

# Chancen und Risiken der erneuerbaren Energien in Chile

**Eine Herausforderung für die Energiepolitik  
des Landes**

**Chiles Wirtschaft ist stabil. Weniger stabil sind die Aussichten auf eine langfristig gesicherte Energieversorgung des südamerikanischen Landes. Dabei hat Chile, das seinen Energiebedarf traditionell aus fossilen Energieträgern deckt, die Sparpotenziale regenerativer Energien indes ungenutzt lässt, angesichts seiner Geologie durchaus Möglichkeiten, sein Energieproblem auch über die Nutzung erneuerbarer Quellen zu lösen. Zu nennen wären Sonnenenergie, Windenergie, Biomassenenergie, Geothermik und Wasserkraft. In all diesen Bereichen könnten brach liegende Potenziale genutzt, müssten jedoch auch offene Fragen – etwa die nach den fehlenden Evaluierungsstudien und technischen Normierungsrahmen oder den hohen Anfangsinvestitionen – geklärt werden. Chile sollte seine künftige Energieversorgung sichern und auch auf eine Diversifizierung der eigenen Quellen achten. Der Rückgriff auf erneuerbare Quellen wäre nicht nur eine Antwort auf die Versorgungsfrage, sondern würde dem Land auch zu einem langfristigen Wirtschaftswachstum verhelfen, sowie darüber hinaus den Treibhauseffekt reduzieren. Gerade Letzteres wäre angesichts der weltweiten Gefahr eines Klimawandels durchaus von Vorteil.**

## ■ Executive Summary

Chile's economy is stable, as we know. To guarantee economic growth in the future, however, the country's energy needs must be provided for in the long run. In this regard, Chile has some cause for concern as natural-gas deliveries from Argentina are declining, and Bolivia appears resolved to keep its energy from getting into Chilean hands.

The country does have its own options of securing its energy supply: In the north, the sun is shining almost constantly, there are enormous reserves of water in the south, and the wind blows stronger in Chile than elsewhere. Thus, geographical conditions are favourable.

So far, Chile has been using fossil fuels to meet most of its energy demand without exploiting the energy-conservation potential of renewable energy sources. In 2004, energy consumption grew more swiftly than the gross domestic product, making a more effective energy policy appear advisable. The share of natural gas in the consumption of primary energy has increased considerably, a field in which Chile depends on Argentina for lack of any resources of its own. For this reason, the threats of curtailment coming from Chile's neighbour are disturbing. Another factor contributing towards Chile's critical energy-supply situation is the increasing cost of generating energy from coal.

Chile's power-generation industry is largely owned by private companies, and much of it is in foreign,

i.e. Spanish, Belgian or American hands. Nevertheless, the sector is controlled and regulated by the state. Four companies deserve mention: Sistema Interconectado del Norte Grande, Sistema Interconectado Central, and two smaller units, Sistema Eléctrico de Aysén and Sistema Eléctrico de Magallanes. No nuclear energy is now being generated in Chile, although this situation may also change in the future.

Energy generated in solar, wind, biomass, tidal, and small hydroelectric power stations is growing more important daily. In Chile, all these would have to be reviewed for competitiveness and profitability.

Solar radiation can be put to use in many ways. In its natural form, it may be used as solar heat, while modified forms include electric power generated in photovoltaic and solar-convection systems. As Chile has one of the highest annual average insulations worldwide, it offers optimum conditions for utilising that energy source. Even today, solar convection is frequently used in drying applications in the deserts of Chile, while photovoltaic systems are mainly employed in remote rural regions.

The benefit of this fairly mature technology is that it does not generate any pollutants whatsoever. Another not-inconsiderable factor is the mechanical energy generated in wind farms. In Chile, potentially suitable areas include diverse regions in the north, the extreme south, and the islands. As the wind potential in these regions is enormous, Chile would stand to benefit from wind power generation in the long run.

As far as biomass is concerned, meaning organic waste produced by the agricultural, forestry, and fisheries industries, it would be interesting to consider processing it to produce fuel. Some major Chilean industries, including agriculture, food processing, winemaking, and salmon farming, generate large quantities of organic waste material which, if adequately treated, could become a source of additional income for operators. In addition, the Chilean refuse-management industry which operates a number of large refuse tips produces gas that could be converted into energy.

Geothermal conditions in Chile are similarly favourable. Stored in the form of heat below the solid surface of the earth, this source of energy could be tapped in regions with thermal springs at temperatu-

res of 300 to 500°C. Unfortunately, geological conditions in these areas are not propitious, and the question of profitability would have to be investigated.

Another factor would be water, whose energy could be stored in reservoirs and conveyed into turbines, where it would be converted from kinetic energy into electric power. At the moment, almost 40 hydroelectric power stations are operating in Chile, and it is likely that their number will grow, partially in consequence of the changes introduced by the Ley Corta. While the technical opportunities of conventional hydroelectric power have been largely explored, tidal power generation is still in need of development. At all events, certain parts of Chile's coastline, where the tide rises by as much as six metres, offer ideal conditions.

However, there are also problems confronting the use of renewable energy sources in Chile. Thus, thorough evaluation studies are often lacking in the preparation of projects. Moreover, technical norms or certification procedures that might serve as safety standards for such installations are virtually unknown. Then again, entrepreneurs are deterred by the high cost of investment for such renewable-energy facilities, which cannot be rendered more attractive even by the prospect of low operating costs in the future.

Chile should respond to this, for its energy supply is not secure at the moment: Hydroelectric power is one of the major pillars of the country's energy supply, but water levels in reservoirs are subject to the whims of nature. The two other pillars, oil and gas, are in no better state either, because the country depends on Argentina's supply policy. It would, therefore, be advisable to branch out into other energy sources.

What could be done? Next to promoting regenerative energy sources, supporting science and teaching would be a sound move. Another step to encourage the worldwide spread of renewable energy would be to make the remission of a country's debts contingent on a changeover to these technologies. Even the introduction of a Latin American cooperative energy-supply system modelled on European grid networks could be considered.

There is no doubt that efficient energy utilisation is advantageous in many respects. Conserving energy

enhances competitiveness and reduces the consumption of fossil fuels which, in turn, helps to protect the environment and mitigate the greenhouse effect. As it threatens the world as a whole, the greenhouse effect in particular calls for international solutions.

Using and promoting regenerative energy would enable Chile to guarantee its energy supply and, by the same token, its economic growth in the long run. Moreover, it could make its own contribution towards combating the greenhouse effect, thus minimizing the hazards of a worldwide climate change. The potential is there.

### ■ **Aktueller Stand der Energieversorgung und Energiepolitik**

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 159 l) steuert an der Börse in New York auf die 50-Dollar-Marke zu.

Die amtierende Regierung sieht die Stromversorgung bis 2008 gesichert. Einige Experten der Opposition äußern in der Tageszeitung *El Mercurio* jedoch Zweifel an diesem Optimismus und sehen die Versorgung des Landes schon 2005 bis 2007 in Gefahr. Zudem kritisieren sie die ihres Erachtens kurzsichtige Energiepolitik der Concertación.

Für ein anhaltendes Wirtschaftswachstum ist eine langfristig gesicherte Energieversorgung erforderlich. 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 das ganze Jahr über, 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.

Chiles Energiematrix setzte sich bislang überwiegend aus fossilen Energieträgern zusammen. Der

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

Primärenergieverbrauch wurde 2002 zu 39 Prozent aus Erdöl, zu 18 Prozent aus Erdgas, zu acht Prozent aus Kohle, zu 21 Prozent aus Wasserkraft und zu 14 Prozent aus Holz gedeckt. 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 Energiesparpotenziale und die Nutzung erneuerbarer Energien.

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

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

Der Energieverbrauch stieg 2004 um acht Prozent, also deutlich stärker als das BIP-Wachstum (fünf Prozent). Um den stetig steigenden Energiebedarf des Landes zu decken, ist eine effizientere Energiepolitik nötig. Diese sollte in erster Linie sowohl 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 Energieversorgungslage**

Der Erdgasanteil an verbrauchter Primärenergie ist in den letzten Jahren bis 2002 auf 18 Prozent angestiegen. Im Jahr 1998 lag er noch bei elf Prozent und im Jahr 2004 waren es bereits über 20 Prozent. Für 2008 existieren Prognosen von 33 Prozent. Gaskraftwerke leisten einen Großteil der Stromproduktion im nördlichen Verbundnetz und rund 40 Prozent im Verbundnetz Zentralchiles, von dem 93 Prozent 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 Prozent aus Argentinien stammen.

Vor diesem Hintergrund ist verständlich, wie schmerzlich die Kürzungen der argentinischen Erd-

gaslieferungen im März 2004 für Chile waren. Es wurden diplomatische Anstrengungen unternommen, um Argentinien zur Einhaltung der Lieferverträge zu drängen. Wirtschaftsminister Rodriguez (PDC) reiste nach Buenos Aires, im April 2004 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 seiner 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 aufrechterhalten 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 von CO<sup>2</sup> (ein Vielfaches gegenüber der Gasfeuerung) ebenfalls nicht verantwortbar.

Steigende Produktionskosten machten die Energiegewinnung aus Kohle zudem unwirtschaftlich. Die Produktion im Lande ging in zehn Jahren (1994: 1 662 960 Tonnen/p.a.) auf etwa 400 000 Tonnen, also ein Viertel, zurück. Auch hier besteht eine 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 hundertprozentige Privatisierung des Sektors in den achtziger Jahren sowie die Philosophie der Neutralität des Staates gegenüber den privaten Akteuren und der Wahl der Energiequellen scheint die nötige langfristige Versorgungssicherheit nicht zu garantieren.

Am 22. August 2004 gab die Regierung von Präsident Kirchner angesichts der niedrigen Temperaturen in Buenos Aires weitere Kürzungen der Gaslieferungen nach Chile um 12,7 Prozent bekannt. Der Rohölpreis wird durch ein schier unersättliches China und

■ **Steigende Produktionskosten machten die Energiegewinnung aus Kohle unwirtschaftlich. Die Produktion im Lande ging in zehn Jahren (1994: 1 662 960 Tonnen/p.a.) auf etwa 400 000 Tonnen, also ein Viertel, zurück. Auch hier besteht eine Abhängigkeit von Importen.**

Versorgungsunsicherheiten in erdölreichen Ländern wie dem Irak oder Venezuela ständig nach oben getrieben. Ende 2004 wurde das Barrel Rohöl (ca. 159 l) bei über 50 US-Dollar gehandelt. Experten sehen das Maximum der weltweiten Ölförderkapazitäten bald erreicht. Sie rechnen langfristig mit einem Preis von 80 bis 100 US-Dollar pro 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 Energieversorgungslage des Landes. Aber jede Krise trägt eine Chance in sich. Chile könnte energiepolitisch und -wirtschaftlich mehr Unabhängigkeit durch die Erschließung und Nutzung nichtkonventioneller erneuerbarer Energien erreichen.

Durch eine Diversifizierung der Energiematrix und ein effizientes 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 Versorgungstabilität und -sicherheit profitieren. Das Potenzial 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 vier 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 zwei großen Wasserkraftwerken erzeugt wird. 90 Prozent der Energie wird von Großkunden abgenommen, hauptsächlich von Bergwerken und von der Industrie.

Das zentrale Verbundnetz Sistema Interconectado Central (SIC) versorgt die Regionen III bis X, wobei der Hauptverbrauch sich mit 60 Prozent auf das Zen-

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

trum des Systems konzentriert, die Region Santiago. Mit 64 Prozent der landesweiten Kapazität deckt es den Bedarf von mehr als 93 Prozent der Bevölkerung. Der Strom wird zu 60 Prozent durch Wasserkraftwerke und zu 40 Prozent durch Wärmekraftwerke mit Kohle, Heizöl, Diesel und Erdgas erzeugt.

In den entlegenen und infrastrukturell schwach erschlossenen Gebieten gibt es zwei 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 Prozent durch Wärmekraftwerke, zu 27,6 Prozent durch Wasserkraft und zu 2,5 Prozent durch Windenergie erzeugt. In Magallanes wird die Energie zu 100 Prozent aus drei Wärmekraftwerken gewonnen. Die beiden Systeme stellen zusammen 0,84 Prozent der Gesamtleistung zur Verfügung.

Elektrizitätsunternehmen werden nach ihrem Aktionsfeld in solche der Erzeugung, der Übertragung und der Verteilung differenziert. 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 2000 kW werden zweimal jährlich von der CNE festgelegt.

■ 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.



## ■ Nichtkonventionelle 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 sind deren Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit.**

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 sind 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 derzeit auf 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 Prozent. Neben der Ressourcenersparnis und der Umweltverträglichkeit hat die Solarenergie zudem den Vorteil, dass sie wesentlich be-

ständiger 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 Organisation der Solartechnik macht deren Nutzer autonom und unabhängig von den traditionellen Erzeuger- und Verteilernetzen und ist langfristig wirtschaftlich:

Einmal installiert, fallen im Nutzungszeitraum (15 bis 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 sechs kWh/m<sup>2</sup>/Tag. (Dieser physikalische Ausdruck bedeutet Kilowattstunden pro Quadratmeter pro Tag.) Im Süden beträgt er etwa 3,5 kWh/m<sup>2</sup>/Tag. Der Landesdurchschnitt für ganz Chile beträgt 4,2 kWh/m<sup>2</sup>/Tag. Im Vergleich zu Deutschland, wo die Sonnenenergie bei einem Durchschnitt von 2,7 kWh/m<sup>2</sup>/Tag genutzt wird, kann man in dem Andenland von optimalen Bedingungen sprechen.

■ 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.

## Risiken

Ein Problem bei Solargeneratoren ist ihr geringer Wirkungsgrad, der maximal bei 20 Prozent 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, vor allem in Deutschland aufgrund des Gesetzes über erneuerbare Energien, stark gestiegen ist. Die Energieeffizienz der Technik (der Unterschied zwischen der zur Herstellung umgewandelten und der später gewonnenen Energie) ist nicht optimal. Vor kurzem ging in Deutschland das weltweit größte Photovoltaik-Kraftwerk ans Netz, das erst nach schätzungsweise drei Jahren die Energiemenge gewonnen haben wird, die für seine Herstellung nötig war. Eine weitere Schwäche ist die

Lebensdauer der Solarzellen, die auf 15 bis 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 den 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 Potenzial 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 Prozent.

Steigende Energiepreise und sinkende Anschaffungskosten für Photovoltaikanlagen könnten die Wettbewerbsfähigkeit von Solarstrom gegenüber 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 vier Milliarden Jahre geschätzt.

■ **Steigende Energiepreise und sinkende Anschaffungskosten für Photovoltaikanlagen könnten die Wettbewerbsfähigkeit von Solarstrom gegenüber den herkömmlichen Energiequellen steigern, so dass seine Nutzung nicht nur für abgelegene Gebiete eine Alternative darstellen würde.**

## 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 sechs bis acht Metern pro Sekunde erreicht werden, sowie Gebiete über 3000 m Meereshöhe, wo Geschwindigkeiten von bis zu zehn m/s gemessen werden. Auch der äußerste Süden Chiles sowie die 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 Universidad 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 jetzt 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

■ 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.

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 Dieselsegeneratoren).

Problematisch bei der Errichtung von Windkraftanlagen generell sind Proteste der Bevölkerung. Die Menschen beschwerten sich über die Lärmemissionen der Windparks und den Einschnitt in das Landschaftsbild. In Chile kennt man Protestbewegungen nur zum Thema 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 Aysén 0,84 bzw. Región de Magallanes 1,14 Einwohner pro km<sup>2</sup>). Die Bevölkerungsdichte im ganzen Land beträgt 20 Personen pro km<sup>2</sup>, im Vergleich dazu leben in Deutschland knapp 230 Menschen auf dem km<sup>2</sup>.

### Beispiele, Ausblick

■ Windenergie wird gegenwärtig im Land nur wenig genutzt. Die Gesamtkapazität liegt bei etwa zwei MW, die größtenteils im einzigen netzintegrierten Windpark Chiles in der XI. Region (Aysén) erzeugt wird.

Windenergie wird gegenwärtig im Land nur wenig genutzt. Die Gesamtkapazität liegt bei etwa zwei MW, die größtenteils im einzigen netzintegrierten Windpark Chiles in der XI. Region (Aysén) erzeugt wird. Dieser aus drei Turbinen bestehende Windpark in der Nähe der Stadt Coihaique deckt mit seinen knapp zwei MW 16 Prozent 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 neun bis zehn m/s im Jahresdurchschnitt gemessen, im nördlichen Feuerland acht bis neun m/s, was ein beträchtliches Potenzial 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. Das Projekt wird von dem Programm US Initiative on Joint Implementation des US-Energieministeriums (DOE) unterstützt.

Die der Windstromgenerierung entsprechende Reduktion von CO<sup>2</sup>-Emissionen soll im Rahmen des Kioto-Protokolls international vermarktet werden (Zielregion vor allem Nordamerika). Dadurch soll nach dem Willen der Betreiber die Rentabilität des Windparks verbessert und seine Wettbewerbsfähigkeit gesteigert werden. Der hiesige Strompreis wird auf dem sogenannten Spotmarkt festgelegt und unterliegt starken Schwankungen, was die Planungssicherheit für Projekte erschwert. Der Verkauf der CO<sup>2</sup>-Bonds kann diese Unsicherheit teilweise kompensieren. Die Reduzierung von Kohlenstoffdioxidemissionen wird bei einer geplanten Laufzeit von 20 Jahren auf insgesamt drei Millionen Tonnen geschätzt.

Langfristig wird Chile von der entwickelten Windenergie-Technik profitieren, vor allem, wenn sichergestellt ist, dass ein wirtschaftlicher Betrieb gewährleistet ist. Dank der geografischen Besonderheiten des Landes findet sich 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 CO<sup>2</sup>-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

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

oder Zersetzung von Biomasse wird nur so viel Kohlenstoff freigesetzt, wie die Pflanzen vorher aufgenommen haben. Deswegen bezeichnet man Biomasse bei der Verbrennung als „CO<sup>2</sup>-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 m<sup>3</sup> pro Jahr. Von den 13,6 Millionen Hektar Waldfläche, die hauptsächlich im Süden des Landes liegen, werden etwa sechs Millionen zur Gewinnung von Brennholz genutzt.**

In Chile hat Brennholz als nachwachsender Rohstoff eine große Bedeutung. Der Verbrauch liegt bei ca. 12 000 000 m<sup>3</sup> pro Jahr. Von den 13,6 Millionen Hektar Waldfläche, die hauptsächlich im Süden des Landes liegen, werden etwa sechs Millionen zur Gewinnung von Brennholz genutzt. Daraus errechnet sich ein durchschnittlicher Verbrauch von zwei m<sup>3</sup> pro Jahr und Hektar. Die Zuwachsleistung der Wälder liegt bei geschätzten sechs m<sup>3</sup>/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 CO<sup>2</sup>-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 Verdampfungsprozesse kommunaler und landwirtschaftlicher Abfälle. 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.

Landwirtschaft, Lebensmittelverarbeitung, Weinherzeugung und Lachszucht gehören zu den wichtigsten Wirtschaftszweigen 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 Weinbau haben einen sicheren Stand.

## Beispiele, Ausblick

Biobrennstoffe in Form von Abfällen aus der Holz- und Papierindustrie werden seit Mitte der neunziger Jahre 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 vier 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 drei großen Deponien Santiagos treten zwischen 80 000 und 600 000 Kubikmeter Biogas aus, welches aufbereitet in den bestehenden Gaskraftwerken teilweise das Erdgas ersetzen oder in Kraftwärmekopplungen von Strom und Wärme mit optimalem Wirkungsgrad verwendet werden könnte. Weitere Anwendung findet Biogas beim Kochen, Heizen und dem Antrieb von Motoren. Ein Kubikmeter Gas hat einen Heizwert von etwa 0,6 Liter 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, eines der größten Agrarunternehmen Chiles, eine „Pseudo-Biogasanlage“. Die Firma hält ca. zwei Millionen Schweine, die täglich rund 700 m<sup>3</sup> Gülle produzieren, welche in einem Anaerobbehälter 4000 m<sup>3</sup> Gas erzeugt. Leider wird diese Energie, die 6000 kWh Elektrizität pro Tag ergeben würde, abgefackelt.

Ebenso bleibt das Biogaspotenzial der Weinbauern und Fischzüchter ungenutzt.

■ **Biobrennstoffe in Form von Abfällen aus der Holz- und Papierindustrie werden seit Mitte der neunziger Jahre 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 vier Jahren in Betrieb. Heute beträgt die Kapazität dieser Anlagen knappe 40 MW.**



## 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 Grundwasserpumpen, 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 aufgeschlossen, 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 wie die Biomasse „grundlastfähig“; d.h. sie kann 24 Stunden 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 5000 Metern Tiefe 150°C heißes Wasser zu fördern, gibt es in Chile Wassertemperaturen um die 300 bis 500°C nur wenige Meter unter der Erdoberfläche.

Während man in Deutschland froh ist, aus mehr als 5000 Metern Tiefe 150°C heißes Wasser zu fördern, gibt es in Chile Wassertemperaturen um die 300 bis 500°C nur wenige Meter unter der Erdoberfläche. 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 ha-

ben bereits solche Konzessionen erworben. Darüber hinaus ist bei der nationalen Energiekommission CNE ein Kataster über potenzielle Geothermie-Standorte einsehbar. Es umfasst 115 Einträge. In der südlichen X. Region liegen mit 25 die meisten Standorte, ihr folgt die nördliche trockene 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 (südliches Zentralchile) vor. Er errechnete eine potenzielle elektrische Leistung von 250 MW. Für das ganze Land prognostiziert Hr. Soffia von der staatlichen Ölgesellschaft ENAP sogar ein Potenzial von 10 000 bis 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 nicht gibt. Einzelne Feldstudien 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 Potenzial vorhanden, jedoch herrscht in der energispendenden Erde viel Bewegung; Erdbeben und vulkanische Aktivitäten machen die Investitionen nicht gerade sicher und zuverlässig.

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

Ein wichtiger Punkt ist die Wirtschaftlichkeit, die zum heutigen Zeitpunkt nicht gegeben ist. Das kann sich im weiteren Verlauf durch die Fortentwicklung der Technik, steigende Rohölpreise und die weitere geologische 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 Wärmeerzeugung. Deshalb ist es ratsam, das erste Projekt besonders sorgfältig

■ Reges Interesse ist aus den zahlreichen Seminaren und Diskussionsrunden im Lande zum Thema Geothermalenergie abzuleiten.

Es existiert allerdings noch keine geothermische Anlage zur Strom- oder Wärmeerzeugung. Deshalb ist es ratsam, das erste Projekt besonders sorgfältig durchzuführen, weil es Beispielcharakter haben wird.

durchzuführen, weil es Beispielcharakter haben wird. Größere Anlagen sind 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 potenzielle Energie des Wassers wird durch Staudämme gespeichert und mittels Turbinen von kinetischer in elektrische Energie 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 Prozent und stieg bis 2002 rasant auf 21 Prozent an.

In Gezeitenkraftwerken wird die Energie der Meereswellen genutzt. Es gibt verschiedene technische Ansätze: In großen Betonkammern, 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 am 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, nach dem Kraftwerke bis neun MW von den Übertragungskosten im Verbundnetz befreit werden. Bei größeren Anlagen von neun bis 20 MW verringert sich die Vergünstigung stufenweise von 100 auf null Prozent.

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

■ 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.

Auch international steckt 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 sechs Metern gemessen.

■ Auch international steckt die Gezeitenkraft noch in den Kinderschuhen. Sollte die Technik ausgereift und auf dem Markt verfügbar sein, wird sie in Chile bestimmt zum Einsatz kommen.

## Risiken

Vor allem die konventionelle Großwasserkraft ist mit Konflikten behaftet. Das spanische Unternehmen Endesa wollte bereits vor vier bis fünf Jahren mit dem Bau von sechs Kraftwerken am 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. Zu all dem gesellte sich der alte Konflikt mit den „Eroberern“, nach dem den Mapuche die Erde ihrer Vorfäter 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, Bewahrung von ursprünglichen Waldgebieten und einem indigenen Volk 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 also 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 Prozent. Im Norden (SING) ist der Beitrag der zwei Hydrokraftwerke mit 0,37 Prozent verschwindend gering. Zwei weitere Werke stellen im kleinen Sistema de Aysén gut 50 Prozent der benötigten Energie zur Ver-

fügung. 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 die 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 bei 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 die Einhaltung von Sicherheitsstandards garantieren.

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 indiskutabler 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 Prozent der Chilenen versorgt, wird mehr als die Hälfte der Energie aus der Wasserkraft geschöpft. Stauseen können in Trockenperioden bisweilen 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.

■ **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.**

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 das oberste Ziel.

Zur Förderung der regenerativen Energien wären neben der Ley Corta weitere gesetzliche Weichenstellungen wünschenswert, ferner 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 – wo häufig das Haupthindernis für diese Energiequellen liegt – 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 bestehen. In anderen Ländern – da reicht der Blick über die Grenze nach Argentinien, Peru und Bolivien – könnte ein Junktim zwischen Schulden und erneuerbaren Energieträgern CO<sup>2</sup>-Reduktion und Schuldenabbau beschleunigen.

Ein weiteres Szenario wäre eine Zusammenarbeit auf dem Energiesektor innerhalb der *región latino-americana* nach dem europäischen Vorbild der Verbundnetze. Das wäre der Spatenstich für das Fundament enger wirtschaftlicher Zusammenarbeit und der potenzielle Anfang eines politischen Schulterchlusses. 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.

■ Zur Förderung der regenerativen Energien wären neben der Ley Corta weitere gesetzliche Weichenstellungen wünschenswert, ferner eine Förderung von Forschung und Lehre.

Die knappen Ressourcen werden geschont, der Schadstoffausstoß wird verringert. Chile muss jedes Jahr Energieträger im Wert von ca. vier Milliarden US-Dollar importieren. Um diese Abhängigkeit zu verringern, hat die nationale Energiebehörde CNE bereits 1992 eine Initiative zur effizienten Energienutzung ins Leben gerufen. Für 2005 wird eine zehnprozentige Einsparung angestrebt. Ziel ist nicht nur, den Verbrauch und damit sowohl den Geldbeutel der privaten Haushalte als auch die Finanzmittel der Industrie zu schonen, sondern auch eine Senkung der Importausgaben zu erreichen.

Eine interessante Möglichkeit bietet die Kraft-Wärme-Kopplung, die gleichzeitig Elektrizität und Wärme dezentral bereitstellt. Die traditionelle Energiegewinnung ist keineswegs immer besonders effektiv. Zu einem sind die Turbinen der Kraftwerke veraltet und zum anderen weisen sie schlechte Wirkungsgrade auf. Diese liegen bei 35 bis 40 Prozent und könnten durch die Nutzung der Abwärme auf 85 bis 95 Prozent 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 Potenzial ist im Bergbau vorhanden, der mit einem Anteil von 74 Prozent 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.

Schließlich geht es auch 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 Gasen führt zu einer zusätzlichen künstlichen Erderwärmung, die den Klimawandel bewirkt. Die Gase verursachen zudem Smog, den man in Santiago nur zu gut kennt.

■ Ein besonders hohes Potenzial ist im Bergbau vorhanden, der mit einem Anteil von 74 Prozent 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.

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

Das Klima kennt keine Grenzen, deshalb sind internationale Lösungen gefragt. Chile, wie auch jedes andere 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 Potenzial, das es zu nutzen gilt.