

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 57 (1966)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Stand der japanischen Elektrizitätserzeugung  
**Autor:** Cuénod, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916557>

### **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:** 12.01.2026

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

# Energie-Erzeugung und -Verteilung

## Die Seiten des VSE

---

Der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke entbietet seinen Mitgliedern  
die besten Wünsche zum neuen Jahr

L'Union des Centrales Suisses d'Electricité présente à ses membres  
les meilleurs vœux pour la nouvelle année

L'Unione delle Centrali Elettriche Svizzere presenta ai suoi membri  
i migliori auguri per il nuovo anno

---

## Stand der japanischen Elektrizitätserzeugung

von M. Cuénod, Florida (USA)

621.31(520)

*Der Autor berichtet über eine Anzahl Informationen, die er anlässlich seines Besuches in Japan sammeln konnte. Diese Mitteilungen beziehen sich auf die Deckung des Energiebedarfs, die Entwicklung der Energieproduktion, die Regelung des Verbundes und die Organisation der Forschung auf dem Gebiete der Elektrizitätserzeugung.*

Die Redaktion

*L'auteur rend compte d'un certain nombre d'informations qu'il a recueillies lors d'un voyage au Japon concernant la couverture des besoins en énergie de ce pays, le développement de sa production en électricité, le réglage de ses interconnexions et l'organisation de la recherche dans le domaine de la production d'électricité.*

La Rédaction

### 1. Einleitung

Der Autor dieser Zeilen hatte die Gelegenheit, sich Ende August und anfangs November 1965 während zweier Wochen in Japan aufzuhalten. Er war eingeladen, zwei Vorlesungen am Forschungsinstitut der Elektroindustrie zu halten und bei dieser Gelegenheit das Institut zu besuchen und Kontakte mit den leitenden Persönlichkeiten der japanischen Elektroindustrie aufzunehmen. Weiter konnte er einer Abteilung des «Elektrotechnischen Laboratoriums» und dem Nationalen Dispatching-Center in Tokyo einen Besuch abstatten.

Wie die gesamte japanische Wirtschaft, befindet sich auch die Elektroindustrie dieses Landes zur Zeit in voller Expansion. Die in diesem Lande untersuchten und angewandten Lösungen verdienen von vielen Gesichtspunkten aus eine eingehende Betrachtung, da der Aufbau des japanischen Netzes in etwa zehn Jahren etwa gleich wie derjenige der schweizerischen Netze sein wird. Die nachfolgenden Zeilen sollen einen Gesamtüberblick über die Deckung des Energiebedarfs dieses Landes, über die Entwicklung seiner Elektrizitätsproduktion unter besonderer Berücksichtigung der hydroelektrischen Pumpspeicherwerke und Atomkraftwerke geben und kurz die Methoden zur Lastverteilung der thermischen und hydroelektrischen Kraftwerke beschreiben und zuletzt einige Angaben über die in diesem Lande ausgeführten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der Elektrizitätserzeugung geben.

### 2. Deckung des japanischen Energiebedarfs

Das Problem der Energieversorgung ist für Japan von lebenswichtiger Bedeutung, da dieses Land über verhältnismässig wenig eigene Vorkommen verfügt. Die Tabelle I zeigt den heutigen Stand sowie eine Vorausschau der Energieversorgung und zeigt den andauernd steigenden, zu importierenden Energieanteil. Dieser wird von 48,5 % im Jahre 1962 auf 72,2 % im Jahre 1972 ansteigen. Es sei noch besonders auf den abnehmenden Anteil der hydroelektrischen Energie hingewiesen, der im Jahre 1962 noch 20 % der Gesamtproduktion betrug und nunmehr 12,5 % im Jahre 1972 betragen wird. Es ist geplant, den Anteil der Atomenergie bis dahin auf 1 % der Energieproduktion zu erweitern, hat man doch in Japan ein ausgedehntes Programm für den Bau von Atomkraftwerken ausgearbeitet; hernach wird sich der Anteil dieser neuen Erzeugungsmöglichkeit an der Gesamtproduktion wesentlich erhöhen, was auch aus den weiteren Erörterungen hervorgehen wird.

### 3. Entwicklung der Elektrizitätserzeugung

Als überzeugter Anhänger der freien Marktwirtschaft hatte Japan die staatliche Elektrizitätserzeugung nach dem Kriege wieder privatisiert. Zur Zeit wird die Produktion und Verteilung elektrischer Energie durch 9 private Unternehmen sichergestellt. Dies beweist, dass auch der Verstaatlichungsprozess umkehrbar ist. So sehr diese Firmen auch für die freie Marktwirtschaft eintreten, so sind sie auch von

Deckung des heutigen und zukünftigen Energiebedarfes in Japan  
(in 1000 t Kohlenäquivalent bei einem Heizwert von 7000 kcal/kg Kohle  
Umrechnungsziffer der Wasserkraft: 1 MWh = 0,6 t)

Tabelle I

	1962	1967	1972
In hydroelektrische Anlagen	37 423	49 680	55 980
In Atomkraftwerken	—	580	4000
Aus inländischer Kohle	49 790	54 300	54 300
Aus importierter Kohle	11 932	18 153	20 440
Aus der totalen Kohlenmenge	61 722	72 483	74 740
Aus Braunkohle	529	450	350
Aus inländischem Rohöl	1253	1573	1573
Aus importiertem Rohöl	67 583	157 194	280 816
Aus importiertem Leichtöl	10 210	10 122	13 592
Aus der totalen Rohölmenge	79 046	168 889	295 981
Aus flüssigem Methangas (importiert)	217	465	465
Aus Erdgas	2147	4279	7454
Aus Holz	4350	3693	3220
Total	185 434	300 519	442 190
Anteil der importierten Energie	48,5 %	62,1 %	72,2 %

der Notwendigkeit der gegenseitigen Zusammenarbeit überzeugt. Aus diesem Grunde haben sie mit staatlicher Hilfe eine Dachgesellschaft, die «Electric Power Development Co.», für den Bau und Betrieb von hydroelektrischen Kraftwerken sowie grossen thermischen Produktionseinheiten gegründet. Diese Gesellschaft befasst sich nur mit der Erzeugung, nicht aber mit der Verteilung elektrischer Energie.

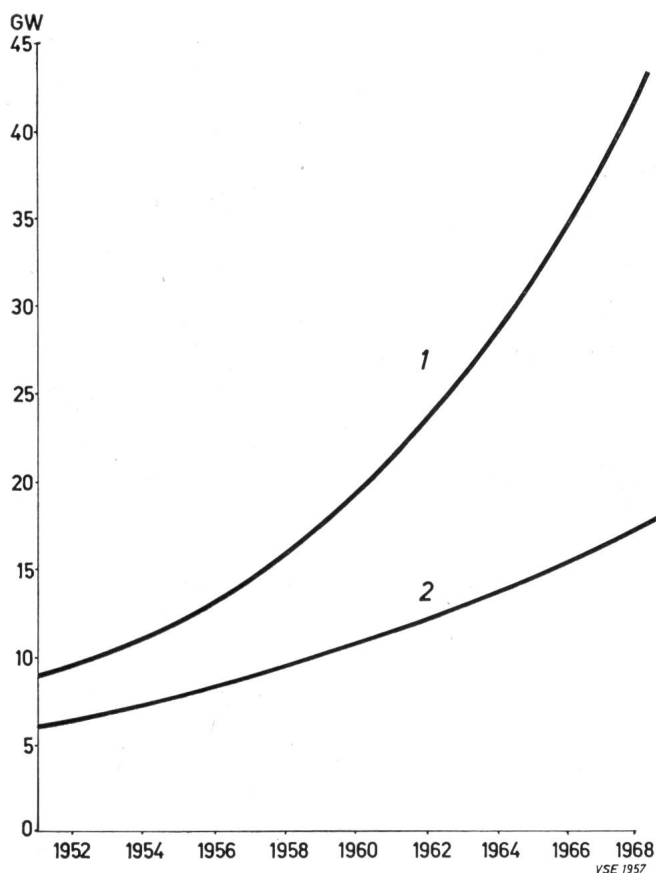


Fig. 1

Verlauf der Entwicklung der Produktionsmöglichkeit der japanischen Netze  
Kurve 1: Produktionsmöglichkeit sämtlicher japanischen Kraftwerke  
Kurve 2: Produktionsmöglichkeit sämtlicher hydroelektrischer Kraftwerke Japans

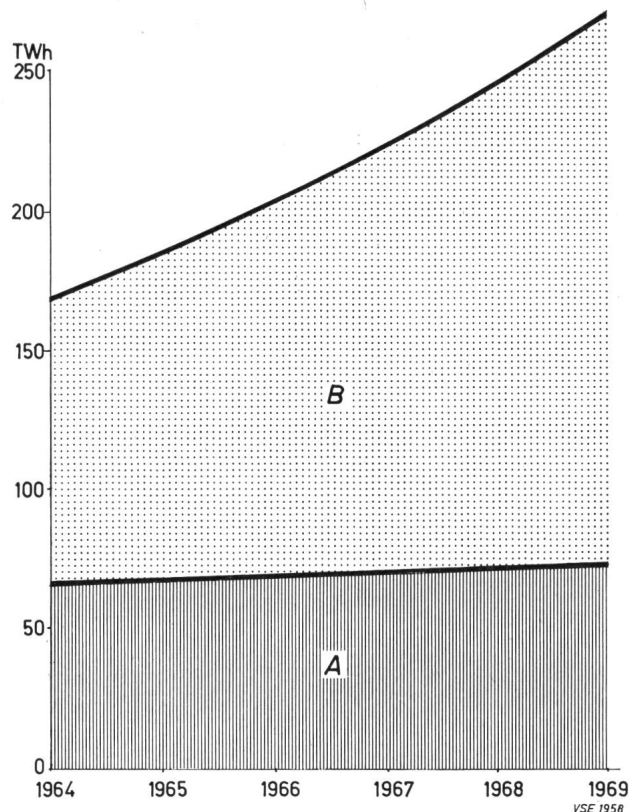


Fig. 2

Entwicklung der japanischen Energieerzeugung

■ thermische Energie (inkl. Atomenergie)  
▨ hydroelektrische Energie

Im Jahre 1964 betrug die Gesamtproduktion über 170 Milliarden kWh. Diese setzt sich wie folgt zusammen:

9 private Gesellschaften	76,9 %
Electric Power Development Co.	4,4 %
andere Gesellschaften	6,9 %
Selbstproduzenten	11,8 %
Insgesamt	100,0 %

Die Tabelle II gibt Auskunft über die Aufteilung der Erzeugungsmöglichkeiten in den hydroelektrischen, thermischen und nuklearen Anlagen nach dem Stand des Jahres 1964. Der Anteil der Wasserwerke wird jedoch abnehmen, da das hydroelektrische Potential Japans bereits über 60 % ausgebaut ist. Es ist interessant festzustellen, dass Japan trotz geringen eigenen Energievorräten die Elektrizitätserzeugung in erster Linie auf thermischer und hydraulischer Basis vorangetrieben hat, um so weitgehend von den sich ergänzenden Eigenschaften dieser Produktionsverfahren zu profitieren.

Aufteilung der Erzeugungsmöglichkeit auf die verschiedenen Kraftwerksarten in Japan (während des Steuerjahres 1964)  
(in MW)

Tabelle II

Produktionsart	hydraulisch	thermisch	nuklear	Total
9 Elektrizitäts-gesellschaften	2150	10 176	—	12 281
Electric Power Development Company	920	765	—	1685
Andere Elektrizitäts-gesellschaften	669	328	166	1163
Selbstproduzenten	40	—	—	40
Total	3734	11 269	166	15 169

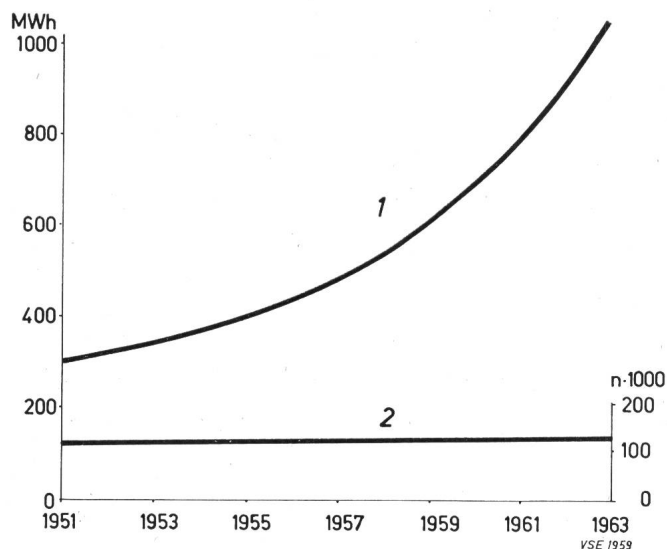


Fig. 3

Diagramm über die in der Elektrizitätsproduktion beschäftigten Arbeiter und über die Energieerzeugung pro Arbeiter

Kurve 1: erzeugte Energie pro Arbeiter  
Kurve 2: Anzahl der Arbeiter (in Tausend)

Fig. 1 zeigt die Entwicklung der Erzeugungsmöglichkeiten der japanischen Netze; die Fig. 2 den Verlauf der Produktionszunahme in Japan und die auf thermische und hydroelektrische Zentralen entfallenden Produktionsanteile. Die enorme Zuwachsrate der letzten Jahre muss besonders hervorgehoben werden: im Steuerjahr 1963 betrug die Zuwachsrate des Energieabsatzes an die industriellen Verbraucher 12,9 %. Seit 1951 beträgt die jährliche Zuwachsrate des Inlandverbrauchs im Mittel 12,1 %. Für Haushaltzwecke steigt seit dem Jahre 1960 der Verbrauch jährlich um 18 %, was als Kriterium für den ansteigenden Lebensstandard in Japan gewertet wird.

Zwei relativ neue Kraftwerkstypen verdienen eine besondere Aufmerksamkeit: einerseits die *hydroelektrischen Pumpspeicherwerke* und andererseits die *Atomkraftwerke*.

Die *hydroelektrischen Pumpspeicherwerke* sind zur Dekkung von rasch erfolgenden Belastungsänderungen bestimmt. Im Netz der Kansai Electric Power sind innert 15 Minuten Belastungsänderungen von 1000 MW (20 % der Netzleistung) feststellbar. Zur Zeit sind 7 Wasserkraftwerke mit einer Gesamtleistung von über 2300 MW für den Pumpspeicherbetrieb ausgerüstet.

In Japan wurde weiter ein bedeutendes Programm für den Bau nuklearer Kraftwerke ausgearbeitet. Vor kurzem erfolgte die Inbetriebsetzung der Zentrale Tokoi vom Typ Calder Hall mit einer installierten elektrischen Leistung von 160 MW.

Von der «Japan Atomic Power Company» wurden die Pläne für einen zweiten Reaktor ausgearbeitet, der auf der Halbinsel Tsuruga erstellt werden soll. Dieser ist ein Druckwasserreaktor.

Weiter haben die Elektrizitätsgesellschaften von Tokyo, Chubu und Kansai die Pläne für eigene Atomkraftwerke mit einer Leistung von je 300 MW angefertigt.

Daraus lässt sich voraussagen, dass im Jahre 1972 ein Prozent der Energie aus nuklearen Kraftwerken gewonnen

wird und dass der Anteil der nuklearen Produktion von diesem Zeitpunkt an stark ansteigen wird.

In Japan werden auch gewaltige Anstrengungen zur Rationalisierung der Erzeugung und Verteilung der Elektrizität unternommen. In der Fig. 3 ist die für die elektrische Energieerzeugung notwendige Arbeiterzahl sowie die Produktion pro Arbeiter dargestellt. Es ist ersichtlich, dass der Personalbestand fast gleich bleibt, die spezifische Produktion jedoch stark ansteigt.

Besondere Aufmerksamkeit wird der Verringerung der Übertragungsverluste geschenkt. Diese betragen für das gesamte japanische Netz 10 %. Ein Vergleich mit den Verlustziffern anderer Länder ergibt, dass die Verluste in den USA 8,9 %, je 10,1 % in Frankreich und England betragen. Heute verfügt Japan über ein 275 kV-Netz mit einer Gesamtlänge von 5000 km, und an Projekten für die Energieübertragung mit noch höheren Spannungen wird gearbeitet.

#### 4. Regelung des Verbundsystems

Die Entwicklung des japanischen Elektrizitätserzeugungssystems wird durch die Existenz von zwei unterschiedlichen Frequenzen gehemmt. Im Südwesten des Landes verwendet man 60 Hz, im Nordosten 50 Hz. Diese Situation ist ein Überbleibsel aus der Zeit, wo die industrielle Entwicklung Japans noch vollständig vom Ausland abhängig war. Ursprünglich wurde der Süden von amerikanischen und der Norden von deutschen Firmen mit elektrischen Anlagen ausgerüstet. Der Energieaustausch zwischen den beiden Netzen erfolgt hauptsächlich mittels Pumpspeicherwasser, einige hydroelektrische Anlagen, die beide Netze speisen, können mit der einen oder anderen Frequenz betrieben werden. Die verschiedenen Elektrizitätsgesellschaften besitzen zur Optimierung und Verteilung ihrer Produktion numerische Rechenmaschinen und haben besonders den Parallelbetrieb der thermischen mit den hydroelektrischen Betrieben mit oder ohne Pumpspeicheranlagen optimiert. An der Power Industry Computer Application (PICA) — Konferenz, welche im Mai 1965 in Florida stattfand, wurden von japanischen Ingenieuren zwei Berichte über dieses Fachgebiet vorgelegt: «An application of the maximum principle to the most economical operation of power systems» von I. Hamo, Y. Tamura, S. Narita und «Computational aspects of adaptive Reservoirs control process» von T. Fukao, Electron-technical Laboratory of Japan.

Die Fig. 4 stellt das Prinzipschema der Leistungsregulierung des Energieaustausches zwischen den verschiedenen Netzen dar. Die Netze sind in 4 Gruppen zusammengefasst und werden von 4 regionalen Dispatchingzentren überwacht. Die Koordination dieser 4 Zentren wird durch das nationale Dispatchingcenter vorgenommen. Die von diesem Center zu erfüllenden Aufgaben sind:

- Ausarbeitung von Richtlinien für den Energieaustausch zwischen den Netzen, besonders für Störungsfälle und Perioden von Energieknappheit;
- wirtschaftliche Optimierung der Lastverteilung, insbesondere zwischen den thermischen und hydroelektrischen Kraftwerken;
- Nachkontrolle der Fernübertragungs- und Fernmeldesysteme zwischen den Netzen;

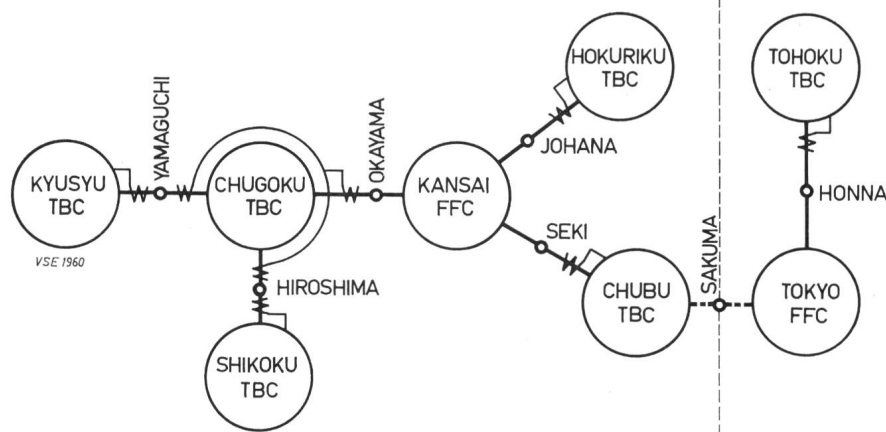


Fig. 4  
Prinzipisches Schema über die Leistungsregulierung beim Energieaustausch zwischen den verschiedenen Netzen Japans

TBC = Frequenz-Leistungsregulierung  
(Tie line Bias Control)  
FFC = Astatische Frequenzregulierung  
(Flat Frequency Control)

— Ausgabe der Rapporte über den Dispatchingbetrieb.  
Die regionalen Dispatchingzentren haben ähnliche Aufgaben, jedoch nur im regionalen Rahmen zu erfüllen.

## 5. Forschung auf dem Gebiet der Energieerzeugung

Die Elektrizitätsgesellschaften haben ihre Anstrengungen auch auf dem Forschungssektor vereint und das «Central Research Institute of Electric Power Industry» geschaffen. Die Gründung erfolgte im Jahre 1952 und heute beschäftigt das Institut 400 Personen. Es beschäftigt sich besonders auf den folgenden Gebieten:

- Theorie und Aufbau der Tarife
- Untersuchungen der Investitionen für den Bau von elektrischen Kraftwerken
- Studien über die Optimierung der Produktionsverteilung in den elektrischen Netzen
- Vorhersage der Bedarfsentwicklung
- Studien über die automatische Regelung des Energieaustausches zwischen den Netzen
- Untersuchung der Beziehungen zwischen der Elektroindustrie und den anderen Industrien
- wirtschaftliche und technische Studien über den Einsatz der Atomenergie
- technische und wirtschaftliche Beteiligung an der Entwicklung der Magneto-hydrodynamischen Generatoren (MHD-Generatoren).

Weiter besteht in Japan ein Laboratorium für Elektrotechnik (Elektrotechnical Laboratory), das dem Industrieministerium unterstellt ist und in 10 Abteilungen etwa 1200 Personen beschäftigt. Die Tätigkeit dieses Laboratoriums umfasst die nachstehend aufgeführten Gebiete:

- **Energieerzeugung**
- Höchstspannungsübertragung (800 kV)
- Energieumformung
- thermonukleare Kernverschmelzung
- MHD-Generatoren
- Forschung auf dem Sektor der Plasmaphysik

— Elektronische Regelung und automatische Datenverarbeitung

— Forschung auf dem Gebiete der Halbleiter- und Festkörperphysik

— Entwicklung und Kontrolle von Messgeräten

Prüfung dieser Geräte und Festlegung der Masseinheiten.

## 6. Schlussfolgerungen

Was in Japan besonders in die Augen sticht, ist die Synthese, die zwischen traditionellen Elementen und einer fortschrittlichen Technik verwirklicht werden konnte.

Diese Synthese ist auch in vielen andern Gebieten möglich geworden, insbesondere in der Elektrizitätswirtschaft. In Japan verbindet man einige klassische Verfahren mit gewissen neuartigen Lösungen, so z. B. die Pumpspeichieranlagen mit den Atomkraftwerken. Weiter verbindet Japan die Vorteile einer auf die freie Unternehmung gestützten Wirtschaft mit jenen, welche sich aus der Zusammenarbeit auf den Gebieten der Koordination der Energieproduktion und der Forschung ergeben.

In Japan hat man es verstanden, von den Erfahrungen der westlichen Industrieländer Nutzen zu ziehen. Die übernommenen Lösungen mussten jedoch an die eigenen Verhältnisse angepasst werden und erhielten durch den eigenen Erfindergeist eine besondere Prägung.

Heute ist es jedoch für Europa, insbesondere aber für die Schweiz wichtig, die in diesem Land entwickelten und angewandten Verfahren kennenzulernen und sie zu nutzen.

Im Zeitpunkt, wo die Schweiz vor schwierigen Entscheidungen über die Deckung ihres zukünftigen Energiebedarfs steht, ist es zu ihrem Vorteil, von den in Japan gemachten Erfahrungen zu profitieren; dies gilt besonders für die Integration thermischer sowie hydroelektrischer Produktionsanlagen und in Kürze auch von Atomkraftwerken in ein frei zusammengefügt System, das eine grosse Ähnlichkeit mit dem seinen hat.

D. Ro

Adresse des Autors:

M. Cuénod, 1403 NW 10th Avenue, Gainesville, Florida (USA).