

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 112 (1994)
Heft: 42

Artikel: Sanierungsobjekt Hallenbad: in die Jahre gekommen...
Autor: Humm, Othmar / Weisskopf, Thomas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78532>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

porationsmembranen mit zunehmender Molmasse und abnehmender Polarität der Permeanden stark abnimmt, praktisch vernachlässigt werden.

Neben der normalen Veresterung wäre der Membranreaktor zur Produktion von Ethern, Enaminen, Schiff'schen Basen, Acetalen, Ketalen, Alkoholaten und enantiomeren Estern unter milden Reaktionsbedingungen einsetzbar. Enzymkatalysierte Reaktionen, wie beispielsweise die Peptidherstellung oder die Razemat-Trennung durch stereoselektive Veresterungen, liessen sich erfolgversprechend im Membranreaktor durchführen.

Im kontinuierlichen Schlaufenmembranreaktor wurde mit einem äquimolaren Feed-Gemisch von Ethanol und Essigsäure bei einer Reaktionstempe-

ratur von 80 °C eine Ethylacetatausbeute von 92.1 % erreicht. Bei der Serieschaltung dreier Schlaufenmembranreaktoren wurde in der dritten Stufe eine Ethylacetatausbeute von 98.7 % gemessen.

Die Simulationsrechnung zeigte, dass mit dem pervaporationsunterstützten Verfahren bei einer Standzeit der Membranen von einem Jahr gegenüber dem konventionellen Destillationsverfahren über 75 % tiefere Energiekosten und je über 50 % tiefere Investitions- und Betriebskosten erzielt werden können.

Adresse des Verfassers: Dr. Raoul M. Waldburger, Institut für Verfahrens- und Kältetechnik, ETH Zentrum, 8092 Zürich

Leicht überarbeiteter Vortrag, gehalten am 19.10.1993 an der Tagung der SIA-Fachgruppe für Verfahrens- und Chemieingenieur-Technik (FVC) anlässlich der Ilmac 93 in Basel. Bereits in dieser Reihe abgedruckte Referate:

- «Die unternehmerische Aufgabe des Ingenieurs und des technischen Naturwissenschaftlers», W. Regenass, SI+A 19, 5.5.1994, S. 325
- «Der Beitrag des Ingenieurs bei Entwicklung und Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen», K. Hümbelin, SI+A 24, 9.6.1994, S. 455
- «Anlagensicherung mit Mitteln der MSR-Technik», P. Brusa, SI+A 29, 14.7.1994, S. 556
- «Anlagenbau und Technologietransfer biotechnischer Anlagen in Tschechien», H.-P. Meyer, SI+A 35, 25.8.1994, S. 656

Sanierungsobjekt Hallenbad

In die Jahre gekommen ...

Die Hallenbäder kommen ins Sanierungsalter. Dies ist an einer ganzen Reihe von Problemen erkennbar, mit denen sich die Betreiber, meist Gemeinden, herumschlagen müssen. Auch bezüglich ihres Energieverbrauches liegen die kommunalen Freizeitanlagen über dem heute allgemein geforderten Standard. Der Beitrag bezieht das Potential zur Energieeinsparung und zeigt an zwei Beispielen, wie diese Sparmöglichkeiten ausgeschöpft werden können.

Jetzt sind Hallenbäder aktuell! Diesen Eindruck gewinnt man angesichts der Fülle von Informationen über geplante und realisierte Hallenbadsanierungen. Ausgelöst hat diesen Info-Boom das Bundesamt für Energiewirtschaft mit der vielbeachteten Studie *Rationelle Energienutzung in Hallenbädern* (Quelle 1), in der das Einsparpotential energetischer Sanierungen mit bis zu 60% beziffert wird. Danach erhoben verschiedene Ingenieurbüros – weitgehend unabhängig voneinander – die möglichen Sparquoten von Hallenbädern: Adliswil könnte 32% an Energie einsparen, Liestal 46%, Zug 47% und Sedrun gar 51%. Schliesslich sind auch Resultate von abgeschlossenen Sanierungen verfügbar.

Grosses Potential

Ein beispielhaftes Hallenbad mittlerer Grösse mit einer Kubatur von 25 000 m³ und einer Wasserfläche von 500 m² verbraucht 3,75 Mio. kWh jährlich. Drei Fünftel davon entfallen auf Transmis-

sion und Lüftung. Die beiden Verbrauchsanteile sind in etwa gleich gross, in einem stark frequentierten Hallen-

VON OTHMAR HUMM, ZÜRICH,
UND THOMAS WEISSKOPF,
LIESTAL

bad dagegen überwiegen naturgemäss die Lüftungsverluste deutlich (Entfeuchtung). Die Badewasser- und Duschwassererwärmung sowie die Erzeugung und Verteilung der Wärme sind mit je 15% am Energiebudget beteiligt, und für Beleuchtung und diverse Energieverbraucher beträgt der Aufwand 10%. Diese insgesamt 100% entsprechen den erwähnten 3750 MWh pro Jahr – immerhin 250 000 Franken. Die für unser Beispiel angenommenen 100 000 Besucher decken mit ihrem Eintrittsgeld knapp die Energiekosten. Die Zahlenfolge muss, mit der üblichen Vorsicht, auf den Bestand hochgerechnet werden: In der Schweiz sind 500 öffentliche und 3000 private oder halbprivate Hallenbäder in Betrieb.

Ein weiterer Befund weist die bekannte Analogie zu anderen Bauten und zu natürlichen Phänomenen auf: Kleine Hallenbäder haben einen grösseren spezifischen Energieverbrauch als mittlere und grosse Anlagen. Die Bedeutung der Transmission in der Energiebilanz macht sich bemerkbar.

Das Beispiel Liestal

Das Hallenbad Liestal, Jahrgang 1974, weist mit einer Kubatur von 23 400 m³, einer Wasserfläche von 570 m² und einem Jahresenergieverbrauch von

Das energetische Dilemma

Planer von Hallenbadsanierungen befinden sich in einem Dilemma. Das liegt an zwei Phänomenen, die einander im Feuchte- und Energieaustausch zwischen Becken, Raumluft und Aussenraum entgegenwirken. Die Absenkung der Raumlufttemperatur hat eine Erhöhung der Beckenwasserverdunstung – und damit einen Mehrverbrauch an Energie – zur Folge. Umgekehrt korrelieren hohe Raumtemperaturen mit hohen Transmissionsverlusten. Die Energiesparlösung liegt also nicht so sehr in der (zeitweisen) Absenkung der Temperaturen, als in der konsequenten Wärmerückgewinnung bei gleichzeitiger Optimierung der Lüftungsanlagen nach den Kriterien Raumfeuchte, Raum- und Wassertemperaturen. Solides Know-how in Bauphysik ist hier besonders gut angelegt, weil haustechnische Energiesparmassnahmen in einer unveränderten Gebäudehülle die Kondensationsgefahr erhöhen.

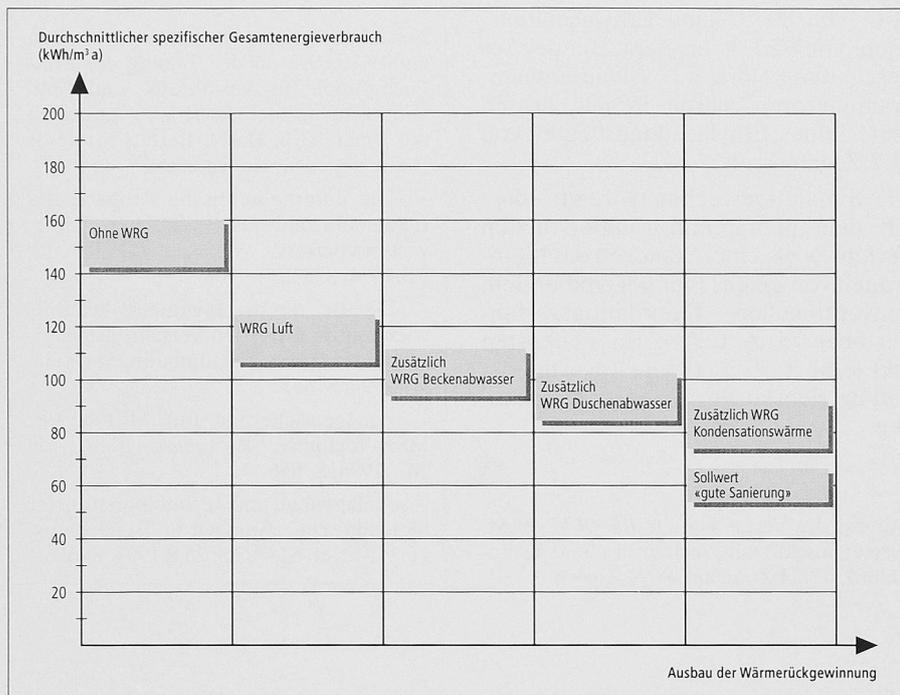


Bild 1. Kennwerte für mittlere Hallenbäder – um 25 000 m³ Rauminhalt – in Abhängigkeit des WRG-Ausbaus. Quelle: BEW, 1993

Transmission	21%
Lüftung Schwimmhalle	22%
Lüftung Garderobe und Nebenräume	17%
Badewassererwärmung	9%
Duschenwassererwärmung	6%
Verlust Wärmeerzeugung	8%
Verlust Wärmeverteilung	7%
Beleuchtung	2%
Diverse	
Energieverbraucher	8%
Summe Energiebedarf	100%

Tabelle 1. Anteile am gesamten Energiebedarf des Hallenbades Liestal (Jahrgang 1974, drei Becken, über 100 000 Besucher pro Jahr)

3025 MWh eine Energiekennzahl von 129 kWh/m³ a aus. Der Energieverbrauch lässt auf ein grosses Sparpotential schliessen (Bild 1). Aber nicht nur die grobe Abschätzung, auch die detaillierte Untersuchung zeigte dies deutlich auf.

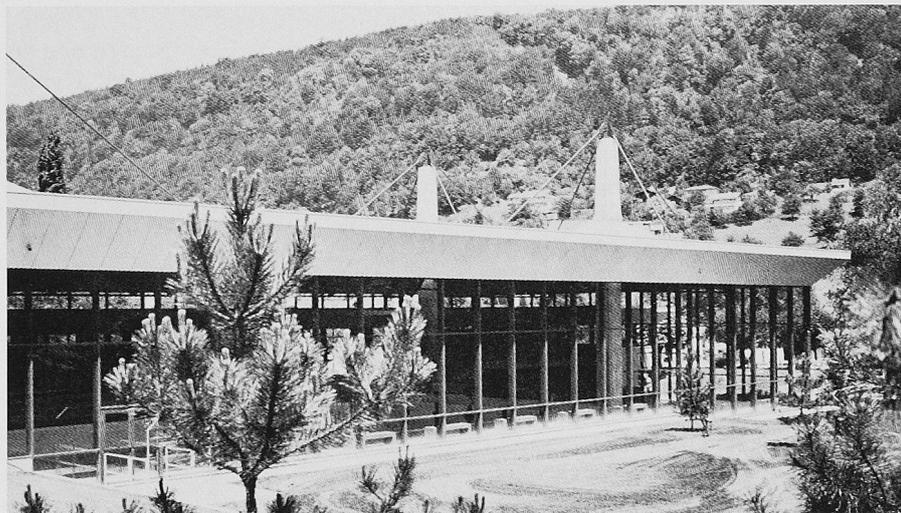


Bild 2. Das sanierungsbedürftige Hallenbad in Liestal.



Bild 3. Hallenbad Rheinau, nach der Sanierung

Die Massnahmenbündel

Hallenbadsanierungen müssen, darin sind sich alle Fachleute einig, eng mit der Unterhalts- und Werterhaltungsplanung gekoppelt und sie müssen integral geplant sein. Denn viele Massnahmen sind vom baulichen Erneuerungsrythmus abhängig und sollten in die langfristige Planung eingebettet sein. Für die Gesamtheit der Massnahmen empfiehlt sich eine Bündelung in *Sofortmassnahmen, kurzfristige sowie abhängige Massnahmen*; daraus lassen sich häufig *betriebliche, haustechnische und bauliche Massnahmenpakete* schnüren. Am Beispiel *Liestal* sind nachfolgend zwei Massnahmenpakete – entsprechend den zwei geplanten Etappen – dargestellt.

Paket 1: Haustechnik

- Ersatz der sanierungsbedürftigen und zu grossen Heizkessel durch Einbau eines Blockheizkraftwerkes mit Spitzenkessel.
- Aufbereitung des Warmwassers mittels Wärmerückgewinnung aus Becken- und Duschenabwasser.
- Ersatz des Lüftungsaggregates für die Schwimmhalle, um die Funktionen Lüften, Heizen und Entfeuchten koordiniert zu erfüllen – Teilweiser Ersatz anderer Lüftungskomponenten.
- Etappenweise Betriebsoptimierung, insbesondere der Lüftungsanlagen.
- Ersatz der (überdimensionierten) Heizwasserpumpen.

	Strom- verbrauch	Wärme- verbrauch	Gesamtverbrauch
<i>Ist-Zustand</i>			
Energieverbrauch	725	2 300	3 025 MWh/a
spezifischer Wert	31		98 129 kWh/m ³ a
<i>Soll-Zustand</i>			
Energieverbrauch	300	1 350	1 650 MWh/a
spezifischer Wert	13	58	71 kWh/m ³ a
Energieeinsparung	425	950	1 375 MWh/a
Spezifische Energieeinsparung	18	40	58 kWh/m ³ a

Tabelle 2. Energiekennwerte des Hallenbades Liestal, vor und nach der geplanten Sanierung (die spezifischen Werte beziehen sich auf die Kubatur nach SIA). Die Soll-Werte (nach der Sanierung) lassen sich mit einer Betriebsoptimierung um weitere 5 bis 10% reduzieren

	vor Sanierung	nach Sanierung und nach Optimierung
Kubatur	9 600 m ³	14 000 m ³
Energiebezugsfläche	3 200 m ²	4 640 m ²
Wasserfläche	275 m ²	302 m ²
Besucherzahl	47 000	60 000
Wärmeverbrauch	1 030 MWh/a	430 MWh/a
Stromverbrauch	245 MWh/a	420 MWh/a
Energieverbrauch total	1 275 MWh/a	850 MWh/a
Spezifischer Energieverbrauch	133 kWh/m ³ a	61 kWh/m ³ a
Sollwert nach BEW		67 kWh/m ³ a
Zielwert nach BEW		58 kWh/m ³ a

Tabelle 3. Kennwerte des Hallenbades Rheinau vor und nach der Sanierung. Der stark erhöhte Stromverbrauch ist zu einem grossen Teil auf das erweiterte Angebot – Beispiel: Whirlpool – zurückzuführen. Der Zielwert BEW ist nur mit einer umfassenden Sanierung des ganzen Bades erreichbar

- Teilweiser Ersatz der Beleuchtung wegen ungünstiger Platzierung und schlechten Lampenwirkungsgraden.
- Visualisierung der Betriebsführung und des Energieverbrauches auf PC-Basis.

Paket 2: Bauhülle

- Flachdach zusätzlich dämmen (15 statt 6 cm).
- Erneuerung der Fenster: k-Wert 1,5 statt 3,2 W/m² K. Diese beiden Massnahmen allein bringen 200 MWh/a – knapp 10% des Wärmeenergieverbrauches vor der Sanierung.

Unkonventionelle Lösung: Rheinau

Neue Wege haben die Gemeinde und ihre Beauftragten, mit Unterstützung des Kantons Zürich, bei der Sanierung des Hallenbades in Rheinau beschritten. Die Besonderheiten im einzelnen:

- Eine Holzschnitzelfeuerung erzeugt 90% des Wärmebedarfes.

P+D – Pilot- und Demonstrationsprojekte

Unter der Bezeichnung P+D – Pilot- und Demonstrationsprojekte – zahlen Bund und einzelne Kantone Beiträge an Lösungen, die Energien besonders rationell verwenden oder erneuerbare Energien nutzen. Die förderungswürdigen Vorhaben müssen neu sein und «relevante Resultate erwarten lassen». Das im Beitrag erwähnte Hallenbad Rheinau ist ein Pilot- und Demonstrationsprojekt des Kantons Zürich. (Gesuche sind an das Bundesamt für Energiewirtschaft, 3003 Bern, oder an die Energiefachstelle des Standortkantons zu richten.)

	Reduktion des Energieverbrauches	
	absolut	spezifisch
Quelllüftung	36 000 kWh	3,75 kWh/m ³ a
HIT-Verglasung	41 000 kWh	4,25 kWh/m ³ a
Beide Massnahmen	77 000 kWh	8 kWh/m ³ a
Spezifischer Verbrauch des Bades ohne diese Massnahmen		69 kWh/m ³ a (113%)
mit diesen Massnahmen		61 kWh/m ³ a (100%)

Tabelle 4. Reduktion des Energieverbrauches aufgrund zweier ausgesuchter Massnahmen im Hallenbad Rheinau

- HIT-Fenster mit einem k-Wert von 0,85 W/m² K senken den Energieverbrauch und erhöhen die Behaglichkeit im Bereich der Verglasungen.
- Die Quelllüftung – auch als Verdrängungslüftung bezeichnet – sorgt für Luftersatz, und zwar ohne betriebliche, gestalterische (Luftauslässe!) und bauphysikalische Nachteile.
- Als Dämmstoff wurde Zellulose eingesetzt.

Unsicherheit bestand anfänglich vor allem bezüglich Quelllüftung: Hat die geplante, hohe Luftfeuchtigkeit ausserhalb des Aufenthaltsbereiches – über dem Becken sowie in den Luftschichten unterhalb der Decke – störendes Kondensat auf der Raumseite der Dampfsperren zur Folge? Die Antwort heisst: *nein, aber*. Denn die diffizilen äussersten Ecken und die inneren Kontaktflächen von Wärmebrücken sind tatsächlich kondensatfrei, *aber* dies war nur mit speziellen Massnahmen möglich. Dazu gehört die punktuelle Zuleitung von Zuluft in kondensatgefährdete Bereiche sowie die aussentemperaturgeführte Raumluftfeuchte (bei +9°C 80% relative Feuchte, bei 0°C 72% und bei -10°C nur noch 63%). In Rheinau ist der zulässige Feuchtwert im Aufenthaltsbereich auf 80% festgelegt.

Insofern ist die Sanierung des Hallenbades ein typisches P+D-Projekt: Eine an sich bewährte Technik in einem neuen Umfeld erproben und die Funktionstüchtigkeit des Gesamtsystem demonstrieren.

Im Vergleich zu einer üblichen Lüftungsanlage wälzt die in Rheinau eingebaute Quelllüftung nur die Hälfte an Luft um. Damit werden jährlich rund 20 000 kWh an Wärmeenergie und 16 000 kWh an Elektrizität eingespart. Ähnlich hohe Einsparungen ergeben sich aufgrund der HIT-Verglasung. Gegenüber einer 3fach-Isolierverglasung mit einem k-Wert von 1,48 W/m² K reduziert die HIT-Verglasung den Wärmeverbrauch um 29 000 kWh/a, im Vergleich mit einer 2fach-Isolierverglasung (k-Wert 1,75) sind es gar 41 000 kWh/a. Die Verglasung liegt in einem thermisch

Beteiligte

Hallenbad Liestal – Energiekonzept:
Dr. Eicher+Pauli AG, 4410 Liestal.

Hallenbad Rheinau – Architektur und Projektleitung: Archplan, Bruno Dürr, Armin Oswald, 8800 Thalwil; Energiekonzept: ENFOG, Peter Hubacher, 9202 Gossau; Verglasung: Geilinger AG, 8400 Winterthur

getrennten Aluminium-Rahmen (k-Wert 0,8 W/m² K). Die beiden Scheiben im Abstand von 73 mm bilden, zusammen mit den beiden innenliegenden infrarotreflektierenden Polyesterfolien, drei annähernd gleich grosse, mit Luft gefüllte Kammern. Die beiden hauchdünnen Folien unterbinden die Konvektion weitgehend, was ganz wesent-

lich zum guten k-Wert von 0,85 W/m² K beiträgt (alle k-Wert-Angaben beziehen sich auf Glas und Rahmen).

Adressen der Verfasser: *Othmar Humm*, Fachjournalist Technik+Energie, 8050 Zürich; und *Thomas Weisskopf*, Energieingenieur NDS HTL, Dr. Eicher+Pauli AG, 4410 Liestal.

Literatur

- [1] Rationelle Energienutzung in Hallenbädern, Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern 1993. Autor: Bernd Kannevischer, 6300 Zug. Bezug: BEW, 3003 Bern, Fax 031 382 44 03.



**Das Aktionsprogramm Energie 2000:
Energie-Partnerschaft, die nachhaltig wirkt.
Wir machen mehr – mit aller Energie**

«Energie 2000» im Aufwind: die ersten Ziele in Sichtweite

Die Ziele von «Energie 2000» für das Jahr 2000 sind erreichbar. Voraussetzung dafür ist eine engagierte Fortsetzung der heutigen Politik. Wie Bundesrat Adolf Ogi an der vierten Jahrespressekonferenz des Aktionsprogramms erklärte, kann die Schweiz den CO₂-Ausstoss auf dem Niveau von 1990 stabilisieren. Die Zunahme des Elektrizitätsverbrauchs kann wie vorgesehen deutlich gedämpft werden, und die erneuerbaren Energien gewinnen im geplanten Ausmass an Bedeutung.

«Energie 2000» ist die Antwort des Bundesrates auf die Volksabstimmung vom 23. September 1990. Damals wurden der Energieartikel und ein zehnjähriges Moratorium für neue Kernkraftwerke angenommen. Der Ausstieg aus der Kernenergie wurde abgelehnt.

Energiespartrend 1993 verstärkt

Der vierte Jahresbericht des Programms steht unter dem Motto «Energie 2000 im Aufwind». Modell-Untersuchungen bestätigen, dass sich der Energiespartrend 1993 verstärkt hat und Energie rationeller eingesetzt wird – vor allem in den Bereichen Haushalte und Dienstleistungen. Auch in der Industrie setzt sich der schon lange bestehende Trend zu einer rationellen Energieverwendung fort.

Die neuen Energieperspektiven des BEW zeigen, dass die Programmziele im Jahr 2000 in Griffweite sind. Schwierigkeiten bezüglich der Zielerreichung sind jedoch für die Zeit nach dem Jahr 2000 zu erwarten. Die notwendige Reduktion der CO₂-Emissionen ist zwar möglich, wenn das Energiegesetz und die CO₂-Abgabe zügig verwirklicht werden. Die Stabilisierung der Elektrizitätsnachfrage nach 2000 ist aber

gemäss Modellrechnungen auch damit nicht zu erreichen.

Einige Beispiele unter Hunderten

Der vierte Jahresbericht nennt Hunderte von Aktionen und Projekten, die im Rahmen von «Energie 2000» freiwillig verwirklicht wurden. Erwähnt wurden beispielhaft einzelne Coop-Genossenschaften, die das Programmziel im Bereich der fossilen Wärme bereits unterschritten haben. Auch die PTT und die ETH haben 1993 den Verbrauch von Erdöl und Erdgas um rund zehn Prozent gesenkt. Im Suva-Haus in Basel konnte der Stromverbrauch im ersten Jahr nach einer Sanierung trotz wesentlich grösserer Bürofläche um 39 Prozent reduziert werden. Laut Bundesrat Ogi gibt es überall erhebliche Energiesparpotentiale, die von Unternehmen und Institutionen noch nicht genutzt werden, obschon dies auch finanziell lohnend wäre.

Gesetzlicher Rahmen ausgeschöpft – freiwillige Massnahmen stärken

Nachdem bisher Verbrauchszielwerte für die wichtigsten Kategorien von

Die Ziele von «Energie 2000»

Das Aktionsprogramm «Energie 2000» berücksichtigt, dass die Energiepolitik einen wachsenden Beitrag zum Schutz der Umwelt leisten muss. Es verfolgt klare quantitative Ziele:

1. Die Stabilisierung des Verbrauchs fossiler Energien und damit der CO₂-Emissionen bis im Jahr 2000 auf dem Niveau des Jahres 1990. Anschliessend soll der Verbrauch reduziert werden.
2. Die Verbrauchszunahme von Elektrizität soll während der neunziger Jahre zunehmend gedämpft und die Nachfrage ab 2000 stabilisiert werden.
3. Die erneuerbaren Energieträger sollen im Jahr 2000 zusätzliche 0,5 Prozent zur Strom- und 3 Prozent zur Wärmeerzeugung beitragen.
4. Die Wasserkraftproduktion soll bis im Jahr 2000 um fünf Prozent und die Leistung bestehender Kernkraftwerke um zehn Prozent ausgebaut werden.

Um diese Ziele zu erreichen, sind einerseits freiwillige Aktionen, andererseits staatliche Rahmenbedingungen nötig. Neu ist, dass die Behörden mit der Wirtschaft und den interessierten Organisationen nicht nur über Konzepte reden, sondern dass gemeinsam versucht wird, konkrete Massnahmen zu verwirklichen.

Haushalt- und Bürogeräten festgelegt worden sind, folgen nächstes Jahr solche Zielwerte für neue Motorfahrzeuge. Damit wird der Bund seine gesetzlichen Möglichkeiten ausgeschöpft haben. Um kurzfristig zusätzliche Wirkung zu erzielen, müssen die freiwilligen Massnahmen auf breiter Ebene lanciert werden. Zu diesem Zweck wurde das Aktionsprogramm im letzten Jahr mit der Bildung von acht Ressorts konsequent auf den Markt ausgerichtet.