

Chancen und Risiken der erneuerbaren Energien in Chile

- eine Herausforderung für die Energiepolitik des Landes -

August 2004, Santiago de Chile. Argentinien kündigt weitere Kürzungen der Erdgaslieferungen nach Chile an, Bolivien schließt neue Lieferverträge mit Argentinien und Uruguay mit einer Verbotsklausel für die Weiterleitung dieser Lieferungen an Chile. Der Preis für ein Barrel Rohöl (knapp 159l) steuert an der Börse in New York auf die 50 US \$ Marke zu.

Die amtierende Regierung unter christdemokratischer Beteiligung sieht die Stromversorgung bis 2008 gesichert. Einige Experten der Opposition wiederum bezweifeln in der großen Tageszeitung „El Mercurio“ diesen Optimismus und sehen die Versorgung des Landes schon 2005 – 2007 in Gefahr. Zudem kritisieren sie die von der Concertacion ihres Erachtens kurzsichtige Energiepolitik.

Für ein anhaltendes Wirtschaftswachstum ist eine langfristig gesicherte Energieversorgung von Nöten. Nur so kann der Lebensstandard gehalten werden und der Privatsektor verlässlich planen.

Welche Möglichkeiten Chile zur eigenständigen Energieversorgung hat, soll in dieser Ausarbeitung erläutert werden. Das Land am „Ende der Welt“ ist prädestiniert für regenerative Energien: Im Norden scheint die Sonne übers Jahr gesehen fast ununterbrochen, im Süden stehen enorme Wasserreserven zur Verfügung, die Windgeschwindigkeiten gehören dort zu den höchsten der Welt und an vielen Orten lässt die Geologie des Landes die Gewinnung von Energie aus Erdwärme als lohnend erscheinen.

Aktueller Stand der Energieversorgung und -politik

Chiles Energiematrix setzte sich bislang überwiegend aus fossilen Energieträgern zusammen. Der Primärenergieverbrauch wurde 2002 zu 39% aus Erdöl, zu 18% aus Erdgas, zu 8% aus Kohle, zu 21% aus Wasserkraft gedeckt und zu 14 % aus Holz. Im Vergleich zu den vorhergehenden Jahren war ein relativer Rückgang der fossilen Energieträger zugunsten der Wasserkraft zu beobachten. Zur Stromerzeugung werden große Wasser- und Wärmekraftwerke eingesetzt, die letzteren werden fast ausschließlich mit Kohle oder Erdgas befeuert. Erdöl, Erdgas und Brennholz sind die primären Energieträger für Wärmeerzeugung und Transport. Bisher wenig ausgeschöpft bleiben die Energiesparpotentiale und die Nutzung von erneuerbaren Energien.

Die Energiepolitik basiert vorrangig auf Schätzungen zur kostengünstigsten Energiewandlung. Die Versorgung ist in hohem Maße abhängig von ausländischen Zulieferungen und dadurch krisenanfällig.

Der Energieverbrauch wird 2004 um 8% deutlich höher steigen als das erwartete BIP-Wachstum von 5%. Um den stetig steigenden Energiebedarf des Landes zu befriedigen, ist eine effizientere Energiepolitik nötig. Diese sollte in erster Linie eine Energiesparpolitik und die Schaffung des dazu nötigen Bewusstseins in der Bevölkerung beinhalten als auch eine Diversifizierung der Energiematrix (z.B. durch regenerative Energien) anstreben.

Argentinien dreht den Hahn zu; Brisanz der energetischen Versorgungslage

Der Erdgasanteil an verbrauchter Primärenergie ist in den letzten Jahren bis 2002 auf 18% angestiegen. Im Jahr 1998 lag er im Vergleich dazu noch bei 11% und in diesem Jahr sind es bereits über 20%. Für 2008 existieren Prognosen von 33%. Gaskraftwerke leisten einen Grossteil der Stromproduktion im

nördlichen Verbundnetz und rund 40% im Verbundnetz Zentralchiles, von dem 93% der Gesamtbevölkerung versorgt werden. Gas ersetzt immer mehr teure und umweltbelastende Brennstoffe wie Kohle und Erdöl. Angesichts der geringen Gasvorkommen ist Chile derzeit auf Importe angewiesen, die zu 80% aus Argentinien stammen.

Vor diesem Hintergrund ist verständlich, wie schmerzlich die Kürzungen der argentinischen Regierung der Erdgaslieferungen im März 2004 für Chile waren. Es wurden diplomatische Anstrengungen unternommen, um Argentinien zur Einhaltung der Lieferverträge zu drängen. Der Wirtschaftsminister Rodriguez (PDC) reiste nach Buenos Aires, im April wurde der argentinische Botschafter öffentlichkeitswirksam einbestellt und ihm eine förmliche Protestnote überreicht und Präsident Lagos (PPD) forderte zusammen mit Außenministerin Alvear (PDC) die argentinische Regierung zu vertragstreuem Handeln auf. Leider blieben diese Bemühungen wenig erfolgreich. Argentinien ist aufgrund der ökonomischen Wachstumsraten auf das eigene Naturgas angewiesen. Im April drohten bei ausbleibenden Regenfällen neben deutlichen Preiserhöhungen auch Stromrationierung und –ausfälle. Im Norden, wo Stromausfälle verheerende Auswirkungen auf die Bergbauindustrie hätten, konnte die Energieversorgung nur durch kostenträchtige Substitution von argentinischem Gas durch Kohle und Diesel aufrecht erhalten werden. Die Kohlebefeuerung der Kraftwerke ist auf Dauer finanziell nicht tragbar, da die eigenen chilenischen Kohlevorkommen gering, schwer zugänglich und von schlechter Qualität sind. Ökologisch betrachtet ist der Mehrausstoß an CO₂ (ein vielfaches gegenüber der Gasfeuerung) ebenfalls nicht verantwortbar.

Steigende Produktionskosten machten die Energiegewinnung aus Kohle unwirtschaftlich. Die Produktion im Lande ging in den letzten 10 Jahren (1994: 1.662.960 Tonnen/p.a) auf ein Viertel von ca. 400.000 Tonnen / Jahr zurück. Auch hier besteht eine weitere Abhängigkeit von Importen.

Die Energiepolitik ist eines der wenigen Felder, in denen die Regierung Aufholbedarf hat. Sie wurde zu kurzfristig angelegt mit dem Ziel möglichst günstiger Energie- und Strompreise. Die 100%e Privatisierung des Sektors in den 80ern und die Philosophie einer Neutralität des Staates gegenüber den privaten Akteuren sowie der Wahl der Energiequellen scheint die nötige langfristige Versorgungssicherheit nicht zu garantieren.

Am 22. August 04, gab die Regierung von Präsident Kirchner angesichts der tiefen Temperaturen in Buenos Aires weitere Kürzungen der Gas Lieferungen nach Chile um 12,7% bekannt. Wann diese in Kraft treten, steht allerdings noch offen. Der Rohölpreis wird durch ein schier unersättliches China und Versorgungsunsicherheiten in erdölreichen Ländern wie dem Irak oder Venezuela ständig nach oben getrieben. Momentan wird das Barrel Rohöl (ca. 159 l) bei über 50 US\$ gehandelt. Experten sehen das Maximum der weltweiten Ölförderkapazitäten bald erreicht. Sie rechnen langfristig mit einem Preis von 80 – 100 US\$ / Barrel. Solche Kostensteigerungen würden die boomende rohstoffexportierende Wirtschaft Chiles empfindlich treffen. Der ständig steigende Bedarf an Energie lässt die Forderung nach neuen Kraftwerken immer lauter werden.

All diese Zusammenhänge zeigen die Brisanz der energetischen Lage des Landes. Aber jede Krise trägt eine Chance in sich. Chile könnte energiepolitisch und –wirtschaftlich mehr Unabhängigkeit durch die Erschließung und Nutzung nicht konventioneller erneuerbarer Energien erreichen.

Eine Diversifizierung der Energiematrix und einem effizienten Energieeinsparprogramm (nach Studien der UN-Wirtschaftskommission für Lateinamerika (CEPAL) geht nur Venezuela verschwenderischer mit Energie um) kann Chile solche Krisen künftig vermeiden und langfristig von Versorgungsstabilität und -sicherheit profitieren. Das Potential für erneuerbare Energien ist groß und die natürlichen Rahmenbedingungen sind nahezu ideal.

Die Struktur des Elektrizitätssektors

Chiles Elektrizitätssektor ist überwiegend in privaten Händen. Allerdings reguliert und überwacht der Staat den Sektor, damit die einzelnen Erzeugungsunternehmen im Wettbewerb miteinander bestehen können.

Es gibt 4 verschiedene Verbundsysteme, die mit einer Netzfrequenz von 50 Hz betrieben werden: Im Norden erschließt das „Sistema Interconectado del Norte Grande“ (**SING**) die ersten beiden Regionen und erzeugt dort ein Drittel der gesamten Elektrizität, die hauptsächlich durch Wärmekraftwerke (mit Erdgas- und Kohlebefeuerung) und 2 großen Wasserkraftwerken erzeugt wird. 90% der Energie wird von Großkunden abgenommen, hauptsächlich Bergwerken und Industrie.

Das zentrale Verbundnetz „Sistema Interconectado Central“ (**SIC**) versorgt die Regionen III – X, wobei der Hauptverbrauch sich mit 60% auf das Zentrum des Systems konzentriert, die Region Santiago. Mit 64% der landesweiten Kapazität deckt es den Bedarf von mehr als 93% der Bevölkerung. Der Strom wird zu 60% durch Wasserkraftwerke und zu 40% durch Wärmekraftwerke mit Kohle, Heizöl, Diesel und Erdgas erzeugt.

In den entlegenen und infrastrukturell schwach erschlossenen Gebieten gibt es 2 kleinere Systeme: das „Sistema Eléctrico de Aysén“ erschließt die Region XI und das „Sistema Eléctrico de Magallanes“ die südlichste Region XII. Die Elektrizität wird in Aysén zu 63,9% durch Wärmekraftwerke, zu 27,6% durch Wasserkraft und zu 2,5% durch Windenergie erzeugt. In Magallanes wird die Energie zu 100% aus 3 Wärmekraftwerken gewonnen. Die 2 Systeme stellen zusammen 0,84% der Gesamtleistung zur Verfügung.

Elektrizitätsunternehmen unterscheiden sich nach ihrem Aktionsfeld in Erzeugung, Übertragung und Verteilung. Neben 31 Stromerzeugern (fünf Großunternehmen) gibt es fünf Übertragungs- und 36 Verteilerunternehmen.

Bei der Erzeugung und Übertragung von Elektrizität dominieren ausländische Gesellschaften aus Spanien, Belgien und den USA. Mit einem Rahmengesetz wurde im Jahre 1982 freier Wettbewerb bei der Stromerzeugung und dem Netzzugang festgeschrieben. Regulierende Aufsichtsbehörde ist seither die nationale Energiekommission (CNE), die auch über das Preisgefüge im Erzeugungs- und Verteilungsbereich wacht. Die Stromkonzerne verstehen es, durch intensive Lobbyarbeit ihre Interessen zu wahren, die Gewinne mit den bestehenden Gas- und Wasserkraftwerken zu maximieren und die Entwicklung alternativer Energiequellen zu erschweren. Deutschland ist im Vergleich zu Frankreich, Spanien oder den USA wenig präsent und hat deshalb nur geringen Einfluss auf die Energiepolitik. Nuklearenergie kommt in Chile nicht zum Einsatz. Im Zuge der energiepolitischen Planungen wird diese Alternative künftig jedoch nicht ausgeschlossen.

Die Stromtarife für Verbraucher mit einer Abnahmeleistung von weniger als 2.000 kW werden zweimal jährlich von der CNE festgelegt.

Nicht konventionelle erneuerbare Energieformen

Unter erneuerbaren Energiequellen versteht man natürliche Energiespender, die bis auf die Erdwärme ausschließlich von der Sonne ständig erneuert werden. Im Gegensatz dazu stehen Energierohstoffe, wie z.B. Kohle, Öl, Gas, Uran etc., die nicht erneuerbar sind und je nach Intensität der Nutzung ausgeschöpft werden können.

Erneuerbare Energien wie Solarenergie, Windenergie, Biomasse, Gezeiten- und Kleinwasserkraft spielen bei lokalen Energiekonzepten eine wichtige Rolle.

Maßgebend für den Einsatz erneuerbarer Energien weltweit und in Chile ist deren Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit.

Sonnenenergie – Solarthermik und Photovoltaik

Prinzip

Die Sonneneinstrahlung kann auf verschiedene Weise genutzt werden. Die natürlichste Form ist die direkte Nutzung der **Sonnenwärme**. Sie wird in Solarkollektoren und Absorbern gesammelt und dient zur Erwärmung von Stoffen, hauptsächlich Wasser. Eine weitere Verwendung liegt in der Umwandlung in elektrische Energie mit Hilfe von **Photovoltaikanlagen**. Diese bestehen aus Solargeneratoren („Solarpanel“), die wiederum eine Zusammenschaltung einzelner Solarzellen sind.

Chancen

Die technischen Möglichkeiten zur Nutzung der **Solarthermik** sind sehr unterschiedlich. Neben der Bereitstellung von Wärme für Raumheizung, Warmwasseraufbereitung oder Industrieprozesse kann die Solarthermik auch für Kühlzwecke oder zur Stromerzeugung mit Hilfe solarthermischer Kraftwerke eingesetzt werden. Der Schwerpunkt liegt auf den derzeit am weitesten verbreiteten Formen der Nutzung für Brauchwasser- und Schwimmbaderwärmung.

Photovoltaikanlagen werden in Chile zur Zeit ausschließlich von ausländischen Herstellern angeboten. Marktführer in dem Bereich ist Siemens mit einem Anteil von fast 70%. Neben der Ressourcenersparnis und der Umweltverträglichkeit hat die Solarenergie zudem den Vorteil, dass sie wesentlich beständiger und verlässlicher ist. Sonnenlicht ist eine

unerschöpfliche Quelle, die ganzjährig zur Verfügung steht, während beispielsweise die Versorgung durch Wasserkraftwerke abhängig von den variablen Regenfällen bzw. Trockenperioden ist. Eine dezentrale Nutzung der Solartechnik macht deren Nutzer autonom und unabhängig von dem traditionellen Erzeuger- und Verteilernetzen und ist langfristig wirtschaftlich: Einmal installiert, fallen im Nutzungszentrum (15-20 Jahre) nur noch Wartungskosten an.

Chile gehört neben Kalifornien, Südafrika, Australien und der Sahara zu den Gebieten, die weltweit die höchste durchschnittliche Sonneneinstrahlung im Jahr registrieren. Vor allem der Norden Chiles besitzt einen Wettbewerbsvorteil bei Sonnenenergie: im Wüstengelände liegen Tausende von Quadratkilometern brach, die mit über 300 Sonnentagen im Jahr ideal zur Energiegewinnung genutzt werden könnten. Der Jahresdurchschnitt der Sonneneinstrahlung liegt dort bei $6 \text{ kWh/m}^2/\text{Tag}$ ¹. Im Süden beträgt sie etwa $3.5 \text{ kWh/m}^2/\text{Tag}$. Der Landesdurchschnitt für ganz Chile beträgt $4,2 \text{ kWh/m}^2/\text{Tag}$. Im Vergleich zu Deutschland, wo die Sonnenenergie bei einem Durchschnitt von $2,7 \text{ kWh/m}^2/\text{Tag}$ genutzt wird, kann man im Andenland von optimalen Bedingungen sprechen.

Risiken

Ein Problem mit Solargeneratoren ist deren geringer Wirkungsgrad, der max. bei 20% liegt. Die Herstellung ist trotz fortgeschrittener Forschung und Technik nach wie vor aufwendig und teuer. Eine Massenproduktion, die die Kosten senken könnte, ist noch nicht angelaufen. In den nächsten Jahren könnte sich das ändern, da die Nachfrage, v.a. in Deutschland aufgrund des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes, stark gestiegen ist. Die Energieeffizienz der Technik (der Unterschied, wie viel Energie zur Herstellung umgewandelt wird und wie viel

¹ Diese physikalische Größe wird üblicherweise in Kilowattstunden pro Quadratmeter pro Tag ($\text{kWh/m}^2/\text{Tag}$) gemessen

später gewonnen wird) ist nicht optimal. Vor kurzem ging in Deutschland das weltweit größte Photovoltaik-Kraftwerk ans Netz, das erst nach geschätzten 3 Jahren die Energiemenge zurückgewonnen hat, die für dessen Herstellung nötig war. Ein weiterer Schwachpunkt ist die Lebensdauer der Solarzellen, die auf 15 – 20 Jahre angesetzt wird. Der Verschleiß der Zellen aufgrund von Moosbildung und Photodegradation (Alterschwäche der Zellen) senkt diese Erwartung.

Beispiele, Ausblick

Bereits heute wird in größerem Umfang in chilenischen Wüsten die **Solarthermik** bei Trocknungsprozessen eingesetzt. So nutzt man im Bergbau die Sonneneinstrahlung zur Trocknung von Salzen, Mineralien und Metallen.

Klassisches Beispiel für die energetische Nutzung sind Warmwasserkollektoren, die auch von der hiesigen Industrie hergestellt und bereits seit ca. 20 Jahren landesweit eingesetzt werden.

Das Potential der Solarthermik könnte beispielsweise in thermischen Kraftwerken zur Stromerzeugung ausgeschöpft werden. Konzentrierte Wärme erhitzt ein Fluid (meist Wasser) und bringt es zum Verdampfen. Der Dampf treibt wie in jedem konventionellen Kraftwerk eine Turbine an, die Strom erzeugt.

Die **Photovoltaik** wird vor allem zur Stromversorgung ländlicher Gebiete benutzt, die zu weit von bestehenden elektrischen Systemen abgelegen sind und deren Anbindung zu teuer wäre. Kleinbauern und abgelegene Wohnsiedlungen profitieren besonders von dieser Technik. Ihren Haupteinsatz findet sie im Bereich der Telekommunikation, wo energieintensive Übertragungsstationen mit Solarenergie betrieben werden. Der Bedarf an Solarenergie allein im Telekommunikationsbereich liegt bei über 60%.

Steigende Energiepreise und sinkende Anschaffungskosten für Photovoltaikanlagen könnten die Wettbewerbsfähigkeit von Solarstrom gegen-

über den herkömmlichen Energiequellen steigern, so dass seine Nutzung nicht nur für abgelegene Gebiete eine Alternative darstellen würde.

Windenergie, letztlich auch Sonnenenergie, ist eine gute Ergänzung zu Photovoltaik. Bei schönem Hochdruckwetter herrscht Windstille. Bei stürmischem Windwetter und bedecktem Himmel hingegen laufen die Windgeneratoren auf Höchsttouren.

Auf die Sonne selbst ist noch lange Verlass: ihre Lebensdauer wird auf noch mindestens 4 Milliarden Jahre geschätzt.

Windenergie

Prinzip

Während in den Industrieländern moderne Windkraftanlagen fast ausschließlich der Erzeugung von Elektrizität dienen, spielt in Entwicklungs- und Schwellenländern die direkte Nutzung der mechanischen Energie von Windanlagen eine größere Rolle. Üblich ist beispielsweise der Einsatz von Windkraft zum Betrieb von Wasserpumpen.

Chancen

Drei Regionen kommen aufgrund ihrer natürlichen Gegebenheiten besonders für den Einsatz von Windenergie in Betracht: verschiedene Gebiete im Norden, in denen zeitweise Windgeschwindigkeiten von 6 bis 8 Meter pro Sekunde erreicht werden, sowie Gebiete über 3000 m Meereshöhe, wo Geschwindigkeiten von bis zu 10 m/s gemessen werden. Auch der äußerste Süden Chiles sowie Inselgebiete sind gut geeignet für die Errichtung von Windkraftanlagen. Es existieren Windkarten von 1993, zur Zeit werden neue erstellt, die präziser sind. Besonders aktiv sind hier die Universität de Chile (Santiago), die

Universität Tarapacá in Arica (Norden) und die Universität Mallaganes in Punta Arenas (Süden). Es gibt zudem verschiedene private Initiativen mit dem Ziel, Standorte zu finden, die für die Windenergienutzung in Frage kommen.

Das Unternehmen Chevron Texaco hat 2002 eine private NRO beauftragt, die bisher umfangreichsten Windmessungen im Lande durchzuführen. Als Ergebnis könnten ab 2004/05 Windparks mit einer geschätzten Kapazität von 360 MW installiert werden.

Ein großer Vorteil von Windkraftanlagen liegt in der absolut schadstofffreien Stromerzeugung. Die Einsparung an Primärenergie durch ihre Nutzung wirkt sich direkt in einer entsprechenden Verminderung von Schadstoffen in der Luft aus. Das macht die Windenergie zur Stromerzeugung im Hinblick auf die Umwelt sehr attraktiv.

Risiken

Die Technik ist generell bereits sehr ausgereift. Hersteller in Deutschland (Marktführer Enercon) und Dänemark (Vestas) verfügen über eine mehr als 20-jährige Erfahrung.

Die Windmühlen können sich zwar regelungstechnisch an verschiedene Windstärken und – richtungen anpassen; problematisch sind jedoch die unvermeidlichen, starken Schwankungen der Energiebereitstellung, die vom unregelmäßigen Windaufkommen abhängen. Eine Abhilfe wäre hier eine Kopplung mit anderen Systemen, beispielsweise mit Hybridanlagen (eine Kombination aus Solarenergie und Dieselgeneratoren).

Problematisch bei der Errichtung von Windkraftanlagen generell sind Proteste der Bevölkerung. Die Menschen beschwerten sich über die Lärmemissionen der Windparks und dem Einschnitt in das Landschaftsbild. In Chile kennt man Protestbewegungen nur wegen des Ausbaus der Wasserkraft. Wenn die Standorte gut und mit Transparenz und Partizipation der Bevölkerung ausgesucht werden, könnten sich diese Schwierigkeiten vermeiden lassen.

Die beiden südlichsten Regionen sind am windstärksten und zugleich sehr dünn besiedelt (Región de Aisén 0,84 bzw. Región de Magallanes 1,14 Einwohner / km²). Die Bevölkerungsdichte im ganzen Land beträgt 20 Personen / km², im Vergleich dazu leben in Deutschland knapp 230 / km².

Beispiele, Ausblick

Die Windenergie wird gegenwärtig im Land nur gering genutzt. Die Gesamtkapazität liegt bei etwa 2 MW, die größtenteils im einzigen netzintegrierten Windpark Chiles in der XI. Region (Aysén) installiert ist. Dieser aus 3 Turbinen bestehende Windpark in der Nähe der Stadt Coihaique deckt mit seinen knapp 2 MW 16% des Energiebedarfs im Verbundsystem Aysén, welches ca. 19 000 Kunden versorgt. Die Jahresproduktion lag 2002 bei 6,5 GWh. Die Anlage ist ein gutes Beispiel für die Anwendung regenerativer Energien in abgelegenen Regionen. Die Stromgenerierung durch Windkraft hat zu einer Kostensenkung geführt, da die herkömmlichen Systeme auf Diesel-Basis betrieben wurden, was mit hohen Transport- und Anschaffungskosten verbunden war.

Weiter geeignet sind Gebiete im Süden wie beispielsweise Punta Arenas, Feuerland sowie zahlreiche Inseln. Südlich von Punta Arenas wurden Windgeschwindigkeiten von 9 – 10 m/s im Jahresdurchschnitt gemessen, im nördlichen Feuerland 8 - 9 m/s, was ein beträchtliches Potential darstellt. Netzgebundene Windsysteme könnten kostengünstig Elektrizität für Bewässerungsanlagen, Landwirtschaft und private Haushalte produzieren.

Im Norden plant die staatliche Kupfergesellschaft CODELCO einen Windpark, der 37,5 MW Leistung bringen soll. Es wird von dem Programm „US Initiative on Joint Implementation“ des US-Energieministeriums (DOE) unterstützt.

Die der Windstromgenerierung entsprechende Reduktion von CO₂-Emissionen soll im Rahmen des Kyoto-Protokolls international vermarktet werden

(Zielregion v.a.Nordamerika). Dadurch soll nach dem Willen der Betreiber die Rentabilität des Windparks verbessert und seine Wettbewerbsfähigkeit gesteigert werden. Der hiesige Strompreis wird auf dem sog. „Spotmarkt“ festgelegt und unterliegt starken Schwankungen, was die Planungssicherheit für Projekte erschwert. Der Verkauf der CO₂-Bonds kann diese Unsicherheit teilweise kompensieren. Die Reduzierung von Kohlenstoffdioxidemissionen wird bei einer geplanten Laufzeit von 20 Jahren auf insg. 3 Mio. t geschätzt.

Langfristig wird Chile von der entwickelten Windenergie-Technik profitieren, vor allem wenn sichergestellt ist, dass ein wirtschaftlicher Betrieb gewährleistet ist. Durch die geografischen Besonderheiten des Landes besteht in einzelnen Landesteilen ein gewaltiges Potenzial an Windenergie.

Biomasse

Prinzip

Biomasse besteht aus organischer Materie, die in der Land-, Forst- und Fischwirtschaft anfällt. Pflanzen nehmen durch die Fotosynthese Kohlenstoff auf, speichern ihn und wirken auf diese Weise als CO₂-Speicher. Werden die Pflanzen verbrannt bzw. zersetzt, so wird dieser Kohlenstoff wieder an die Atmosphäre abgegeben. Aus der Atmosphäre entnehmen Pflanzen wiederum den Kohlenstoff; der Kreislauf beginnt von neuem. Bei der Verbrennung oder Zersetzung von Biomasse wird nur so viel Kohlenstoff freigesetzt, wie die Pflanzen vorher aufgenommen haben. Deswegen bezeichnet man Biomasse bei der Verbrennung als "CO₂-neutral".

Bei der Biomasse als Energiequelle unterscheidet man zwischen festen Energieträgern (z.B. Pellets, Briketts, Holz und Holzkohle), flüssigen (Biodiesel und Bioethanol) und gasförmigen (Biogas).

Chancen

In Chile hat Brennholz als nachwachsender Rohstoff eine große Bedeutung. Der Verbrauch liegt bei ca. 12.000.000 m³ pro Jahr. Von den 13,6 Mio. Hektar Waldfläche, die hauptsächlich im Süden des Landes liegen, werden etwa 6 Mio. zur Gewinnung von Brennholz genutzt. Daraus errechnet sich ein durchschnittlicher Verbrauch von 2 m³ pro Jahr und Hektar. Die Zuwachsleistung der Wälder liegt bei geschätzten 6 m³/ha, also weit über der Entnahmemenge.

Auch hier öffnet sich ein Potenzial zur Energiegewinnung. Ein großer Vorteil gegenüber anderen Energiequellen liegt in der Speicherbarkeit der Biomasse. Anders als aus Wind und Sonne kann kontinuierlich Energie erzeugt und zur Verfügung gestellt werden. Durch ihre CO₂ Neutralität trägt Biomasse zur Reduzierung der Umweltbelastung bei.

Brennholz ist der wichtigste Vertreter der festen Biomasse-Energieträger. Bei den Biofluiden ist vor allem das Biogas für Chile von Bedeutung. Es entsteht durch Gärungs-, Verflüssigungs- und Verdampfungsprozessen von kommunalen und landwirtschaftlichen Abfällen. Das gewonnene Gas kann durch Verbrennung Wärme erzeugen, die direkt als Wärmeenergie für Haushalte und Industrie Nutzen bringen oder Blockheizkraftwerke betreiben kann, die Strom erzeugen.

Wichtige Wirtschaftszweige wie die Landwirtschaft, die Lebensmittelverarbeitung, die Weinindustrie und die Lachszucht gehören zu den größten Industrien Chiles. Massenweise fallen organische Materie als Neben- und Abfallprodukte an, die große Mengen von Biogas und fester Biomasse für Kraftwerke zur Verfügung stellen könnten. Richtig behandelt würden diese „Abfälle“ nicht nur weniger klimaschädigende Schadstoffe emittieren, sondern den Betreibern eine weitere Einkommensquelle sichern.

Risiken

Probleme gibt es bei der Bioenergie kaum. Da die Entnahmemenge von fester Biomasse weit unter der Zuwachsleistung liegt, gibt es in kurz- und mittelfristiger Zukunft keine Versorgungsengpässe und Branchen wie Viehzucht und Weinindustrie haben einen sicheren Stand.

Beispiele, Ausblick

Biobrennstoffe in Form von Abfällen aus der Holz- und Papierindustrie werden seit Mitte der 90er in größerem Umfang zur Energiegewinnung eingesetzt. Eine der ersten größeren Anlagen zur Stromerzeugung aus **Holzabfällen** mit einer Leistung von 8,7 MW nahm die Firma Energía Verde S.A. vor 4 Jahren in Betrieb. Heute beträgt die Kapazität dieser Anlagen knappe 40 MW.

Kleine, mobile Anlagen könnten besonders im Süden breite Anwendung finden.

Die Abfallwirtschaft in Chile beschränkt sich auf Mülldeponien, in denen verschiedene Gase entstehen (Faulgas), die auch in Energie umgewandelt werden könnten. Allein in den 3 großen Deponien Santiagos treten zwischen 80.000 und 600.000 Kubikmeter Biogas aus, welches aufbereitet in den bestehenden Gaskraftwerken teilweise das Erdgas ersetzen könnte oder in Kraftwärmekopplungen in Strom und Wärme mit optimalem Wirkungsgrad verwendet werden. Weitere Anwendung findet Biogas beim Kochen, Heizen und dem Antrieb von Motoren. 1 Kubikmeter Gas hat einen Heizwert von etwa 0,6 l Heizöl. Aus dieser kleinen Menge können ca. 1,5 kWh elektrischer Strom und ca. 3,0 kWh Wärme erzeugt werden.

In der Landwirtschaft betreibt Agrosuper, einer der größten Agrarunternehmen Chiles, eine „Pseudo-Biogasanlage“. Die Firma hält ca. 2 Mio. Schweine, die täglich rund 700 m³ Gülle produzieren, welche in einem Anaerobbehälter 4.000

m³ Gas produziert. Leider wird diese Energie, die 6.000 kWh Elektrizität pro Tag ergeben würde, in einer Gasflamme als Abwärme abgefackelt.

Ebenso bleibt das Biogaspotential der Weinbauern und Fischzüchter ungenutzt.

Geothermalenergie

Prinzip

Geothermie ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Oberfläche der festen Erde. Man unterscheidet zum einen zwischen oberflächennaher Geothermie mit Tiefen von bis zu 400 m und Tiefengeothermie ab 400 m Tiefe. Bei den Verfahren unterscheidet man darüber hinaus die hydrothermale Geothermie und das Hot Dry Rock-Verfahren (HDR).

Die Wärmeerzeugung der oberflächennahen Geothermie kann mit Hilfe sogenannter Grundwasserwärmepumpen, Erdwärmekollektoren bzw. Erdwärmesonden erfolgen. Die Tiefengeothermiegewinnung wird über tiefe Erdwärmesonden und Thermalwassernutzung realisiert. Bei Letzterem wird das warme bzw. heiße unterirdische Wasser an die Erdoberfläche gefördert, abgekühlt und zur Aufrechterhaltung des hydraulischen Gleichgewichts wieder in den Untergrund geleitet. Das Hot Dry Rock-Verfahren dient der Nutzung der Wärme des unterirdisch vorhandenen heißen Gesteins. Hierfür werden mit Hilfe von Bohrungen und unter Druck eingepumpten Wassers vorhandene Fließwege erweitert und neue aufgeboren, in denen das von oben eingespeiste Wasser erwärmt wird. Über eine andere Bohrung wird es wieder nach oben gepumpt und dort weiter verwendet.

Chancen

Die Geothermie ist ebenfalls wie die Biomasse „grundlastfähig“; d.h. sie kann 24 Std. eingesetzt werden und hängt nicht von meteorologischen Gegebenheiten ab, wie es mit anderen regenerativen Energien der Fall ist (Wind, Sonne, Wasser). Aus diesem Grund werden seitens der weltweiten Forschung, von Anlagenbauern und nicht zuletzt von Betreibern der Fernwärmeversorgung Hoffnungen in die Geothermie gesetzt.

Während man in Deutschland froh ist, aus mehr als 5000m 150°C heißes Wasser zu fördern, sind in Chile „paradiesische“ Startbedingungen von Wassertemperaturen um die 300 – 500°C vorhanden, die sich nur wenige Meter unter der Erdoberfläche befinden. Der Rahmen ist teilweise durch ein Gesetz aus dem Jahr 2000 festgelegt. Darin wird die Konzessionsvergabe zur Ausbeutung der Geothermalenergie geregelt. Viele Unternehmen aber auch Universitäten haben bereits solche Konzessionen erworben. Darüber hinaus ist bei der nationalen Energiekommission CNE ein Kataster über potentielle Geothermie-Standorte einsehbar. Es umfasst 115 Einträge. In der südlichen X.Region liegen mit 25 die meisten Standorte, gefolgt von der nördlichen trockenen I. Region, in der sich 23 Orte finden. Alfredo Lahsen von der Universidad de Chile stellte eine Fallstudie über die geothermische Nutzung von ca. 300°C warmen Quellen in Cordon Caulle / südl. Zentralchile vor.

Er errechnete eine potentielle elektrische Leistung von 250 MW. Für das ganze Land prognostiziert Hr. Soffia von der staatlichen Ölgesellschaft ENAP sogar ein Potential von 10 000 – 20 000 MW.

Risiken

Die Technik existiert und ist lieferbar – beispielsweise die Kalina-Anlagen von Siemens. Die Geologie spielt leider nicht immer mit und um einigermaßen verlässliche Aussagen zu treffen bedarf es vieler Probe- und Vergleichsbohrungen, die es in Chile bis heute so gut wie gar nicht gibt. Einzelne Feld-

studien wie die der Universidad de Chile wurden angefertigt, aber bis auf Prognosen ist daraus noch nichts konkretes entstanden. In einem geologisch sehr aktiven Land ist zwar das Potential vorhanden, jedoch herrscht in der energiespendenden Erde viel Bewegung und Erdbeben sowie vulkanische Aktivitäten machen die Investitionen nicht gerade sicher und zuverlässlich.

Um eine vernünftige Risikoabsicherung zu erstellen bedarf es noch vieler Vorinvestitionen für Machbarkeitsstudien und Untersuchungen über genauere geologische Daten.

Ein wichtiger Punkt ist die Wirtschaftlichkeit, die zum heutigen Zeitpunkt nicht gegeben ist. Das kann sich im weiteren Verlauf durch die Weiterentwicklung der Technik, steigenden Rohölpreisen und weiterer geologischer Forschung ändern.

Beispiele, Ausblick

Reges Interesse ist aus den zahlreichen Seminaren und Diskussionsrunden im Lande zu diesem Thema abzuleiten.

Es existiert allerdings noch keine geothermische Anlage zur Strom- oder Wärmezeugung. Deshalb ist es ratsam, das erste Projekt besonders sorgfältig durchzuführen, weil es Beispielcharakter haben wird. Größere Anlagen sind rentabler und auf alle Fälle wirtschaftlicher. Vorerst sind aber kleinere Unternehmungen besser geeignet, um Erfahrungen zu sammeln, Vertrauen in die Technologie zu schaffen und somit die Geothermie auf den Weg zu bringen.

Wasserkraft / Gezeitenkraftwerke

Prinzip

Die potentielle Energie des Wassers wird durch Staudämme gespeichert und als kinetische in elektrische Energie mittels Turbinen umgewandelt. Unterschieden wird zwischen der konventionellen Wasserkraft mit einer Leistung > 1 MW und der darunter liegenden Kleinwasserkraft. Der Anteil der Großwasserkraft lag 1999 bei 13% und stieg bis 2002 rasant auf 21% an.

In Gezeitenkraftwerken wird die Energie der Meereswellen ausgenutzt. Es gibt verschiedene technische Ansätze: In großen Zementkammern, die unter dem Wasser offen sind, wird durch die Bewegung der Wellen im Innenraum eine große Luftmasse bewegt, die Turbinen über Wasser antreibt. Eine andere Variante ist ein „schwimmendes“ Kraftwerk, dessen Rumpf aus Meeresgrund fixiert ist und die Wechselbewegung der Schwimmer in Elektrizität umwandelt.

Chancen

Die konventionelle Wasserkraft ist bereits weiträumig erschlossen; ein weiterer Ausbau ist dennoch möglich. Die Kleinwasserkraft hat vor allem in den Andengebieten Zentral- und Südchiles eine große Chance. Zu einem sind viele Gebiete schwer zugänglich, zum andern ist das Wasser in den Flüssen durch häufige Regenfälle und Schneeschmelze „konstant“ vorhanden. Favorisiert werden die Kleinanlagen auch durch das neue Gesetz „Ley Corta“, nachdem Kraftwerke bis 9MW von den Übertragungskosten im Verbundnetz befreit werden. Bei größeren Anlagen von 9 – 20MW verringert sich die Vergünstigung stufenweise von 100 auf 0%.

Grundsätzlich erhalten die Betreiber ein Einspeiserecht. Dieser gesetzliche Anreiz ist bereits auf dem Markt spürbar: die Kleinwasserkraft boomt.

International befindet sich die Gezeitenkraft noch in den Kinderschuhen.

Sollte die Technik ausgereift und auf dem Markt verfügbar sein, wird sie in Chile bestimmt zum Einsatz kommen. Im Süden Chiles findet man ideale Bedingungen für diese Art von Energiewandlung. Beispielsweise wurde in Puerto Mont (X. Region) ein Gezeitenhub von 6m gemessen.

Risiken

Vor allem die konventionelle Großwasserkraft ist mit Konflikten behaftet. Das spanische Unternehmen Endesa wollte bereits vor 4 -5 Jahren mit dem Bau von 6 Kraftwerken an dem Bio-Bio Fluss, in der gleichnamigen Region beginnen. Verschiedene Gruppen formierten sich und der Widerstand wuchs. Zum Bau des Kraftwerkes in Ralco mussten gegen heftigen Widerstand der lokalen indigenen Bevölkerung an die 90 Familien umgesiedelt werden. Die Fertigstellung verzögerte sich um mehrere Jahre. Es kam zu rechtlichen Auseinandersetzungen zwischen Menschenrechtsorganisationen und dem investierenden Unternehmen. Es kam der alte Konflikt der „Eroberer“ hinzu, nachdem den Mapuches die Erde ihrer Vorväter heilig ist und sie diese nicht an die „Europäer“ abtreten wollen. Zwei unvereinbare Interessen prallten aufeinander: ökonomischer Fortschritt und Sicherung der Energieversorgung auf der einen, Erhalt von ursprünglichen Waldgebieten und einem Naturvolk Chiles auf der anderen Seite. Probleme solchen Ausmaßes sind bei der Kleinwasser- und Gezeitenkraft nicht zu erwarten. Größere Stauseen jedoch verändern das Mikroklima und schädigen Flora und Fauna der Gewässersysteme. In einigen Ländern beginnt man Staudämme abzureißen und die aufgestauten Flüsse zu renaturieren. Wasserkraft hat daher nicht nur Vorteile.

Beispiele, Ausblick

Mitte 2004 waren in Chile knapp 40 Großwasserkraftwerke in Betrieb. Im größten Verbundnetz SIC betrug ihr Anteil an der Stromerzeugung 56%. Im Norden (SING) ist der Beitrag der 2 Hydrokraftwerke mit 0,37% verschwindend gering. Weitere zwei Werke stellen im kleinen „Sistema de Aysén“ gut 50% der benötigten Energie zu Verfügung. Darüber hinaus existieren gut 120 Kleinwasserkraftwerke, die vor allem zur Energieversorgung von Haushalten und Telekommunikationsanlagen in entlegenen Gebieten dienen. Durch den Aufwind in der Branche, den das „Ley Corta“ brachte, wird ihre Zahl weiter steigen.

Allgemeine Probleme beim Einsatz erneuerbarer Energien

Es existieren noch einige Hindernisse, die derzeit den breiten Einsatz erneuerbarer Energien hemmen und deren Verbreitung in Chile erschweren.

Es fehlt in der Vorbereitung eines Projektes oft an ausgereiften Evaluierungsstudien. Für ein Unternehmen bedeutet das einen höheren Kosten- und Zeitaufwand zur Projektvorbereitung, der allein schon ausreicht, um es schon im Vorfeld scheitern zu lassen.

Es gibt weder Rahmen technischer Normierungen noch Zertifizierungsmethoden für die Anlagen und deren Installation, die Sicherheitsstandards garantieren würden.

Verglichen mit konventionellen Diesel- oder Gasmotoren bringen Anlagen regenerativer Energien hohe Anfangsinvestitionen mit sich, weisen aber niedrige Betriebskosten auf. Viele Firmen bevorzugen aufgrund abschreckend hoher Startkosten und den indiskutablen Unsicherheiten oft Altbewährtes, obwohl die

Betriebskosten letztlich viel höher liegen. Das Vertrauen in die neuen Techniken fehlt noch. Eine Hand voll Pilotprojekte könnte hier eine Wende bewirken.

Fazit

Im zentralen Verbundsystem SIC, das 93% der Chilenen versorgt, wird mehr als die Hälfte der Energie aus der Wasserkraft geschöpft. Stauseen können in Trockenperioden schon mal leer sein; die Versorgung ist von den Launen des Wetters abhängig. Verlässt man sich in Chile auf die zwei anderen großen Energieträger Erdöl und Erdgas, findet man ebenfalls keine Versorgungssicherheit: Eine langfristige bezahlbare Erdölversorgung ist nicht gegeben und die Erdgaslieferungen hängen hauptsächlich von der Energiepolitik Argentiniens ab.

Was könnte getan werden?

Eine Diversifizierung der Energiequellen wäre wünschenswert, um die Versorgung auf ein breiteres Fundament zu stellen. Hier kommen die angesprochenen regenerativen Energien zum Zuge, die von staatlicher Seite gefördert werden könnten. Betreiber kalkulieren kurzfristig und Kostenminimierung ist die oberste Prämisse.

Zur Förderung der regenerativen Energien wären neben dem „Ley Corta“ weitere gesetzliche Weichenstellungen wünschbar als auch eine Förderung von Forschung und Lehre.

Um den „Erneuerbaren“ aus den Kinderschuhen zu helfen wäre es generell eine Idee, den Schuldenerlass für Länder an die Förderung erneuerbarer Energien zu koppeln. Dadurch könnten sie sich unter besseren Startbedingungen entwickeln - was häufig das Hauptdefizit dieser Energiequellen ist - und wirtschaftlich und wettbewerbsfähig betrieben werden.

Die Umwandlung von Schuldenbergen in „Regenerative-Energie-Fonds“ hätte auch einen positiven Effekt auf die deutsche Exportwirtschaft. Im Fall Chiles hat dieser Hebel nur geringe Wirkungskraft, da das Land ein Musterknabe in Sachen Schulden ist und nur vergleichsweise „geringe“ Verbindlichkeiten gegenüber den Industrieländern besitzt. In anderen Ländern -da reicht der Blick über die Grenze nach Argentinien, Peru und Bolivien- könnte der Link Schulden und erneuerbare Energieträger CO₂-Reduktion und Schuldenabbau beschleunigen.

Ein weiteres Szenario wäre eine Zusammenarbeit auf dem Energiesektor innerhalb der „Region Latinamericana“ nach dem europäischen Vorbild der Verbundnetze. Das wäre der Spatenstich für das Fundament enger wirtschaftlicher Zusammenarbeit und der potentielle Anfang eines politischen Schulter-schlusses. Durch die Entschärfung des Ressourcenkonflikts, könnten die Regierungen Lateinamerikas entscheidend und nachhaltig zur Friedenssicherung und zur regionalen Integration auf dem Kontinent beitragen.

Ein effizienter Energieeinsatz bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich. Für die Industrie schaffen Energieeinsparungen eine höhere Wettbewerbsfähigkeit, da die Produktionskosten gesenkt werden können. Zusätzlich wird durch einen geringen Energieverbrauch der Konsum fossiler Brennstoffe reduziert. Die knappen Ressourcen werden geschont und der Schadstoffausstoß verringert. Chile muss jedes Jahr Energieträger im Wert von ca. 4 Mrd. US\$ importieren. Um diese Abhängigkeit zu verringern hat die nat. Energiebehörde CNE bereits 1992 eine Initiative zur effizienten Energienutzung ins Leben gerufen. Es wird für 2005 eine 10%e Einsparung angestrebt. Ziel ist es, nicht nur den Verbrauch und damit den Geldbeutel der privaten Haushalte als auch der Industrie zu schonen, sondern auch eine Senkung der Importausgaben.

Eine interessante Möglichkeit bietet die Kraft-Wärme-Kopplung, die gleichzeitig Elektrizität und Wärme dezentral bereitstellt. Die traditionelle Energiegewinnung

ist keineswegs immer besonders effizient oder effektiv. Zu einem sind die Turbinen der Kraftwerke veraltet und zum anderem weisen sie schlechte Wirkungsgrade auf. Diese liegen bei 35 – 40% und könnten durch die Nutzung der Abwärme bis zu 85 – 95 % gesteigert werden. Auch in privaten Haushalten kann durch den Einsatz moderner Geräte viel erreicht werden. Es bedarf technischer Normen für Elektro- und Haushaltsgeräte sowie Klima- und Heizungsanlagen, damit flächendeckend in der Summe mehrere MW Energie eingespart werden können.

Ein besonders hohes Potential ist im Bergbau vorhanden, der mit einem Anteil von 74% auch der größte Energieverbraucher des Landes ist. Durch die Einführung von stromsparenden Elektromotoren, Pumpen und Ventilatoren, einer automatischen Kontrolle des Energieverbrauchs und Systemen zur Restwärmenutzung kann eine effizientere Energienutzung realisiert werden.

„Last but not least“ geht es um die Verringerung des Treibhauseffektes, der die Welt im ganzen bedroht. Das zur Zeit wohl größte internationale Umweltproblem ist der Klimawandel. Jeden Tag werden weltweit rund 65 Millionen Tonnen Kohlendioxid durch den Menschen in die Atmosphäre geblasen – aus Kaminen, Kraftwerksschloten und Autoauspuffen. Die Anreicherung von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen führt zu einer zusätzlichen künstlichen Erderwärmung, die den Klimawandel bewirkt. Diese Gase verursachen zudem Smog, den man in Santiago nur zu gut kennt.

Wie man sich leicht vorstellen kann hätte ein Klimawandel größeren Ausmaßes verheerende Folgen für die Weltwirtschaft und die Umwelt, die die Grundlage alles Lebens ist.

Von einem christlichen Standpunkt aus, tragen wir Verantwortung für unsere Nachkommen und die Schöpfung, die in unseren Händen liegt. Es gilt sie zu schützen und somit künftigen Generationen die Chancen auf ein „natürliches“ Leben zu erhalten.

Das Klima kennt keine Grenzen, deshalb sind internationale Lösungen gefragt. Chile, als auch jedes einzelne Land, muss sich dieser Herausforderung stellen. Nur wenn wir gemeinsam an Lösungen arbeiten und Möglichkeiten ausloten, werden wir das gravierende Problem eindämmen können: Kurzfristig, indem wir vernünftiger mit den fossilen Energieträgern umgehen und den Ausstoß von klimaschädlichen Abgasen vermeiden, bzw. binden und filtern; langfristig, indem wir auf regenerative Energien setzen.

Durch den Einsatz und die Förderung erneuerbarer Energien kann Chile seinen Beitrag leisten und sichert im gleichen Zug langfristig seine Energieversorgung und somit seine wirtschaftliche Entwicklung. Das Land hat dafür ein großes Potential, welches es zu nutzen gilt.