

**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:** 75 (1984)

**Heft:** 2

**Artikel:** Erdölsubstitution

**Autor:** Berchtold, Max

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-904340>

### **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:** 01.04.2025

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

# 3. Erdölsubstitution

Max Berchtold

Die Möglichkeiten der Substitution von Öl in den Bereichen Elektrizitätserzeugung, Industrie, Raumheizung und Verkehr wurden von einer Arbeitsgruppe der Weltenergiekonferenz untersucht. Neben den rein technischen Gegebenheiten wurden dabei auch Fragen der Wirtschaftlichkeit sowie der Umweltbelastung einer Umstellung auf Alternativ-Brennstoffe behandelt. Die Betrachtungen wurden getrennt für Industrie- und Entwicklungsländer durchgeführt.

Les possibilités de remplacement du pétrole dans les domaines de la production d'électricité, de l'industrie, du chauffage et du transport ont été étudiées par un groupe de travail de la Conférence mondiale de l'énergie. Outre les données purement techniques, les questions concernant la rentabilité et l'influence sur l'environnement du passage à l'emploi de combustibles de remplacement ont été traitées. Les réflexions ont été menées séparément pour les pays industrialisés et les pays en voie de développement.

## Einleitung

Die vorliegende Berichterstattung über die Untersuchungen der 1979 vom Executive Council der Weltenergiekonferenz eingesetzten Arbeitsgruppe (Oil Substitution Task Force) beschränkt sich im wesentlichen auf die für Industrieländer gültigen Erkenntnisse, die weitgehend auch für die schweizerischen Verhältnisse anwendbar sind. Viel schwieriger und differenzierter sind dagegen die Probleme in den Entwicklungsländern, die infolge ihrer Vielgestaltigkeit nicht unter dem Generalbegriff der Erdölsubstitution behandelt werden können.

Entwicklung des Anteils des Erdöls am gesamten Primärenergieverbrauch (ohne nichtkommerzielle Energieträger)

Tabelle I

	1950	1960	1973	1980
OECD-Länder	0,29	0,39	0,52	0,48
Kommunistische Länder	0,12	0,15	0,29	0,28
Entwicklungsländer	0,58	0,63	0,67	0,64
Total	0,27	0,33	0,46	0,43

Quelle: UN

WEC 1983

Seit der Inangriffnahme der Untersuchung konnte die einseitige Abhängigkeit vom Öl bereits etwas reduziert werden (s. Tab. I), und derzeit besteht ein Überangebot auf dem Erdölmarkt. Dennoch sind die Ergebnisse der Untersuchung aktuell, wenn man daran denkt, dass diese Situation nicht nur auf die Substitution und auf Einsparungen zurückzuführen ist, sondern vor allem auch auf die Rezession, deren verbrauchsdämpfender Einfluss bei einem wirtschaftlichen Aufschwung entfällt.

## Substitution des Öls zur elektrischen Energieerzeugung

In Ländern mit ölthermischen Kraftwerken ist grundsätzlich eine Umstellung von Öl auf Kohle möglich. Bei entsprechend ausgerüsteten Kraftwerken ist diese Umstellung zum Teil schon vorgenommen worden. Da dies aber eine aufwendige Infrastruktur für Transport, Lagerhaltung und Feuerung bedingt, sind nur wenige thermische Kraftwerke entsprechend ausgebaut. Im Hinblick auf die hohen Kapital- und Unterhaltskosten der jeweils nicht benützten Einrichtungen sind die meisten Kraftwerke für den Betrieb mit nur einem Brennstoff eingerichtet.

Eine nachträgliche Umrüstung von Öl auf Kohle ist – wenn technisch überhaupt möglich – mit grossen Kosten verbunden, so dass wegen der Unsicherheit der künftigen Ölpreisgestaltung diese Umstellungen nur vereinzelt erfolgen. Dementsprechend hat – im Gegensatz zu den optimistischen Vorhersagen der Weltenergiekonferenz 1980 in München – die Kohleproduktion viel langsamer zugenommen. Sowohl die Nachfrage nach Kohle als der Ausbau der Kohleproduktionskapazität weichen in gleichem Masse von der Vorhersage ab.

Ein Nachteil der Kohlekraftwerke ist vor allem der SO<sub>2</sub>-Ausstoss. Die Nachbehandlung zum Reinigen der Rauchgase ist sehr aufwendig und hat ebenfalls eine nicht unbedeutende Stromverteuerung zur Folge. Von der Wirbelschichtfeuerung, die zurzeit in Entwicklung steht, erhofft man eine einfachere Lösung des SO<sub>2</sub>-Problems.

Die Erzeugung elektrischer Energie in Kernkraftwerken ist heute bereits eine sehr ins Gewicht fallende Substitution von Öl. Von der Kernenergie wird auch in Zukunft der grösste Beitrag zur Ablösung vom Öl in diesem

Prof. Max Berchtold, Professor der Thermodynamik an der ETHZ, Zürich

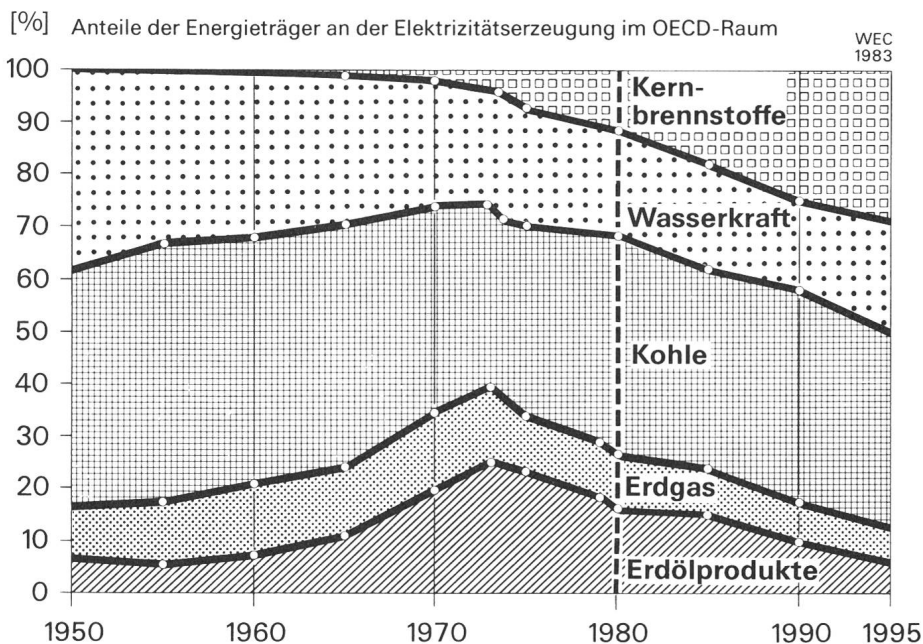


Fig. 1 Substitution bei der Elektrizitätserzeugung

Sektor erwartet (s. Fig. 1). Der ursprüngliche Preisvorteil des mit nuklearer Wärme erzeugten Stromes ist allerdings durch die grossen Auflagen zur Betriebssicherheit der Kernkraftwerke geschrumpft oder sogar entfallen. Die langwierigen Bewilligungsverfahren und Sicherheitsprüfungen haben die Bauzeiten von früher etwa sechs Jahren auf über zehn Jahre verlängert. Neben den angewachsenen Investitionskosten beeinträchtigen die hohen Zinsbelastungen entscheidend die Stromkosten. Die Bemühungen in Deutschland und England, mit Standardreakortypen das Bewilligungsverfahren und die Bauzeit abzukürzen, würden – falls diese realisiert werden können – den Bau weiterer Kernkraftwerke erheblich erleichtern.

Ob Kohle- oder Kernkraftwerke, beide bedeuten für die Erdölsubstitution dasselbe; Öl sollte deshalb nur in ganz besonderen Fällen in thermischen Kraftwerken zur Stromerzeugung herangezogen werden.

### Ölsubstitution in Industrieanlagen

Der früher beträchtliche Ölbedarf der Zementindustrie ist heute bereits deutlich zurückgegangen, da die relativ einfach durchzuführende Umstellung auf Kohle oder Erdgas weitgehend erfolgt ist.

In der Stahlindustrie konnte in verschiedenen Prozessen von Öl auf Erdgas, bei anderen auf Kohle oder bei der Stahlveredelung auf elektrische

Energie umgestellt werden. Im weiteren sind die verbleibenden, mit Öl beheizten Prozesse durch Verminderung der Wärmeverluste verbessert worden.

In der Verfahrenstechnik wird bereits aus betrieblichen Gründen für die Wärmeerzeugung weitgehend Erd- oder Flüssiggas (Propan, Butan) verwendet. Es bestehen meistens günstige wirtschaftliche Voraussetzungen für die Wärmerückgewinnung, auch mit Wärmepumpen, insbesondere wenn

konstante Betriebsbedingungen gegeben sind.

Die Substitution des Öls ist in diesem Sektor durch bereits erfolgte Massnahmen am weitesten fortgeschritten. Figur 2 zeigt die Entwicklung der Erdölsubstitution im Industriebereich.

### Ölsubstitution bei Gebäuden mit örtlicher Wärmeversorgung

Zur Wärmeversorgung von Gebäuden gehört die Einhaltung einer behaglichen Raumtemperatur sowie die Aufbereitung von warmem Gebrauchswasser. Beides sind Niedertemperaturanwendungen (meistens unter 80°C). Die grösseren Heizzentralen in Gebäudekomplexen könnten auf Kohle umgestellt werden, wobei allerdings die heute verwendeten Kessel mit Ölfeuerung meistens nicht mehr benutzt werden können. Geeignete Kohlekessel mit automatischer Beschickung, die für die wirtschaftliche Umstellung auf Kohle Voraussetzung wären, sind einstweilen noch kaum verfügbar. Die künftige Preisentwicklung von Kohle und Öl wird die erforderlichen Investitionen allenfalls erst zu einem späteren Zeitpunkt rechtfertigen. Das Potential für die Substitution von Öl durch Kohle wäre in diesen Anlagen allerdings beträchtlich.

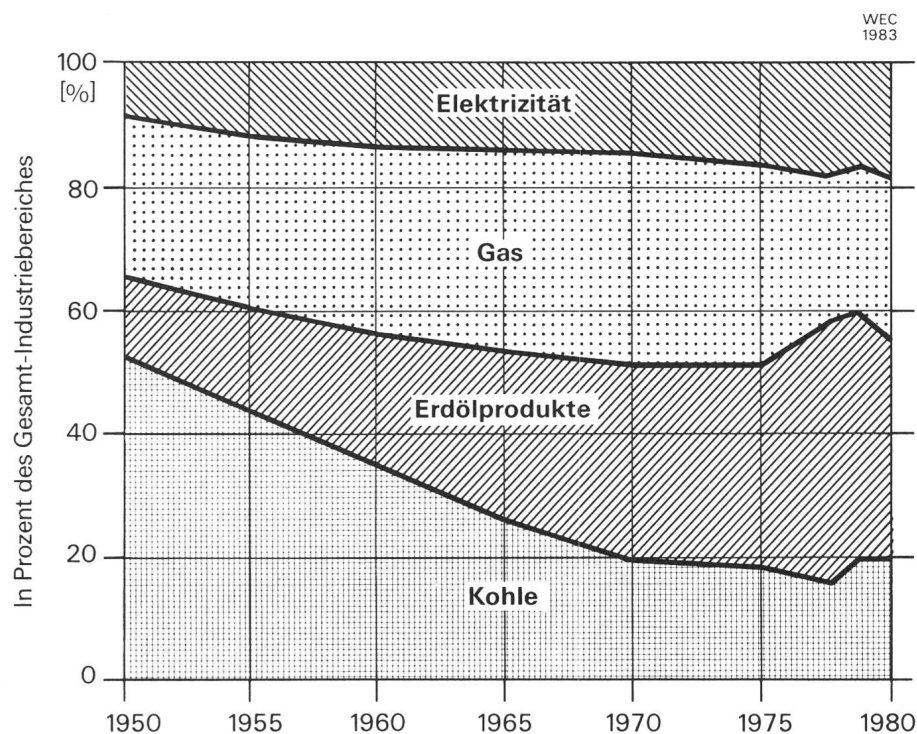


Fig. 2 Erdölsubstitution im Industriebereich in den OECD-Ländern

Bei kleineren Anlagen wird man, wo technisch möglich und kostenmässig vertretbar, auf Erdgas oder eventuell Flüssiggas umstellen. Der Wegfall der Lagerhaltungstanks und deren Unterhaltskosten sowie der kleinere Platzbedarf und die gegenüber Ölbrennern verbesserte Regulierbarkeit bei hohem Wirkungsgrad (über 100% des unteren Heizwerts bei Kondensation der Rauchgase) rechtfertigen den Erdgasbrenner sogar bei etwas höheren Energiekosten. In den Gebieten, wo eine Gasversorgung mit genügender Kapazität vorhanden ist oder mit vertretbaren Kosten ausgebaut werden kann, muss der Konsument durch den Preisvorteil und die Sicherstellung der Versorgung für die Umstellung gewonnen werden.

Moderne, richtig ausgelegte ölgefeuerte Kessel mit tiefen Rauchgas-temperaturen und entsprechendem Kamin erlauben oftmals Brennstoffverbrauchsreduktionen von 30–40% gegenüber älteren Anlagen. Obwohl es sich dabei nicht um eine eigentliche Substitution handelt, haben solche Einsparungen dieselbe Wirkung bezüglich Marktentlastung.

Wärmepumpen sind infolge der variablen Leistungsanforderung für die Hausheizung kaum wirtschaftlich, da die höheren Amortisations- und Unterhaltskosten der Anlage die Betriebskosteneinsparungen nahezu ausgleichen. Bei nicht überzeugendem Kostenvorteil fehlt der Anreiz zur Ölsubstitution.

Dort, wo die entsprechende Anschlussleistung verfügbar und das Elektrizitätswerk bereit und in der Lage ist, in Schwachlastzeiten (Nacht) den Niedertarif zu gewähren, sind Speicherheizungen eine interessante Lösung. Hier wird die Hochwertigkeit der elektrischen Energie, hohe Temperaturen zu erzeugen, ebenfalls ausgenutzt. Die Stromlieferung in der Nacht ist innerhalb verfügbarer Kapazitäten im Interesse der Elektrizitätswerke.

## Ölsubstitution bei Gebäuden mit Fernwärmeversorgung

Ein wichtiger Aspekt der Ölsubstitution ist die Ausnutzung der Abwärme von thermischen Kraftwerken zu Heizzwecken. Vorschläge für solche Projekte gehen oftmals von der falschen Voraussetzung aus, dass die Abwärme von fossilgefeuerten Kraftwerken und Kernkraftwerken gratis sei.

Dies ist wohl richtig an der Quelle, wenn die Wärme in der anfallenden Form genützt werden kann, wie z.B. für die Heizung anliegender Treibhäuser, Schwimmbäder und Häuser mit Niedertemperaturheizungen. Dieser Bedarf ist aber verglichen mit der verfügbaren Niedertemperaturwärme unbedeutend. So werden Verteilsysteme über grössere Distanzen erforderlich. Der Niedertemperatur-Einweg-Warmwassertransport («kalte Fernwärme») ist aufwendig und erfordert beim Verbraucher teure Wärmepumpeninstallationen, eventuell mit Zusatzfeuerung oder elektrisch beheiztem Speicher. Bei realistischer wirtschaftlicher Analyse bietet dieses System gegenüber der direkten, optimierten Öl- oder Gasheizung keinen Kostenvorteil.

Die «heisse Fernwärme» ergibt unter Umständen eine Reduktion der Stromproduktion zu einer Zeit, wo der Strombedarf am grössten ist, erfordert jedoch keine Temperaturerhebung beim Verbraucher. Die Kosten der Stromminderproduktion müssen durch den Wärmeverkauf kompensiert werden. Im Falle dezentralisierter Heizkraftwerke, die aber einstweilen nur fossil gefeuert werden können, sind die Voraussetzungen etwas günstiger, einerseits wegen der höheren Turbineneintrittstemperaturen und andererseits wegen der kleineren, weniger weit reichenden Wärmeverteilnetze.

## Ölsubstitution im Verkehrswesen

Heute werden in der Schweiz etwa 33% des importierten Erdöls im Strassenverkehr verbraucht, im OECD-Mittel sind es 30%. Der Anteil des gesamten Transports ist sogar noch höher und in den letzten Jahren deutlich gestiegen (Tab. II). Der Verbrauch der Personenwagen kann durch bessere Motoren geringerer Leistung bei opti-

maler Fahrzeugauslegung ohne Einbusse an Mobilität um 25–35% gesenkt werden. Die vorgeschriebenen zulässigen Emissionswerte werden die Fahrzeuge mit geringem Verbrauch in dem Sinne begünstigen, dass die Werte mit kleinerem Zusatzaufwand erreicht werden. Die zurzeit laufenden Entwicklungen in dieser Richtung sind erfolgversprechend.

Bei den Lastwagen mit Dieselmotoren besteht kaum eine Möglichkeit zur Verbrauchsverbesserung, da diese Motoren bereits hohe Wirkungsgrade aufweisen. Der gesamte Verbrauch von Dieselöl beträgt aber nur ein Viertel des Benzinverbrauchs. Eine Zunahme des Dieselanteils durch eine Zunahme der PW-Diesel ist bei der derzeitigen Preisstruktur nicht zu erwarten.

Als Substitution bei Benzin- und Dieselmotoren bietet das Flüssiggas wirtschaftlich günstige Voraussetzungen. Die erforderlichen Anpassungen der Motoren lohnen sich vor allem bei Fahrzeugen mit hoher Ausnutzung, wie Taxis und Autobussen. Solange noch kein Verteilsystem für Flüssiggas besteht, können Fahrzeuge, die im beschränkten Umkreis ihrer Basis eingesetzt werden, das Gas aus lokalen Tankstellen beziehen. Daraus dürften sich gesamthaft aber wohl kaum mehr als 10% des derzeitigen Verbrauchs von Treibstoffen auf Erdölbasis mit Flüssiggas substituieren lassen.

Der Flugverkehr benötigt weltweit heute 4% des Ölkonzums oder 10% des Verbrauchs für Verkehr (Tab. III). Eine Verbrauchsverminderung kann hier einstweilen nur durch Triebwerkverbesserungen herbeigeführt werden. Die potentiellen Verbesserungen für die heute im Verkehr stehende Flotte liegen bei 5–10%.

Der für den Seetransport erforderliche Ölbedarf ist weltweit gleich wie der Bedarf an Flugpetrol. Bei den Schiffsdieselmotoren, deren Brennstoffbedarf einen hohen Anteil der Betriebskosten ausmacht, sind in den letzten Jahren bedeutende Verbrauchsreduktionen erzielt worden (15–20%). Dabei ist die Anforderung an die Brennstoffqualität am geringsten. Vor Jahresfrist ist erstmals bei Dieselmotoren die 50%-Wirkungsgradgrenze überschritten worden. Die Ölsubstitution im Betrieb von Hochseefrachtern betrifft die Schweiz nur deshalb, weil die Maschinenindustrie mit ihren Lizenznehmern am internationalen Geschehen auf diesem Sektor durch den Entwicklungsbeitrag ölsparender Motoren teilnimmt.

*Entwicklung der Aufteilung des Erdölverbrauchs auf die einzelnen Verbraucherkategorien in den OECD-Ländern (1973–1980)*

Tabelle II

	1973	1980
Transporte	0,37	0,43
Haushalte und Dienstleistungen	0,21	0,20
Industrie	0,30	0,26
Stromerzeugung	0,12	0,11

Quelle: OECD

WEC 1983

Energieträger			Verbrauchsanteile		
Jahresverbrauch			Jahresverbrauch		
Kraftstoff	in Mio TOE	%	Sektor	in Mio TOE	%
Flüssiggas (LPG)	6 500	0,5	Strassentransporte	776 500	73
Benzine	587 800	55	Schiene	40 500	4
Flugtreibstoffe	90 300	9	Wasserstrassen	28 700	3
Gasöl/Diesel	256 300	24	Meerestransporte	108 800	10
Heizöl	105 000	10	Flugtransporte	106 500	10
Total					
Erdölprodukte	1 045 900	98,5			
Kohle	9 800	1			
Elektrizität	5 300	0,5			
Total	1 061 000	100	Total	1 061 000	100

TOE = Tonnen Erdöläquivalent

Quelle: Shell WEC 1983

### Allgemeine Betrachtungen über die Ölsubstitution

Im Hinblick auf die Kohle zur Ölsubstitution sind einige der in Neu-Delhi diskutierten Fakten von Interesse.

Die Möglichkeit der Kohlequalitätsverbesserung durch «Waschen» der gemahlene Kohle ist beachtlich bezüglich Reduktion der Asche und des Schwefels.

Bei der zunehmenden Bedeutung

der Verwendung des Wassers als Träger beim Transport der Kohle durch Fernrohrleitungen ist dieser Effekt gewissermassen als Nebenwirkung erzielbar. Das Wasser muss verfügbar sein, und der Aufwand für seine Nachbehandlung zur Erfüllung der Umweltanforderungen ist beträchtlich. Chemische Verfahren zur Elimination des Schwefels und der Asche sind bezüglich Anlageaufwand und Energiekosten nicht weniger anspruchsvoll. Der durch Hydrierung gewonnene flüssige Brennstoff ist teuer und für Dieselmotoren schlecht geeignet. In verschiedenen Diskussionen wurden die Vorteile der möglichst direkten Verwendung der verfügbaren Energieträger hervorgehoben. So sollen die flüssigen Treibstoffe im wesentlichen dem Transportwesen zur Verfügung stehen. Erdgas und Kohle eignen sich für die Heizung und die Wärmekraftkopplung, während die Kernenergie neben der Stromerzeugung vermehrt zur Wärmeerzeugung herangezogen werden sollte.

## 4. Rationellere Energieverwendung

Jürg R. Bienz

Das weltweite Problem der Begrenztheit unserer Energie-Ressourcen kann mindestens zu einem guten Teil durch eine bewusste Politik der «Energy Conservation» entschärft werden. An der Weltenergiekonferenz wurden insbesondere der Energiebedarf in Wohn- und Bürogebäuden sowie in der Industrie diskutiert.

Le problème mondial que constitue le caractère limité de nos ressources énergétiques peut être au moins atténué en grande partie par une politique lucide d'«Energy Conservation». A la Conférence mondiale de l'énergie, les besoins en énergie des bureaux et des immeubles d'habitation ainsi que de l'industrie ont été particulièrement discutés.

Jürg R. Bienz, Direktor der Gebrüder Sulzer AG, Winterthur

### Einleitung

Der Begriff der «Energy Conservation» bzw. der rationelleren Energieverwendung umfasst folgende Haupttätigkeiten:

- Sparen, d.h. sparsamer Umgang mit Energie beim Konsumenten
- Verbesserung der Technik, d.h. Wirkungsgradverbesserung auf allen Stufen der Umwandlung und Verteilung von der Erzeugungsanlage bis hin zum Verbrauchsgert
- Nutzung von sog. Verlustenergien
- Substitution hin zu den gesamtwirtschaftlich zweckmässigsten Primär-energien

Ins Gewicht fallende Resultate sind nur zu erwarten, wenn es gelingt, diese Politik in den Hauptverbrauchssektoren durchzusetzen.

### Industrie

In der Industrie sind deutlich zwei Programmstufen der rationelleren Energieverwendung zu beobachten. Die erste Stufe ist die Einführung eines *Energie-Managements* in den Betrieben, das unter anderem folgende Aktivitäten umfasst:

- Bezeichnung von Energie-Verantwortlichen,
- Motivations- und Sparappelle,
- Prozess-Ablaufverbesserungen,
- Isolationen, Abdichtungen,
- Abwärmeverwertung,
- einfache Substitutionsmassnahmen, verbesserte Mess- und Regeleinrichtungen.

Dieser Programmteil kann ohne wesentliche Investitionen durchgeführt werden und wirkt sich auch sofort po-