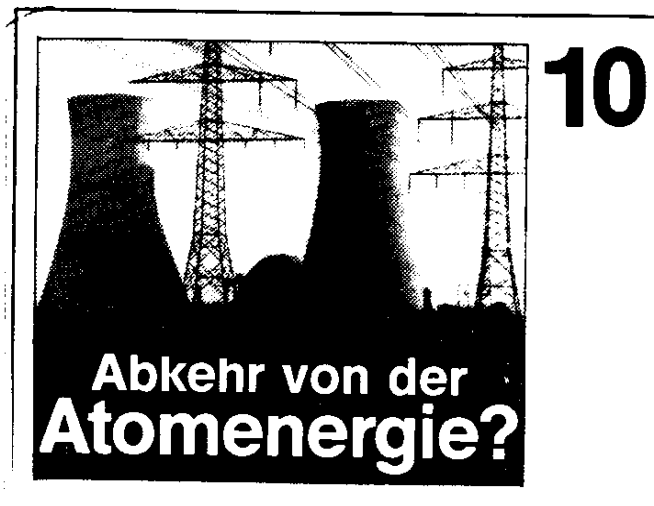


# Ein Land mit viel Sonne setzt auf Kohle und Ölschiefer

Von unserem Redaktionsmitglied Josef Joffe

Solarstrom bleibt trotz guten klimatischen Voraussetzungen zu teuer und würde in großem Rahmen der Landwirtschaft zu viel Boden wegnehmen. Mit anderen Alternativenergien experimentiert Israel, doch werden auch sie größtenteils als unökonomisch betrachtet. Die generelle Linie heißt: Umstieg auf Kohlekraftwerke – und auf die Verfeuerung von Ölschiefer, von dem das Land große Vorkommen hat.



## Abkehr von der Atomenergie?

# 10

Jerusalem, Ende Juni

Israel hat viel Sonne und weder Öl noch Kohle, es hat erstklassige Universitäten und Forschungszentren, aber keinen Zugang zu Kernkraftwerken. Solcherart sind die Quellen, aus denen man Alternativenergien schöpft – möchte man meinen. In Wahrheit marschiert das Land genau in die entgegengesetzte Richtung – zum Uralt-Brennstoff Kohle. Trotz idealen Klimas liefert die Sonne gerade zwei Prozent des Energieverbrauchs, und bis zur Jahrtausendwende sehen selbst die ehrgeizigsten Pläne allenfalls eine Verdopplung vor. Am liebsten – so Energieminister Mosche Schachal – „hätten wir aus Gründen der Unabhängigkeit und der Streuung ein Kernkraftwerk mit zwei 900-Megawatt-Blöcken von

Frankreich gekauft“. Doch die Verhandlungen ziehen sich seit einem Jahr ergebnislos in die Länge; mal hakt's beim Preis, mal bei der Politik.

Zweites Paradox: Das einzige kommerziell genutzte israelische Sonnenkraftwerk steht nicht in Israel, sondern in Kalifornien. Seit Ende 1984 speist SEGS I, hergestellt von der israelischen Firma Luz, 14 Megawatt in das Netz der Elektrizitätsgesellschaft *Southern California Edison* ein. (Zwei weitere Blöcke zu je 30 MW gehen in diesem Jahr ans Netz; 1987 soll ein halbes Dutzend erreicht sein.) Warum ging der biblische Traum

Jakobs – er wollte mit seiner Leiter Himmel und Erde miteinander verbinden – nicht im israelischen Negev, sondern in der kalifornischen Mojave-Wüste in Erfüllung? Die profane Antwort des Chef-Wissenschaftlers im Energieministerium, Pinchas Glückstern: „Bislang fehlt der Beweis, daß Solar-Energie unter israelischen Bedingungen wirtschaftlich ist.“

In einem Vorort Jerusalems steht neben den Fabrikhallen der Firma Luz nur eine Testanordnung. Ein gewaltiger in die Breite gezogener Parabolspiegel, „Wanne“ genannt, reckt sich sonnenwärts. In seinem Brennpunkt verläuft eine kopfdicke Glasröhre, in deren Vakuum wiederum ein schwarzes Edelstahlrohr, in dem eine hitzestauende Flüssigkeit zirkuliert. Die gebündelten Sonnenstrahlen erwärmen das Medium auf gut 300 Grad – genug, um in einem Sekundärkreislauf energiereichen Dampf für den Antrieb eines Generators zu erzeugen. Computer und Sensoren sorgen dafür, daß die „Wanne“ zu jeder Tageszeit im optimalen Winkel in die Sonne blickt.

Konventionell wird's billiger

Daß der Spiegel hier bloß zu Demonstrationszwecken den Lauf der Sonne verfolgt, hängt mit den Besonderheiten des *politischen* Klimas in Kalifornien zusammen. Dort „ermuntert die Landesregierung die Elektrizitätsgesellschaften dazu, einen gewissen Teil der Leistung aus alternativen Quellen zu beziehen“, vermerkt der Ministerial-Wissenschaftler Glückstern. „Ermuntern“ heißt, daß derlei Pflichtabnahme gesetzlich vorgeschrieben ist, daß sowohl die Landes- als auch die Bundesregierung kräftige Subventionen in Form von Steuererleichterungen an die Betreiber zahlt. „In Israel“, so Energieminister Schachal, „ist der (unsubventionierte) Strom aus der Sonne schlicht zu teuer – dreimal teurer als der aus konventionellen Quellen. Pro Kilowatt installierter Leistung kostet der Luz-Prozeß 3000 Dollar, beim Kohlekraftwerk sind es bloß 1000 Dollar.“

Das ist der Hauptgrund für den Umstieg in die Kohle – weg vom Öl, mit dem Israel bis an die Schwelle der achtziger Jahre fast seinen gesamten Elektrizitätsbedarf gedeckt hat. Damals verlor das Land seine Ölquellen auf der Sinai-Halbinsel, die bei der „Operation Land gegen Frieden“ wieder zu Ägypten kam. So fiel die Grundsatzentscheidung für die Kohle. Heute produziert Israel Kohlestrom zum Kilowattstunden-Preis von 4,5

Quelle

Datum

US-Cents. Das Anzapfen der Sonne auf kommerzieller Basis würde - so die Schätzung des Energieministeriums zwischen 12,6 und 15,8 Cents kosten.

### Parabolspiegel statt Avocados?

Und das sind bloß die meßbaren Kosten. „Um 1400 Megawatt Leistung zu installieren, also soviel wie unser neues Kohlekraftwerk in Chedera“, vermutet Energieminister Schachal, „müßten wir wahrscheinlich die ganze Negev-Wüste mit Sonnenkollektoren überziehen.“ Allein die 14-Megawatt-Anlage der Firma Luz in Kalifornien bedeckt mit ihren 84 000 Spiegel-Wannen 60 Hektar Wüstenboden in der Mojave - freilich in einem Landstrich, der weder Acker- noch Siedlungsland abgibt. Für die Israeli aber ist der Negev kostbarer, weil knapper, Boden. Die Ökonomen kennen das Problem als „Opportunitätskosten“: Worauf müßte das Land verzichten, wenn auf potentiellm Agrarboden anstelle von devisenbringenden Avocado- oder Pfirsichbäumen Wälder von Parabolspiegeln gepflanzt würden? Und wo würden die israelischen Infanterie- und Panzertruppen üben, nachdem der menschleere Sinai längst wieder in ägyptischer Hand ist?

„Die Sonne wird irgendwann eine beeindruckende Energiequelle abgeben“, meint Schachal. „Aber wann, das vermag niemand zu sagen.“ Der Direktor seiner Forschungsabteilung, Avraham Arbib, will sich ebenfalls nicht als Augur betätigen. „Manche unserer Wissenschaftler glauben, daß die Photovoltaik (die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in Strom durch Solarzellen) in zehn Jahren einen Kilowattstunden-Preis von sieben Cents ermöglichen wird. Nur haben wir solche Prognosen schon vor zehn Jahren aufgestellt, ohne sie je zu verwirklichen.“

Angesichts solcher Zeitdimensionen will Israel bei der Alternativenergie mit der gebotenen Skepsis vorgehen. Umso mehr als die konventionellen Quellen, darunter auch die Kernkraft, aus israelischer Sicht noch lange billiger sein werden als die Sonne, der Wind und die Biomasse, von der Zuverlässigkeit ganz zu schweigen. „Die Sonne ist kein Ersatz; unter günstigen Bedingungen kann sie allenfalls den Spitzenbedarf befriedigen“, sagt der Energieminister. „Aber sie ist aus offenkundigen Gründen nicht zuverlässig - weder bei Bewölkung noch in der Nacht -, und das bedeutet, daß wir stets kostspielige Reservekapazitäten bereithalten müssen. Auch kann die Sonne nicht die Energiemengen liefern, die eine Industriegesellschaft kontinuierlich braucht.“

Hinzu kommt, daß Israel derzeit keine Eile verspürt. „Es gibt zu viele Optionen, und sie vermehren sich unter unseren Augen“, resümiert Arbib. „Wir haben genug Zeit, sie auf ihre Wirtschaftlichkeit zu überprüfen. Es gibt keinerlei Grund zur Hysterie.“ Vor zehn Jahren hätte er vielleicht weniger Gelassenheit gepredigt. Nach dem Ölshock von 1973 (als sich der Preis vervierfachte) und erst recht nach der zweiten Preisexplosion von 1979 (als das Faß Öl plötzlich bei 40 Dollar stand), schien zwischen Sonne und Energie-Autonomie nur noch ein kurzer, mit Forschungsgeldern gepflasterter Weg zu stehen.

Der Unterschied zwischen dem Jahrzehnt der Ölkrise und dem Fast-Zusammenbruch des OPEC-Kartells in der zweiten Hälfte der achtziger Jahren, läßt sich trefflich am Forschungs-

und Entwicklungsbudget des Jerusalemer Energieministeriums ablesen. 1980/81 fraß die Sonnenenergie gut die Hälfte des Kuchens auf; heute liegt ihr Anteil bei weniger als 20 Prozent. Seinerzeit, im Jahre 1980, entschloß sich die Regierung, einen exotischen Durchbruch der israelischen Forschung mit Staatsgeldern in kommerzielle Gefilde zu katapultieren: den sogenannten „Solarteich“. Die Idee hatte ein israelischer Wissenschaftler namens Rudy Bloch schon 1945 ausgebrütet - nach der utopisch anmutenden Gleichung: Sonne plus Salz plus Wasser gleich Strom.

### Prototyp am Toten Meer

Grundlage dieser Gleichung ist die Tatsache, daß Salzwasser schwerer als Süßwasser ist. Anders ausgedrückt: Im Meer schwimmt es sich leichter als im See, weil Salzwasser aufgrund seines höheren „spezifischen Gewichts“ schwerer zu verdrängen ist und deshalb größeren Auftrieb verleiht - eine Erfahrung, die schon jeder beim Versuch gemacht hat, in der Salzbrühe des Toten Meeres unterzutauchen. Diese simple physikalische Erkenntnis gebar 1984 eine Fünf-Megawatt-Anlage in Beit Ha'arava („Haus der Wüste“) an den Ufern des Gewässers, den westliche Atlanten das „Tote Meer“, die Israeli aber schlicht *Jam Hamelach*, „Salzmeer“, nennen.

Gebaut wurde das Kraftwerk von der Firma Ormat, finanziert wurde es hauptsächlich vom Staat - zum Preis von 21 Millionen Dollar. Der 250 000 Quadratmeter große Doppelteich wurde mit dem „schweren“ Wasser des Toten Meeres gefüllt; auf seiner Oberfläche „schwimmt“ eine dünne Schicht leichteren Brackwassers aus den Brunnen der Umgebung. Die Sonne erledigt den Rest: Ihre Strahlen durchdringen das leichte Wasser und heizen die Lake auf. In einem normalen Teich würde das erwärmte Unterschichten-Wasser nach oben steigen, sich mit den oberen Schichten mischen und seine Wärme wieder an die Luft abstrahlen. Die Lake aus dem Toten Meer aber bleibt trotz steter Sonnen-Beheizung zu schwer, um himmelwärts zu steigen. Sie wird heißer und heißer - bis zu 80 Grad -, während die leichtere Brackwasserschicht relativ kühl bleibt und wie eine Isolierdecke wirkt.

Waffelartige Plastiknetze verhindern, daß der Wind die Isolierschicht aufrührt. Vom Boden des Teiches wird die heiße Brühe vorsichtig in einen Verdampfer gepumpt, wo sie ihre Hitze an einen Sekundärkreislauf abgibt, dessen Dampf den Strom-Generator treibt. 80 Grad sind freilich nicht heiß genug, um die Schaufelräder einer konventionellen Dampfturbine in Drehung zu versetzen. Um die Hitze-Lücke zu überwinden, verlassen sich die Ormat-Ingenieure auf eine „organische“ Flüssigkeit (über deren Zusammensetzung die Manager im Hauptquartier in Yavne bei Tel Aviv eisern schweigen). Das Medium hat - wie etwa Alkohol - einen viel niedrigeren Kochpunkt als Wasser; 70 Grad reichen schon aus, um der stromerzeugenden Turbine Dampf zu machen.

### Als Erfahrung wertvoll

In Yavne geht „Special Projects“-Direktor Michael Gil auch diskret jeder Frage aus dem Weg, die das Wörtchen „Wirtschaftlichkeit“ enthält. „Wir begannen an Solarteichen zu arbeiten, als Öl 35 Dollar pro Barrel kostete, und die Anlage von Beit Ha'arava wurde für einen gedachten Barrel-Preis von 50 Dollar ausgelegt. (Heute be-

Quelle

Datum

wegt sich der Ölpreis um die 15 Dollar, d. Red.) Zur Zeit ist es nicht unser Ziel, billiger Elektrizität herzustellen. Wir betrachten das Projekt „Haus der Wüste“ hauptsächlich als Produzent von Erfahrung.“ An der Erfahrung *made in Israel* sind auch andere Länder interessiert – wie die Vereinigten Staaten, wo es in den Staaten Washington und Utah natürliche Salzseen gibt. Ansonsten sind derlei Geschenke der Natur knapp gesät – in Venezuela und in Ungarn, wie ein Bericht im *Smithsonian*, der Hauszeitschrift des amerikanischen Nationalmuseums gleichen Namens vermerkt (Oktober 1980).

Obwohl Michael Gil über Geld nicht reden will, läßt sich leicht ausrechnen, was das installierte Kilowatt kostet. Die Anlage hat 21 Millionen Dollar gekostet und erbringt eine Nenn-Leistung von 5000 Kilowatt. Dies bedeutet einen Preis von 4200 Dollar pro Kilowatt installiert – laut israelischen Erfahrungswerten mehr als zweifach so viel wie bei der heutigen Generation der Leichtwasserreaktoren, fast fünfmal so viel wie beim Kohlekraftwerk. Und dies mag erklären, warum – so Gil – „die Regierung zur Zeit nicht die Dollars bereitstellt, mit denen wir ein Solarteich-Kraftwerk von optimaler Größe herstellen könnten“.

In der Tat setzt die Regierung derzeit andere Prioritäten als die Sonnenenergie. Avraham Arbib, der im Energieministerium für die Forschung verantwortlich ist, meint: „Trotz unseres großen Klimavorteils haben wir mit einem Zwei-Prozent-Anteil bei der Primärenergie fast einen Sättigungspunkt erreicht.“ Die Hauptarbeit leistet eine Umwandlungs-„Maschine“, die schon in den zwanziger Jahren auf den Dächern des damaligen Mandatsgebietes Palästina auftauchte: ein Gespann aus Wassertank und „Low-Tech“-Kollektor (schwarzgefärbtes Glas, Metallrahmen, Röhrenschlange), das mittlerweile zwei Drittel aller israelischen Haushalte mit Warmwasser versorgt. „Maximal könnten wir bis auf 80 Prozent gehen“, spekuliert Arbib – und fügt hinzu: „Die Elektrizitätsgesellschaft mag diese Dachwärmer nicht, weil sie trotz aller Einsparungen immer noch Reservekapazität bereithalten muß.“

Auf dem Sektor Alternativenergie (die in Israel unter den Begriff „einheimische Ressourcen“ fällt) setzt der Staat für den Rest des Jahrtausends auf Ölschiefer – mit 51 Prozent des Forschungs- und Entwicklungshaushaltes. „Wir können das Tote Meer nicht zum Multi-Megawatt-Solarteich umfunktionieren, weil wir es für andere Zwecke brauchen – zum Beispiel für den Tourismus“, faßt Arbib das Kapitel Sonnenenergie zusammen. „Doch wir sitzen im Negev auf 10 Milliarden Tonnen Ölschiefer, der wie Kohle im Kraftwerk verheizt werden kann. Zur Zeit kauft Israel hochwertige Kohle (mit geringem Schwefelgehalt) für 56 Dollar die Tonne; Ölschiefer mit vergleichbarem Energiegehalt käme auf 30 Dollar. Im Land wird gerade ein Fünf-Megawatt-Testkraftwerk gebaut. Beweist die Anlage ihre Rentabilität in der Praxis, sollen 120-Megawatt-Blöcke folgen, von denen bis zu fünf aneinandergekoppelt werden können.“

Vom Himmel erwarten sich die Israeli neuerdings ganz andere Geschenke als die wärmenden Strahlen der Sonne. Die Technologie ist prosaisch und vom Prinzip her ein paar Jahrtausende älter als computergesteuerte Parabolspiegel oder kostenträchtige Solarzellen. Sie konkurrieren

nicht mit dem Tourismus oder dem Anbau devisenbringender Winterfrüchte, verunziert auch nicht die Dächer des Landes mit den häßlichen

Kästen der Heißwasser-Bereiter. Ein Prototyp dreht seine Kreise auf den menschenleeren Golan-Höhen – eine Windmühle dänischer Provenienz, die seit dem Sommer 1985 mit einer Nennleistung von 55 Kilowatt Strom ins israelische Elektrizitätsnetz speist.

Die syrischen Soldaten jenseits der Demarkationslinie können den Propeller der Windturbine mit dem nackten Auge erkennen; sie steht auf einem Gelände – gleich neben einem betonierten Unterstand –, das die Betreiber, eine Vereinigung von Golan-Kibbuzim, von der Armee gepachtet haben. Sie hat 80 000 Dollar gekostet und kann mit ihren 150 000 Kilowattstunden pro Jahr ein Dorf mit 50 Häusern versorgen. Doch die Kibbuzim lassen den Strom ins Netz laufen und kassieren dafür im vorigen Jahr 8000 Dollar. Zur stromgewinnenden Drehung braucht der Propeller eine Windgeschwindigkeit von sieben Metern pro Sekunde, was hier auf den Golanhöhen – inmitten der zerschossenen Häuser und aufgerissenen Bunker – kein Problem ist; der Wind bläst oft genug mit der doppelten Gewalt.

Schon träumen die Kibbuzniks von „Windfarmen“ die dereinst ein Zehntel des israelischen Elektrizitätsverbrauches decken könnten; vorerst aber wird auch auf diesem Sektor vorsichtig geträumt. Im nächsten Jahr soll eine Kleinst-Windfarm gebaut werden, die sechs Megawattstunden pro Jahr erdrehen soll – ausreichend für 2000 Haushalte. Die Technologie sei heute schon konkurrenzfähig, sie brauche auch weit weniger

Land als Solarkraftwerke, heißt es im Energieministerium.

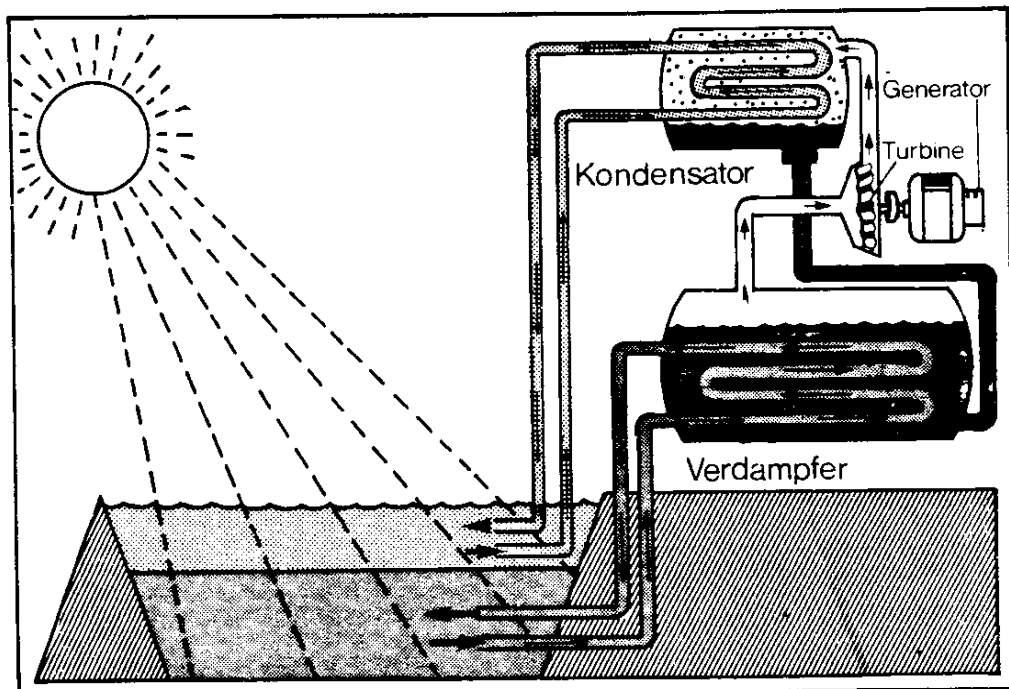
Freilich, auch bei den simplen Windmühlen läßt sich das Grundproblem aller Alternativenergien nicht umstoßen: All diese Systeme können die kontinuierlich arbeitenden Energieträger Öl und Kohle, Kernspaltung und Wasserkraft nur entlasten, nicht aber ersetzen. Sonne und Wind produzieren optimal nur zu bestimmten Tages- und Jahreszeiten. Damit bieten sie sich als ideale

Spitzenlast-Helfer in sonnigen Wohlstandsgebieten wie Kalifornien an – wo wattfressende Klimaanlage eben ihre Hauptnahrung zur Mittags- und Sommerzeit verlangen. „Sonne und Wind können nie für die Grundlast einer Industriegesellschaft geradestehen, und selbst dort, wo sie den Spitzenbedarf decken, gilt es Reserven für wind- und sonnenlose Tage bereitzuhalten“, bekommt der Besucher aus der Bundesrepublik von den Forschern und Ingenieuren immer wieder zu hören.

Etwas umständlicher drückt es ein Papier aus, das Energieminister Schachal und sein Chef-Wissenschaftler Glückstern im kommenden Oktober auf der 13. Weltenergie-Konferenz in Cannes vortragen werden: „Unsere großen Hoffnungen hinsichtlich der Rolle der Solarenergie in der nahen Zukunft haben sich zwar nicht verändert, doch hat das Heranreifen so mancher Technologie länger gedauert als erwartet.“ Und so richtet der Staat fürs erste ein Solar-Forschungszentrum bei Sde Boker ein – dem Negev-Kibbuz, wo sich der Gründervater Israels, David Ben-Gurion, nach seinem Rücktritt als glühender Verfechter der Sonnenenergie niederließ. Seine Nachfolger bringen ihre Visionen 1986 mit dürren Worten zu Papier: Das Solarzentrum von Sde Boker soll alle möglichen Apparaturen „auf den Tag hin“ prüfen, an dem die „notwendigen Bedingungen“ erfüllt sind – vorneweg „entschieden höhere Preise für konventionelle Energiequellen“.

12

Nächster Beitrag in der Dienstagausgabe vom 1. Juli 1986: Energiepolitik im Frieden mit der Natur



**STROM AUS DEM TOTEN MEER:** Weil die Salzlake (unten) zu schwer ist, um bei der Erwärmung nach oben zu steigen und ihre Energie abzustrahlen, wird sie bis zu 80 Grad heiß. Im Verdampfer bringt sie eine Spezialflüssigkeit zum Kochen; deren Dampf treibt Turbine und Generator. Im Kondensator wird der Dampf vom Brackwasser (obere Schicht) wieder abgekühlt, das gleichzeitig (weil leichter als Salzwasser) wie eine Isolierdecke über der heißen Brühe schwimmt.