**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 88 (1997)

**Heft:** 18

**Artikel:** Wasserkraft : Energievektor für Fortschritt und Entwicklung

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-902231

**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:** 10.12.2025

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

Wasserkraft ist eine Energie, die im Rahmen der von den Mitgliedsländern der UNIPEDE genutzten Energieerzeugungsarten eine hohe Bedeutung hat. Sie repräsentiert durchschnittlich 18% der erzeugten elektrischen Energie, leicht unterhalb des weltweiten Durchschnitts (19%). Die Merkmale der Wasserkraft verdienen Aufmerksamkeit: es handelt sich um eine erneuerbare Energie, die in grossen Mengen gespeichert werden kann und in der Energiewirtschaft eine grosse Rolle spielt.

# Wasserkraft: Energievektor für Fortschritt und Entwicklung

Wasserkraft in Nordamerika: noch fast 40% Ausbaupotential. Hier der Hoover-Damm (Colorado/USA) mit 221 m Höhe (Bild S. Aegerter).


## Zusammenfassung

Für europäische Energieversorgungsunternehmen ist die Wasserkraft ein wichtiges Regelinstrument, das schnell mobilisiert werden kann, um bei ausserordentlichen Ereignissen in das Erzeugungs- und Verbrauchsgleichgewicht einzugreifen. Sie ist eine Ergänzung für alle anderen Arten der Stromerzeugung, die im allgemeinen weder die kinetischen Merkmale und Zuverlässigkeit aufweisen, noch in ähnlicher Weise gespeichert werden können.

Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet, sind die Gesamtkosten für Wasserkraft günstig, insbesondere bei bestehenden Werken.

Die Vorteile der Wasserkraft liegen im technischen und wirtschaftlichen Bereich und in der Ökologie (keine $CO_2$-Produktion) im Hinblick auf die langfristige Erhaltung der wichtigsten natürlichen Gleichgewichte und der Frage der öffentlichen Gesundheit künftiger Generationen.



**Autoren**
(Studienausschuss der UNIPEDE für Stromerzeugung durch Wasserkraft und andere erneuerbare Energien;
Expertengruppe: Wasserkraftbewertung)
UNIPEDE: Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique

* * *

*Bernard Méclot* (Vorstand; EDF, Frankreich); *Maurice Dupuy* (Sekretär; EDF, Frankreich); *Hubert Weis* (SEO, Luxemburg); *Antonio Linari* (ENEL, Italien); *Myriam Baril* (Hydro-Québec, Kanada); *Mike Barlow* (Scottish Hydro-Electric, Grossbritannien); *Mario Cambi* (ENEL, Italien); *Robert Cullen* (Electricity Supply Board, Irland); *Maurice Genier* (EOS, Schweiz); *Jean-Pierre Germeau* (Electrabel, Belgien); *Carlos Madureira* (EDP, Portugal); *Pal Mellquist* (GLB, Norwegen); *Alejandro Perea* (Iberdrola, Spanien); *Manfred Rost* (Schluchseewerk AG, Deutschland); *Pierre Savey* (CNR, Frankreich); *G. Schiller* (Verbundgesellschaft, Österreich); *Antonio Talhull* (ENHER, Spanien)


Angesichts dieser Vorteile ist Wasser jedoch ein immer begehrterer Rohstoff, und in verschiedenen Bereichen gibt es zahlreiche Versuche zur anderweitigen Nutzung.

Die der Wasserkraft auferlegten Beschränkungen haben zugenommen:

- aus gesetzlicher und administrativer Sicht
- aus finanzieller und wirtschaftlicher Sicht
- aus betrieblicher und umweltschutzbedingter Sicht.

Diese zusätzlichen Beschränkungen können die bestehenden Wasserkraftwerke in Frage stellen, die Wettbewerbsfähigkeit der Wasserkraft im Vergleich mit anderen Energien einschränken und den Bau neuer Wasserkraftwerke verhindern.

Diese Situation wäre daher paradox, tatsächlich anomal, da die Staaten und die internationale Gemeinschaft immer mehr von dem Wunsch geleitet werden, eine nachhaltige Entwicklung sicherzustellen und die vom Menschen verursachte Erhöhung des Treibhauseffektes zu beschränken.

## Energie weltweit

Die neuesten Energiestatistiken, wie die von der Weltenergiekonferenz 1995 in Tokio herausgegebenen Zahlen zur weltweiten Nutzung der verschiedenen Primärenergien im Jahr 1995, sind in Tabelle I zusammengestellt.

Wir stellen hierbei fest, dass:

- direkt oder indirekt genutzte fossile Brennstoffe (Elektrizität) den grössten Teil der weltweit verbrauchten Energie darstellen: über 90% (einschliesslich Holz und Biomasse)
- die drei Kontinente mit den am höchsten industrialisierten Ländern dem-

entsprechend fast 95% der Energie verbrauchen
- Wasserkraft etwa 5% der Energie einnimmt, wobei Amerika allein über 45% dieser Menge produziert.

## Elektrische Energie, anders als andere Energien

### Elektrische Energie weltweit

Innerhalb der genutzten Energiequellen nimmt die elektrische Energie aufgrund ihrer besonderen und universellen Merkmale sowie der vielfältigen Produktions- und Nutzungsmethoden eine Sonderstellung ein.

Wenn wir die weltweite elektrische Energieerzeugung betrachten und nach verschiedenen Energieträgern auflisten, ergeben sich die Werte gemäss Tabelle II (gerundet).

Diesen Statistiken lassen sich folgende Informationen entnehmen:

- fossile Energien stellen 63% der weltweit erzeugten Elektrizität dar
- Wasserkraft 19% oder ein höherer Wert, der in Entwicklungsländern stark zunimmt
- andere erneuerbare Energien liegen unter 0,1%. Ein extrem niedriger Anteil, selbst wenn er zunimmt, bleibt er noch immer unbedeutend.

Eine Aufgliederung dieser Zahlen nach wirtschaftlichen Gruppierungen lässt weitere Beobachtungen zu (siehe Tabelle III).

Eine Untersuchung dieser Daten ergibt folgendes:

- fast überall wird elektrische Energie aus fossilen Brennstoffen erzeugt
- in den OECD-Ländern macht durch Wasserkraft erzeugte Energie 17% aus
- einige Regionen der Erde mit reichen natürlichen Ressourcen verwenden oder erzeugen Energie aus Wasserkraft (Lateinamerika, asiatische Entwicklungsländer usw.)
- die anderen erneuerbaren Energien nehmen weiterhin eine Randstellung ein, auch wenn sie in den Entwicklungsländern beträchtlich zunehmen.

| Energieträger | Afrika | Amerika | Asien | Europa | Ozeanien | Weltweit | Prozent |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kohle** | 473 | 2917 | 5981 | 4623 | 320 | 14314 | 31 |
| **Öl** | 531 | 4851 | 4248 | 4365 | 171 | 14166 | 31 |
| **Schiefer** | 0 | 140 | 0 | 1 | 0 | 141 | 0,1 |
| **Erdgas** | 161 | 2936 | 1415 | 3620 | 86 | 8218 | 18 |
| **Kernenergie** | 7 | 712 | 348 | 1039 | 0 | 2106 | 4,5 |
| **Wasserkraft** | 55 | 1072 | 503 | 689 | 39 | 2358 | 5,1 |
| **Holz** | 612 | 484 | 1074 | 156 | 11 | 2337 | 5,1 |
| **Biomasse** | 224 | 758 | 872 | 591 | 49 | 2494 | 5,1 |
| **Solarenergie** | 0 | 1 | 0 | 0,1 | 0 | 1,1 | – |
| **Geothermie** | 2 | 27 | 19 | 22 | 6 | 76 | 0,1 |
| **Windenergie** | 0,1 | 3 | 0 | 2 | 0 | 5 | – |
| **Gesamt** | **2065** | **13901** | **14460** | **15108** | **682** | **46216** | **100** |

Tabelle I Einsatz der Energieträger weltweit (in TWh elektrisch).

| Energieart | Afrika | Amerika | Asien + Ozeanien | Europa | Weltweit | Prozent |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fossile Brennstoffe | 275 | 2663 | 2457 | 2271 | 7663 | 63 |
| Kernenergie | 7 | 712 | 348 | 1039 | 2106 | 18 |
| Wasserkraft | 55 | 1072 | 542 | 689 | 2358 | 19 |
| Andere erneuerbare Energien | 0,5 | 28 | 11 | 10 | 50 | – |
| **Gesamt** | **338** | **4475** | **3358** | **4009** | **12177** | **100** |

(Quelle: Bericht CME und ENERDATA 1995)

Tabelle II Elektrische Energie weltweit (in TWh).

| Energieart | UCPTE | EU | Europa | OECD | Lateinamerika | Asiatische Entwicklungsländer |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Thermische Energie gesamt | 673,2 | 1117 | 2271 | 4731 | 197 | 1500 |
| Kernenergie | 606,1 | 766 | 1039 | 1936 | 15 | 115 |
| Wasserkraft | 278,6 | 304 | 689 | 1312 | 413 | 355 |
| Andere erneuerbare Energien | | 10 | 10 | 39 | 6 | 7 |
| **Gesamt** | **1557,8** | **2197** | **4009** | **8018** | **631** | **1977** |

Tabelle III Elektrische Energie in den grössten Wirtschaftsgruppen (in TWh).

## Besonderheiten der elektrischen Energie

Elektrische Energie kann nicht gespeichert werden. Daher ist ihre Erzeugung kontinuierlich an den Verbrauch anzupassen. Dieses ständige Gleichgewicht führt zur Stabilität der Frequenz des erzeugten Stroms. Zur Regelung der Frequenz sind die folgenden Einrichtungen erforderlich:

- automatische Geräte zur Einstellung auf schnelle und beschränkte Abweichungen
- manuelle Vorrichtungen zur Einstellung auf langsame und langfristige Abweichungen.

Zum Ausgleich grösserer und unvorhersehbarer Ereignisse wie Ausfall von Kraftwerken, grosse Abweichungen im Verbrauch müssen entsprechende Reserveleistungen vorgehalten werden.

## Wirtschaftlichkeit von Stromerzeugungssystemen

Bei der Versorgung mit elektrischer Energie zur Deckung des Bedarfs und der Sicherstellung eines ständigen Gleichgewichts von Verbrauch und Erzeugung ist auch das optimale wirtschaftliche Gleichgewicht zu berücksichtigen. Dies führt zu folgenden Kriterien:

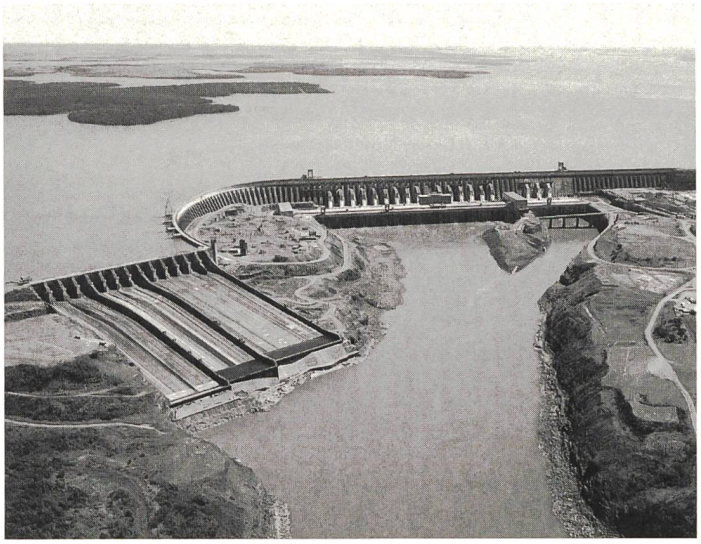
- Die Nutzung der Kraftwerksanlagen muss in Abhängigkeit von den Kosten erfolgen: Grenzkosten des Brennstoffes/Wassers oder die durchschnittlichen Erzeugungskosten.
- Die in jedem Land erbauten Kraftwerke berücksichtigen die Investitionskosten sowie die Kosten für die verbrauchten Brennstoffe und die Betriebskosten, die die für den Betrieb des jeweiligen Kraftwerks erforderlichen Aufwendungen darstellen.
- Die Suche nach der Erzeugung der preisgünstigsten und «zuverlässigsten» kWh erfordert die Nutzung

verschiedener in das Netz integrierter Stromerzeugungsanlagen. Diese Vernetzung muss optimal sein, damit die wirtschaftlichsten Kraftwerke am besten genutzt werden können.

## Ökologische Auswirkungen der verschiedenen Erzeugungsmittel

Ebenso wie andere industrielle Tätigkeiten haben auch Kraftwerke Auswirkungen auf die Umwelt und ihre verschiedenen Elemente:

- Kraftwerke, die fossile Brennstoffe verbrennen, müssen gekühlt werden: das Kühlwasser wird Flüssen oder dem Meer entnommen und mit einer um einige Grad erhöhte Temperatur wieder in diese Gewässer zurückgeleitet. Die Verwendung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken führt zu Gasemissionen in die Atmosphäre, wie zum Beispiel $CO_2$, $SO_2$, $NO_x$ und Staub. Diese Emissionen tragen zum Treibhauseffekt bei und zur lokalen und regionalen Luftverschmutzung in einigen hoch urbanisierten und hoch industrialisierten Regionen. Dies hat zu hohen Anforderungen für Entschwefelung und Entstickung der Kraftwerksanlagen in Europa geführt.
- Kernkraftwerke haben eine positive Auswirkung auf die Atmosphäre: diese Energie ist für einen langfristigen Umweltschutz unerlässlich.
- Wasserkraftwerke und andere erneuerbare Energien haben keinerlei direkte Auswirkungen auf die Atmosphäre. Staudämme verändern den natürlichen Zustand der Wasserführung, aber Bauvorschriften und der angepasste Betrieb können die Auswirkungen auf die Natur minimieren und ermöglichen die nachhaltige Entwicklung aquatischer Flora und Fauna. Ausserdem leisten Staudämme häufig einen positiven ökologischen Beitrag durch die verbesserte Regulierung der Wasserführung und die Einschränkung der Auswirkungen von Trockenperioden und Hochwasser.
- Wasserkraft ist eine erneuerbare und speicherbare Energie.
- Die anderen erneuerbaren Energien, die theoretisch zwar keine Auswirkungen auf die Umwelt haben, haben positiven Einfluss. Sie sind jedoch nicht programmierbar und manchmal nicht regulierend, da sie von den Schwankungen der natürlichen Effekte abhängen, die sie nutzen.
- Alle diese Elektrizität erzeugenden Anlagen benötigen natürlich Platz, genauso wie die Industrie, und sind ein neuer Bestandteil der Landschaft. Wenn man den Quotienten der installierten Kapazität je m² bebautem Land betrachtet, so brauchen einige Anlagen mehr Platz als andere. Diese ist bei den erneuerbaren Energien der Fall, wie zum Beispiel Wasserkraft, Solarenergie und Wind. Trotzdem müssen Staubecken als positiver Betrag der Landschaftsgestaltung angesehen werden, wenn man zum Beispiel die touristische Entwicklung in ihrer Umgebung berücksichtigt.



Grösstes Wasserkraftwerk der Welt (Brasilien/Paraguay): Itaipu (12 000 MW Leistung; Photo Itaipu Binacional).

Diese Auswirkungen müssen als externe Einflüsse der verschiedenen Energieerzeugungsformen mit in Betracht gezogen werden.

## Energieentwicklung

Die letzte Weltenergiekonferenz (WEC) im Jahr 1995 beschäftigte sich mit Prognosen zum Energiebedarf für die nächsten Jahrzehnte und besonders für die Jahre 2050 und 2100.

Die Perspektiven der Entwicklungsländer führen selbstverständlich zu einem hohen Energiebedarf, unabhängig vom untersuchten Entwicklungsstand und erfolgreichen Management der Bedarfsseite in den Industrieländern. Der Anteil der verschiedenen Energiequellen und Stromerzeugungsformen wurde auch in den Prognosen der WEC behandelt.

Im Jahr 1997 scheint es erforderlich, diese Prognosen unter weiteren Gesichtspunkten zu betrachten, die Gegenstand zahlreicher Diskussionen waren: an erster Stelle wissenschaftliche Beiträge zum Treibhauseffekt und die Berichte der Konferenzen, in denen in Genf Ende 1995 und 1996 auf den Treibhauseffekt hingewiesen wurde, der überwacht und gesteuert werden sollte.

Gleichzeitig kann man in den meisten Industrieländern eine wachsende Besorgnis der Öffentlichkeit hinsichtlich der Umweltverschmutzung beobachten und feststellen, dass die Behörden Vorschrif-

Typische Kraftwerkanlage in den Alpen: Zervreila (GR/CH).

| | Leistung (GW) | (%) | Produktion (TWh) | (%) |
|---|---|---|---|---|
| UCPTE | 105,2 | 26,9 | 278,6 | 17,9 |
| EU | 11,7 | | 304 | 9 |
| Europa* | 173,8 | | 724 | 18 |
| Asien | | | 495 | 15 |
| Amerika | | | 1076 | 24 |
| Afrika | | | 55 | 16 |
| Weltweit | 17444 | | 2352 | 19,3 |

* ausserhalb der GUS

**Tabelle IV Wasserkraft weltweit.**

| Region | Gesamtpotential (GWh/Jahr) | zusätzliches Potential (%) | in Betrieb (%) |
|---|---|---|---|
| Nord- und Zentralamerika | 1 100 000 | 39,3 | 60,7 |
| Südamerika | 2 300 000 | 81,0 | 19,0 |
| Europa | 800 000 | 35,2 | 64,8 |
| Afrika | 1 000 000 | 93,2 | 6,8 |
| Asien | 3 600 000 | 80,4 | 19,6 |
| Australasien/Ozeanien | 105 000 | 60,4 | 39,6 |

**Tabelle V Produktion: Weltweites wirtschaftlich realisierbares Wasserkraftpotential (Quelle Hydropower & Dams).**

ten zu Emissionen mit niedrigeren Grenzwerten erlassen. Jeder nimmt schliesslich an der Suche nach einer nachhaltigen Entwicklung teil, obwohl nicht immer klar zum Ausdruck gebracht wird, dass der Mensch nicht an umweltbedingten Krankheiten erkranken und des weiteren seinen Nachkommen ein angenehmes Leben ermöglichen will. In diesem Zusammenhang wird die Nutzung nicht umweltbelastender erneuerbarer Energien besonders bevorzugt.

In den Industrieländern müssen die staatlichen Konzessionen für Wasserkraftwerke von Zeit zu Zeit erneuert werden. Dies birgt das zusätzliche Risiko von Erzeugungsverlusten bei der Wasserkraft im Mix der Stromerzeugung aufgrund von nicht erneuerten Konzessionen.

## Wasserkraft, eine ganz besondere elektrische Energie

Wasserkraft ist eine speicherbare, programmierbare, erneuerbare Energie, die in der Energiewirtschaft und der Entwicklung von Standorten, Regionen und Ländern, wo diese Energie genutzt wird, eine bedeutende Rolle spielt.

### Ihre Bedeutung

Die Tabellen IV und V geben einige Zahlen zu Leistung und Produktion der Wasserkraft weltweit.

### Die Beiträge der Wasserkraft

Im Vergleich zu anderen Erzeugungsarten hat die Wasserkraft bei der Erzeugung und Übertragung besondere Stärken, nicht nur aufgrund ihrer hervorragenden dynamischen Leistung, sondern auch aufgrund der Qualität ihres «Brennstoffes».

Eine Expertengruppe hat vier Studien zur quantitativen Bewertung der Leistungsfähigkeit von Wasserkraft erarbeitet:

- Leistungsfähigkeit bei der Lieferung aktiver Energie zur Sekundenreserve, zur Regelung und Reserve
- Leistungsfähigkeit bei der Lieferung reaktiver Energie und Spannungsregelung
- Betriebskosten
- Bewertung und Vergleich der Auswirkungen auf die Umwelt

Diese Arbeiten sind eine Erweiterung und Entwicklung aus der von UNIPEDE beim Kongress in Birmingham herausgegebenen Hydroplus-Studie (03002 Ren. 9315), die unter anderem die Prinzipien zur Klassifizierung und Berechnung der verschiedenen Energiezufuhren enthält und eine Bewertungsmethode erarbeitet hat.

Wir erwähnen an dieser Stelle nur die wichtigsten Folgerungen aus den verschiedenen Berichten. An erster Stelle, im Hinblick auf aktive Energie, können die Schlüsselinformationen zur Rolle der Wasserkraft in einem Mix aus verschiedenen Stromerzeugungsarten wie folgt zusammengefasst werden:

- Wasserkraft wird in einem Netz wegen der primären und sekundären Regelung, ihrer Reaktionsgeschwindigkeit, der Reaktionsfähigkeit bei Engpässen und der Teilnahme an betrieblichen Tertiärreserven benötigt.
- Wasserkraft ist eine Ergänzung zu allen anderen Arten der Energieerzeugung: Sie kann volumenmässig nicht ersetzt werden, um dem wachsenden Bedarf der Erzeugung durch konventionelle Kraftwerke und Atomkraftwerke zu entsprechen oder eventuell dem zukünftigen Bedarf an anderen erneuerbaren Energien. Diese Anlagen können weder dieselben kinetischen Eigenschaften noch dieselbe Möglichkeit der Energiespeicherung bieten.
- Die in den UCPTE-Ländern vorhandene Wasserkraft, die einer installierten Kapazität von 105 000 MW entspricht, kann den Einsatz von thermischen Kraftwerken, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, verhindern. Dank der Studie können die verschiedenen Vorteile der Wasserkraft mit den folgenden Zahlen nachgewiesen werden:
  - eine Investition von 87 × 600 MW Einheiten mit 5000 Betriebsstunden wird verhindert – oder das Äquivalent von:
    - 36 500 MXEU* bei Gas-Kombi-Anlagen
    - 74 500 MXEU bei Kohlekraftwerken
  - Die Verhinderung der Emission in die Atmosphäre von 120 bis 225 Millionen Tonnen $CO_2$ und somit ein grosser Beitrag zur Reduzierung des Treibhauseffekts.

Vom Standpunkt der Blindleistung stellen die Wasserkraftwerke des UCPTE-Produktionsmixes 50 000 MVAR dar.

Wenn diese Kapazität nicht vorhanden wäre, müsste sie durch statische Regeleinrichtungen ersetzt werden, was laut der durchgeführten Studie einer Investition von 195 MXEU entsprechen würde.

Die Studie weist auf der Grundlage ähnlicher Methoden nach, dass die Betriebskosten (Steuern und Brennstoffkosten ausgenommen) bei Wasserkraft im Vergleich zu allen thermischen Kraftwerken und anderen erneuerbaren Energien günstiger sind. Auch allgemein betrachtet sind die Kosten von Wasserkraft günstiger. Allerdings zeigt die Studie

* MXEU = Mio. europäische Berechnungseinheiten (Ecu oder Euro)

eindeutig die Empfindlichkeit der Ergebnisse gegenüber den rechnerischen Annahmen (Zinssatz, Abschreibungsdauer, Nutzungsdauer der verschiedenen Stromerzeugungsanlagen).

Da auch externe Aspekte in Betracht gezogen werden müssen, befasst sich die Studie «Externe Umwelteinflüsse» mit diesem Thema, das als Teil eines gemeinsamen Programms der Europäischen Union (DGXII) und der amerikanischen Energiebehörde behandelt wurde und die Kosten der verschiedenen Arten von externen Einflüssen beleuchtet. Mit Hilfe einer Analyse und dem Versuch der zahlenmässigen Bestimmung der Auswirkungen von Wasserkraft weist die europäische Studie nach, dass diese im Vergleich zu fossilen Energien völlig anders sind und sich auch zeitlich sowie geographisch unterscheiden. Die Besonderheit der Standorte und die umsichtige Wahl ermöglichen eine Minimierung der Umwelteinflüsse und machen Wasserkraftwerke so zu Anlagen mit extrem niedrigen externen Einflüssen.

### Stärken und Schwächen der Wasserkraft

Diese verschiedenen Studien sind bei der Bestimmung der besonderen Stärken von Wasserkraftwerken hilfreich, sowohl vom technischen, wirtschaftlichen als auch vom ökologischen Standpunkt aus. Dies im Hinblick auf die langfristige Erhaltung eines grösstmöglichen natürlichen Gleichgewichts und möglicher gesundheitlicher Probleme künftiger Generationen. Hierbei ist besonders hervorzuheben, dass die Wasserkraft ein Gut ist, das erhalten werden muss, da sie für den Betrieb und die Betriebssicherheit der Stromversorgungsnetze von grosser Bedeutung ist, wobei die Wasserressourcen erhalten werden und die verschiedenen Arten der Nutzung optimiert werden müssen.

Wasser als Lebensbestandteil wird immer begehrter, und Ansprüche im Interesse einzelner kommen immer wieder vor.

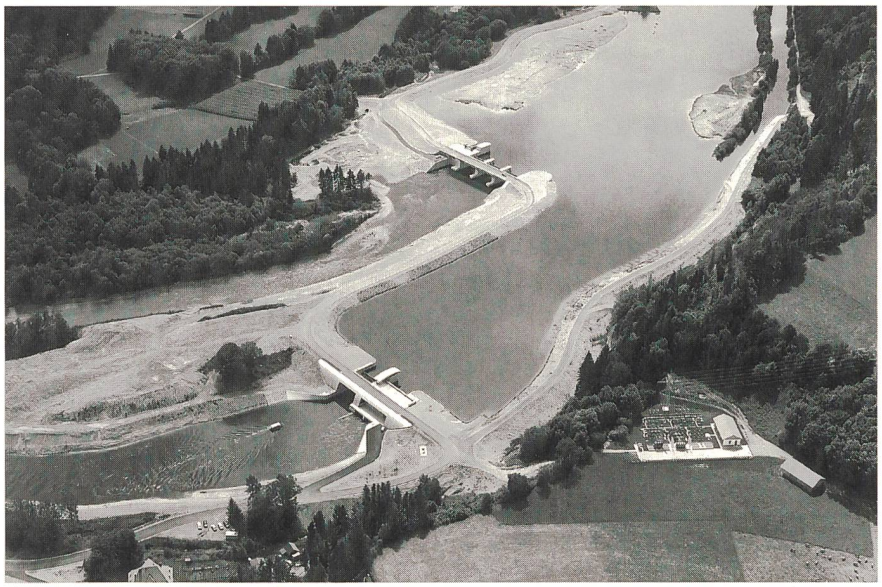
Deshalb sollten den verschiedenen Beschränkungen, die Wasserkraftwerken in zunehmendem Masse auferlegt werden, besondere Beachtung geschenkt und die Betroffenen über die Auswirkungen dieser Beschränkungen informiert werden, damit für die Gesellschaft und die Elektrizitätskunden die optimale Wahl der Wasserressourcen getroffen werden kann.

## Beschränkungen der Wasserkraft

Um das Ausmass und die Entwicklung dieser Beschränkungen in den verschiedenen Mitgliedsländern der UNIPEDE zu bewerten und den öffentlichen Behörden, Entscheidungsträgern sowie der Öffentlichkeit fundierte Kenntnisse über die auf dem Spiel stehenden Interessen zu vermitteln, beschäftigte sich eine zweite Expertengruppe mit den drei Hauptarten von Beschränkungen, mit denen Wasserkraftwerke konfrontiert werden:

- gesetzliche und administrative Beschränkungen
- finanzielle und wirtschaftliche Beschränkungen
- betriebliche und ökologische Beschränkungen.

Die Hauptfakten und Trends lassen sich wie folgt zusammenfassen:



Wasserkraft unterliegt in Europa starken Beschränkungen (Lechstaustufe 8 bei Kinsau/Bayern; Photo BAWAG).

### Gesetzliche und administrative Beschränkungen

- Die Gesetzgebung ist wesentlich strenger und in den letzten zehn Jahren ausgeweitet worden. Dies hatte einen zweifachen Effekt: auf der einen Seite dauert es wesentlich länger, bis eine neue staatliche Konzession gewährt wird. Manchmal wird dadurch auf neue Anlagen eventuell sogar verzichtet. Auf der anderen Seite wird aus denselben Gründen das Verfahren zur Erneuerung für die vorhandenen Anlagen und bisherigen Betreiber unsicher.
- Vom administrativen Standpunkt aus betrachtet, führt die immer grössere Anzahl von Organisationen, die beim Genehmigungsverfahren beratend herangezogen werden, zu einem Klärungsbedarf und zu zusätzlichen Gutachten, wobei oft in jeder Phase weitere Beschränkungen je nach den lokalen, regionalen oder überregionalen Gegebenheiten und Einzelinteressen hinzukommen.

Die Untersuchung von 14 Ländern hinsichtlich der Dauer des Konzessionsverfahrens für neue Kraftwerksanlagen ergibt einen Durchschnittswert von 5 Jahren, wobei in einzelnen Fällen auch 10 Jahre erreicht wurden. Dieser langwierige, komplizierte und hürdenreiche Weg ist für Verfahrensfehler anfällig und begünstigt gerichtliche Schritte durch Anlagengegner und damit weitere Unterbrechungen. Diese Situation hindert Investoren an der mittelfristigen Planung der Errichtungsmöglichkeiten neuer Wasserkraftwerke und fördert ihr Interesse an Gas- oder Heizkraftwerken, die kürzere und einfachere Genehmigungsverfahren haben.

### Finanzielle und wirtschaftliche Beschränkungen

Diese zusätzlichen Beschränkungen und längere Bauzeiten der Anlagen haben natürlich Auswirkungen auf die Vorteile der Wasserkraft, entweder in Form von Erhöhungen der Investitionskosten, Zinserhöhungen in der Bauphase oder eine Steigerung der Gesamtbetriebskosten. Es gibt jedoch noch andere Gründe, die Kostenerhöhungen verursachen:

- Der erhöhte Wasserbedarf der Gemeinden, Landwirtschaft oder Industrie sowie weitere Anforderungen wie der garantierte Mindestabfluss von Staudämmen stromabwärts, die die zur Stromerzeugung zur Verfügung stehenden Wasserressourcen reduzieren. Bei einer Mehrzweckanlage wäre die Aufteilung der Kosten des Projekts unter den verschiedenen

Ausbaupotential in Afrika: rund 93% (Nilkraftwerk Assuan I/Ägypten).

Nutzern normal. Und obwohl diese Aufteilung im Trinkwasser- und Brauchwasserbereich einfach umzusetzen ist, ist die Einigung mit den anderen Parteien wie Bauern und Behörden schwieriger, wenn nicht sogar unmöglich, aufgrund der Umweltschutzanforderungen. Wasser wird oft als finanzielle Kompensation aus vorhandenen Staubecken entnommen, wodurch die Kapazität der Anlagen und ihre Rentabilität reduziert werden.

- Die Steuererhöhung für die Stromerzeugung durch Wasserkraft hat Ausmasse angenommen, die bedenklich sind, auch wenn man diese Entwicklung nicht verallgemeinern kann. Gemäss einer kürzlich in den Vereinigten Staaten durchgeführten Studie sind die Steuern auf die Stromerzeugung durch Wasserkraft viermal so hoch wie die Abgaben für Gas und doppelt so hoch wie für Kohle. In Frankreich und Italien sind die Steuern für die Stromproduktion aus Wasserkraft zwischen 1993 und 1996 um 20% gestiegen.
- Die Verkürzung der Konzessionslaufzeiten erhöht die jährlichen Abschreibungsaufwendungen. Wenn zum Beispiel eine Konzession von 60 Jahren (eine normale Zahl für die Lebensdauer eines Wasserkraftwerkes) auf 40 Jahre reduziert wird, erhöhen sich die kWh-Kosten um 9% bei einem Zinssatz von 5%.

**Betriebliche und ökologische Beschränkungen**

Im Hinblick auf erhöhte ökologische Auswirkungen haben die meisten Länder Umweltverträglichkeitsstudien eingeführt, die zur Bewertung der Auswirkungen des Baus und des Betriebs der Energieerzeugungsanlagen auf die Umwelt dienen. Diese Studien sind vor allem technisch orientiert und zielen auf Massnahmen zur Minderung der ökologischen Auswirkungen ab. Auf der Grundlage eines wirtschaftlichen Ansatzes sind bei den Gesamtkosten der Anlage die internen und externen Umweltkosten zu den allgemeinen internen Kosten hinzuzurechnen. Wie in der von der Europäischen Union, der OECD und der amerikanischen Energiebehörde durchgeführten Untersuchung des ExternE Project angegeben, sind diese externen Kosten bei Wasserkraft relativ niedrig, und es ist schwierig, sie einzeln gleichmässig auch zu den internen Kosten zu addieren.

Diese systematische Methode zur zahlenmässigen Bestimmung der Auswirkungen dieser Anlagen und zur Bewertung der internen Umweltkosten, mangels externer Umweltkosten, wird in einigen Anlagen in Europa angewandt. Einige Beispiele aus neueren Projekten dienen zur besseren Bewertung dieser Kosten im Vergleich zu den Gesamtkosten. Die dargestellten Fälle aus Frankreich, Deutschland und Österreich zeigen auf, dass die Kosten der Studien zu Auswirkungen und Ausgleichsmassnahmen bei 9% der Gesamtkosten beginnen und bis zu 20% oder sogar 25% der gesamten Investitionskosten ausmachen können. Diese Kosten sind nicht proportional zur installierten Kapazität und haben bei

Asien hat mit 3 6000 000 GWh/Jahr das grösste Wasserkraftpotential: Kraftwerk Tarbela (Pakistan; Photo Sulzer Hydro).

kleineren Anlagen ein grösseres Gewicht. Dies ist für ihre Entwicklung sicherlich ein ernster wirtschaftlicher Nachteil.

Grössere Projekte, die vom wirtschaftlichen Standpunkt aus attraktiver sind, sind eher das Ziel von Umweltschutzorganisationen und den Vertretern lokaler Einzelinteressen. Aber im allgemeinen bietet Wasserkraft zur Erfüllung der Energieanforderungen ein besseres Kosten-Nutzen-Verhältnis vom ökologischen Gesichtspunkt als andere Arten der Energieerzeugung, oder gar andere industrielle Aktivitäten.

In Australasien ist die Wasserkraft zu nahezu 40% ausgebaut. (Wasserkraftwerk Jelok auf der Insel Java; Bild Sulzer Hydro).

## Ergebnisse: Wasserkraft, die Energie für heute und morgen

Der erste Teil der vorliegenden Studie hat es uns ermöglicht, das Interesse der Wasserkraft an einem Stromproduktionsmix aufzuzeigen. Dieses Interesse ist aus verschiedenen Gründen substantiell:

- Wasserkraft ist eine erneuerbare Energie, sie verursacht keine umweltschädigenden Emissionen ($SO_2$, $NO_x$, Staub) und trägt nicht zum Treibhauseffekt bei.
- Ihre grosse Nutzungsflexibilität ist ein hervorragendes Mittel zur Netzregelung, sie bietet schnelle Reserven bei Ausfällen. Wasserkraft bringt der Stromversorgung Qualität.
- Die kWh-Betriebskosten (ohne finanzielle Kosten) sind bei Wasserkraft im Vergleich zu thermischen Kraftwerken und allen anderen erneuerbaren Energien besonders günstig.

Dieses bemerkenswerte Mittel der Stromerzeugung gibt jedoch Anlass zu Neid und Begehrlichkeiten. Der wirtschaftliche Vorteil, der bisher offensichtlich war und auf einem offenen Elektrizitätsmarkt auf der Basis der Wettbewerbsfähigkeit gehandelt wurde, wird nach und nach in immer grösserem Umfang in Frage gestellt. Wenn wir die erwähnten Beschränkungen auf den gleichen Erzeugungsmix übertragen würden, ergäbe sich die folgende Situation:

- 10% zusätzliche Betriebskosten durch die Reduzierung der Konzessionslaufzeiten
- 10% Steuererhöhung über 3 Jahre mit einem steuerbezogenen Prozentsatz von 30 bis 40% für die kWh-Kosten
- Kosten für Umweltschutzmassnahmen in Höhe von 15 bis 20% der kWh-Kosten
- Erhöhung der Baukosten für die Anlage von 20 bis 25%.

Die Summe dieser verschiedenen Kosten geht weit über den Rahmen der Wettbewerbsfähigkeit zugunsten der Wasserkraft im Vergleich mit anderen Energien hinaus und begünstigt eine drastische Abnahme des Interesses an Wasserkraft.

Diese Situation ist um so paradoxer, als Staaten und die internationale Gemeinschaft von dem Wunsch getragen sind, eine nachhaltige Entwicklung zu ermöglichen und die Erhöhung des Treibhauseffektes durch den Menschen zu begrenzen.

Der Verzicht auf die Stromproduktion durch Wasserkraft würde unter Berücksichtigung der Struktur des Stromerzeugungsmixes sicherlich die Entwicklung thermischer Anlagen als Ersatz bedeuten. Dies insbesondere von Gaskraftwerken, die, selbst wenn sie effektiv arbeiten, nicht erneuerbare Energien nutzen und Emissionen verursachen, wie $CO_2$, $SO_2$ und $NO_x$.

Wachsende Schwierigkeiten beim Ausbau von Netzen zur Verbindung von Wasserkraft-Produktionszentralen in dünn besiedelten Regionen und Bereichen mit hohem Stromverbrauch tragen zur Verlangsamung von Wasserkraftprojekten bei.

Obwohl die Entwicklung nicht so radikal verlaufen muss wie beschrieben, kann man dennoch feststellen, dass die Häufung von Beschränkungen zur Verlangsamung der Entwicklung der Wasserkraft weltweit und besonders in Europa beiträgt. Nur 34 Projekte befinden sich in ganz Europa in der Konstruktionsphase mit einer Gesamtkapazität von 1600 MW und einer Produktivität von 4500 GWh, wobei nur ein einziges grösseres Projekt aus der Schweiz hinzukommt, Grande Dixence, mit einer Kapazität von 1200 MW. Selbst wenn wir die Tatsache berücksichtigen, dass in einer Reihe von Ländern die meisten für Wasserkraft geeigneten Standorte bereits genutzt werden, sollten Mehrzweckanlagen zusätzliches Anlagenpotential bieten, auch unter dem Aspekt der Elektrizität.

Denn am Ende dieses Jahrhunderts wird Wasser das Erbe der Menschheit, und die Kontrolle über die wertvolle Ressource zeigt ihre grosse Bedeutung in vielen Teilen der Welt. Wasserkraftwerke, die üblicherweise ein optimales Management des Wassers zu Zwecken der Stromerzeugung lieferten, können soviel Leistungsfähigkeit wie möglich aus einer Ressource schöpfen, die in vielen Ländern nur wenig genutzt wird.

## Force hydraulique: vecteur pour progrès et développement

Des documents récents servent de base aux réflexions et démontrent que tous les pays favorisent les énergies renouvelables. Les ressources naturelles et les aspects économiques influencent le type de production électrique. L'énergie hydraulique est la seule source renouvelable d'électricité d'importance mondiale (part 19%). La Suisse se situe en 4e place (63%), derrière la Norvège et l'Islande (100%), ainsi que l'Autriche (76%); suivent la Suède (44%), le Portugal (35%) et la France (31%). La moyenne de l'Union Européenne est de 13,6%.

# Kleiner Süsser mit Stecker

**Mobil sein bedeutet frei sein. Elektroautos schonen die Umwelt und geben Ihrer Freiheit eine neue Qualität.**

**SCHWEIZER ELEKTRIZITÄT**
Der Draht mit Zukunft

**http://www.strom.ch**

OFEL/INFEL/VSE/97

Zentralschweizerisches
Technikum Luzern
**Ingenieurschule HTL**

Auf dem Weg zur Fachhochschule

## Ausstellung der Diplomarbeiten

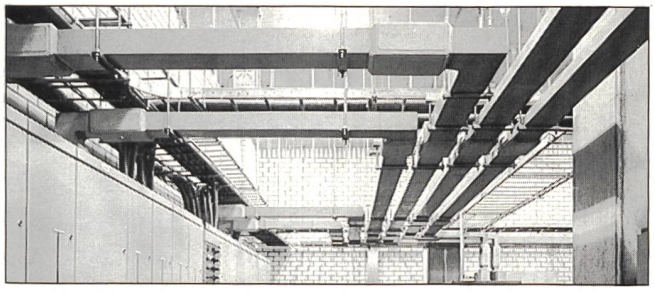
Die Diplomarbeiten der Abteilungen Elektrotechnik, Elektronik/Informatik, Maschinentechnik, Heizung-, Lüftung-, Klimatechnik, Architektur, Bauingenieurwesen und Metallbauingenieur sind an folgenden Tagen zur freien Besichtigung ausgestellt:

Freitag, 19. September 1997, 12 bis 21 Uhr
Samstag, 20. September 1997, 8 bis 17 Uhr

**Direktion des Zentralschweizerischen Technikums Luzern**
**Ingenieurschule HTL, 6048 Horw, Tel. 041 349 33 11**

*HABEGGER Maschinenfabrik AG*
*Mittlere Strasse 66*
*CH-3601 Thun Switzerland*
*Telefon 033 225 44 44 Fax 033 225 44 40*

HABEGGER



## LANZ BETOBAR Stromschienen

**Für Stromverteilungen in Büro-, Gewerbe- und Industriebauten von 380—6000 A. Schutzart IP 68.7**

- **Kompakt z. B. 1940 A nur 100×160 mm Aussenmass**
- **zentimetergenau montierbar in Schaltschränken, Steigzonen, Decken für beste Platzausnützung**
- **maximaler Personenschutz, hohe Kurzschlussfestigkeit, wartungsfrei. Schweizer Produkt.**

**LANZ plant, liefert und montiert BETOBAR. Rufen Sie an:**
**lanz oensingen 062/388 21 21 Fax 062/388 24 24**

**Bitte senden Sie Unterlagen:**

- ☐ LANZ Kabelträger aus galv. Stahl/Inox/Polyester
- ☐ LANZ G-Kanäle und kleine Gitterbahnen
- ☐ LANZ Verteil-Stromschienen 25—900 A
- ☐ BETOBAR Stromschienen
- ☐ LANZ Doppelböden für Büros/techn. Räume
- ☐ LANZ Brüstungskanäle
- ☐ LANZ Flachkabel
- ☐ MULTIFIX Schienenmontagesystem

☐ **Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!**

**Name/Adresse/Tel.:** _____

22

**lanz oensingen ag**
**CH-4702 Oensingen · Telefon 062 388 21 21**

# In jeder USV von Best Power stecken mindestens 1000 Ingenieure

**Und die haben einfach alles getan, um ...**

...Unterbrechungsfreie Stromversorgung optimal zu realisieren. Das Ergebnis kann sich sehen lassen: S 4000 - die 3-Phasen-USV von Best Power in den Leistungsklassen von 10 - 120 kVA. Sie bietet nicht nur die gewohnte Best Power Qualität und absolute Zuverlässigkeit, sondern auch: Wirkungsgradoptimierte Leistungselektronik in IGBT-Technik, prozessorgesteuertes Powermanagement, RS 232 und RS 485 Schnittstelle u.v.m.

Sie sehen, Sie können mehr von uns erwarten! Denn in uns steckt die Erfahrung von drei großen USV-Produzenten: Best Power Technology, Borri und Sola. Mit innovativer USV -Technik und einem weltweiten Servicenetz schützen wir Ihre Daten zuverlässig vor Netzschwankungen und Stromausfällen. 24 Stunden am Tag. 365 Tage im Jahr.
Wir lösen alle Probleme im Bereich Stromversorgung. Rufen Sie uns an.

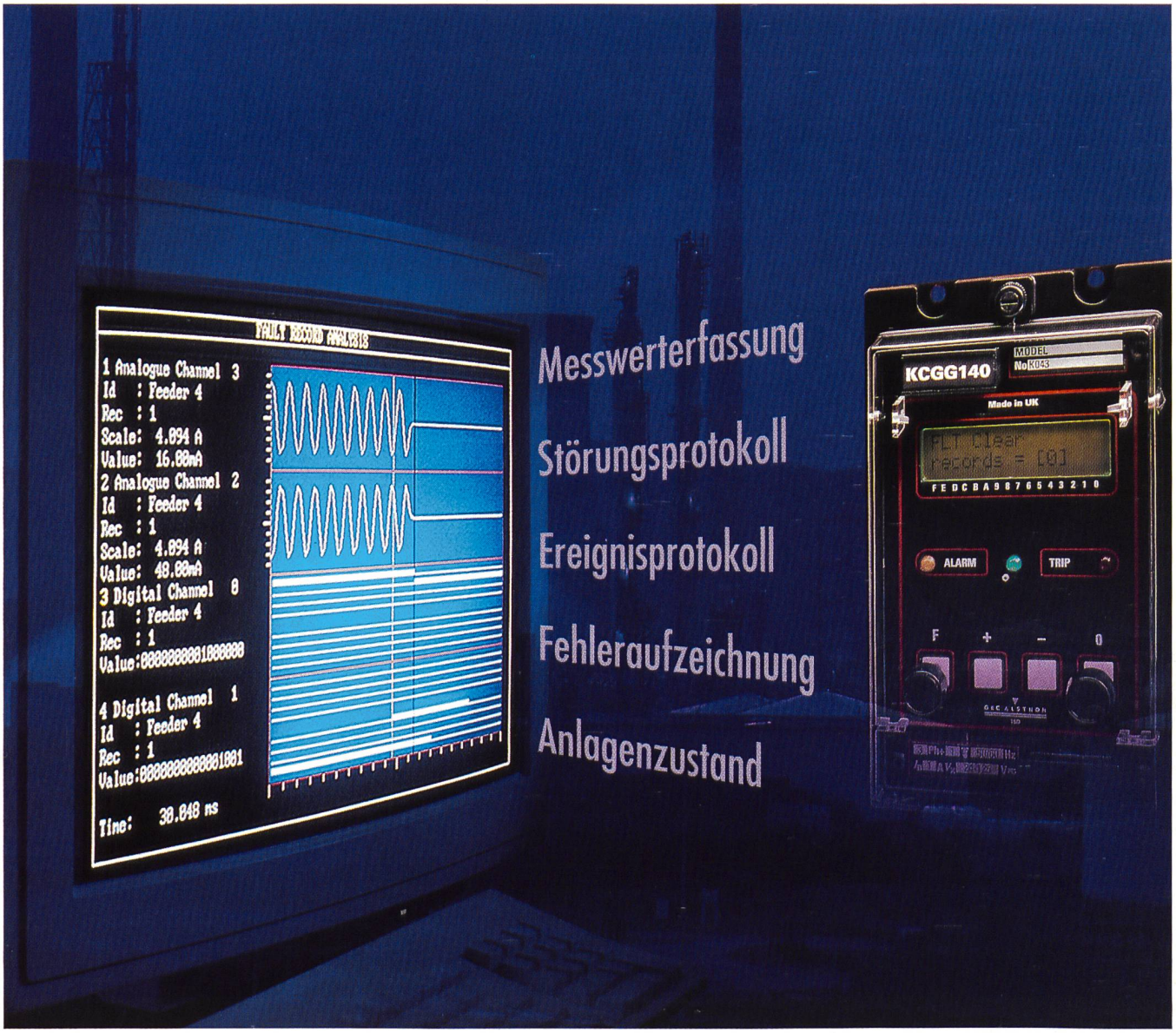
Best Power

Best Power Technology AG
Limmatstraße 12
CH-8957 Spreitenbach
Tel.: 056-418 30 30
Fax: 056-418 30 33

Best Power Technology GmbH
Am Weichselgarten 23
D-91058 Erlangen
Tel.: +49-9131-7770-0
Fax: +49-9131-777-222

e-mail:best.marketing@bestpower.gensig.com

# Erste Priorität: Schützen!
# Relaisserie **MIDOS K**




Die numerischen Relais der Serie **MIDOS K** setzen neue Massstäbe in der Schutztechnik, der Kommunikation, der Datenerfassung und Steuerung von Energienetzen. Mit dem standardisierten Datenübertragungsprotokoll kann auf Mess- und Einstellwerte, Fehler-, Ereignis- und Störungsaufzeichnungen zugegriffen werden. Diese Technologie ermöglicht die Realisierung einer einfachen und kostengünstigen Vorort- und Fernparametrierung, -überwachung und -steuerung.

GEC ALSTHOM

GEC ALSTHOM T&D AG
Sprecher Mittelspannungstechnik, Reiherweg 2, CH-5034 Suhr
Tel. 062 855 77 33, Fax 062 855 77 35