



## Klimarettung und Energiepolitik in Graubünden

### Gedanken zur Energiepolitik vor dem Hintergrund der Dekarbonisierungsbestrebungen in Graubünden, der Schweiz und Europa

Die Dekarbonisierung ist für Graubünden als Stromproduzent nicht nur ein umweltpolitisches sondern auch eine wirtschaftspolitisches Thema. Die Strategie der Dekarbonisierung über den Zubau von Wasser-, Wind- und Solarkraft bietet aus Sicht Graubündens verschiedene Ausbauoptionen für Wasser-, Wind- und Solarkraftwerke. Der Preis dafür ist der Einsatz von landschaftlichen Ressourcen. Graubünden muss deshalb entscheiden, welche Ressourcen zu welchem Preis zur Verfügung gestellt werden sollen. Darüber hinaus besteht die Gefahr der Entwertung der heute bestehenden Sommerstromproduktion wegen zu erwartenden tiefen Strompreisen im Sommer. Dieser Gefahr kann allenfalls durch die Verlängerung der Wertschöpfungskette mit dem Aufbau einer Wasserstoffproduktion oder Ähnlichem begegnet werden.

21. September 2023

## Impressum

|   |   |
|---|---|
| <i>Herausgeber</i>                          | Wirtschaftsforum Graubünden   |
| <i>Autoren</i>                              | <p>Peder Plaz</p> <p>Berichte des Wirtschaftsforums Graubünden werden durch den Stiftungsrat als Kollektiv zur Publikation freigegeben. Persönliche Einschätzungen einzelner Stiftungsräte zum Thema können deshalb differieren.</p>  |
| <i>Bild auf Deckblatt</i>                   | Hydrospider, <a href="http://www.hydrospider.ch">www.hydrospider.ch</a>   |
| <i>Veröffentlichung</i>                     | 21. September 2023  |
| <i>Über das Wirtschaftsforum Graubünden</i> | <p>Das Wirtschaftsforum Graubünden versteht sich als Denkwerkstatt der Wirtschaft und setzt sich für die Verbesserung der Rahmenbedingungen des Wirtschaftsstandortes Graubünden ein.</p> <p>Das Wirtschaftsforum Graubünden stellt sein Wissen über wirtschaftliche Entwicklungen und Zusammenhänge in Graubünden der Öffentlichkeit in Form von Berichten, Referaten und Diskussionen zur Verfügung. Auf Einladung sind Vertreter des Wirtschaftsforums Graubünden jederzeit gerne bereit, an Podiumsdiskussionen teilzunehmen oder als Referenten zu wirken.</p>   |
| <i>Offenlegung von Quellen</i>              | <p>Die in diesem Dokument verwendeten Inhalte, Angaben und Quellen wurden mit grösster Sorgfalt zusammengestellt. Die Ausführungen beruhen teilweise auf Annahmen, die aufgrund des zum Zeitpunkt der Auftragsbearbeitung zugänglichen Materials für plausibel erachtet wurden.</p> <p>Die verwendeten Quellen und wortwörtlichen Zitate werden offengelegt. Bei der Verwendung von theoretischen oder wissenschaftlichen Konzepten, welche den gegenwärtigen Erkenntnissen der Wissenschaft entsprechen, wird zur Wahrung der Lesbarkeit und Verständlichkeit auf eine explizite Quellenangabe verzichtet.</p> <p>Gleichwohl kann das Wirtschaftsforum Graubünden keine Haftung für die Richtigkeit der gemachten Annahmen übernehmen.</p> |
| <i>Kontakt</i>                              | <p>Wirtschaftsforum Graubünden</p> <p>Poststrasse 3</p> <p>7000 Chur</p> <p>Tel. +41 81 253 34 34</p> <p><a href="http://www.wirtschaftsforum-gr.ch">www.wirtschaftsforum-gr.ch</a></p> <p><a href="mailto:info@wirtschaftsforum-gr.ch">info@wirtschaftsforum-gr.ch</a></p>   |

## Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>  | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Kernkraft oder Wasser-, Wind- und Solarkraft?</b>                               | <b>5</b>  |
| 2.1      | Strategie Wasser-, Wind- und Solarkraft .....                                      | 5         |
| 2.2      | Strategie Kernkraft .....  | 6         |
| 2.3      | Zusammenfassender Vergleich der beiden Strategien .....                            | 6         |
| 2.4      | Theoretische Strategiewahl vs. tatsächliche Entwicklung .....                      | 7         |
| 2.4.1    | Kernkraft .....  | 7         |
| 2.4.2    | Wasser-, Wind- und Solarkraft .....  | 8         |
| 2.4.3    | Synthese .....   | 8         |
| <b>3</b> | <b>Weitere energiewirtschaftspolitische Überlegungen</b>                           | <b>10</b> |
| 3.1      | Wertkettenverlängerung .....   | 10        |
| 3.1.1    | Wertkettenverlängerung mit Wasserstoff für LKW .....                               | 10        |
| 3.1.2    | Wertkettenverlängerung mit erneuerbaren synthetischen<br>Flüssigtreibstoffen ..... | 10        |
| 3.1.3    | Wertkettenverlängerung mit Power-to-Gas .....                                      | 11        |
| 3.1.4    | Vorläufiges Fazit .....  | 12        |
| 3.2      | Investition und Investoren .....   | 12        |
| <b>4</b> | <b>Schlussfolgerungen</b>  | <b>14</b> |

## 1 Einleitung

'Helikopterblick' einnehmen

Das Wirtschaftsforum Graubünden hat sich in den letzten beiden Jahren intensiv mit den Fragen der Dekarbonisierung Graubündens auseinandergesetzt. In diesem Zusammenhang sind die beiden folgenden Berichte entstanden:

- **Klimaneutrales Graubünden – eine greifbare Utopie!** Es handelt sich dabei um einen Bericht, welcher die Dekarbonisierung in Graubünden umfassend analysiert und die einzelnen Elemente dazu darstellt und einbettet, sozusagen ein Vademecum für die Dekarbonisierung Graubündens.
- **Elektrisierte Landschaft:** Dieses Papier zeigt am Beispiel des Val Surses anschaulich auf, was der Ausbau von Wasser-, Wind- und Solarkraft in einem typischen Tal in Graubünden bedeutet und mit welchen Vor- und Nachteilen zu rechnen ist.

Bei der Beschäftigung mit dem Thema haben wir einerseits festgestellt, dass folgende Vorbehalte gegenüber dem heute von der Schweiz eingeschlagenen Weg der Dekarbonisierung über Wasser-, Wind- und Solarkraft vorgebracht werden:

- Der Ausbau der **Kernkraft** wäre eine alternative zur heutigen Energiepolitik, welche ihre Ziele nicht erreichen wird.
- Der Umbau der Energieversorgung wird viel zu **teuer**.
- Die **Rentabilität** der neu gebauten Anlagen (Wasser-, Wind- und Solarkraft) ist nicht gegeben.

Andererseits haben wir aber auch festgestellt, dass die politische Diskussion des Umbaus der Energieversorgung nur unter dem Aspekt der Dekarbonisierung geführt wird. Für einen klassischen Energieproduzenten wie Graubünden ist die **Energiepolitik aber auch Wirtschaftspolitik**.

Wir möchten in diesem Bericht in aller Kürze unsere Schlussfolgerungen zu den politischen Vorbehalten und der Energiewirtschaftspolitik in Graubünden darlegen und so zur politischen Diskussion beitragen.

## 2 Kernkraft oder Wasser-, Wind- und Solarkraft?

CH verfolgt WWS-Strategie

Für die Dekarbonisierung müssen - mit dem heutigen Stand der Technik - die fossilen Treib- und Heizstoffe durch CO<sub>2</sub>-freien Strom als Energiequelle ersetzt werden. Für die Bereitstellung dieses Stroms sind heute in der Schweiz zwei Grundstrategien denkbar:

- Grundlast erfolgt durch **Kernkraft**, ergänzt mit Wasser-, Wind- und Solarkraft sowie Importe
- Grundlast erfolgt durch **Wasser-, Wind- und Solarkraft (WWS)**, ergänzt durch Importe

Der Blick nach Europa zeigt, dass je nach Land entweder auf Strategie Kernkraft (z.B. Bulgarien, Finnland, Frankreich, Kroatien, Niederlande, Polen, Rumänien, Slowakei, Slowenien, Tschechien und Ungarn) oder Strategie Wasser-, Wind- und Solarkraft (z.B. Deutschland, Italien, Luxemburg, Österreich, Schweiz, Spanien) gesetzt wird.

Selbstverständlich weisen im Endresultat, aufgrund der gemeinsamen Vernetzung der europäischen Strommärkte, alle Länder de facto eine Mischung aus diesen Strategien auf, wenn auch mit einem eindeutigen Schwerpunkt und den entsprechenden Vor- und Nachteilen.

In der Schweiz gilt derzeit die Strategie Wasser-, Wind- und Solarkraft und der Ausstieg aus der Kernkraft. Entsprechend werden gemäss Energiestrategie und Volksentscheid zum Kernkraftausstieg auch alle Umsetzungsmassnahmen an dieser Strategie ausgerichtet.

Wir skizzieren nachfolgend die beiden Grundstrategien und die Auswirkungen auf den Kanton Graubünden.

### 2.1 Strategie Wasser-, Wind- und Solarkraft

Chancen für GR, benötigt aber Fläche

#### Kurzbeschreibung

Die Schweiz verfolgt derzeit eine Dekarbonisierungsstrategie, die darauf ausgerichtet ist nebst der Dekarbonisierung auch den Ausstieg aus der Kernkraft zu vollziehen. Damit sollen nebst der Dekarbonisierung auch das Unfallrisiko der Kernkraft und die Abfallproblematik beseitigt werden. In den Energieperspektiven des Bundes wird davon ausgegangen, dass beides möglich sein wird. Voraussetzung dafür ist ein umfassender Ausbau der Wasser-, Wind- und Solarkraft in der Schweiz. Sofern dies gelingt, geht der Bund davon aus, dass die Schweiz im Sommerhalbjahr 2050 rund 17 TWh Strom exportieren wird und im Winterhalbjahr rund 10 TWh Strom importieren muss. In Europa sei genügend Windstrom im Winter für den Import verfügbar.<sup>1</sup>

#### Auswirkungen auf Graubünden

Wenn diese Strategie verfolgt wird, bedeutet dies für Graubünden, dass Dächer und Infrastrukturen umfassend mit PV-Anlagen belegt und auch grössere Wasser-, Wind- und Solarkraftwerke gebaut werden müssen. Zudem ist es notwendig oder wünschenswert Stauseen zu vergrössern, um einen Teil der Wasserkraft in den Winter zu transferieren. Um die fluktuierende Stromeinspeisung durch Solar- und Windkraft aufzufangen, dürften auch weitere Pumpspeicherwerke in der Schweiz notwendig sein. In Graubünden wäre mit Lago Bianco mindestens ein solches Projekt verfügbar.

Insgesamt ist von Gestehungskosten von rund 10-20 Rp./kWh für den Zubau von neuen Energieproduktionen auszugehen.

Insgesamt bedeutet eine solche Strategie für Graubünden, dass einerseits die Landschaft für den Ausbau von Wasser-, Wind- und Solarkraft genutzt werden muss, was die **Belastung von Landschaft und Natur** nach sich zieht. Gleichzeitig bietet diese Strategie insbesondere den

<sup>1</sup> BFE (2020): Energieperspektiven 2050+, Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

**peripheren Regionen Graubündens auch wirtschaftliche Chancen**, indem sie sich die Nutzung der Landschaft abgelden lassen und sich allenfalls am Energieproduktionsgeschäft beteiligen. Graubünden würde die Position als Energieproduzent stärken und statt Energie aus Erdöl- und Erdgasländern zu importieren, diese künftig selbst herstellen und damit den eigenen BIP um eine halbe bis ganze Milliarde Franken stärken. Darüber hinaus besteht derzeit begründete Aussicht darauf, dass ein Teil der notwendigen Anlagen (z.B. Solarexpress, evtl. Chlus und Pumpspeicherwerk Lago Bianco) durch den Bund mitfinanziert werden, was einem markanten Finanztransfer der anderen Kantone nach Graubünden gleichkommt.

Mit dieser Strategie wird allerdings auch erwartet, dass im für die Schweiz relevanten Teil Europas im Sommer ein Stromüberschuss eintritt und im Winter allenfalls Knappheiten entstehen könnten. Dies würde den **Wert der Wasserkraft im Sommer in Graubünden wahrscheinlich unterwandern**, hingegen im Winter ein interessantes wirtschaftliches Potenzial bieten.

## 2.2 Strategie Kernkraft

GR spielt keine Rolle,  
Landschaft nicht benötigt

### Kurzbeschreibung

Wenn die Schweiz eine Strategie des Kernkraftausbaus verfolgen würde, so könnte vermutlich die Kombination von Kernkraft und bestehender Wasserkraft relativ einfach umgesetzt werden. Die Kernkraftwerke würden vermutlich an den bestehenden Orten ersetzt und deren Leistung so weit ausgebaut, dass die künftigen höheren Strombedürfnisse abgedeckt würden. Beim Zubau von neuer Kernkraft wird mit Gestehungskosten von 7-15 Rp./kWh gerechnet.<sup>2</sup>

### Auswirkungen auf Graubünden

Der Zubau von Kernkraft würde höchstwahrscheinlich nicht in Graubünden, sondern an den bereits bestehenden Standorten der Kernkraftwerke erfolgen. Der Zusatzbedarf an Strom für die Dekarbonisierung würde vermutlich zu weiten Teilen durch die Kernkraft abgedeckt, weshalb der **Nutzungsdruck** auf die Landschaft in Graubünden sehr **tief** ausfallen könnte. Dies würde aber auch bedeuten, dass in Graubünden kaum wirtschaftliche Potenziale entstünden. Wenn die zusätzlich benötigte Energie aus Kernkraft geleistet würde, würde Graubünden den heutigen Energieimport aus Erdöl- und Erdgasländern durch einen **Energieimport aus der restlichen Schweiz** ersetzen, wo die Kernkraftwerke stehen.

Da die Energiepreise nicht nur von der Schweizer Strategie, sondern vom Mix der Strategien der europäischen Länder im Zentrum Europas abhängen, ist dennoch davon auszugehen, dass der Strom im Sommer eher an Wert verlieren dürfte. Fraglich wird sein, ob der Strom im Winter einen Mehrwert aufweist. Die **Wasserkraft** in Graubünden wäre also auch bei dieser Strategie zumindest der **Gefahr einer teilweisen Entwertung ausgesetzt, evtl. sogar eine Entwertung im Winterhalbjahr**.

## 2.3 Zusammenfassender Vergleich der beiden Strategien

Beide Strategien mit ähnlichen Kosten

Wenn man die Auswirkung dieser beiden Strategien für Graubünden gegenüberstellt, so ist leicht ersichtlich, dass die Strategie Kernkraft aus Bündner Sicht den Status Quo aufrechterhält, dafür die Naturnutzung reduziert. Hingegen führt die Strategie Wasser-, Wind- und Solarkraft zu wirtschaftlichen Potenzialen in Form eines zusätzlichen Energieexports und einer Importsubstitution. Die Gestehungskosten für die Stromproduktion dürften, insgesamt gesehen, ähnlich hoch ausfallen.

<sup>2</sup> Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag (2022): Gestehungskosten von Strom im Vergleich

Abbildung 1

Vergleich der volkswirtschaftlichen Eckwerte der beiden Stromproduktionsstrategien für die Schweiz

|  | Kernkraft   | Wasser-, Wind- und Solarkraft   |
|--|---|---|
| Nutzungsdruck auf die Landschaft für Ausbau Energieanlagen   | Tief  | Hoch  |
| Stromgestehungskosten  | 7-15 Rp./kWh <sup>3</sup>   | 10-20 Rp./kWh   |
| Potenzielle Solar- und Windzinse aus zusätzlichen Grossanlagen für die Gemeinden   | -   | ~MCHF 10–20<br>(bei Zubau 1-2 TWh)  |
| Finanztransfers von der Schweiz nach Graubünden zur Subventionierung des Baus von Grossanlagen (Wasser-, Wind- und Solarkraftgrossanlagen) | -   | CHF 2-4 Mrd.<br>(bei Zubau 2-3 GW)  |
| Wert der zusätzlich erzeugten Energie in Graubünden für den Eigengebrauch zur Importsubstitution   | -   | MCHF 300<br>(bei Zubau 2.4 TWh)   |
| Wert der zusätzlich erzeugten Energie für den Export   | -   | -   |
| Wert des Stroms aus Wasserkraft im Winter  | <u>Stabil bis evtl. sinkend</u> , abhängig von Strommärkten in Europa | Vermutlich <u>stabil bis steigend</u> , abhängig von Strommärkten in Europa |
| Wert des Stroms aus Wasserkraft im Sommer  | Vermutlich <u>sinkend</u> , abhängig von Strommärkten in Europa       |   |

Quelle: Wirtschaftsforum Graubünden

## 2.4 Theoretische Strategiewahl vs. tatsächliche Entwicklung

Umsetzung von beiden Strategien sehr ungewiss

Beiden oben dargestellten Strategien kann man vorhalten, dass sie auf dem Papier gut aussehen, aber dem Praxistest nicht standhalten werden.

### 2.4.1 Kernkraft

Denn das Volk hat sich einerseits gegen die **Kernkraft** ausgesprochen und es ist höchst fraglich, ob die notwendigen Kernkraftwerke in der Schweiz in absehbarer Zeit politisch und technisch realisierbar wären. Je nach Publikation wird zudem davon ausgegangen, dass der Kernbrennstoff Uran nur für weitere 50-160 Jahren zur Verfügung stehen wird.<sup>4</sup> Es bestehen jedoch auch Quellen und Annahmen, welche von Uran oder Substitutionsprodukten bei Annahme von Technologienentwicklungen ausgehen, die über mehrere 10'000 Jahre nutzbar sein werden. Entsprechend dürfte das Argument der Knappheit, zumindest derzeit, nicht im Vordergrund stehen.

<sup>3</sup> Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag (2022): Gestehungskosten von Strom im Vergleich.

<sup>4</sup> Lübbert, D. / Lange, F. (2006): Uran als Kernbrennstoff: Vorräte und Reichweite, Hrsg. Deutscher Bundestag, wissenschaftliche Dienste

## 2.4.2 Wasser-, Wind- und Solarkraft

Bei der Strategie **Wasser-, Wind- und Solarkraft** andererseits ist ebenfalls absehbar, dass die Nutzung der theoretischen Potentiale höchst anspruchsvoll sein wird. Mit der bisherigen Ausbaugeschwindigkeit wird es nicht funktionieren. Ob grosse Windpärke in der Schweiz je realisiert werden, ist ebenfalls höchst fraglich. Auch wenn die alpinen Solarpärke derzeit gute Akzeptanz aufweisen, so besteht die Gefahr, dass der tatsächlich realisierbare Ausbau überblickbar bleibt. Für die Dekarbonisierung Graubündens bräuchte es nach unseren Berechnungen 1 GW installierter Leistung an Solarpärken. Die aktuell diskutierten Projekte umfassen jedoch erst 313 MW und nicht alle diese Ideen dürften unumstritten sein. Der Bau von Lago Bianco, die Erhöhung von Staumauern und der Bau des Kraftwerks Chlus dürften nur möglich sein, wenn Subventionen im grossen Stil fließen oder ein Marktdesign umgesetzt wird, welches die Rentabilität mit hoher Wahrscheinlichkeit verspricht.

Hingegen könnten **technologische Durchbrüche**, insbesondere bei der Photovoltaik einerseits den Flächenbedarf für PV-Module halbieren und andererseits entstehen immer vielfältigere Anwendungen für PV-Modulen (z.B. Dünnschicht, biegbare Module, Indachanlagen usw.). Ebenfalls sind wesentliche Entwicklungen im Bereich Batterien, Wasserstoff usw. zu erwarten. Die Technologie könnte also insbesondere auch der WWS-Strategie langfristig einen - heute noch nicht vorstellbaren - Schub verleihen.

## 2.4.3 Synthese

Zusammenfassend kann man sagen, dass heute auf dem Papier klare Pläne für die Dekarbonisierung bestehen. Beim notwendigen Zubau von Stromproduktionskapazitäten im Inland bestehen aber erhebliche Fragezeichen. Was wird also geschehen?

Aufgrund der politischen Mechanismen in der Schweiz und der gesellschaftlich-demokratischen Verhaltenslogik ist zu erwarten, dass die Umsetzung der Dekarbonisierungsstrategie sich wie folgt abspielen könnte:

1. Alle westlichen **Länder haben ein Interesse daran vom Erdöl- und Erdgas unabhängig zu werden**. Das heisst, man wird die Elektrifizierung des Strassenverkehrs und der Gebäude weiter vorantreiben. Der ausgeprägte internationale Wettbewerb insbesondere in der Autoindustrie dürfte dafür sorgen, dass das Innovationstempo bei Fahrzeugen generell sehr hoch sein wird. Die Elektrifizierung der Gebäude wird dadurch getrieben, dass die Kombination von PV-Anlagen auf dem Dach und der gleichzeitige Ersatz des fossilen Energiesystems im Gebäude sich gegenseitig verstärken.
2. Damit der Ausbau von **Grossanlagen zur Stromproduktion in der Schweiz** vorangetrieben werden kann, muss zunächst der Bund sicherstellen, dass die in Frage kommenden Projekte in einem europäischen Marktkontext mit mittleren jährlichen Energiepreisen von unter 10 Rp./kWh (~4 Rp./kWh im Sommer bis ~13 Rp. / kWh im Winter) rentabel dargestellt werden können. Das bedeutet, dass entsprechende **Subventionen in Aussicht gestellt werden oder ein Marktdesign** gewählt wird, welches höhere Gestehungskosten decken kann, sei es durch Vorhalteprämien, Abnahmeverpflichtungen der Verbraucher oder staatliche Defizitgarantien. Nur so kann das Interesse der Investoren, die diese Kraftwerke bauen sollten, ausgeschöpft werden.
3. Den Regionen, die ihre **landschaftlichen Ressourcen** für die Energieproduktion zur Verfügung stellen sollen, muss eine **Entschädigung** gezahlt werden, die die Opportunitätskosten wesentlich übersteigt. Im peripheren Berggebiet dürfte dies mit 1 Rp./kWh möglich sein. In dichtbesiedelten Räumen ist fraglich, ob eine solche Entschädigung genügt, da die Opportunitätskosten allenfalls deutlich höher liegen bzw. die Abgeltung im Vergleich zum Steueraufkommen nicht relevant ist. Ohne Entschädigungen dürfte das Interesse der Standorte klein sein, grosse Landschaftseingriffe zu akzeptieren.



4. Mit der Rentabilität der Anlagen und der Entschädigung der Regionen sind die **Grundbedingungen sichergestellt, dass Investoren und Regionen von sich aus Projekte realisieren wollen**. In einem nächsten Schritt wird die **gesellschaftliche Diskussion geführt**, welche Anlagen in welchen Landschaften realisiert werden sollten. Nach diesem Prozess wird man über eine bestimmte Anzahl zugebauten, politisch getragenen Grossanlagen verfügen.
5. Es ist aus heutiger Sicht sehr wahrscheinlich, dass nach diesem Ausbau eine wesentliche **Lücke zumindest beim Winterstrom** bestehen bleibt. Nun liegt es an der Bundespolitik zu entscheiden, ob diese Lücke mit Wasser-Wind-Sonnenstrom oder Kernkraftstrom aus dem Ausland gedeckt wird oder ob die Kernkraft im Inland dennoch ersetzt und ausgebaut werden soll.

Bei allen obigen Betrachtungen wurde immer der internationale Luftverkehr ausgeblendet. Wenn man diesen auch im Inland dekarbonisieren will, bräuchte es nach heutigem Stand der Technik für die Produktion von erneuerbarem Flugkerosin (sustainable aviation fuel, SAF) nochmals 66 TWh zusätzlicher Energieproduktion.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass derzeit aus Bündner Sicht nicht eine Diskussion notwendig ist, ob man die Strategie Kernkraft oder Wasser-, Wind- und Solarkraft verfolgt. Es ist jetzt zentral zu klären, wieviel Wasser-, Wind- und Solarkraft in Graubünden zugebaut werden kann und wie man dies allenfalls über Anreize maximieren will.

## 3 Weitere energiewirtschaftspolitische Überlegungen

### 3.1 Wertkettenverlängerung

Wasserstoffproduktion  
als Chance für Graubünden

Nebst der Frage ob eine Kernkraft- oder Wind-, Wasser-, Solarkraft-Strategie für Graubünden vorteilhafter ist, bietet sich für Graubünden bei beiden Strategien allenfalls auch die Möglichkeit, die Wertkette der Stromproduktion (nebst dem Handel) mit Wasserstoff zu verlängern. Dies dürfte insbesondere wichtig werden, wenn die Strompreise im Sommer wegen überschüssigem Solarstrom in Europa tief sind oder sogar negativ würden.

Dies wäre bei einem Ausbau der Stromproduktion mit Wind-, Wasser- und Solarkraft besonders wichtig. Aber auch ohne weiteren Ausbau muss sichergestellt werden, dass der erhebliche Anteil Sommerproduktion der Wasserkraft in Graubünden nicht durch tiefe Preise entwertet wird. Die Wertkettenverlängerung könnte allenfalls mit der Produktion von Wasserstoff oder SAF wie folgt aussehen:

#### 3.1.1 Wertkettenverlängerung mit Wasserstoff für LKW

Allgemein wir davon ausgegangen, dass die Nutzfahrzeugflotte (LKW, Busse usw.) künftig zumindest teilweise mit Wasserstoff/Brennstoffzelle betrieben werden.

In Graubünden werden derzeit für den Lastwagenverkehr ~31.4 Mio. Liter Diesel verbraucht. Wenn man diesen Diesel mit Wasserstoffantrieben ersetzen würde, bräuchte es 6'300 t Wasserstoff. Für die Herstellung dieser Menge braucht es ~330 GWh Strom.<sup>5</sup> Diese Menge Strom ist in Graubünden grundsätzlich verfügbar.

Aufgrund von logistischen Fragen und heutigen Annahmen zu den Produktionsbedingungen dürfte die Wahrscheinlichkeit hoch sein, dass regional hergestellter Wasserstoff - basierend auf tiefen Sommerpreisen - wettbewerbsfähig sein dürfte. Angenommen der Preis für 1 Liter Diesel in der Schweiz (ohne Steuern) beträgt CHF 1.40, dürfte das kg Wasserstoff max. CHF 7 kosten. Wenn davon CHF 3.5 für Logistik und Investitionskosten abgezogen werden, verbleiben CHF 3.40/kg Wasserstoff oder 6.5 Rp./kWh für den eingesetzten Produktionsstrom. Sollte also der Wert des Stroms am Spotmarkt im Sommer unter diesen 6.5 Rp./kWh liegen, lohnt es sich den Strom in Graubünden in Wasserstoff umzuwandeln.

Selbstverständlich ist denkbar, dass Graubünden nicht nur für sich selbst Wasserstoff herstellt, sondern auch für die Nutzfahrzeugflotte in der gesamten Schweiz. So gesehen kann auch der Ausbau der Stromproduktion in Graubünden im Sommer von Interesse sein. Wenn man aktuellen Studien von McKinsey und dem Fraunhofer Institut Glauben schenkt, dürfte aber die Wertkettenverlängerung nicht ohne Risiken sein. Denn diese Institutionen gehen für Deutschland von künftigen Verbraucherpreisen von EUR 3.50-5.50 pro kg Wasserstoff aus, wenn dieser künftig im grossen Massstab international gehandelt wird.

#### 3.1.2 Wertkettenverlängerung mit erneuerbaren synthetischen Flüssigtreibstoffen

Auch wenn Wasserstoff sich als Treibstoff für Nutzfahrzeuge eignet, so bestehen immer noch Anwendungen im Verkehr, wo Wasserstoff und Batterieantrieb ungeeignet sind und synthetische Flüssigtreibstoffe notwendig werden. Dies gilt primär im Luftverkehr. In Graubünden könnten aber auch Baumaschinen und insbesondere Pistenfahrzeuge künftig auf erneuerbare synthetische Flüssigtreibstoffe angewiesen sein.

Hierzu zwei Rechnungen:

- **Sustainable aviation fuel (SAF) für die Fliegerei:** In der Schweiz werden derzeit jährlich rund 1.8 Mio. Tonnen Kerosin im internationalen Luftverkehr abgefüllt (entspricht rund

<sup>5</sup> Produktion von 1 kg Wasserstoff braucht 53 kWh gemäss <https://www.gasag.de/magazin/neudenken/wie-viel-strom-fuer-1kg-wasserstoff#title-0>

5.7 Mio. t CO<sub>2</sub>, knapp 3x CO<sub>2</sub>-Ausstoss des Kantons GR). Wenn man dieses Kerosin mit SAF ersetzen will, müsste man zusätzlich (1.8 Mio. t \* 37 MWh<sup>6</sup>) 66 TWh Strom einsetzen (in etwa gesamter heutiger Landesverbrauch der Schweiz).

- **Synthetischer Flüssigtreibstoff für Pistenfahrzeuge:** Die Pistenfahrzeuge der Bündner Bergbahnen stehen vor einer ähnlichen Herausforderung wie der Flugverkehr. Der Einsatz von Wasserstoff dürfte technisch schwierig bleiben, weshalb der Betrieb der Pistenfahrzeuge mit flüssigem, synthetischem Treibstoff eine Alternative bilden würde. Die Pistenfahrzeuge in Graubünden verbrauchen derzeit gut 3 Mio. Liter Diesel pro Jahr. Wenn man diesen Diesel mit erneuerbarem, synthetischem Flüssigtreibstoff ersetzen will, bräuchte es 120 GWh Strom für dessen Produktion. Grundsätzlich wäre diese Menge Strom in Graubünden problemlos bewältigbar. Aber, der Preis für 1 Liter erneuerbaren Diesel läge neu rund 4x höher als herkömmlicher Diesel, was für die Bergbahnbranche insgesamt eine Kostenerhöhung von CHF 13-18 Mio./a bedeuten würde.

Die Herstellung von SAF ist aufwändiger als Wasserstoff, da es weitere Umwandlungsschritte und damit mehr Strom pro nutzbarer Endeneergieeinheit benötigt. Es wird davon ausgegangen, dass SAF im grossen Massstab international hergestellt werden wird und ein Weltmarkt dafür entsteht. Da das Produkt in flüssiger Form zur Verfügung steht, kann die heute bereits bestehende Öllogistik weitgehend genutzt werden. Es ist deshalb davon auszugehen, dass Produktionen im kleinen Massstab nicht konkurrenzfähig sein werden. Wenn man künftig von einem Preis von 1 CHF pro Liter SAF ausgeht und davon 30 Rp. für Transport- und Investitionskosten im Inland abzieht, dürfte die kWh Strom nicht mehr als 2.5 Rp./kWh betragen. Diese Rechnung zeigt, dass hier je nach Marktlage der Wettbewerb härter sein könnte als beim Wasserstoff für LKW.

Dennoch könnte sich allenfalls eine Produktion mindestens für die Pistenfahrzeuge eine Idee sein. Denn Graubünden wird ohnehin beim Zementwerk und der Kehrrichtverbrennungsanlage in Untervaz CO<sub>2</sub> aus der Luft abscheiden müssen. Dieser Prozess könnte allenfalls mit der Herstellung von synthetischem Treibstoff kombiniert werden. Ob dies langfristig wettbewerbsfähig machbar ist, ist derzeit offen. Als Übergang könnte es zumindest ein Forschungsthema werden, welches auch bezüglich der Imagewirkung für die Bündner Skigebiete interessant sein könnte. Zumindes wäre eine beschränkte Produktion von synthetischem Treibstoff in Graubünden im Rahmen des Aktionsplans Green Deal prüfenswert.

### 3.1.3 Wertkettenverlängerung mit Power-to-Gas

Eine weitere derzeit diskutierte Möglichkeit, die Wertkette der Elektrizität zu verlängern, wäre die Produktion von Methangas. Dieses hat den Vorteil, dass es für Gaskraftwerke und in der Industrie eingesetzt werden könnte. Wie bei erneuerbaren Flüssigtreibstoffen wird auch hier davon ausgegangen, dass die weltweite Gasinfrastruktur weiterhin genutzt werden kann und deshalb sich ein Weltmarkt für erneuerbares Methangas ergeben wird. Wie beim SAF dürfte es schwierig sein, aus Graubünden mit internationalen Grossproduktionen zu konkurrieren. Zudem wird davon ausgegangen, dass die fortschrittlichen Länder in den nächsten Jahrzehnten ihre Logistik auf Wasserstoff ausrichten werden und Methangas deshalb wieder als Energieträger ersetzt werden könnte.<sup>7</sup> Dennoch könnte insbesondere die Ambition, CO<sub>2</sub> in Untervaz abzuscheiden ein Anknüpfungspunkt für die Methanproduktion bilden, falls sich dies als besser geeignet herausstellt als die Produktion von Flüssigtreibstoff.

---

<sup>6</sup> Aktuell sind zur Produktion eines Liters E-Diesel 27,3 Kilowattstunden (kWh) Strom notwendig, hat die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik errechnet.

<sup>7</sup> NZZ (05.03.2023): Grünes Methan für Reservekraftwerke: Mineral-Kügelchen machen es möglich (<https://www.nzz.ch/wissenschaft/methan-aus-wasserstoff-und-co2-mittels-katalysator-ld.1725371>)

### 3.1.4 Vorläufiges Fazit

Für die Verlängerung der Wertkette bestehen derzeit noch viele Unbekannte. Die Herstellung von Wasserstoff in Graubünden ist vielversprechend. Die Herstellung von SAF oder Methan noch eher fraglich. Dennoch sollte das Thema erkundet werden, nicht zuletzt, um potenziell tiefe Sommerstrompreise aus den Bündner Produktionen in Wert zu setzen.

## 3.2 Investition und Investoren

Beteiligung an Ressourcenrente sicherstellen

Ein weiteres energiewirtschaftspolitisches Thema ist die Frage der Auswahl der Investoren für den Ausbau der Stromproduktion in GR. Bei der Wasserkraft haben anfangs bis Mitte des 20. Jahrhunderts primär kantonsexterne Investoren die Produktion aufgebaut. Aufgrund der Heimfallregelungen können Kanton und Gemeinden in den nächsten 10-30 Jahren entscheiden, ob sie selbst als Investoren auftreten oder ob sie die Konzessionen zu neuen Bedingungen an Dritte vergeben möchten.

Die gleichen Fragen stellen sich beim nun anstehenden Bau von Wind- und Solarparks. Aus Sicht der öffentlichen Hand sind drei Strategien denkbar:

- **Strategie 1 - Trennung von Regulation und Investition:** Die Territorialgemeinde tritt sozusagen als Konzessionsgeberin<sup>8</sup> auf und verzichtet auf eine Investition in die Anlage.
- **Strategie 2 - Partnerschaftliche Investition:** Die Territorialgemeinde tritt als Konzessionsgeberin auf und beteiligt sich zu einem Anteil an den Bau der Anlagen in Zusammenarbeit mit einem oder mehreren Dritten.
- **Strategie 3 - Gemeindegewerk:** Die Gemeinde investiert zu 100% in die Anlage und betreibt diese auf eigenes Risiko.

Bei einer teilweisen oder vollständigen Investition nimmt die Gemeinde bewusst Investitionsrisiken auf sich, in der Annahme, dass sie Dividenden generieren kann. Sie geht davon aus, dass nebst einem Wind- oder Solarzins auch zusätzliche Gewinne mit der Anlage generiert werden können, die über der langjährigen Rendite einer diversifizierten Börsenanlage liegen.

Unabhängig, wie sich die Gemeinde als Investorin verhalten will, sollten die folgenden Abgaben im Zusammenhang mit dem Bau von Stromproduktionsanlagen ausgehandelt werden:

- **Fixe Entschädigung für Nutzung von Boden und Landschaft:** Die Verwendung der Landschaft für Wasser-, Wind- und Solarkraft führt zu Opportunitätskosten. Diese müssen unabhängig von den Gewinnaussichten der Anlage entschädigt werden. Oft dürfte es schwierig sein, Opportunitätskosten genau zu berechnen. Deshalb muss die Bevölkerung festlegen, was die Mindestentschädigung sein muss, damit man sich die Aussicht mit Windrädern oder ein schönes Wandergebiet mit PV-Modulen 'verbauen' lässt. Diese fixe Entschädigung sollte auf jeden Fall teuerungsindexiert werden, da es hier um sehr langfristige Verträge handelt und sonst die Gefahr einer Verwässerung der Entschädigung eintritt.
- **Variable Entschädigung gemessen am Strompreis:** Nebst der fixen Grundentschädigung sollte die Gemeinde als Quasi-Konzessionsgeberin sicherstellen, dass ein wesentlicher Teil der Ressourcenrente der Öffentlichkeit zugute kommt. Die Ressourcenrente ist die Marge zwischen dem Strompreis an der Börse und den Gestehungskosten inkl. der bereits inkl. fixen Entschädigung für die Gemeinde, Steuern und Abgaben, Abschreibungen und einer marktüblichen Verzinsung des eingesetzten Eigen- und Fremdkapitals (~ langfristig 5%). Selbstverständlich wollen die Investoren einen möglichst grossen Anteil an einer Ressourcenrente für sich beanspruchen. Deshalb braucht es zwischen Gemeinde und Investoren Verhandlungen.

---

<sup>8</sup> Es sind im juristischen Sinne keine Konzessionen zu vergeben. Aber die Gemeinde wird in einer artverwandten Form über Gesetz oder Verträge die Bedingungen für den Bau von Grossanlagen auf ihrem territorialen Gebiet definieren.

- **Transparenz:** Die Gemeinden stellen privaten Investoren Stromproduktions- und damit Gewinnmöglichkeiten zur Verfügung, indem diese im volkswirtschaftlichen Sinne öffentliche Güter (Aussicht, Landschaftsbilder, öffentlichen Grund usw.) benutzen dürfen. Zudem ist grundsätzlich davon auszugehen, dass die privaten Investoren über einen erheblichen Informationsvorsprung gegenüber den Gemeinden verfügen. Je nach Marktsituation sind damit erhebliche Geldflüsse verbunden. Damit sowohl die öffentliche Hand auf Augenhöhe verhandeln kann und die entsprechenden Energieproduktionen auch langfristig durch die Bevölkerung getragen werden, ist sicherzustellen, dass die Geschäfte rund um diese Energieproduktion in grösstmöglicher Transparenz erfolgen. Dies bedeutet, dass die Energieproduktionsstatistik der Anlage detailliert jährlich offen gelegt wird und dass alle Verträge und vereinbarten Abgeltungen rund um die Anlage mit der Gemeinde und Dritten (z.B. Landwirtschaft, Bergbahnen, Eigentümer) jederzeit für die Öffentlichkeit einseh- und nachvollziehbar sind. Zu diesem Zweck können Gemeinden allenfalls auch eine minimale Beteiligung an den Kraftwerken halten, damit sie ihre Informationsbedürfnisse als Aktionäre sicherstellen können.

## 4 Schlussfolgerungen

Geschickte energiewirtschaftspolitische Positionierung des Kantons gefordert

Derzeit verfolgt die Schweiz eine Strategie der Dekarbonisierung und des gleichzeitigen Ausstiegs aus der Kernkraft. Dies bedingt den massiven Ausbau von Wasser-, Wind- und Solarkraft (WWS) in und ausserhalb von Siedlungsgebieten. Der gesamteuropäische Umbau der Stromproduktion wird eine Mischstrategie zwischen dem Ausbau der Kernkraft und der Wasser-, Wind und Solarkraft bilden, womit auch der importierte Strommix in die Schweiz ein Abbild davon sein wird.

Aus Sicht des Kantons Graubünden bietet die Strategie WWS Vorteile, weil Opportunitäten für den Ausbau von Wasser-, Wind- und Solarkraft entstehen und damit ein Teil des künftig zusätzlich benötigten Stroms in Graubünden hergestellt würde. Weil die Volkswirtschaft Graubünden künftig auf den Import von fossilen Brenn- und Treibstoffen verzichten kann und die zusätzlich benötigte Energie selber herstellen können wird, ist die Dekarbonisierung für Graubünden nicht nur machbar sondern auch volkswirtschaftlich erstrebenswert.

Bei beiden Strategien besteht jedoch die Gefahr, dass der Wert des bereits heute produzierten (Wasserkraft)Stroms im Sommer an Wert verliert. Um dies zu verhindern bzw. aufzufangen, bietet sich allenfalls die Produktion von Wasserstoff an, insbesondere für einen Teil der Nutzfahrzeuge in der Schweiz in den Sommermonaten. Auch die Produktion von synthetischen Flüssigtreibstoffen und Methangas oder die Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus der Luft könnte ein Weg sein, um den Wert des Sommerstroms zu stützen. Bei diesen Produkten dürften aber die internationalen Wettbewerbsbedingungen für Graubünden sehr herausfordernd sein.

Wenn Graubünden Wasser-, Wind- und Solarkraft ausbaut, muss die öffentliche Hand sicherstellen, dass die Wertschöpfung in Graubünden bleibt. Dazu braucht es eine fixe marktpreisunabhängige Entschädigung und eine variable, marktpreisabhängige Entschädigung für die Nutzung der Landschaft und Ressource (Wasserkraft, Windkraft, Solarkraft). Ob die Gemeinden sich auch als Investoren beteiligen sollen, hängt von der Risikoeinschätzung der einzelnen Anlagen ab, ist aber nicht so entscheidend, wenn die fixe und variable Entschädigung für die Ressource richtig verhandelt worden sind.

