fließgewässern mit einem Einzugsgebiet größer 500 km<sup>2</sup> und Grenzstrecken mit 50 % Prozent ermittelt wurden [7].

### 1.3 Zustand der steirischen Fließgewässer

Gemäß dem NGP weisen 34 Prozent der steirischen Fließgewässer einen sehr guten oder guten ökologischen Zustand auf (Tabelle 1). Der Zustand dieser Gewässerabschnitte ist beizubehalten, während die restlichen 66 Prozent bis zum Jahr 2015 in einen guten ökologischen Zustand übergeführt werden müssen. Eine Fristerstreckung bis zum Jahr 2027 ist möglich, wenn eine raschere Zielerreichung aus Gründen der technischen Durchführbarkeit, aufgrund unverhältnismäßig hoher Kosten oder aufgrund der natürlichen Gegebenheiten nicht möglich ist.

Ökologischer Zustand	Gewässerstrecken (GS)		Gesamtlänge der Wasserkraftnutzung (WK)			Stau (% von WK)	Nutzung: Ausleitung (% von WK)	Schwall (% von WK)
	(km)	(%)	(km)	(% von GS)	(% von WK)			
(-)								
Sehr gut (1)	942	15	22	2,3	1,9	0,04	1,8	-
Gut (2)	1.239	19	98	7,9	8,4	0,1	7,7	-
Mäßig (3)	3.404	53	672	20	58	7,6	48	-
Unbefriedigend (4)	737	12	366	50	31	16	13	1,8
Schlecht (5)	19	0.3	7,4	40	0,6	0,2	0,4	3,6
Nicht beurteilt (-1)	54	0.8	2,5	4,6	0,2	0,1	0,1	-
Summe	6.395	100	1.168	18	100	24	70	5,5

Tabelle 1: Ökologischer Zustand der steirischen Fließgewässer (mit Anteil der Wasserkraftnutzung).

Tabelle 1 zeigt, dass insgesamt rund 18 Prozent der steirischen Fließgewässer durch Wasserkraftwerke genutzt werden. Davon weisen etwa 90 Prozent einen schlechteren als den guten Zustand auf, wogegen knapp 10 Prozent im guten oder sehr guten Zustand sind. Die Ziele der EU-WRRL können somit auch in durch Wasserkraft genutzten Gewässern erreicht werden, sofern geeignete Maßnahmen (beispielsweise entsprechend hohe Restwasserdotationen bei Ausleitungskraftwerken) getroffen werden.

Die Ergebnisse für die Steiermark stimmen mit der Gesamtsituation in Österreich gut überein: Bundesweit verfehlen derzeit 63 Prozent aller Fließgewässer den Zielzustand, der Anteil der Wasserkraftnutzung beträgt rund 13 Prozent.

## 2 Methodik

### 2.1 Allgemeiner Ansatz

In der Vergangenheit wurde das Wasserkraftpotenzial der Steiermark meist anhand der Standortmethode ermittelt, bei der konkrete Ausbaumöglichkeiten an vorhandenen und/oder neu zu errichtenden Kraftwerksstandorten betrachtet werden [8]. Mittelweile wird zur Bestimmung von Wasserkraftpotenzialen größerer Regionen üblicherweise das theoretisch vorhandene Abflusslinienpotenzial mit Hilfe geografischer Informationssysteme (GIS) aus digital vorliegenden Daten ermittelt [9][10].

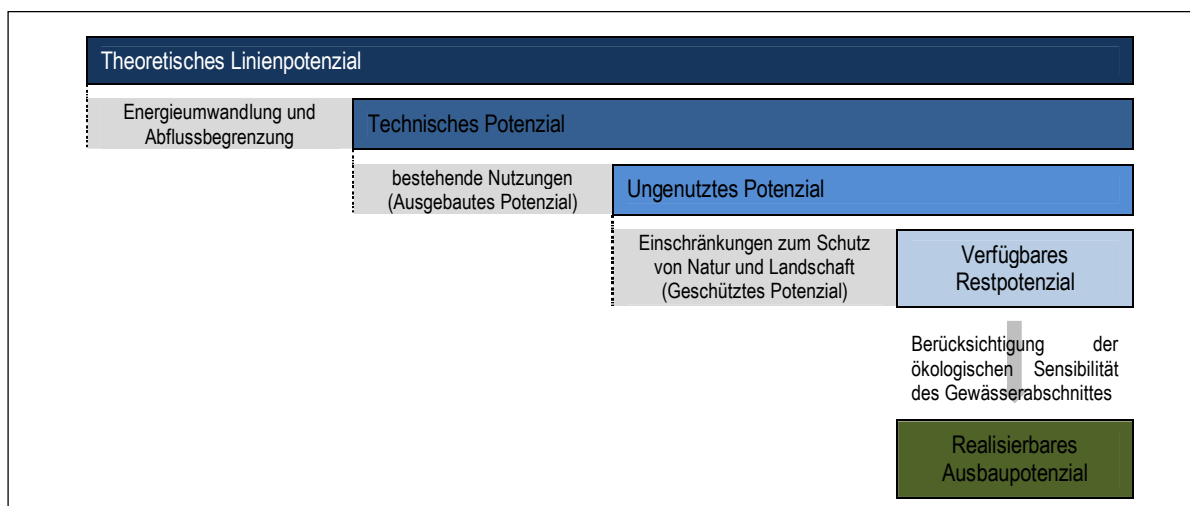


Abbildung 1: Ermittlung des realisierbaren Ausbaupotenziales

Das realisierbare Ausbaupotenzial ergibt sich dabei durch fortlaufende Reduktion des theoretisch vorhandenen Linienpotenziales gemäß technischer, wirtschaftlicher, ökologischer und rechtlicher Randbedingungen (Abbildung 1).

Um die Linienpotenzial-Methode anwenden zu können, muss das Gewässernetz in kleinere Abschnitte mit annähernd gleichbleibendem Abfluss und Gefälle eingeteilt werden. Das theoretische Linienpotenzial ergibt sich dann aus dem mittleren Jahresabfluss  $MQ$  und dem vorhandenen Gefälle  $\Delta H$  innerhalb des betrachteten Abschnittes:

$$P_{theoretisch} \text{ (kW)} = MQ \text{ (m}^3\text{/s)} \cdot \Delta H \text{ (m)} \cdot g \text{ (9,81 m/s}^2\text{)} \text{ für Leistung}$$

$$E_{theoretisch} \text{ (kWh/a)} = P_{theoretisch} \cdot T \text{ (8.760 h/a)} \text{ für Arbeit bzw. Energie}$$

Das technische Potenzial umfasst jene elektrische Energie, die mit einem Wasserkraftwerk innerhalb eines Jahres im betrachteten Gewässerabschnitt erzeugt werden kann. Es ist stets kleiner als das theoretische Potenzial und kann wie folgt abgeschätzt werden:

$$E_{technisch} \text{ (kWh/a)} = E_{theoretisch} \cdot NG_{Anlage} \text{ (0,87)} \cdot NG_{Gebiet}$$

Der Anlagennutzungsgrad beinhaltet sämtliche Verluste der Energieumwandlung und kann nach [2] pauschal mit 0,87 abgeschätzt werden. Der Gebietsnutzungsgrad berücksichtigt den Ausbaugrad der Anlage in Abhängigkeit von der Abflussdauerlinie und wird gebietsweise durch Vergleich des bereits ausgebauten Regelarbeitsvermögens mit dem theoretischen Potenzial ermittelt.

Das technische Potenzial wird durch bestehende Kraftwerke und/oder Schutzgebiete, die einen Wasserkraftausbau generell verbieten, eingeschränkt. Für das verfügbare Restpotenzial wird das technische Potenzial gemäß der Länge der ausgebauten bzw. geschützten Teilstrecken innerhalb des betrachteten Gewässerabschnittes weiter reduziert:

$$E_{verfügbar} \text{ (kWh/a)} = E_{technisch} \cdot (1 - (L_{ausgebaut} + L_{geschützt}) / (L_{Abschnitt}))$$

Die ausgebaute Teilstrecke kann sich dabei aus Stau-, Ausleitungs- und Eintiefungstrecken zusammensetzen. Letztere stellen im Sinne der EU-WRRRL keine Gewässerbelastung dar und sind daher im NGP nicht dargestellt, auch wenn sie bei der Ermittlung des bereits ausgebauten Potenzials selbstverständlich zu berücksichtigen sind.

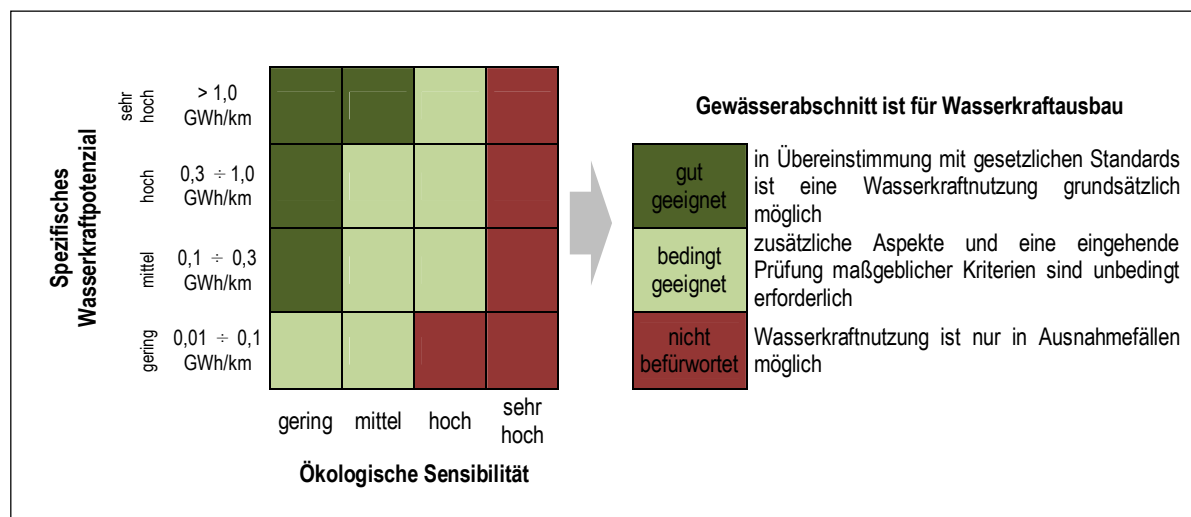


Abbildung 2: Beurteilungsschema zur Berücksichtigung der ökologischen Sensibilität

Für die abschließende Bewertung hinsichtlich eines weiteren Wasserkraftausbaues wurde ein von der Alpenkonvention ursprünglich für die Kleinwasserkraftnutzung im Alpenraum entwickeltes Schema verwendet [11], das den energetischen Nutzen des betrachteten Gewässerabschnittes der ökologischen Sensibilität gegenüberstellt (Abbildung 2). Die Bewertung der ökologischen Sensibilität beruht auf den Kriterien des WWF Österreich für den „Ökomasterplan“, wobei die Zuweisung der Kriterien auf die einzelnen Klassen adaptiert wurde (Tabelle 2). Die Kriterien greifen auf Datensätze des NGP zurück und ermöglichen dadurch eine Bewertung größerer Flussgebiete, was einen großen Vorteil gegenüber dem in Ausarbeitung befindlichen Kriterienkatalog des Bundes oder jenem der Tiroler Landesregierung [12] darstellt.

Das realisierbare Ausbaupotenzial umfasst letztendlich alle Gewässerabschnitte, die für einen weiteren Wasserkraftausbau gut oder bedingt geeignet sind und hinsichtlich ihres verfügbaren Leistungs- und Arbeitspotenziales bestimmte Mindestanforderungen erfüllen.

Ökologische Sensibilität	Kriterium
geschützt (Potenzialreduktion)	Lage in einem Schutzgebiet, das jegliche Nutzung der Wasserkraft ausschließt (Ramsar-Gebiete, Nationalparke, Geschützte Landschaftsteile, Naturdenkmäler)
sehr hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr guter ökologischer oder hydromorphologischer Zustand oder</li> <li>- Lage in einem Schutzgebiet, das eine Nutzung der Wasserkraft unter bestimmten Voraussetzungen zulässt (Natura 2000 Gebiete, Landschaftsschutzgebiete, Naturparke) oder</li> <li>- Lage in einer freien Fließstrecke von hoher Bedeutung (Forellenregion <math>\geq</math> 5km, Äschenregion <math>\geq</math> 25km, Barbenregion <math>\geq</math> 50km)</li> </ul>
hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- guter ökologischer oder hydromorphologischer Zustand oder</li> <li>- Lage in einer freien Fließstrecke von geringerer Bedeutung (Forellenregion <math>\geq</math> 2km, Äschenregion <math>\geq</math> 5km, Barbenregion <math>\geq</math> 10km)</li> </ul>
mittel	mäßiger ökologischer Zustand
gering	ökologischer Zustand schlechter als mäßig

Tabelle 2: Kriterien zur Bewertung der ökologischen Sensibilität

## 2.2 Umsetzung mit GIS

Geoinformationen bilden die Basis für Planungen, Maßnahmen und Entscheidungen in der Wasser- und Energiewirtschaft. Für ihre Erfassung, Verarbeitung und Verwaltung werden Geographische Informationssysteme (GIS) verwendet, deren Einsatzgrenzen von der Qualität und Quantität der verwendeten Daten bestimmt werden. Für die vorliegende Untersuchung wurden die in Tabelle 3 angeführten Datensätze mit handelsüblicher Software (ArcGIS 9.3.1, Spatial Analyst Toolbox, Arc Hydro Tools) bearbeitet.

Datensatz	Beschreibung	Quelle
Digitales Geländemodell (DGM)	10x10m-Repräsentation der Erdoberfläche, abgeleitet aus Luftbildaufnahmen; Höhengenaugigkeit 1 ÷ 25m, abhängig von der Bodenbedeckung	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV)
Abfluss	Jahresmittelwerte an Pegelmessstellen in und außerhalb der Steiermark, abgeleitet aus Tagesmittelwerten der Jahre 1971 bis 2000	Hydrografischer Landesdienst
Gewässernetz	Berichtsgewässernetz des Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplanes (NGP), eingeteilt in Teilabschnitte ≤ 500m	
Gewässerzustand	chemischer, hydromorphologischer und ökologischer Zustand der Gewässerkörper (NGP), einschließlich Sicherheit der Zustandsbewertung	Umweltbundesamt (UBA)
Fischregionen	Zonierung des Gewässernetzes basierend auf den charakteristisch vorkommenden Fischarten Forelle, Äsche, Barbe und Brachse (NGP)	
Querbauwerke	Unterbrechungen des Fließgewässerkontinuums einschließlich Passierbarkeit für Fische, abgeleitet aus Begehungen (NGP)	Steiermärkische Fachabteilung für Wasserwirtschaft
Wasserkraftnutzung	Stau- Ausleitungs- und Schwallstrecken im Gewässernetz, abgeleitet aus Begehungen und Luftbilddaten (NGP)	
Schutzgebiete	Gebiete zum Schutz der Natur oder Landschaft von europäischer, nationaler oder regionaler Bedeutung (Natura 2000 Gebiete, RAMSAR-Gebiete, Nationalparke, Geschützte Landschaftsteile, Naturdenkmäler, usw.)	Steiermärkische Fachabteilung für Naturschutz
Lufttemperatur	Durchschnittliche Jahrestemperatur, abgeleitet aus Beobachtungen der Jahre 1971 bis 2000, interpoliert auf ein 250x250m-Raster	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)
Globalstrahlung	Durchschnittliche Globalstrahlung auf realer Fläche im Jahr, abgeleitet aus Beobachtungen der Jahre 1971 bis 2000, interpoliert auf ein 250x250m-Raster	

Tabelle 3: Verwendete GIS-Datensätze

Zu Beginn wird aus dem digitalen Geländemodell der Verlauf der natürlichen Fließwege ermittelt, indem für jede Rasterzelle die Hauptabflussrichtung aus den Höhenlagen der benachbarten Zellen bestimmt wird. Die Qualität der Ergebnisse hängt dabei wesentlich vom vorhandenen Abflussgradienten und damit von der Geländetopografie ab. In Bereichen ohne ausgeprägtes Relief kann es daher zu Abweichungen vom tatsächlichen Gewässerverlauf kommen, wie in Abbildung 3 auf der nächsten Seite beispielsweise im Teilabschnitt 77.788 ersichtlich.

Abweichungen der natürlichen Fließwege gibt es auch zum Berichtsgewässernetz des NGP, da dieses aus bestehenden Karten digitalisiert wurde und daher nur selten mit dem tatsächlichen Verlauf der Gewässer übereinstimmt. Um die ursprünglich für die hydromorphologische Zustandsbewertung entwickelte Abschnittseinteilung des Umweltbundesamtes verwenden zu können, müssen die vorhandenen Teilungspunkte daher entlang der natürlichen Fließwege neu angeordnet werden. Anschließend kann für jeden Teilabschnitt das vorhandene Gefälle aus der Höhendifferenz der zugehörigen Teilungspunkte ermittelt werden.



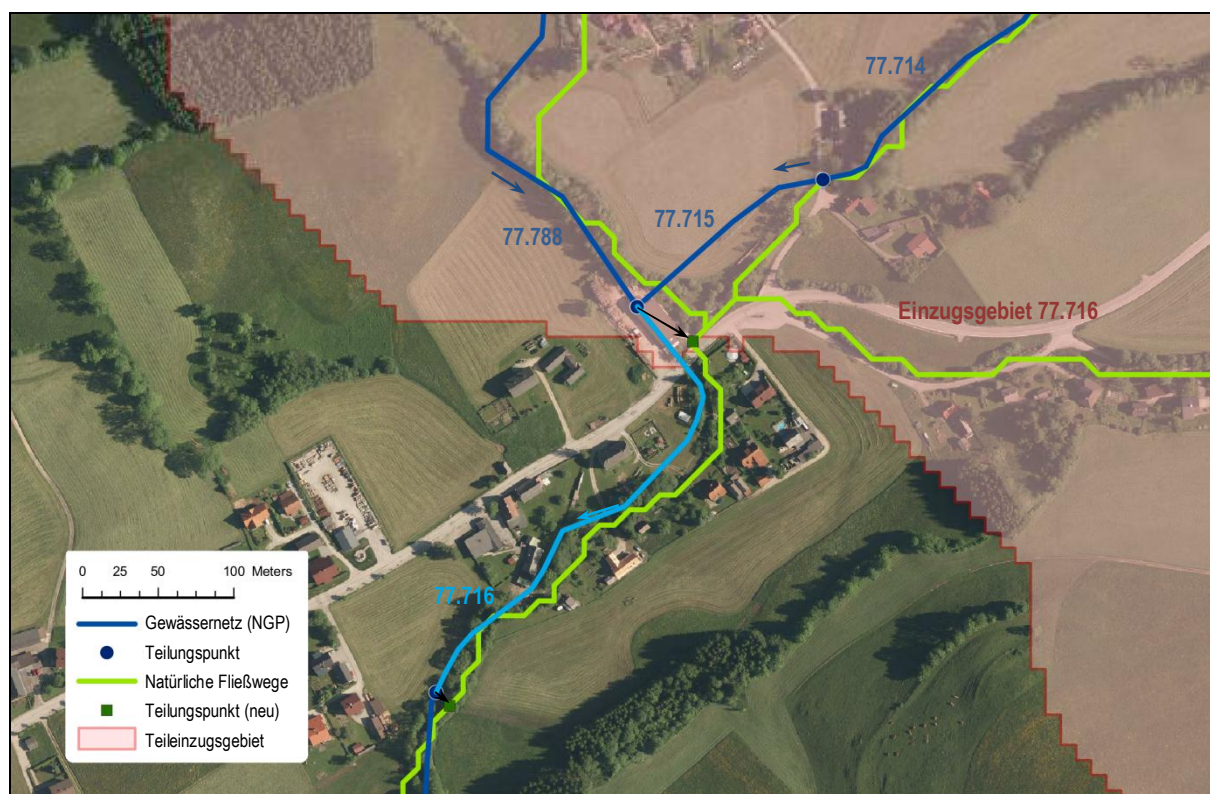


Abbildung 3: Gewässernetz des NGP, natürliche Fließwege und tatsächlicher Verlauf der Gewässer

Eine besondere Herausforderung bei der Anwendung der Linienpotenzial-Methode ist die Abschätzung der mittleren Jahresabflüsse im Gewässernetz. Zu diesem Zweck wurden von der TU Graz vier unterschiedliche Regressionsmodelle entwickelt, die den mittleren Jahresabfluss in jedem Teilabschnitt anhand ausgewählter Eigenschaften des zugehörigen Einzugsgebietes ermitteln [13]. Die Regressionsgleichungen wurden an 201 Pegelstationen durch Vergleich der gemessenen Abflusswerte mit topografischen und klimatologischen Parametern der Einzugsgebiete bestimmt. Die Anpassungsgüte der Vorhersagewerte ist für alle Regressionsmodelle recht gut (adjustiertes Bestimmtheitsmaß  $96,0 \div 97,4$  Prozent), einzelne Vorhersagen können allerdings vor allem bei kleineren Abflüssen erheblich von den Beobachtungen abweichen (geschätzte Standardabweichung =  $1,84 \div 2,15 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Die Berechnung des technischen Potenzials umfasst 1) die Abgrenzung des Einzugsgebietes für den flussauf gelegenen Teilungspunkt jedes Abschnittes, (2) die Berechnung der zugehörigen Einzugsgebietsparameter für die Regression, (3) die Auswahl der am besten geeigneten Vorhersagewerte aus den vier Regressionsmodellen, (4) die Korrektur der Abflussvorhersagewerte bei Abweichungen der natürlichen Fließwege vom Berichtsgewässernetz und (5) die Berücksichtigung der angeführten Anlagen- und Gebietsnutzungsgrade. Das verfügbare Restpotenzial ergibt sich letztlich aus der Reduktion des technischen Potenzials anhand der Längen bereits ausgebaute oder gesetzlich geschützte Strecken innerhalb des betrachteten Teilabschnittes.

Anschließend wird das verfügbare Restpotenzial der einzelnen Teilabschnitte in für einen weiteren Wasserkraftausbau „gut geeignete“ bzw. „geeignete“ Abschnitte unterteilt und unter Berücksichtigung von bestimmten Mindestanforderungen (Leistungs- und Energiepotenzial) zusammengefasst.

## 2.3 Einschränkungen

Aus methodischen Gründen kann nur die Erzeugung in Laufwasserkraftwerken untersucht werden. Zusätzliche Effekte durch mögliche (Pump-)Speicherung bleiben unberücksichtigt, können aber durch die Modellierung der jahreszeitlichen Abflussverteilung miteinbezogen werden [14]. Potenziale durch Überleitungen in andere Einzugsgebiete wurden ebenfalls nicht betrachtet.

Die verwendeten Datensätze stellen den Stand vor der Veröffentlichung des NGP dar. In der Zwischenzeit kann sich der ökologische Zustand von Gewässerabschnitten mit unsicherer Beurteilung aufgrund zusätzlicher Untersuchungen verbessert haben, was sich auf das realisierbare Ausbaupotenzial mindernd auswirkt.

## 3 Ergebnisse

Mit der Studie wurde im Einzugsgebiet der Mürz begonnen, um die Ergebnisse mit einer Fallstudie der TU Graz, die im Rahmen von SHARE (Sustainable Hydropower in Alpine Rivers Ecosystems, [www.share-alpinerivers.eu](http://www.share-alpinerivers.eu)) erstellt wurde, vergleichen zu können. Die Zielsetzung von SHARE ist die Entwicklung, Prüfung und Förderung eines Entscheidungsfindungssystems, um die Anforderungen von Flussökosystemen und denen der Wasserkraftnutzung in Einklang zu bringen.

### 3.1 Pilotregion Mürzgebiet

Die Mürz entspringt rund 30 km nördlich von Mürzzuschlag (Geburtsort von Viktor Kaplan, dem Erfinder der gleichnamigen Turbine) am Zusammenfluss von Kalter und Stiller Mürz und fließt nach etwa 84 km bei Bruck in die Mur (Abbildung 4). Die wichtigsten Eigenschaften des Einzugsgebietes sind in Tabelle 4 zusammengefasst.



Abbildung 4: Lage der Pilotregion innerhalb der Steiermark



Fläche	1.505 km <sup>2</sup>
Mittlere Seehöhe	1.063 m
Höchster Punkt	2.277 m (Hochschwab)
Tiefster Punkt	478 m (Bruck/Mur)
Mittlere Jahrestemperatur	5,1 °C
Mittlerer Jahresniederschlag	1.160 mm
Beobachtete Jahresmittlabflüsse	0,14 m <sup>3</sup> /s (Haringbach in Tragöß) ÷ 25,5 m <sup>3</sup> /s (Mürz in Bruck/Mur)
Länge des Berichtsgewässernetzes	450 km (2 % unter 500 m Seehöhe, 39 % über 800 m Seehöhe)
Zustand der Fließgewässer	1: 65 km (14 %), 2: 86 km (19 %), 3: 240 km (53 %), 4: 59 km (13 %), 5: -
Anzahl der Wasserkörper	107, unterteilt in 1.003 Abschnitte ≤ 500 m Länge
Anzahl der Querbauwerke	3.020, davon 58 (1,9 %) durch Wasserkraftwerke und unpassierbar für Fische

Tabelle 4: Eigenschaften des Mürz-Einzugsgebietes

### 3.2 Wasserkraftpotenziale

Gemäß der zuständigen Fachabteilung des Landes waren Ende 2009 63 Wasserkraftanlagen im Einzugsgebiet der Mürz in Betrieb, wobei das älteste Wasserrecht auf das Jahr 1844 zurückgeht. Die durchschnittliche Jahreserzeugung in der Region beträgt rund 165 GWh (Tabelle 5), was einem Anteil von knapp 5 Prozent der gesamten steirischen Wasserkraftproduktion entspricht. Viele Wasserkraftwerke versorgen Industrie- und Gewerbebetriebe, die einst das Eisenerz vom nahegelegenen Erzberg verarbeiteten. Wie sorgfältig die Betriebe entlang der Gewässer platziert wurden, zeigt ein Vergleich zwischen den Kraftwerksstandorten und der Lage von Gewässerabschnitten mit hohem spezifischem Leistungspotenzial (Abbildung 5). Heutzutage ist das Einzugsgebiet der Mürz vergleichsweise intensiv durch Wasserkraftwerke genutzt, was den Ausbau des verbleibenden Potenzials in der Region technisch/wirtschaftlich deutlich aufwendiger macht.

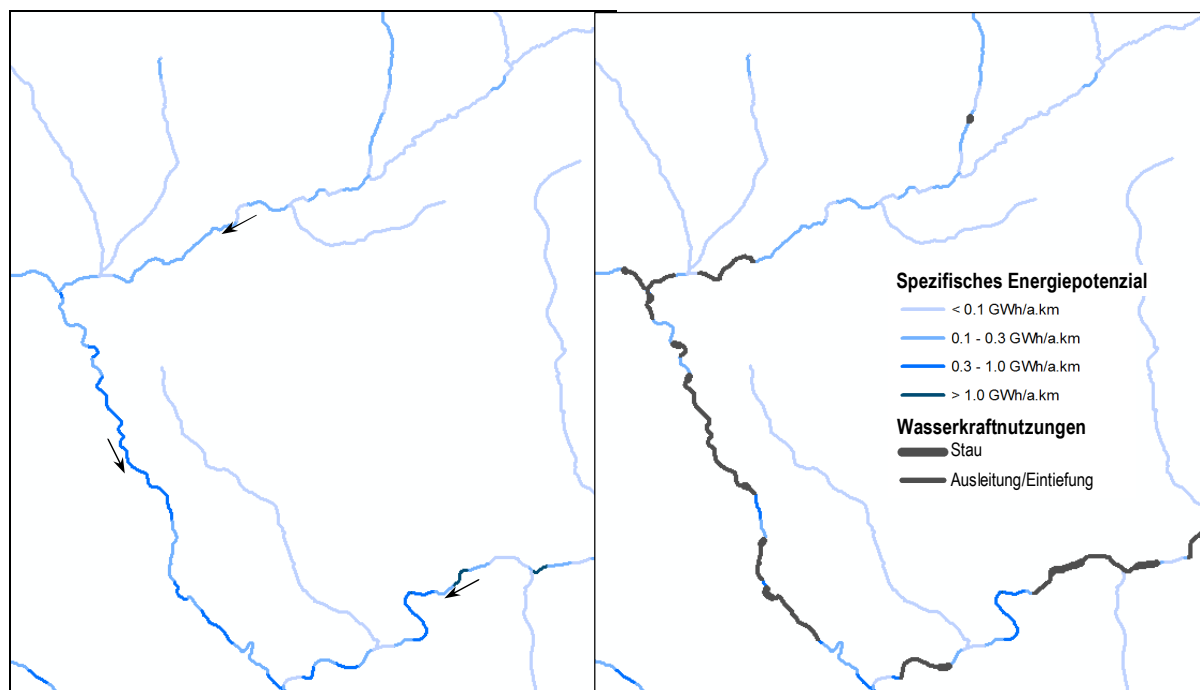


Abbildung 5: Beispielhafter Vergleich zwischen Energiepotenzial und Kraftwerksstandorten

Die Anwendung der Linienpotenzial-Methode im Einzugsgebiet der Mürz ergibt ein theoretisches Potenzial von etwa 820 GWh/a, wovon etwa 442 GWh/a oder 54 Prozent technisch genutzt werden können (Tabelle 5). Bestehende Wasserkraftnutzungen und

gesetzlich geschützte Gewässerabschnitte reduzieren das technische Potenzial um 175 GWh/a bzw. 3 GWh/a. Vom verbleibenden Restpotenzial von 264 GWh/a liegen 89 GWh/a bzw. 37 Prozent in Gewässerabschnitten, in denen ein weiterer Wasserkraftausbau bei Berücksichtigung von ökologischen Kriterien derzeit nicht befürwortet wird. Das realisierbare Ausbaupotenzial beträgt demnach rund 175 GWh/a, wovon aber nur 28 GWh/a in für einen weiteren Ausbau gut geeigneten Gewässerabschnitten liegen. Werden zusätzlich Mindestkriterien für das Leistungs- bzw. Energiepotenzial herangezogen, ergeben sich letztlich 3 neue Kraftwerksstandorte in gut geeigneten Gewässerabschnitten mit einer Gesamterzeugung von 16 GWh/a.

Potenzial	Gewässernetz		Leistung			Arbeit (A)				Lage entlang	
	(km)	(%)	(MW)	(GWh/a)	(%)	Mürz (84 km)	(% von A)	Seitenbäche (367 km)	(% von A)		
(-)						(GWh/a)		(GWh/a)			
Theoretisch	450	100	93,6	820	100	315	38	505	62		
Technisch	450	100	81,4	442	54	222	50	220	50		
- Ausgebaut	-60	-13	-28,1	-175	-21	-136	78	-39	22		
(- Ausgebaut*)	-	-	(37,1)	(165)	(-20)	(141)	(85)	(24)	(15)		
- Geschützt	-2	< 0,01	-0,6	-3	< 0,01	-3	94	-0,2	6		
Verbleibend	387	86	53,9	264	32	81	31	183	69		
- nicht befürwortet	-142	32	-16,9	-89	11	-36	40	-53	60		
Realisierbar	245	54	36,0	175	21	45	26	130	74		
+ <i>bedingt</i>	232	32	31,6	147	18	20	14	127	86		
<b>(8 Standorte)</b>	<b>23</b>	<b>5,1</b>	<b>7,8</b>	<b>41</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>44</b>	<b>23</b>	<b>56</b>		
+ <i>gut</i>	13	2,1	4,4	28	3	25	89	3	11		
<b>(3 Standorte)</b>	<b>6,5</b>	<b>1,4</b>	<b>2,3</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		

\*) gemäß Anlagendaten

Tabelle 5: Wasserkraftpotenziale im Einzugsgebiet der Mürz

### 3.3 Vergleich mit anderen Untersuchungen

Im Jahr 1979 gab die STEWEAG, ein Vorläufer der Energie Steiermark AG, eine Studie zur Ermittlung des noch verfügbaren Wasserkraftpotenzials der Steiermark in Auftrag [8]. An der Technischen Universität Graz wurden daraufhin 66 Neu- und 3 Umbauprojekte mit einem geschätzten Regelarbeitsvermögen von etwa 2.260 GWh/a entwickelt, davon 3 Projekte mit rund 108 GWh/a im Einzugsgebiet der Mürz. Nur wenige der vorgeschlagenen Kraftwerksstandorte wurden seitdem umgesetzt bzw. sind aus heutiger Sicht noch genehmigungsfähig. Interessanterweise deckt sich das Potenzial der TU-Studie weitgehend mit den Ergebnissen der Wasserkraftpotenzialstudie 2008, obwohl beide Untersuchungen methodisch völlig unterschiedlich aufgebaut waren.

Die Wasserkraftpotenzialstudie 2008 [2] weist für die Mürz (ohne Seitenbäche) mit rund 414 GWh/a zwar ein deutlich höheres theoretisches Potenzial auf, letztlich wird das technische Potenzial mit einem Gebietsnutzungsgrad von 0,5 aber zu rund 210 GWh/a ähnlich abgeschätzt wie in der vorliegenden Untersuchung. Eine gute Übereinstimmung gibt es auch mit den Berechnungen der TU Graz im Rahmen von SHARE, die für die Mürz (ohne Seitenbäche) ein theoretisches Mindestpotenzial von rund 304 GWh/a ergeben.

Die bereits erwähnte Potenzialuntersuchung der Universität für Bodenkultur [7] weist für die Mürz (ohne Seitenbäche) ein technisches Potenzial von etwa 206 GWh/a aus. Davon liegen rund 57 GWh/a in Gewässerabschnitten mit bedingter oder geringer ökologischer Sensibilität (gemäß den strengeren Maßstäben des WWF-Österreich). Die Abweichungen ergeben sich einerseits aus anderen Nutzungsgraden (0,80 für den Anlagen- und 0,65 für den Gebietsnutzungsgrad), andererseits wurden bei der BOKU-Studie sämtliche Eintiefungstrecken als noch verfügbar angenommen.

#### **4 Diskussion und Ausblick**

Die Ausbaupotenziale bereits vorliegender Untersuchungen müssen mit Vorbehalt betrachtet werden, da entweder wesentliche Hemmnisse aus Gründen des Natur- und Landschaftsschutzes nicht berücksichtigt werden konnten [2] oder bereits genutzte Abschnitte als noch verfügbar dargestellt werden [7]. Dadurch wird das tatsächlich realisierbare Wasserkraftpotenzial Österreichs überschätzt und das Erreichen der nationalen Klima- und Energieziele erscheint leichter, als in der Realität tatsächlich möglich.

Der Steiermärkische Klimaschutzbericht geht bis zum Jahr 2020 von einem Erzeugungszuwachs der steirischen Wasserkraft im Ausmaß von rund 760 GWh/a aus. Davon wurden seit 2010 mit der Erneuerung der Kraftwerksanlagen in Pernegg und Hieflau und der Inbetriebnahme des Kraftwerkes Gössendorf erst rund 210 GWh bzw. 28 Prozent realisiert. Unter Berücksichtigung weiterer in Bau, in Genehmigung oder in Planung befindlicher Projekte an der Mur und Mürz mit einer Gesamterzeugung von rund 335 GWh/a (KW Kalsdorf, KW Schaldorf, KW Rothleiten, KW Gratkorn, KW Graz, KW Stübing, KW St. Michael) sowie einem abgeschätzten Zuwachs im Bereich der Kleinwasserkraft von rund 35 GWh/a verbleibt bis zum Jahr 2020 steiermarkweit eine Erzeugungslücke von etwa 180 GWh/a.

Diese Lücke zu füllen und darüber hinaus noch weitere Wasserkraftprojekte an ökologisch verträglichen Standorten zu entwickeln, wird eine Hauptaufgabe der Energie Steiermark AG in der Zukunft sein. Die Ergebnisse der Potenzialstudie Wasserkraft Steiermark können eine wichtige strategische Entscheidungsgrundlage sein, mit dem Ziel, die oftmals widersprüchlichen Vorgaben der Klima- und Energiepolitik und des Naturschutzes zum Wohle der Steiermark zu verbinden.

#### **5 Danksagung**

Die Potenzialstudie Wasserkraft Steiermark wird von der Fachstelle für Energie der Steiermärkischen Landesregierung (Landesenergiebeauftragter DI Wolfgang Jilek) unterstützt.

Die Autoren bedanken sich darüber hinaus bei Robert Schatzl und Wilhelm Verwüster vom Hydrografischen Landesdienst sowie bei Alexander Podessser und Hannes Rieder von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik für ihre Unterstützung bei der Datenbereitstellung.

## Literatur

1. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend bzw. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (März 2010): *Energiestrategie Österreich*. Wien.
2. Fuchs, M. (Mai 2008): *Wasserkraftpotentialstudie Österreich*. Studie im Auftrag von Oesterreichs Energie (vormals VEÖ, Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs), Pöyry Energy GmbH, Wien.
3. Wegener Zentrum, TU Graz, Joanneum Research (Mai 2010): *Erläuterungen zum Klimaschutzplan Steiermark 2010, Teil 6: Energiebereitstellung*. Studie im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
4. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (April 2010): *Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2009 – NGP 2009*. Wien.
5. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (April 2011): *Kriterienkatalog Wasserkraft*. Entwurf, Wien.
6. Walder, Ch., Litschauer, Ch. (Dezember 2010): *Ökomasterplan Stufe II – Ergebnisse und Handlungsempfehlungen*. World Wildlife Fund (WWF) Österreich, Wien.
7. Kraml, J., Moser, H., Sattler, S., Mader, H. (April 2011): *Abschätzung des energiewirtschaftlichen Potentials für Ökomasterplan-Flüsse*. Endbericht im Auftrag des WWF Österreich, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Universität für Bodenkultur Wien.
8. Simmler, H. (1979): *Studie über das Wasserkraftpotential der Steiermark*. Untersuchung im Auftrag der STEWEAG, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz.
9. Wehse, H. (Oktober 2009): *Methodik zur Bewertung und Klassierung der Nutzungseignung von Fließgewässerstrecken – Grundlagen für die räumliche Prioritätensetzung bei der Wasserkraftnutzung und dem Schutz von Gewässern*. Schlussbericht im Auftrag des Eidgenössischen Bundesamtes für Energie, Bern.
10. Ingenieurbüro Flöcksmühle, Universität Stuttgart, Hydrotec, Fichtner (September 2010): *Potentialermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland als Grundlage für die Entwicklung einer geeigneten Ausbaustrategie*. Schlussbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Aachen.
11. Plattform Wasserwirtschaft im Alpenraum (2011): *Gemeinsame Leitlinien für die Kleinwasserkraftnutzung im Alpenraum*. Alpensignale Focus 1, Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention, Innsbruck, 2011.
12. Landesregierung von Tirol (März 2011): *Wasserkraft in Tirol: Kriterienkatalog*. Kriterien für die weitere Nutzung der Wasserkraft in Tirol, Version 3.0, Innsbruck.
13. Scheriau, S., Stadlober, E. (April 2011): *Potenzialstudie Wasserkraft Steiermark: Regressionsanalyse zur Abschätzung der Jahresmittelabflüsse*. Endbericht, Institut für Statistik, Technische Universität Graz.
14. Haslauer, E. M. (August 2009): *Entwicklung eines Modells zur Berechnung von jahreszeitlich verfügbarem Wasserkraftpotential unter Berücksichtigung von Verdunstung und Wasserrückhalt am Beispiel des Landes Salzburg*. Masterarbeit, Naturwissenschaftliche Fakultät der Paris-Lodron Universität Salzburg.