

## **Island - Feuer und Eis zugleich - die weltweit erste Wasserstoffgesellschaft?**

Im letzten Jahrhundert hat Island bereits zwei Energierevolutionen erlebt. Am Beginn des 20. Jahrhunderts wurde die Wasserkraft „entdeckt“ und zur Elektrifizierung des Landes genutzt.

In den 1940er Jahren ging man dann dazu über, das riesige Potential der Geothermie in größerem Umfang zu erschließen. Begonnen wurde in Reykjavik. Die Erdwärme wird heute hauptsächlich zum Beheizen von Gebäuden und Straßen verwendet, ein geringerer Teil auch zur Erzeugung von Elektroenergie. Damit kann Island seinen Bedarf an Strom und Wärme aus eigenen Quellen abdecken. Einzig die Mobilität war bisher noch das Problemkind.

Das Land besitzt keine abbaubaren fossilen Brennstoffe und betreibt alle PKW, Busse und Fischtrawler mit importiertem Öl. Letztere tragen zu 70% zum Nationaleinkommen bei. Obwohl reichlich natürliche Energieressourcen vorhanden sind, produziert die kleine Bevölkerung (ca. 290.000 Einwohner) pro Kopf mehr Treibhausgase, als jedes andere Land auf der Welt. Der Stromverbrauch pro Einwohner ist ebenfalls unerreicht.

### **Träume leben**

Das war auch der Anlass dafür, die nächste Energierevolution zu verkünden. Wasserstoff wird im Transportsystem das Erdöl ersetzen und Island in energetischer Hinsicht vollkommen unabhängig machen. Die Wurzeln des Konzeptes reichen bis weit in die 1970er Jahre. Professor Bragi Arnason von der Universität von Island in Reykjavik war ein Visionär - er sah die Möglichkeiten seines Landes weit voraus. Die Idee der isländischen Wasserstoffgesellschaft ist recht einfach. Das Land verfügt über preiswerte Ressourcen an Wasserkraft und Geothermie. Der daraus gewonnene Strom kann für die Elektrolyse zur Wasserstoff-/Sauerstoffherstellung genutzt werden. Bei dem Prozess fällt kein zusätzliches Treibhausgas an und bei anschließender Nutzung des Wasserstoffs in Brennstoffzellen entsteht als „Abfallprodukt“ nur destilliertes Wasser.

Island braucht nicht darauf zu warten, dass andere regenerative Energien irgendwann einmal preislich konkurrenzfähig werden und in der erforderlichen Leistungsstärke zur Verfügung stehen. Die Regierung hat verkündet, dass bis zum Jahr 2050 die komplette Energieversorgung des Landes auf eine umweltfreundliche Basis gestellt wird. Mittlerweile ist das nicht nur ein Regierungsprogramm auf dem Papier, sondern wird in der Praxis mit ehrgeizigen Projekten vorangetrieben. Die Bevölkerung begrüßt die Entwicklung und sieht ihr Land als Pionier bei der Einführung der Wasserstofftechnologien. Allen ist auch klar, dass die Modernisierung des Verkehrssektors nicht von heute auf morgen geht. Schließlich hat man für die Umstellung der Raumheizung von fossilen Brennstoffen auf Erdwärme auch über 30 Jahre benötigt. Erfahrungen mit solchen Konversionen sind also durchaus vorhanden.

Im Rahmen des ECTOS-Programms wurden zwischen 2003 und 2005 drei Wasserstoffbusse DaimlerChrysler Citaro in der Hauptstadt betrieben. Das Projekt läuft jetzt unter HYFLEET/CUTE weiter. Dafür wurde im Jahr 2003 eine Wasserstofftankstelle durch die Firma Shell errichtet. Natürlich möchte man die 80 Busse starke Flotte Reykjaviks dort möglichst bald komplett mit solchen Fahrzeugen ersetzen.

Der nächste Schritt wird dann mit der Umstellung der privaten PKW getan. Immerhin hat Island die höchste PKW-Dichte bezogen auf 1.000 Einwohner weltweit. Erste Modelle sind im Sommer 2007 an die Nutzer übergeben worden. Dabei handelt es sich um ein Brennstoffzellenfahrzeug der A-Klasse von DaimlerChrysler und um 10 H2 Prius von Toyota mit Wasserstoffverbrennungsmotor. Im Jahr 2009 sollen bereits 30 PKW mit Wasserstoffantrieb auf den Straßen der Insel laufen.

Die Experten beschäftigen sich auch mit der Umstellung der Fischfangflotte auf Wasserstoffantrieb. Hier geht es vor allem um die Unterbringung der Wasserstoffvorräte auf den Schiffen und Booten, die ja zum Teil tage- und wochenlang unterwegs in den Fanggebieten sind. Zunächst wird erst einmal versucht, die Versorgung mit Bordenergie über Wasserstoff und Brennstoffzellen sicherzustellen, danach wagt man sich an den Hauptantrieb. Erste Prototypen werden bereits 2007 gebaut, ab 2015 soll dann die Umrüstung der Flotte beginnen. Wenn die Probleme gelöst werden können, dann ist Island völlig unabhängig von Energielieferungen aus dem Ausland.

Die Aufgabe ist durchaus gewaltig für ein so kleines Land. Es gibt nach verfügbaren Quellen wohl 180.000 PKW, 2.000 Busse und Kleinbusse sowie 2.500 Schiffe und Boote. Zur Versorgung werden ca. 100 Tankstellen benötigt.

### **Nordisch unterkühlter Zahlensalat**

Hinsichtlich der großen ungenutzten regenerativen Energiequellen sind in Europa bereits Begehrlichkeiten offenbar geworden, schließlich ist Island das einzige westeuropäische Land mit noch nennenswerten, schnell zu erschließenden regenerativen Energiequellen. Neben den Firmen Statoil und Statnett träumen selbst Umweltschutzorganisationen sowie alternative Energieanbieter bereits von einem Unterseekabel und den Anschluss der Insel an ein quer durch Europa führendes Gleichstrom-Hochspannungsnetz. Die „Verbesserung“ unserer Stromwirtschaft führt zwangsläufig zu dieser Entwicklung. Dabei wird völlig übersehen, dass die empfindliche Natur auf Island durch einen starken Ausbau der Wasserkraft und Geothermie enormen Schaden nehmen kann. Pflanzen brauchen unter den rauen klimatischen Bedingungen eine viel längere Zeit für ihr Wachstum und auch die Tierwelt (erste Stichworte: Lebensraum der einzigen Rentierherde Islands, Flutung von Nistplätzen für eine spezielle Gänseart) wird vermutlich bei einem Komplettausbau irreparable Schäden davontragen. Wer selbst einmal vor Ort war, versteht die Dinge viel besser. Die arktische Wildnis soll durch die Anbindung an den europäischen Kontinent offenbar zur Rettung des Weltklimas und zum Erhalt der althergebrachten Energiewirtschaft geopfert werden.

Bereits beim Bau des Kárahnjúkar-Wasserkraftwerkes im Gebiet der nördlichen Eiskappe des Gletschers Vatnajökull gab es heftige Proteste von Naturschützern. Nach Fertigstellung dieses Kraftwerkes im Jahr 2009 werden sechs Turbinen insgesamt 690 MW leisten. Um die Größe des Projektes einschätzen zu können, sollte man wissen, dass die bisher größten Wasserkraftwerke des Landes folgende Dimensionen haben: Búrfellsstöð (270 MW), Hrauneyjafosstöð (210 MW), Blöndustöð (150 MW), Sigöldustöð (150 MW), Sultartangastöð (120 MW), Vatnsfellsstöð (90 MW), Sogsstöðvar (89 MW) and La-xárstöðvar (28 MW).

Die Geothermalkraftwerke auf Island können folgende elektrische Leistungen beisteuern: Svartsengi (46,5 MW, erweitert auf 77 MW im Jahr 2007) und Nesjavellir (120 MW, Krafla (60 MW, Ausbau auf 90 MW vorgesehen), Reykjanes (100 MW) und Hellisheiði (90 MW, Ausbau auf 250 MW bis 2009 geplant). Neben der Stromerzeugung wird in den

meisten Fällen auch noch warmes Wasser für die Raumheizung gewonnen.

Insgesamt werden 72% des isländischen Primärenergiebedarfs (2003) durch Wasserkraft und Erdwärme gedeckt. Strom kommt zu 99,9% und Raumwärme zu 99% (Erdwärme und Strom) aus natürlichen Ressourcen. Im Jahr 2001 erzeugten isländische Kraftwerke insgesamt 8,3 TWh Elektroenergie (6,8 TWh aus Wasserkraft; 1,5 TWh aus Erdwärme). Damit waren 17% der vorhandenen nutzbaren Ressourcen (30 TWh aus Wasserkraft; 20 TWh aus Erdwärme) erschlossen. Der einheimische Bedarf an Wasserstoff kann wohl durch Einsatz von 4,3 TWh Elektroenergie für die Elektrolyse abgedeckt werden.

### **Aluminium - eine Industrie verändert das Land**

Island ist historisch betrachtet kein Industriestaat. Ab 1965 wurde auf Island eine energieintensive Industrie aufgebaut. Der Bevölkerung sollten zusätzliche Arbeitsplätze und dem Staat weitere Einnahmequellen zur Verfügung gestellt werden. Wegen der niedrigen Energiekosten entstanden Schmelzöfen für die Aluminiumherstellung. Ein weiterer starker Ausbau der Kapazitäten ist ab 1995 festzustellen. Im Jahr 2002 wurden 264.000 t Aluminium in den isländischen Produktionsstätten erzeugt. Um auch hier ein bisschen den Gesamtblick zu schärfen, sollte man wissen, dass die Weltproduktion bei 24.700.000 t lag (Weltrangere China allein 4.400.000 t).

Die beiden bisher existierenden Aluminiumfabriken in Straumsvik bei Reykjavik mit 178.000 t/Jahr (Ausbau in Stufen auf 460.000 t/Jahr geplant) und Grundarfjordur bei Grundartangi mit 180.000 t/Jahr (von 90.000 t/Jahr in der ersten Ausbaustufe; augenblicklicher Ausbau auf 260.000 t/Jahr) bleiben nicht die einzigen Standorte. Der kanadische Konzern Alcan baut jetzt für 1,1 Mrd. US-Dollar die Fjarðal-Anlage im Hafen von Reyðarfjörður. Genau für dieses Werk wurde auch die Wasserkraft von Kárahnjúkar erschlossen. Die Produktionskapazität wird bei 346.000 t/Jahr liegen. Den dafür benötigten Strom sicherte sich Alcan durch Abschluss eines 40 Jahre laufenden Vertrages mit der Provinz Landsvirkjun im Jahr 2003.

Die Firma entwickelt zusätzlich noch das Projekt eines weiteren Schmelzofens in Bakki (Nordisland) mit einer Jahreskapazität von 250.000 t/Jahr. Die Befürchtung der Iceland Nature Conservation Association ist, dass dort zunächst erst einmal im kleinen Maßstab mit Hilfe der Geothermie angefangen wird, später jedoch einer der Gletscherflüsse für die Stromgewinnung genutzt werden soll. Auch die Unternehmen Norsk Hydro und Century Aluminium machen sich über entsprechende Produktionsstätten im Land Gedanken.

### **Große Reserven für Europa?**

Werden zunächst erst einmal alle genannten Aluminiumwerke in der genannten Größenordnung realisiert, besitzt Island dann Produktionskapazitäten in Höhe von 1.316.000 t/Jahr (bringt wahrscheinlich Platz 5 in der Weltrangliste). Diese werden einen erheblichen Anteil des im Land produzierten Stroms binden. Die Betreiber sind an langfristigen Lieferverträgen interessiert, weitere Firmen stehen offensichtlich Schlange, um ebenfalls noch zum Zuge zu kommen. Der eigene Bedarf von zusätzlichem Strom zum Aufbau der Wasserstoffwirtschaft mittels Elektrolyse muss ebenfalls noch berücksichtigt werden. Ohne einen Vollausbau der Wasserkraft und der Geothermie würde also für Europa sicher nicht viel Nennenswertes übrig bleiben. Ist schon die Expansion der Aluminiumindustrie für die arktische Natur schwer verkraftbar, werden unsere Wünsche nach isländi-

schem Strom ihr ein jämmerliches Ende bereiten.

Im Jahr 2002/2003 wurde eine Machbarkeitsstudie für ein Unterseekabel von Island nach Norwegen erstellt. Auch Stromexporte nach Deutschland wurden in Betracht gezogen. Allerdings wären solche unterseeischen Verbindungen die längsten ihresgleichen weltweit. Ohne den Einsatz der als neue Wunderwaffe der Energiewirtschaft gepriesenen Gleichstrom-Hochspannungstechnik sind die Übertragungsverluste einfach viel zu hoch. Fraglich bleibt, wie viel Strom die Aluminiumindustrie übrig lässt. Eigentlich ist es global betrachtet auch völlig sinnlos, isländischen Strom nach Europa zu bringen. Allein der Export des produzierten Aluminiums ist für sich betrachtet ja schon ein sehr effektiver Energietransfer von regenerativer Energie in andere Länder und der Bedarf an diesem Material wird zukünftig weltweit noch weiter wachsen.

Es gibt weiterhin Pläne, überschüssig produzierten Wasserstoff mittels Tanker oder Pipeline auf das europäische Festland zu bringen. Im Rahmen des Projektes EURO-HYPORT wurde die Sache untersucht. Die Ergebnisse sind leider als Geschäftsgeheimnis unter Verschluss gehalten worden. Allerdings wird auch von offizieller Seite zugegeben, dass bestenfalls ein kleiner Prozentsatz des gesamten Energiebedarfs in Europa durch die isländischen Lieferungen gedeckt werden könnte. Schließlich sollte niemand wirklich glauben, hier gäbe es ein neues Kuwait im Atlantik.

### **Ziele erreicht?**

Im Jahr 2000 verteilte sich der Ausstoß des Landes an klimaverändernden Gasen zu jeweils einem Drittel auf die Sektoren Transport, Fischerei und Industrie. Es wird geschätzt, dass im Jahr 2050 höchstens 50% dieser Stoffe (bezogen auf den Ausstoß von heute) eingespart werden, weil sich die Aluminiumindustrie rasant entwickelt. Eher wird erwartet, dass die Emissionen wieder ansteigen. Island hatte deswegen auch gezögert, das Kyoto-Protokoll zu unterzeichnen. Eigentlich ist man damit zum Erfolg bei der Konversion des Verkehrssektors verdammt, obwohl in den offiziellen Dokumenten zur Einführung einer Wasserstoffwirtschaft der Vorbehalt der Wirtschaftlichkeit steht.

### **„Echte Wasserstoffwirtschaft“ und der Hohe Norden**

„Erwischt“ werden jetzt die Traditionalisten der Energie sagen. Wir haben es ja gewusst, dass das mit der echten Wasserstoffwirtschaft völliger Unsinn ist. Das ist der klare Beweis dafür, dass ohne den Strom als den alles beherrschenden Sekundärenergieträger nichts geht.

Wohlan. Island hat für sich betrachtet einen sinnvollen Weg gefunden, seine Energiewirtschaft nachhaltig zu machen. Dabei werden die herkömmlichen Energieerzeugungs- und verteilungsstrukturen verwendet. Wasserkraft und Erdwärme erzeugen Strom, aus dem dann per Zerlegung von Wasser Wasserstoff für die Mobilität und Sauerstoff für technische Anwendungen hergestellt wird. Ob die Hochtemperatur-Elektrolyse noch zur weiteren Kostensenkung und zur Reduzierung von Energieumwandlungsverlusten führen wird, kann noch niemand abschätzen.

Die Bereiche Wärme und Strom sind bereits zu fast 100% „grün“. Die Nutzung von Solar- und Windenergie ist nicht erforderlich. Der Aufbau einer „echten Wasserstoffwirtschaft“ mit Biomasse würde hier nicht funktionieren. Ein großflächiger Anbau von Energiepflanzen ist weder möglich noch nötig. Lediglich 2,3% des Landes werden für den Anbau von

Nahrungsmitteln und für die Heuernte genutzt. Das kühle Klima gestattet nur eine eher spärliche Landwirtschaft. Angebaut werden vorrangig Kartoffeln, Kohl und Rüben.

Zu ähnlichen Ergebnissen hinsichtlich der Energieerzeugung würde man wohl auch in Norwegen, auf Grönland oder in Alaska kommen. Ein großes Problem ist das allerdings nicht, leben doch in den unwirtlicheren Gebieten weltweit betrachtet nur wenige Menschen. Des Weiteren wäre hier auch eine abgewandelte Form der echten Wasserstoffwirtschaft installierbar, indem man aus preiswert regenerativ erzeugtem Strom (z.B. Wasserkraft) zunächst mittels Elektrolyse Wasserstoff herstellt und diesen dann per Rohrleitung an den Endverbraucher schickt. Der Wasserstoff würde dann etwas mehr kosten, als wenn er aus Biomasse erzeugt wird. Für Island ist diese Variante nicht sinnvoll, weil der Wärmebedarf ja schon anderweitig abgedeckt wird. Hier werden die Tankstellen wahrscheinlich nur direkt vom Stromnetz bedient und produzieren den Wasserstoff dann vor Ort.

### **Überraschende Erkenntnisse?**

Ohne die weltweit führenden Industrieländer kann Island den Umstieg nicht schaffen. Die Brennstoffzelle, hier hauptsächlich für den mobilen Einsatz, muss erst serienreif und kostengünstig zu produzieren sein. Das Land ist ein Testfeld für die Wasserstofftechnologien, nicht aber für die „echte Wasserstoffwirtschaft“. Letzteres würde ja voraussetzen, dass der Wasserstoff direkt per Rohrleitung an den Verbraucher geliefert wird, um Wärme und Strom vor Ort zu erzeugen.

Wie man sieht, ist das neue Energiekonzept für den Bio-Wasserstoff kein Dogma. Es gibt auf der Erde auch Platz für andere Lösungen. Wichtig ist, dass man eines im Auge behält: Auf der Welt leben bald 9 Mrd. Menschen, auf Island nur knapp 300.000. Und sie alle brauchen und verbrauchen Energie.

---

Alle Rechte an diesem Artikel liegen bei

Torsten Pörschke  
Pirna

Nutzung bzw. Veröffentlichung nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung durch den Autor Torsten Pörschke. Anfragen zur Nutzung/Veröffentlichung bitte an: [kontakt@bio-wasserstoff.info](mailto:kontakt@bio-wasserstoff.info) - diese werden an Herrn Pörschke weitergeleitet.