

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>Band:</b>	84 (1993)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Energie und Umwelt : keine zielgerechte Strategie ohne integrale Betrachtung : schweizerisches Nationalkomitee des Weltenergierates : Berichterstattung über den 15. Kongress des Weltenergierates in Madrid
<b>Autor:</b>	Suter, Peter
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-902654">https://doi.org/10.5169/seals-902654</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

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

Am Madrider Kongress des Weltenergierates war Energie und Umwelt (Energia y vida) das Hauptthema. Bei der Beurteilung technischer und politischer Kriterien ist es in Zukunft von grosser Bedeutung, eine ganzheitliche Betrachtung vorzunehmen. Dabei gilt es, insbesondere die gesamthaften Umweltbelastungen von Energiesystemen zu berücksichtigen.

# Energie und Umwelt: Keine zielgerechte Strategie ohne integrale Betrachtung

**Schweizerisches Nationalkomitee des Weltenergierates:**  
Berichterstattung über den 15. Kongress des Weltenergierates in Madrid

■ Peter Suter

## Schritte zur ganzheitlichen Betrachtung

Der Teil «Energie und Umwelt» war am Madrider Kongress bezüglich der Zahl der eingereichten Beiträge der stärkste; dies illustriert das Gewicht, das diesem Aspekt in der gesamten Energiefrage nun zukommt, wobei zu beachten ist, dass die Vorbereitung dieser Arbeiten lange vor dem «Erdgipfel von Rio 1992» erfolgte. Versucht man eine gewisse Gruppierung vorzunehmen, so kann man die Beiträge etwa wie folgt einordnen:

- 35%: Strategien der Energie- und Umweltpolitik
- 35%: Umweltbelastung durch einzelne Techniken
- 20%: verbesserte Technik
- 10%: Diverses

Sowohl bei der Beurteilung einzelner Techniken als auch bei der Definition von politischen Strategien ist es aber unumgänglich, eine ganzheitliche Betrachtung vorzunehmen. Sonst könnte ja eine Technik gefördert werden, welche zwar in einem einzelnen Umweltsektor Verbesserungen bringt, in anderen sich aber deutlich schlechter auswirkt. Angesichts der Knaptheit an Zeit und Geldmitteln wäre dies unverantwortlich. Was heisst nun aber «ganzheitlich» in diesem Zusammenhang? Die Forderung bedeutet dreierlei [1].

- Betrachtung nicht nur des Betriebs eines Energiesystems, sondern auch aller vor- und nachgelagerter Schritte, also vom Erdölfeld bis zur Entsorgung, aber auch Berücksichtigung der Herstellung der Anlage und Materialien bis zum schliesslichen Abbruch und zur Rezyklierung der Stoffe (Bild 1).
- Die Erfassung aller Umweltbelastungen
  - Treibhauseffekt und stratosphärischer Ozonabbau
  - Luft-, Wasser- und Bodenschadstoffe
  - Landversiegelung und Wasserhaushaltänderungen
  - Lärm und Landschaftsbild-Beeinträchtigung.
- Aggregation der langen Liste der Einzelbelastungen in 3 Stufen:

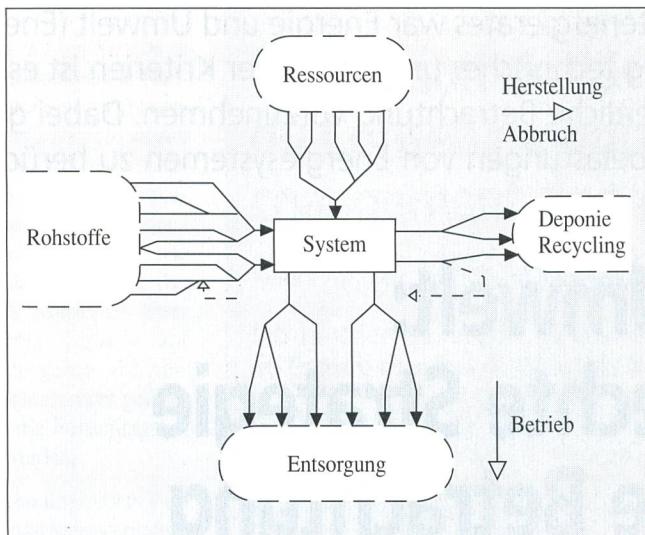


Peter Suter: «Alle Umweltbelastungen erfassen»

**Adresse des Autors:**  
Prof. Dr. Peter Suter,  
Institut für Energietechnik der ETH Zürich,  
8094 Zürich.

## Energie und Umwelt

Bild 1 Schematische Darstellung der Teilprozesse bei der ganzheitlichen Betrachtung eines Energiesystems



- innerhalb eines einzelnen «Umweltkompartiments» (Luftschadstoffe oder Treibhauseffekt oder Lärm ...)
- über alle Umweltkompartimente (Luftschadstoffe und Treibhauseffekt und Lärm)
- über noch andere Sektoren neben der Umwelt, wie der Sicherheit oder der wirtschaftlichen Auswirkungen, um für die Politikberatung zu einer Gesamtaussage zu gelangen.

Natürlich ist diese Forderung extrem ambitioniert; im Raum der Energiepolitik müssen aber fast täglich Entscheide gefällt werden, welche auf einer ganzheitlichen Einschätzung beruhen sollten. Damit dies nicht nur auf der momentanen Stimmungslage oder irgendwelchen Gefühlen beruhe, sind Bestrebungen im Sinne des formulierten Ziels wichtig, wobei schon Teilschritte der ganzheitlichen Betrachtung nützlich sind:

- Schaffung von Transparenz
- Identifikation ökologischer Schwachstellen mit dem Ziel ihrer Behebung
- Vergleich von konkreten Energiesystemen
- Basis zur Bewertung der von politischen Gruppierungen vorgebrachten Behauptungen
- Kritisches Verständnis der von in- und ausländischen Institutionen veröffentlichten Daten.

Gas	GWP 100	ODP
CO <sub>2</sub>	1	0
CH <sub>4</sub>	21	0
R 11	3500	1
R 12	7300	0,0
R 22	1500	0,05
R 134 a	1200	0

Bild 2 Treibhauspotential GWP 100 und Ozonabbaupotential ODP einiger Gase

\* – Beim Lärm wird die überflutete Fläche noch mit der auditiven Empfindlichkeit gewichtet.

\* – Bei der Bodenbeanspruchung kann die Fläche mit der die Versiegelung charakterisierenden Veränderung des Abflussverhaltens gewichtet werden.

Eigentlichen Standard repräsentieren erst die ersten beiden Methoden, während die anderen (mit \* markiert) Arbeitsvorschläge unserer ETH-Gruppe sind, siehe [2].

Die so gewonnenen kompartimentweisen Beurteilungen können anschaulich auch in sogenannten Rückzahldauern dargestellt werden, indem man sie einerseits zusammenfasst in die während des Betriebes laufend erfolgenden Emissionen (wobei auch die vor- und nachgelagerten laufenden Prozesse eingeschlossen sind) und anderseits in die bei Erstellung und Abbruch der Anlagen anfallenden sogenannten investierten Emissionen.

Vergleicht man nun mit einem Referenzsystem, bei der Elektrizität zum Beispiel mit dem europäischen Strommix UCPTE, bei der Heizung mit Leichtöl-Heizanlagen, beim Transport mit der europäischen Personen- oder Lastwagenflotte, so erhält man Rückzahldauern (TR) für Luft, Boden, Treibhaus usw.:

TR = Unterschied der investierten Belastung

Belastungsunterschied im Betrieb/Jahr

Dies ist analog zur energetischen Rückzahldauer ERZ

ERZ = investierte Energie

Im Betrieb gelieferte Energie pro Jahr,

wobei alle Energien auf die gleiche Stufe der Primärenergie umzurechnen sind.

Der Unterschied der Betrachtung besteht darin, dass die im Betrieb gelieferte Energie etwas Gewünschtes ist, die im Betrieb entstehende Umweltbelastung natürlich nicht, weshalb bei den ökologischen Rückzahldauern nur Unterschiede oder Einsparungen im Vergleich zu einem Referenzfall sinnvoll sind.

Es ist hingegen sinnlos, mit der manchmal verwendeten grauen Energie eine Rückzahldauer zu berechnen, wenn «grau» einfach das ausserhalb der Landesgrenzen Eingesetzte, also Importierte bezeichnet, da die Abgrenzung von Fall zu Fall wechselt.

• Für die weitergehende Aggregation über alle Umweltkompartimente bestehen erst Ansätze, zum Beispiel via finanzielle Gewichtung (Vermeidungs- oder Folgekosten) oder via nach Ermessen festgelegte «Ökopunkte».

### Beispiele

Zwei Beispiele mögen das Dargelegte illustrieren:

Verdünnungsvolumen = $\frac{\text{Emittierte Masse}}{\text{Grenz-Immissionskonzentration}}$		
Schadstoff	Grenz-Immissionskonzentration	Wo
NO <sub>2</sub>	30 µg/m <sup>3</sup>	Luft
SO <sub>2</sub>	30 µg/m <sup>3</sup>	Luft
CO	1 000 µg/m <sup>3</sup>	Luft
Cd	0,01 µg/m <sup>3</sup>	Luft
NH <sub>3</sub>	50 000 µg/m <sup>3</sup>	Wasser
PAN	2 000 µg/m <sup>3</sup>	Wasser
Cu	100 000 mg/m <sup>3</sup>	Boden
Sb	10 000 mg/m <sup>3</sup>	Boden

**Bild 3 Beispiele für die Grenz-Immissionskonzentrationen, verwendet für die Bestimmung der Verdünnungsvolumen bei Luft-, Wasser- und Bodenschadstoffen**

die Mängel werden sicherlich einmal offenbar; je früher sie erkannt sind, desto schneller kann an der Behebung gearbeitet werden. Kurzfristig überspannte Erwartungen waren bei erneuerbaren Energien stets kontraproduktiv; geboten ist vielmehr ein realistischer Optimismus mit ausdauernder zäher Arbeit. Nicht zuletzt ist diese Ausdauer auch angebracht für das Verhalten der öffentlichen Stellen der Forschungsfinanzierung.

#### Energiesparmassnahmen in Gebäuden [4]

An einem konkreten Gebäude wurden verschiedene besondere Energiesparmassnahmen realisiert, die weit über die Verhältnisse bei einem normalen guten Gebäude hinausgehen («Nullenergiehäuser»). Diese zusätzlichen Verbesserungen wurden gegenüber einer Ausführung nach SIA 380/1 analysiert.

Es resultierten daraus die in Bild 5 dargestellten Werte bezüglich investierter und jährlich eingesparter Belastung von Luft- und Wasserschadstoffen sowie die angegebenen Rückzahldauern. Es zeigt sich, dass Wärmerückgewinn aus der Luft und Dreifachverglasung der Fenster sehr lohnend, zusätzliche Wärmedämmung der Außenwände hingegen unergiebig sind, wobei vor allem die mit FCKW geschäumten Isolationsmaterialien beim Treibhauseffekt zählen; würde hier etwa auf mineralische Fasern übergegangen, so wären die Verhältnisse günstiger. Es sei aber unterstrichen, dass es sich hier um zusätzliche Isolation eines schon gut gedämmten Hauses handelt, das heißt statt der üblichen Dämmung mit 9 cm expandiertem Polystyrol wurden 18 cm extrudiertes Polystyrol eingesetzt. Dieses wurde mit dem Blähmittel R 142 b hergestellt, das zwar besser als R 12, aber doch noch ozonabbauend und treibhauswirksam ist.

Dass die zusätzliche Wanddämmung sich hier weder energetisch noch ökologisch auszahlt, spricht aber überhaupt nicht dagegen, dass bei normalen Altbauten die Sanierung auch der Mauern oder des Daches höchst wirksam sein kann.

Es stellt sich beispielsweise auch die Frage, ob die Luft- oder die Wasserbelastung schwerer zu gewichten seien; bei der ersten wird zum Beispiel bei der zusätzlichen Wandisolierung die Verdünnungsmenge etwa 6500 Mm<sup>3</sup>, bei der letzteren 1400 m<sup>3</sup> betragen. Nimmt man an, dass 10 000 m<sup>3</sup> Luft etwa 1 m<sup>3</sup> Wasser gleichwertig seien, so folgt sogleich, dass die Wasserbelastung weniger wichtig ist.

Die gezeigten Beispiele sollen der Illustration dienen. Momentan läuft an der ETH eine systematische Bearbeitung, wobei folgende Energiesysteme betrachtet werden:

- Erdöl – Heizöl
- Erdöl – Dieseltreibstoff
- Erdöl – Benzin

#### Photovoltaikanlage «Mont-Soleil», 500 kW Nennleistung

Die Anlage besteht aus 440 Modulen mit einer gesamten Photovoltaik-Zellenfläche von 4576 m<sup>2</sup>.

Investierte und gesparte Belastungen sowie Rückzahldauern sind:

	In-vestiert	Pro Jahr gespart	Rück-zahl-dauer
Energie (primär) (TJ)	40	6,1	6,6
Treibhauseffekt (Mio. kg CO <sub>2</sub> )	3	0,3	11
Luftschadstoffe Mm <sup>3</sup> (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	860	50	17

Würde nicht wie hier der europäische Strommix UCPTE (bei der Primärenergie: Nuklear 37%, Kohle 26%, Öl 9%, Gas 8%, Wasserkraft 20%) als Referenz verwendet, sondern der schweizerische, so würden die Rückzahldauern noch schlechter.

Unsere Einbindung in den europäischen Verbund rechtfertigt aber das gewählte Vor-

Investierte Treibhausgase: 3 Mio. kg CO <sub>2</sub>	
	Anteil in % (jeweils inkl. Transporte)
Zufahrt	1
Gebäude	15
Trafo	3
Wechselrichter	2
Leittechnik, Steuerung	1
Tragkonstruktion	31
PV-Modul	46

**Bild 4 Anteile an der total investierten, auf CO<sub>2</sub> umgerechneten Menge von Treibhausgasen für die Anlage Mont-Soleil**

## Energie und Umwelt

- Rohgas – Erdgas
- Steinkohle – Strom
- Braunkohle – Strom
- Uran – Strom LW
- Uran – Strom PW
- Gas – Strom
- Erdöl – Strom
- Sonne – Photovoltaik (Anlagen, Speicher, Fassaden)
- Wind – Strom
- Sonne – Wärme
- Wasser – Strom (Lauf, Speicher, Klein)
- Holz – Wärme
- Geothermie – Wärme

Dabei werden natürlich auch Ergebnisse anderer Gruppen im In- und Ausland kritisch hinterfragt, neben eigenen Prozessanalysen verwendet: bei letzteren wird auch durch eng betreute Arbeit vieler Studenten ein wesentlicher Beitrag geleistet. Mit mehreren schweizerischen Gruppen besteht eine Arbeitsgemeinschaft zum Thema der Methodik; unsere Partner sind spezialisiert in Baumaterialien oder Packstoffen.

In Zusammenarbeit von ETH und Paul-Scherrer-Institut wurde überdies ein auf fünf Jahre angesetztes Projekt gestartet, das sich zur Aufgabe stellt, die Betrachtungen der Sektoren Umwelt, Sicherheit und Wirtschaftsauswirkungen abgestimmt und mit möglichst viel methodischer Äquivalenz durchzuführen. Es soll versucht werden, sogar zu übergreifenden Bewertungsmethoden zu gelangen, wie dies bei der Politikberatung in Energie- und Raumplanungsfragen notwendig ist.

### Offene Probleme

Es muss aber auf verschiedene offene Probleme hingewiesen werden, die vor allem die Methodik betreffen, und die deshalb noch Gegenstand von Forschungsarbeiten sind.

#### • Systemgrenzen

- Um den Analysenaufwand zu beschränken, wären Abbruchkriterien sehr nützlich. Im Prinzip führen ja die vor- und nachgelagerten Prozesse in ihrer Verästelung zu beinahe unabsehbar vielen Teilschritten, siehe Bild 1.
- Bei Prozessen mit mehreren Produkten (Multi-output), wie sie bei der Kraft-Wärme-Koppelung, aber auch fast allen industriellen Betrieben auftreten, macht die Zuordnung der einzelnen Schadstoffemissionen Probleme.
- Dasselbe gilt für Prozesse der Entsorgung und des Recycling (Down stream processes); so ist Schwefel der Output einer Raffinerie, aber auch ein Rohstoff für Gummiwerke.
- Soll die Umweltbelastung durch die Privathaushalte der an einer Energieanlage tätigen Mitarbeiter eingerechnet werden? Bei

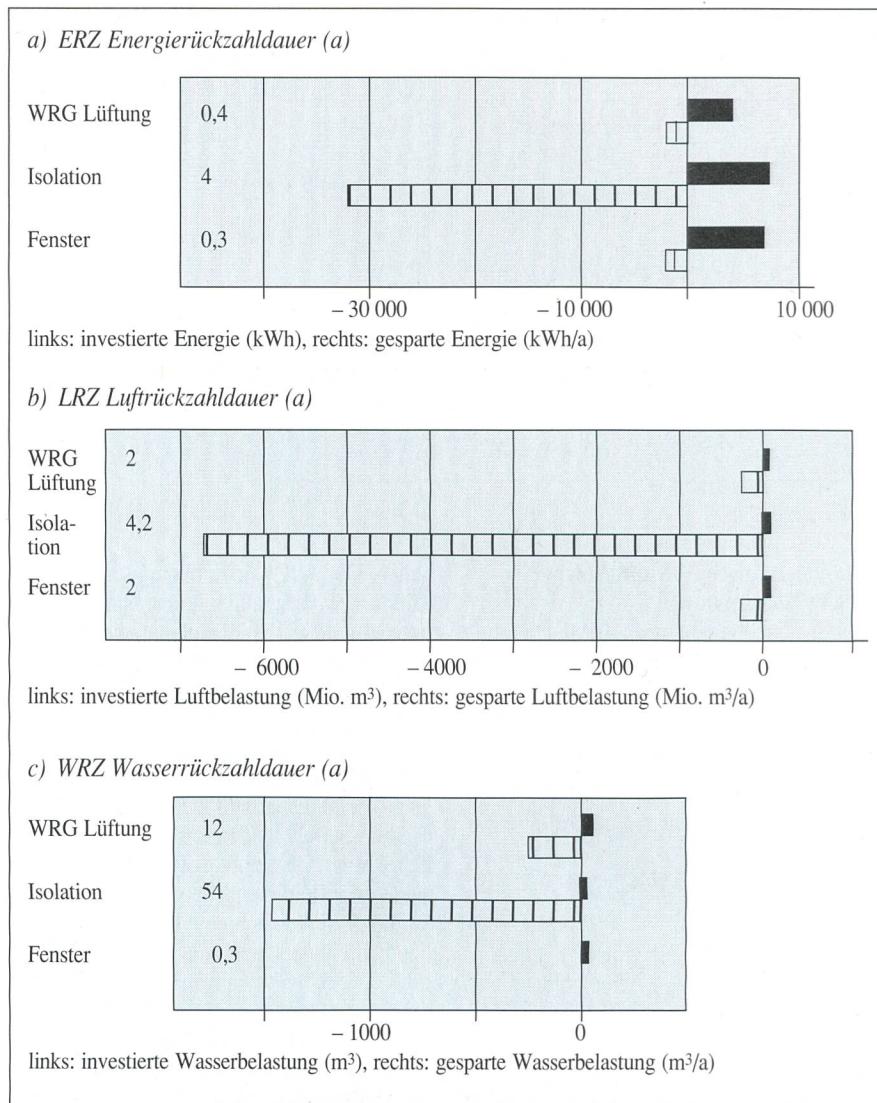


Bild 5 Rückzahldauern von 3 Massnahmen in Nullenergiehäusern [4]: Wärmerückgewinn aus Abluft; zusätzliche Außenwandisolation; Dreifachverglasung mit Beschichtung der Fenster

a) Energie   b) Luftschadstoffe   c) Wasserschadstoffe

der Betrachtung regionaler Gesamteffekte durch neu implantierte Anlagen kann dies eine Rolle spielen.

- Wie ist bei leitungsgebundenen Energieträgern zu verfahren?

#### • Zeitliche Variationen

- Die Technik ist stets im Fluss; auch in einem konkreten Energiesystem sind Komponenten mit sehr verschiedener Umwelttechnik eingesetzt. Denken wir zum Beispiel an die in wenigen Jahren stark veränderten Schwefelgehalte des Öls oder an das bleifreie Benzin. Wie ist dieser Technikentwicklung Rechnung zu tragen?
- Probleme bieten auch Speicher- und Lagervorgänge in der Wirtschaft, besonders wenn in gemischten Analysemethoden die Prozesslinienanalyse durch Input-Output-Verfahren (für Teilbranchen der Wirtschaft) ergänzt wird.

#### • Aggregationsmethoden

Die Aggregation der verschiedenen Einzelbelastungen (oft auch «Bewertung» genannt) in den früher genannten drei Stufen stellt noch die grössten Probleme. Bei ihrer Lösung muss es das Ziel sein, sich nicht etwa an leichten Messbarkeiten zu orientieren, sondern an echten Umweltgefährdungen, wobei aber in vielen Fällen über die Ursache-Wirkungs-Beziehungen noch grosse Unklarheit herrscht, besonders weil viele Quereffekte auftreten. So sind ja bei der bodennahen Ozonproduktion Stickoxide, Kohlenwasserstoffe, Methan und Sonnenlicht miteinander vernetzt.

### Situation und Ausblick

Es muss offen zugegeben werden, dass heutige Angaben über die gesamten Umweltbelastungen von Energiesystemen noch mit

grossen Unsicherheiten und Ungenauigkeiten behaftet sind; dies gilt auch für die hier angeführten Beispiele. Trotzdem haben sie aber bereits heute einen Sinn:

- Sie fördern die energiewirtschaftliche und energietechnische Transparenz. Transparenz heisst Nachvollziehbarkeit der Überlegungen und Klarheit über die Eingabedaten, Systemgrenzen und Vereinfachungen; Transparenz bedeutet auch Anpassmöglichkeiten an künftige neue Daten oder Erkenntnisse.
- Sie dienen dazu, ökologische Schwachstellen bisheriger und neuer Energiesysteme zu identifizieren und Verbesserungen anzuregen.
- Sie dienen der Verbreitung einer ganzheitlichen Betrachtungsweise, im Gegensatz zu der in Umweltfragen leider oft zu beklagenden Ausrichtungen auf medienwirksame Einzelaspekte (Radioaktivität, Ozon, Waldsterben, Cadmium, Algen).
- Fundierte eigene Arbeiten befähigen zum Verstehen und kritischen Hinterfragen der von anderen Stellen vorgelegten Werte.

Es ist evident, dass diese vielen und schwierigen Arbeiten nur im internationalen Verbund gelöst werden können. So bestehen denn enge Verbindungen zu Arbeitsgruppen in Deutschland, Schweden, den Niederlanden und künftig auch in den USA. Es könnte eventuell eine Aufgabe des WEC sein, hier noch eine weiterführende internationale Zusammenfassung zu bewirken.

## Literatur

- [1] Frischknecht, R.; Hofstetter, P.; Knoepfel, I.; Suter, P.: «Total pollution including 'grey' pollution: Life cycle analysis for the assessment of energy options», WEC, 1992.

[2] Hofstetter, P.; «Bewertungsmethoden für Ökobilanzen», Arbeitspapier 2/91 in «Energie- und Schadstoffbilanzen im Bauwesen», Tagungsband 7.3.91, HBT Solararchitektur (Ed.), ETH Hönggerberg, Zürich, 1991.

[3] Häne, D.; Gruber, N.: «Produktlinienanalyse eines Silizium-Solarzellen-Moduls», Semesterarbeit, ETH Zürich 1991/Schmocke, B.; Kreienbühl, Ch.: «ERZ

und ORZ des Solarwerkwerkes PHALK», Semesterarbeit, ETH Zürich, 1992.

[4] Hofstetter, P.; Steger, M.; Vollmer, M.; Hanselmann, M.; Van der Haegen, P.: «Die ökologische Rückzahldauer der Mehrinvestitionen in zwei Nullenergiehäuser», Überarbeitung einer interdisziplinären Semesterarbeit an der ETH Zürich, 1991.

# Energie et environnement:

## Vers une approche globale

Le domaine «Energie et environnement» était l'un des principaux éléments du Congrès de Madrid quant au nombre de rapports présentés; ceci illustre l'importance accordée à cet aspect de la question énergétique.

L'analyse de certaines technologies et la définition de stratégies politiques exigent toutefois toutes deux une approche globale de la question. Il serait sans cela possible d'encourager une technologie qui apporterait des améliorations dans un secteur de l'environnement tout en entraînant, dans un autre, des conséquences nettement moins positives.

## Situation et perspectives

Décrire aujourd'hui quantitativement l'impact de systèmes énergétiques sur l'environnement est caractérisé par de grandes inconnues et imprécisions. Cela n'en a pas moins déjà un sens, car

- les données obtenues rendent l'économie énergétique et ses techniques plus transparentes. Transparence est ici syn-

onyme de compréhensibilité du raisonnement et définition claire des données utilisées, des limites des systèmes et des simplifications; transparence signifie toutefois aussi possibilité d'adaptation à des données ou connaissances futures.

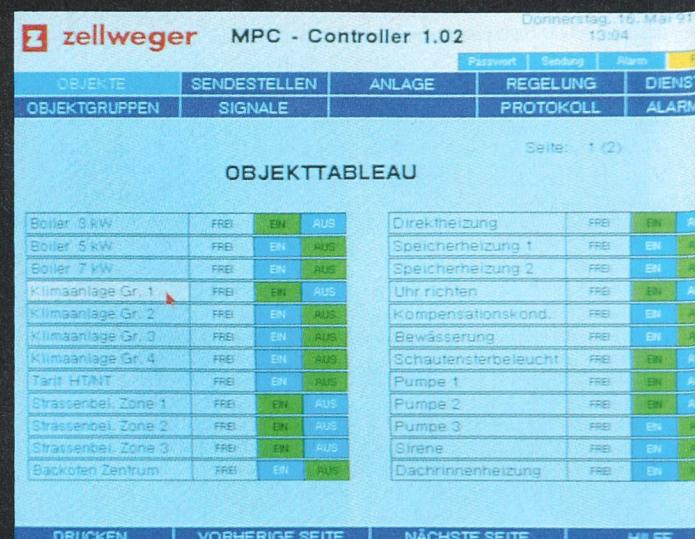
- Elles servent à identifier les points faibles écologiques des systèmes énergétiques actuels et nouveaux ainsi qu'à suggérer des améliorations.

- Elles servent à propager une approche globale des questions écologiques, contrairement aux considérations limitées à des aspects individuels à effet plus médiatique tels que la radioactivité, l'ozone, la mort des forêts, le cadmium, les algues.

- Des travaux personnels fondés permettent de comprendre et d'analyser de manière critique les chiffres présentés par d'autres.

Il est évident que seule une participation internationale permet de résoudre ces travaux à la fois nombreux et difficiles.

## Jetzt reden wir Klartext mit allen Rundsteuerempfängern.



Früher sprach jedes Rundsteuerkommandogerät eine eigene, verschlüsselte Sprache. Die Schaltobjekte programmierten Sie auf Steuerimpulse, Adressen und Codes. Das war unübersichtlich und brauchte viel Zeit.

Heute präsentiert Zellweger den z'enertop MPC. Der Bildschirm zeigt Ihnen die Schaltobjekte mit Name und in Ihrer gewünschten Sprache. Unabhängig von Impulsen und Codes. Zur Steuerung genügt ein Klick mit der Maus.

**zellweger**

One step ahead

Zellweger Uster AG, Geschäftsbereich Energie  
CH-8320 Fehrlitorf, Tel. 01 954 8111