

B
1993 724.316 d

Energie - ihre Bedeutung für die Wirtschaft



Schriftenreihe
RAVEL
INDUSTRIE

Bundesamt für Konjunkturfragen

Zusammenfassung

Die Bedeutung der Energie für die Wirtschaft ist hier für die Praxis beschrieben. Angesprochen sind Werks- und Betriebsleiter, Unterhaltsschefs, Energiebeauftragte, kaufmännische Kader und andere Mitarbeiter von industriellen und gewerblichen Betrieben. Die wirtschaftliche Bedeutung der Energie zeigt sich auf den Ebenen der Betriebe, der Branchen und der gesamten Volkswirtschaft. Der vielverwendete Begriff "Energiesparpotential" wird ausführlich diskutiert. Statistische Untersuchungen zeigen einen klaren Zusammenhang zwischen Energieeinsatz und Wirtschaftswachstum. Fazit: rationeller Energieeinsatz lohnt sich in mehrfacher Hinsicht.

Impressum

Diese Broschüre erscheint in der Schriftenreihe **RAVEL-Industrie**.

Herausgeber

Bundesamt für Konjunkturfragen, Belpstrasse 53, 3003 Bern

Geschäftsstelle

RAVEL c/o Amstein+Walthert AG, Leutschenbachstrasse 45, 8050 Zürich
Ressortleiter: Prof. Daniel Spreng, ETH Zentrum, ETL, 8092 Zürich

Autoren

Daniel Spreng, ETH-Zentrum, ETL, 8092 Zürich
Jürg Schwarz, ETH Zentrum, ETL, 8092 Zürich

Redaktion: Christian Bachmann, 8001 Zürich

Gestaltung und Satz: pcb Pressebüro, Grossmünsterplatz 6, 8001 Zürich

Druck und Vertrieb:

Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), 3000 Bern

Copyright: Bundesamt für Konjunkturfragen, 3003 Bern, September 1993

Auszugsweiser Nachdruck unter Quellenangabe erlaubt.

Bestellnummer: 724.316 d

ISBN 3-905233-18-5

Form. 724.316 d 9 93 2000 U 13739

Inhalt

Starke Argumente für die betriebliche Praxis	2
1 Energie rationell einsetzen - ein lohnendes Geschäft	4
1.1 Wirtschaftliche Gründe	4
1.2 Technische Mittel	6
1.3 Energiemanagement	9
1.4 Unternehmenskultur	12
1.5 Energiesparziele und Unternehmensleitbild	13
2 “Energiesparpotential” - was ist das?	15
2.1 Definitionen	15
2.2 Kurzfristig realisierbare Sparpotentiale	18
2.3 Langfristig realisierbare Sparpotentiale	21
3 Energie und Wirtschaft	24
3.1 Grundfunktionen der Energie	24
3.2 Geschichtliche Dimension	32
3.3 Energiestatistik	37
3.4 Wechselwirkungen von Energie und Wirtschaft	44
Referenzen	54
Weiterführende Information	55

Starke Argumente für die betriebliche Praxis

Energie ist ein wertvolles Gut. Viel hängt von ihr ab: wirtschaftlicher Erfolg, menschliche Gesundheit, Wohlstand. Auf der anderen Seite der Bilanz stehen die ökologischen Werte. Massloser Energiekonsum zerstört die Umwelt, in und von der wir Menschen leben und wirtschaften. Die Zusammenhänge sind komplex. Aber in allen spielt Energie eine Hauptrolle.

Umwelt und Wirtschaft

Natürliche Umwelt und menschliche Wirtschaft sind zwei Gebiete, die sehr viel gemeinsam haben. Fazit: Mit Energie rationell umgehen ist gut für die Umwelt und für die Wirtschaft.

Zusammenhänge

Diese Zusammenhänge sind hier für Kader und Mitarbeiter von industriellen und gewerblichen Betrieben zusammengestellt. Sie finden eine Fülle von Fakten, die in der Routine der Arbeitsabläufe normalerweise zu kurz kommen. Diese Fakten liefern starke Argumente dafür, dass Anstrengungen zum rationellen Energieeinsatz sich in mancherlei Hinsicht auszahlen:

Argumente

- * Neben eingekaufter Energie werden auch Kosten für die Energiebereitstellung eingespart.
- * Hoher Stand der Energieanwendungstechnik fördert den technischen Stand des ganzen Betriebes.
- * Modernes Energiemanagement verbessert auch Produktionsabläufe, was zu besseren Produkten führt.
- * Rationeller Energieeinsatz erleichtert den Mitarbeitern, sich mit dem Betrieb zu identifizieren.
- * Da Energie künftig teurer und knapper werden wird, ist rationelle Verwendung eine gute Vorsorge.
- * Energiesparen schützt die Umwelt.
- * Rationelle Verwendung von Energie hilft, die schweizerische Volkswirtschaft konkurrenzfähig zu erhalten.

Energiesparpotential

Auf politischer Ebene ist viel vom "Energiesparpotential" die Rede. Was mit diesem vielschichtigen Begriff gemeint ist, definiert und beschreibt das zweite Kapitel dieser Publikation.

Wirtschaft

Abschliessend geht es um den Zusammenhang zwischen Energie und Wirtschaft. Ausgehend von den Grundfunktionen der Energie, wie sie die Geschichte der menschlichen Kultur von Anbeginn prägte, kommen Energiestatistik und -bilanzen ins Spiel. Hier

geht es um die verschiedenen Energieformen und ihre klare Energieformen Unterscheidung: technische und nichttechnische Energie, verschiedene Stufen der Energiebereitstellung und -umwandlung, graue Energie, Primär- und Endenergie. Als besonders interessant erweist sich der Zusammenhang zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und Energieverbrauch. Für die künftige Entwicklung sind verschiedene Szenarien denkbar.

Was ist zu tun, um Energie besser, das heisst rationeller einzusetzen?

Oft geht es dabei nicht nur um technische Fragen, sondern um strategische Entscheidungen. Diese erfordern persönliches, oft auch finanzielles Engagement. Für oder gegen solche Entscheidungen gilt es die besten Argumente zu finden. Bei dieser Argumentation geht es unter anderem darum, die umfassende Sicht, Funktion des Energieeinsatzes und den Stellenwert der rationellen Verwendung von Energie nicht aus den Augen zu verlieren. Dies im Rahmen des Betriebes ebenso wie in der Volkswirtschaft. Wer sich täglich mit Energie befasst - vielleicht ohne sich dessen bewusst zu sein - kann davon nur profitieren, die Bedeutung seiner Tätigkeit auch in einem grösseren Zusammenhang zu sehen. Die umfassende Sicht soll dazu beitragen, Energie auf allen Stufen rationeller einsetzen zu können.

1. Energie rationell einsetzen - ein lohnendes Geschäft

Rationeller Umgang mit Energie ist auch eine Managementaufgabe, nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Gründen. Der wirtschaftliche Aspekt ist aus betrieblicher Sicht natürlich der wichtigste, wenn auch heute vielen Unternehmern klargeworden ist, dass eine gesunde Wirtschaft nur in einer gesunden Umwelt gedeihen kann.

schlanke Produktion

In der Praxis besonders aktuell sind zur Zeit die Möglichkeiten, Produktionsprozesse "schlanker" und dadurch wirtschaftlicher zu gestalten. Oft genügt dazu schon eine besser angepasste Organisation. Auf der Habenseite sind nicht nur geringere Produktionskosten und höhere Unternehmensgewinne, sondern auch bessere Produkte zu verbuchen. Dies wiederum verbessert die Chancen auf dem Markt, was Umsätze und Produktion ankurbelt.

Investitionen

Viele Energiesparmassnahmen sparen sogar ohne grössere Investitionen Kosten. Andererseits geben gerade Investitionen der Wirtschaft in der Rezession wertvolle Impulse.

Energiemanagement

Ein gut funktionierendes Energiemanagement unterstützt ganz allgemein den Informationsfluss innerhalb des Betriebes. Es trägt damit zu dessen Konkurrenzfähigkeit bei. Rationelle Verwendung von Energie wird so zum Sinnbild für eine neue, auf vernetztem Denken beruhende Unternehmenskultur.

1.1 Wirtschaftliche Gründe

Motivation

Die Motivation, Energie rationeller einzusetzen, ist für einen Betrieb zuerst einmal wirtschaftlicher Natur. Daneben können auch ideelle Gründe oder ein positives Image in der Öffentlichkeit eine wichtige Rolle spielen.

Verwirklichung

Alle Energiesparmassnahmen, die wirtschaftlich sind, müssten eigentlich verwirklicht werden, und zwar in grossem Stil in zahlreichen Betrieben der Schweiz. In Wirklichkeit gibt es wohl keinen Betrieb, der alle wirtschaftlichen Energiesparmassnahmen tatsächlich anwendet.

Bekanntheitsgrad

Dies liegt unter anderem daran, dass die Sparmöglichkeiten und ihr Ausmass noch zuwenig bekannt sind: Energiekosteneinsparungen von 10 % und mehr ohne namhafte Investitionen, allein mit verbesserter Energiebewirtschaftung, sind nicht selten. In der energieintensiven Grundstoffindustrie mit über 10 % Energieanteil an den Produktionskosten kann 1 % Einsparung einen sehr hohen Geldbetrag ausmachen.

wahres Potential

Bei weniger energieintensiven Prozessen sind mögliche Energieeinsparungen oft grösser, als auf den ersten Blick zu vermuten ist. Erst die Probe aufs Exempel lässt dann das wahre Potential erkennen. Zudem handelt es sich um unproblematische Einsparungen ohne Folgekosten, ja sehr oft mit Zusatzgewinn.

Nettogewinn

Die Bedeutung der Energie für die Wirtschaft zeigt sich auch darin, dass eingesparte Energiekosten sich netto direkt zum Gewinn addieren. Demgegenüber ist bei Investitionen zur Produktivitätssteigerung die erhöhte Produktion auch noch zu lagern, zu vermarkten und verkaufen, und die erhöhte Produktion erfordert allenfalls zusätzlichen Aufwand für Umweltschutz. Der Nettogewinn ist hier also deutlich kleiner.

wahre Kosten

Bei Energieeinsparungen ist zu beachten, dass die wahren Kosten der für die verschiedenen Anwendungen bereitgestellten Energie oft wesentlich höher sind als die reinen Einkaufskosten.

ganzheitliche Betrachtung

Wirtschaftlichkeit ist gesamtheitlich zu betrachten. Viele wichtige Faktoren sind monetär nicht einfach messbar, müssen aber in den Entscheidungsprozess mit einfließen:

- * Versorgungs- und Betriebssicherheit
- * Umweltrisiken und Umwelteinflüsse
- * Soziale Gesichtspunkte
- * Benutzer-/Bedienerfreundlichkeit
- * Imagepflege
- * Wettbewerbsvorteile mit energiesparenden Produkten

weiterführende Literatur

Die rein wirtschaftlichen Bewertungsverfahren (Investitionsrechnung, Wirtschaftlichkeitsrechnung), wie sie beim unternehmerischen Entscheidungsprozess meist im Vordergrund stehen, sind im RAVEL-Industrie-Handbuch [1] und ausführlich in der RAVEL-Publikation "Methoden der Wirtschaftlichkeitsanalyse von Energiesystemen" [2] beschrieben.

1.2 Technische Mittel

Stand der Technik

Rationeller Umgang mit Energie ist ein Ziel, das unter anderem technische Mittel erfordert. Dabei lässt sich ein grundlegender Zusammenhang beobachten: Höherentwickelte technische Einrichtungen verbrauchen in der Regel weniger Energie für bestimmte Prozesse, als Einrichtungen der vorhergehenden Generation für dieselben Prozesse benötigten. Rationeller Energieeinsatz wird so zu einem recht guten Mass für den Stand der Technik.

Energiespartechiken

RAVEL-Impulsprogramm

Rationelle Verwendung von Energie ist traditionellerweise eine Herausforderung für Techniker und Ingenieure. Sie suchen nach technischen Mitteln, Energie zu sparen, indem sie zum Beispiel drehzahlregulierte Antriebe, energieeffiziente Beleuchtung, Wärmerückgewinnungsanlagen und ähnliche Einrichtungen einbauen, wo immer dies möglich und wirtschaftlich ist. Zu all diesen Themen führt das Impulsprogramm RAVEL Kurse durch und publiziert Unterlagen³. Technische Rationalisierungen in der Anwendung von Energie sind immer zu empfehlen. Besonders günstig ist jedoch der Zeitpunkt, wenn neue Anlagen geplant sind. Verschiedene Betriebe lassen eine Stabsstelle überprüfen, wie sich geplante Neuanschaffungen energetisch auswirken werden, und haben damit gute Erfahrungen gemacht.

technische Massnahmen

Technische Massnahmen sind vor allem dann angebracht, wenn Betriebsführungsie in die technische, organisatorische und betriebsklimatische Umgebung passen. Doch sollte sich rationelle Energienutzung nicht auf technische Massnahmen beschränken. Sie lässt sich auch ohne Investitionen vorantreiben. Der notwendige Energieeinsatz ist neben den anlagentechnischen Aspekten stark von der Betriebsführung abhängig (siehe Fig. 4, Seite 19). Dabei geht es einerseits um Anstrengungen, die in erster Linie Energie sparen, andererseits um allgemeine betriebliche Optimierungen.

Optimierungen

Direkte Energieeinsparungen lassen sich erzielen, indem man beispielsweise Temperaturen und Drücke auf das erforderliche Niveau absenkt, nicht gebrauchte Anlagen abschaltet und für jede Anwendung die energetisch günstigste Maschine auswählt. Optimierungen, die primär andere Ziele verfolgen, sind ebenso wichtig. Kurze Stillstandzeiten, wenig Ausschuss in der Produktion, gut aufeinander abgestimmte Kapazitäten, optimale Prozesstechnik und Infrastruktur tragen alle zum rationellen Energieeinsatz bei. Sowohl für die rein technischen als auch für die betrieblichen Optimierungen sind die neuen Informationstechniken ausserordentlich wichtig.

Die Rolle der Neuen Informationstechniken

Einsatz von NIT

Der Begriff "Neue Informationstechniken"(NIT)bezieht sich auf Hard- und Software. Auf der Hardwareseite umfasst er sämtliche

Anlagen, die Informationen erfassen, speichern, verarbeiten und ausgeben, das heisst Anlagen der elektronischen Datenverarbeitung (EDV), der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR) sowie der Nachrichtentechnik. Entscheidend für den Einsatz der verschiedenen Techniken ist vor allem die Software. Ihre Weiterentwicklung sorgt dafür, dass die neuen Informationstechniken sich immer mehr verbreiten und immer anwenderfreundlicher werden.

Der Zustand, in dem sich ein Betrieb technisch befindet, ist heute auch stark durch den Einsatz der neuen Informationstechniken, NIT, bestimmt. In vielen Prozessapparaturen sind NIT unabdingbare, zentrale Elemente:

- * Prozesse und Funktionen sind für intelligentes Messen, Steuern und Regeln mit NIT bestückt.
- * Daten werden mittels NIT erfasst und verarbeitet.
- * Teile des Betriebs sind durch NIT zu einem Ganzen integriert.

Für den Energieverbrauch eines Betriebes ist entscheidend, ob und wie NIT eingesetzt werden. Umgekehrt fördern NIT, für rationelle Verwendung der Energie eingesetzt, das Know-how und den Stand der Technik des ganzen Betriebs.

Energetische Auswirkungen der NIT

Auf der Ebene der Anlagen und Geräte brauchen die neuen Informationstechniken Elektrizität (EDV, Telekommunikation, Roboter). Andererseits helfen NIT mittels Mess-, Steuer- und Regeltechnik Energie inklusive Elektrizität rationeller einzusetzen. Ausserdem machen NIT viele Prozesse schneller und genauer, besser zu überwachen und zu koordinieren. Dies reduziert nebenher meist auch den spezifischen Energie- und/oder Elektrizitätsbedarf.

Die neuen Informationstechniken sind erst seit wenigen Jahren als energierelevante Stromverbraucher identifiziert.⁴ Rationeller Energieeinsatz wird nun auch in der Informationstechnik und in der Unterhaltungselektronik gefordert.⁵ In einigen Dienstleistungsbranchen beachtet man den Energieverbrauch von Computern, Kommunikationsmitteln und elektronischen Bürogeräten mittlerweile professionell. Das Impulsprogramm RAVEL schuf dazu eine ganze Palette von Hilfen. [6]

Industriebetriebe setzen neue Informationstechniken sowohl in der Produktion als auch für viele andere Zwecke ein. In der Produktion ist der Energieaufwand für die NIT meist zu vernachlässigen.

In der Industrie sind die Auswirkungen der NIT auf den Energieverbrauch gross. Schon einfach deshalb, weil die Einführung der NIT eine Revolution der industriellen Produktion bedeutet, und weil dadurch die industrielle Produktion von morgen ganz sicher anders aussehen wird.

Einsatz von NIT

NIT als zentrale Elemente

NIT und Energieverbrauch

NIT als Stromverbraucher

NIT in der Industrie

Energiebewirtschaftung und Energiesparmassnahmen mit Neuen Informationstechniken

Erfassung des Energieverbrauchs

NIT können dazu dienen, den Energieverbrauch besser zu erfassen und zu analysieren, und die erhaltenen Informationen besser zu verbreiten. Dies schafft Voraussetzungen, Energiesparmassnahmen zu planen und durchzuführen. Ausserdem motiviert es viele Mitarbeiter in Betrieben zu einem sparsamen Umgang mit Energie.

energieoptimaler Betrieb

In vielen Situationen lassen sich Mess-, Steuer- und Regeltechniken für einen energieoptimalen Betrieb einsetzen. Ein schönes Beispiel ist die Infrarotrocknung bei der Textilherstellung; sie erlaubt den Trocknungsprozess zu stoppen, sobald der Stoff noch den gewünschten kleinen Feuchtigkeitsgehalt hat, und nicht erst, nachdem der Stoff längst überhitzt und knitterdür ist.

Verbesserte Prozessführung durch NIT

Automation, Qualitätssicherung

Viele neue Informationstechniken dienen vor allem der Automation und der Qualitätssicherung. Auch Arbeitsvorbereitung und Lagerbewirtschaftung werden zunehmend computerisiert. Dies verändert laufend und einschneidend die gesamte Prozessführung. In vielen Branchen ist es ein wesentliches Ziel, mittels Computereinsatz die Zeit von der Bestellung bis zur Auslieferung zu verkürzen.

indirekte Effekte

Pro produziertem Produkt sind die Energieverbrauchsänderungen, die indirekt - sozusagen unbeabsichtigt - durch die veränderte Prozessführung entstehen, von der gleichen Grössenordnung wie allfällige direkte, durch mikroelektrische Steuer- und Regelungstechnik bedingte Energiespareffekte. Tabelle 1 zeigt die dank NIT möglichen Energiesparmassnahmen in der Textilindustrie (teilweise grobe Schätzungen), und zwar als Prozentsätze pro Anlage und als Anteil am gesamten Streckenzug von der Baumwolle bis zum gefärbten, bzw. bedruckten Stoff. Die Tabelle zeigt zusätzlich, welche Einsparungen sich auf den Stromverbrauch beziehen.

Beispiel Farbmatrik

Färben bei der Textilherstellung war bislang ein Vorgang, dessen Prozessführung viel "handwerkliches" Geschick verlangte. Die Erfahrung des Färbmeisters bestimmte, wieviel Färbvorgänge nötig waren, bis das Färbegut die richtige Farbe erreichte. Heute analysiert ein Farbmatrik-Computer die Farbe des gefärbten Stoffes und berechnet die genaue Zusammensetzung des Korrekturbades. So sind durchschnittlich nur etwa halb so viele Nachfärbegänge nötig als noch vor wenigen Jahren. Obwohl Ziel der Übung nicht die Energieeinsparung, sondern Produktivitätssteigerung war, ist heute - als Bonus - auch viel weniger Energie für diesen energieintensiven Prozess nötig.

Zum wichtigen Thema "Energie und Automation" ist eine umfangreiche RAVEL-Weiterbildungsdokumentation in Vorbereitung.

Energiesparmassnahme	Bezugsebene des Energieverbrauchs		
	A	B	C
Allgemeine Techniken:			
• Dampfregelung	-10 %	-5 %	—
• Drehzahlverstellung bei Drehstromantrieben	-15 %	-1 %	-2 %
Besondere Massnahmen:			
• Klima	-40 %	-2 %	-4 %
• Schichten	-10 %	-1 %	—
• Trocknen	-15 %	-4 %	—
• weitere	—	-2 %	-2 %
Minderverbrauch durch sämtliche technischen Mittel		-15 %	-8 %
Alle Massnahmen zusammen:			
• 2/3 der technischen Massnahmen unabhängig von nachfolgenden		-10 %	-5 %
• Energiemanagement		-5 %	-5 %
• Automation und Produktionsbeschleunigung		-10 %	-5 %
• Qualitätssicherung		-10 %	-5 %
Minderverbrauch insgesamt		-35 %	-20 %

Table 1 Auswirkungen der NIT-Anwendungen auf den Energieverbrauch in der Textilindustrie

Kolonne A bezieht sich auf den Energieverbrauch von einzelnen Anlagen.

Kolonne B bezieht sich auf den Gesamtenergieverbrauch des Betriebes.

Kolonne C bezieht sich auf die Elektrizität, gemessen am elektrischen Gesamtverbrauch.

Energiemanagement ist zum Teil Voraussetzung für Energiesparmassnahmen, führt aber ebenfalls zu rationellem Energieeinsatz.

Automation und Beschleunigung der Produktion erfordern beide für sich genommen Energie, senken aber trotzdem den spezifischen Energieverbrauch, da sie Innovationsschübe auslösen und die Produktion bei gleichbleibendem Energieverbrauch steigern. Einsparungen in der Spinnerei 20%, in anderen Bereichen ähnlich oder kleiner.⁷

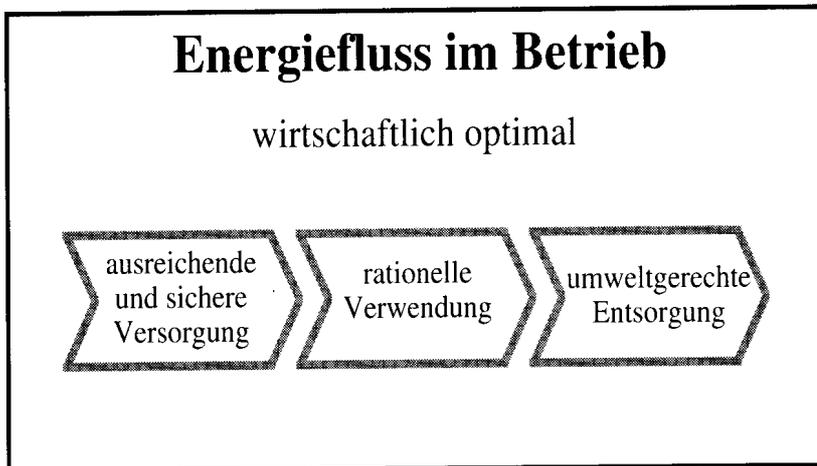
1.3 Energiemanagement

Alle Angehörigen eines Betriebes oder Unternehmens haben mit Einbettung von Energie zu tun, sei es nur beim Ein- und Ausschalten einer Lampe Energiebelangen an ihrem Arbeitsplatz. Aber nur an wenigen Arbeitsplätzen steht die Energie im Zentrum des Pflichtenheftes. Energiebewirtschaftung bettet Energiebelange zweckdienlich in die Betriebs- und Planungsabläufe ein. Es geht vor allem um die folgenden Fragen:

- * Wie können Energiekosten gesenkt werden? * Wer hat welchen Einfluss auf den Energie- und insbesondere auf den Elektrizitätsverbrauch?
- * Welche Art von Berichtswesen, welche Warn- und Steuersignale eignen sich für die energetische Optimierung des Betriebes?

- * Welche Mechanismen führen zu energieoptimalen Projekten?
- * Welche Kontrollinstrumente sind einzuführen?

Ziel der Energiebetriebswirtschaft ist eine ausreichende, sichere Versorgung, rationelle Verwendung und umweltgerechter Einsatz von Energie in einem wirtschaftlich optimalen Rahmen (Figur 1).



Figur 1 Stufen des Energieflusses im Betrieb

Verteilte Verantwortlichkeiten

Verantwortung für Energieverbrauch

Während Versorgung, innerbetriebliche Bereitstellung und oft auch umweltgerechte Entsorgung zum Aufgabenbereich von Energieverantwortlichen gehören, ist die Verantwortung für rationelle Verwendung im Prozess meist auf viele Mitarbeiter verteilt. Der Energieverbrauch hängt von Auftragslage, Auslastung, Betrieb und Wartung der Anlagen ab. Sind alte Anlagen zu ersetzen, ist entscheidend, ob sich die Entwickler von Neuanlagen um Energieverbräuche kümmern oder nicht.

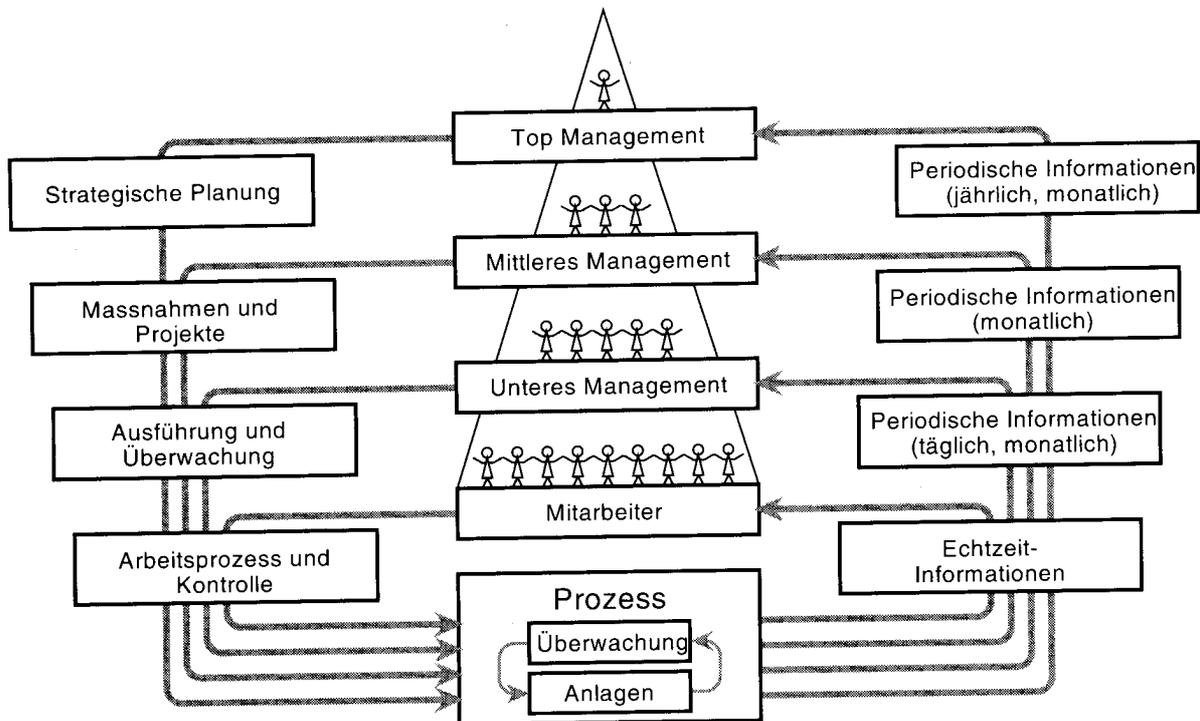
Informationsfluss entscheidend

Damit alle, die den Energieverbrauch mitbestimmen, sich ihrer Rolle bewusst sind, muss ein gut funktionierender Informationsfluss vorhanden sein. Nur so kann die verteilte Verantwortlichkeit wahrgenommen werden..

Netz unterstützt Informationsfluss

Regelschleifen

Optimal ist ein Informationsnetz aus verschiedenen Regelschleifen, das alle Mitarbeiter in die Energiebelange mit einbezieht. Im Zentrum dieser Energieinformationsschleifen stehen Menschen aller Stufen der betrieblichen Hierarchie. Auf diese Weise halten sie sich, je nach ihren Aufgaben, über den Produktionsprozess auf dem laufenden (Figur 2).



Figur 2 Informationsnetz eines Betriebes (nach M. Blanck, Holderbank)

Ein solches betriebliches Informationsnetz könnte wie folgt aussehen:

Energiespezifische Informationen, leichtverständlich, z.B. in Form von Symbolen dargestellt, halten die Mitarbeiter periodisch über die Energiesituation im Betrieb auf dem laufenden.

- * Der Vorarbeiter erfährt, wie gut seine Schicht energetisch und produktiv gearbeitet hat, wieviel Energie- und andere Kosten durch Unterbrüche usw. entstanden sind.
- * Die Wartungs- und Unterhaltsabteilung bekommt Meldungen, damit sie präventive Wartungsarbeiten besser planen kann. (Beispielsweise ist ein Wärmetauscher zu reinigen, weil sein Wirkungsgrad abgenommen hat, oder ein bestimmter Anlagenteil benötigt Schmierung, usw.)
- * Das mittlere Management wird mittels Energieindikatoren laufend über den Zustand der Produktion und über energie-relevante Parameter der verschiedenen Produkte informiert.

Die Führungsspitze weiss dank Energieberichten, wo massgebende Sparmöglichkeiten liegen und wo neue Investitionen zu tätigen sind.

Solcher Informationsfluss schafft deutlich bessere Voraussetzungen dafür, dass die Mitarbeiter ihre verteilte Verantwortung wahrnehmen. Für viele Betriebe mag das nach Zukunftsmusik klingen. Doch die rasanten Fortschritte der Informationstechniken in fast allen Wirtschaftsbereichen erfassen mit Sicherheit auch das Management, wie die Vergangenheit mehrfach zeigte (Tabelle 2).

Managementprinzip	Beispiel	"zugehörige" Technik
Vor und um 1900: Wissenschaftliche Theorie	"Principles of Scientific Management" (Taylor)	Elektrodynamik (Maxwell und andere)
1920: Individualisierung der Leistung	Einzelner ist für seine Arbeit verantwortlich	Fliessband Elektromotor
1970: Teamarbeit in Gruppen	Arbeitsinseln (z.B. bei Volvo)	Automation einzelner Prozesse, Roboter
1990: Vernetzung, mitgetragene Verantwortung im Betrieb	Qualitätszirkel Sicherheitsmanagement Energiemanagement	NIT Computer Integrated Manufacturing (CIM)

Tabelle 2 Historische Entwicklung verschiedener Managementprinzipien

Management

Teamarbeit, vernetztes Denken

Moderne Energiebewirtschaftung mit geteilter Verantwortung und massgeschneiderter Information fördert Teamarbeit und vernetztes Denken. Beides ist auch für andere Managementaufgaben entscheidend. Betriebe können am Beispiel der Energie - die ja im ganzen Betriebsablauf vorkommt - fach- und abteilungsübergreifend arbeiten lernen. Dies wird sie befähigen, auch Qualitäts- und Sicherheitsmanagement, Lagerhaltungsprobleme und andere Aufgaben auf ähnliche Weise zu lösen.

"Lernende Organisation"

Der Aufbau eines betriebsweiten Energiemanagements eignet sich ausgezeichnet dazu, eine "lernende Organisation" zu entwickeln. Fast alles, was die Energieproduktivität verbessert, wirkt immer auch positiv synergetisch auf Arbeits-, Kapital- und Materialproduktivität. Diese positiven Nebeneffekte entwickeln sich nicht selten zu Haupteffekten. Sie setzen somit eigenständige Verbesserungsprogramme in Gang.

1.4 Unternehmenskultur

Prinzipien tatsächlich gelebt?

Teamarbeit, vernetztes Denken und lernende Organisation gehören als moderne Managementprinzipien unbedingt zur Unternehmenskultur. Man hüte sich davor, sich mit diesen Begriffen bloss in Hochglanzprospekten zu schmücken. Mitarbeiter, Kunden, Lieferanten und Besucher spüren schnell, wie die tatsächlich gelebte Unternehmenskultur ist.

Identifikation der Mitarbeiter

Ein Schlüssel für eine gute Unternehmenskultur ist die Identifikation der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen mit dem Betrieb. Entscheidend ist unter anderem die Haltung des Betriebs gegenüber Fragen, die seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter privat und als Mitglieder unserer Gesellschaft bewegen. Themen wie Produktions-, Büro- und Produkte-Ökologie erhalten in diesem

Zusammenhang besonderes Gewicht. Sollten Mitarbeiter den Eindruck erhalten, ihr Betrieb respektiere die Werte nicht, die sie als Bürger hochschätzen, entstehen Spannungen. Diese beeinträchtigen die Beziehung zur Firma und damit auch zu den Kollegen, Mitarbeitern und Vorgesetzten.

Energiesparen ist ein zentrales politisches Anliegen, von allen Medien anerkannt: Radio, Fernsehen, Zeitungen und Zeitschriften berichten, mit Fakten belegt, über dieses Thema. Energiesparen kann den wirksamsten Beitrag zur Verminderung der CO₂ Emissionen liefern. Es verbindet als ideale Massnahme Ökologie mit Ökonomie und kann mithelfen, geopolitische Spannungen zwischen Ölförderländern und Ölverbraucherländern abzubauen.

Besondere Anstrengungen zur rationellen Verwendung von Energie können dazu beitragen, die politisch-gesellschaftlichen Anliegen im betrieblichen Alltag wirksam werden zu lassen. Das hilft nicht nur, Geld und Energie zu sparen, sondern gibt darüber hinaus auch einen Anstoss zur Entwicklung der Fähigkeit zur Zusammenarbeit und zur Entwicklung der Unternehmenskultur.

1.5 Energieziele und Unternehmensleitbild

Was bedeutet Management durch Zielvorgaben (Management by Objectives) im Energiebereich? Hat Energiemanagement nicht vielmehr eine dienende Funktion? Man denke zum Beispiel an die Versorgung des Betriebes mit Energie, an Bereitstellung von Energie für die verschiedenen Anlagen, an Bemühungen um rationellen Energieeinsatz ganz allgemein.

Trotzdem hat das "Management by Objectives" seine Berechtigung. Allerdings werden nicht alle Betriebe die gleichen Lösungen suchen und finden. In Betrieben mit ungefähr gleichbleibender Produktpalette, aber stark schwankender Produktion könnten Zielvorgaben für den Energiekostenanteil an den gesamten Produktionskosten, allenfalls in Abhängigkeit der Auslastung, sinnvoll sein. Wo aber ein Prozess den Energieverbrauch dominiert, verhelfen vielleicht Ziele, die sich auf diesen Prozess beziehen, dem Energiemanagement zu seiner Durchsetzungskraft. In der Schrift "Analyse des Energieverbrauchs" [8] wird eine grosse Auswahl von Kennzahlen diskutiert, mit denen sich Energiesparziele formulieren lassen.

Energie rationell einsetzen

Spannungen

Stellenwert des rationellen Einsatzes von Energie

bessere Zusammenarbeit

Management by Objectives

Zielvorgaben

Ziele

Quantitative Ziele lassen sich absolut oder relativ vorgeben - quantitative Ziele absolut als Energieverbrauch pro Betrieb und Jahr oder relativ pro produzierte Menge oder bezogen auf den Umsatz. Beide Vorgabearten haben Vor- und Nachteile. Aus ökologischer Sicht drän-

absolute Ziele

gen sich eher absolute Zielvorgaben auf: Ist etwa die Regenerationsfähigkeit der Umwelt schon örtlich strapaziert, nützen bessere spezifische Emissionswerte wenig, wenn bei steigender Produktion die Menge der Emissionen zunimmt.

dauerhafte Entwicklung

Auch für eine dauerhafte Entwicklung im Energieverbrauch sind absolute Ziele sinnvoller. Je mehr Menschen es auf der Welt gibt, die immer näher zusammenrücken müssen, desto wichtiger werden absolute Mengenziele.

Teamarbeit

Energiesparziele festzulegen ist keine einfache Sache. Der Prozess der Zielsetzung könnte selbst so gestaltet werden, dass er zur Entwicklung der Unternehmenskultur beiträgt: Teamarbeit, verteilte Verantwortung, abteilungs- und fachübergreifende Arbeit sind Stichworte dazu.

Leitbild

Energie-Richtlinien

In der "Verfassung" eines Unternehmens, dem Unternehmensleitbild, dürfen Aussagen über Energie nicht fehlen. Nicht in Form von Energiesparzielen, sondern als Richtlinien, wie Mitarbeiter mit der Spannung zwischen gesellschaftlich Wünschbarem und betrieblich Möglichem umgehen können.

verteilte Verantwortlichkeiten

Ein Energieleitbild ist besonders angebracht, wenn Verantwortlichkeiten im Energiemanagement zu verteilen sind. Verteilte Verantwortlichkeiten funktionieren nicht dank Pflichtenheften und Protokollen, auch nicht dank einem Leitbild. Doch gerade ein Leitbild ermuntert, regt an und verpflichtet die Mitarbeiter, sich darüber Gedanken zu machen, wie sich der Energieverbrauch auf ihre Tätigkeit auswirkt. So werden sie eher bereit sein, energiesparende Massnahmen mitzutragen.

Selbstverständlich ist gelebte Unternehmenskultur viel wichtiger als schöne Worte auf einem Papier. Doch kann die Formulierung von wenigen, durchdachten Sätzen ein erster, entscheidender Schritt zur Entwicklung der angestrebten Unternehmenskultur sein.

2. “Energiesparpotential” - was ist das?

Energiesparpotential ist ein oft gebrauchter, aber vielschichtiger Begriff. In Diskussionen kann er leicht zu Missverständnissen führen. Das vorliegende Kapitel klärt die Definition. Schwierigkeiten, die Potentiale effektiv zu bestimmen, legen nahe, mit dem Begriff vorsichtig umzugehen. In vielen Zusammenhängen ist es sinnvoller, von Sparmöglichkeiten zu sprechen. Dieser Begriff ist weniger abgenutzt und, weil auf die Ebene der Geräte und Anlagen beschränkt, auch leichter zu definieren.

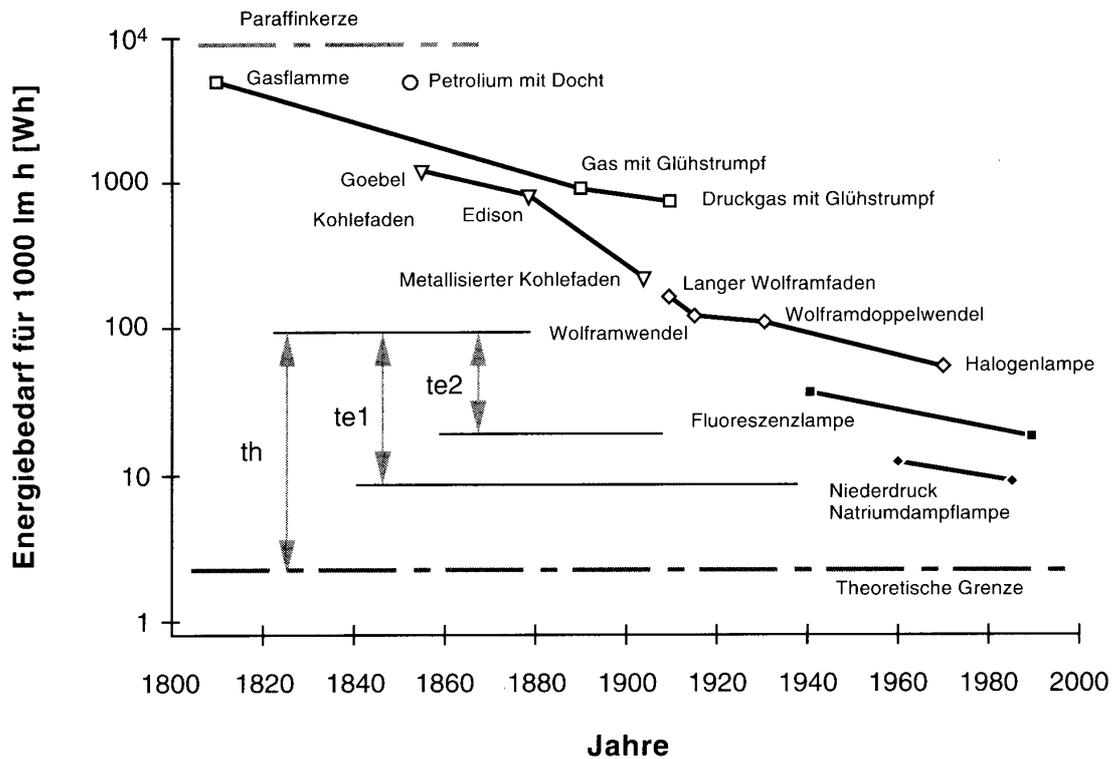
2.1 Definitionen

Bei der Definition von Sparpotentialen ist in erster Linie zu unterscheiden, welche Rahmenbedingungen die Grenzen des Machbaren markieren (Tabelle 3).

Art des Sparpotentials	Definition: Summe der ...
Theoretisches Sparpotential	... naturwissenschaftlich begründeten Möglichkeiten zur Energieeinsparung.
Technisches Sparpotential	... durch den aktuellen Stand der Technik gegebenen möglichen Massnahmen.
Wirtschaftliches Sparpotential	... Energiesparprojekte mit günstigem Kosten-Nutzen-Verhältnis

Tabelle 3 Definitionen von Sparpotentialen

Als Beispiel soll der Energiebedarf zur Erzeugung einer bestimmten Lichtmenge, z.B. 1000 Lumen (lm), während einer Stunde (h) betrachtet werden (Figur 3).



Figur 3 Energiebedarf für 1000 lm h Lichtmenge in Abhängigkeit der verwendeten Technik

Theoretisches Sparpotential

Das theoretische Sparpotential (th) ist die Differenz zwischen dem Energiebedarf der zur Zeit verwendeten Lampe, beispielsweise einer normalen Glühlampe (Wolframwendel), und dem theoretisch minimalen Energiebedarf. Dieser ist dann gegeben, wenn sich die hineingesteckte Energie völlig, ohne jede Abwärme, in Licht umwandelt.

(Beispiele: siehe Fig. 3)

Technisches Sparpotential

Charakteristiken

Das technische Sparpotential ist nicht mehr so eindeutig definiert. Es hängt beispielsweise davon ab, ob Lichtfarbe, Einschaltvorgang und andere technische Charakteristiken ganz genau gleich sein müssen oder nicht. Je nachdem ergeben sich grössere oder kleinere technische Sparpotentiale (te_1 , te_2).

Wirtschaftliches Sparpotential

Kosten-Nutzen-Analyse

Zur Bestimmung des wirtschaftlichen Sparpotentials sind die Varianten (te_1 , te_2) einer Kosten-Nutzen-Analyse zu unterziehen. Dies ist auf verschiedene Weise möglich. Zuerst sind die einzelnen

Energiesparpotential

Annuitäten

Anwendungsfälle genau zu analysieren. Dann sind der Analyse unterschiedliche Annuitäten oder Pay-Back-Zeiten zugrunde zu legen. Schliesslich können auch die Betrachtungsgrenzen variieren. Beispiele: Arbeitseinsparung durch weniger häufigen Ersatz längerlebiger Lampen; Entsorgungskosten usw. lassen sich mitrechnen oder ausschliessen.

Die theoretisch möglichen Sparpotentiale sind in den wenigsten Einschränkungen Fällen technisch umsetzbar. Von den technisch möglichen Energieeinsparungen sind - im gegebenen Zeitpunkt - nicht alle auch wirtschaftlich.

Betrachtungsebenen

Rahmenbedingungen

Ein weiteres Unterscheidungskriterium: Soll ein Sparpotential auf der Ebene von Geräten und Anlagen, von Betrieben und ganzen Branchen, oder sogar auf Ebene Volkswirtschaft ermittelt werden? Ebenso wichtig sind die politischen, ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen. Ausserdem ist zu unterscheiden, ob das Potential sofort oder erst durch mehrjährige Anstrengung erreichbar ist.

Anwendungsfälle

Demnach sind neben den oben erwähnten drei Arten von Energiesparpotentialen auch Anwendungsfälle zu unterscheiden, in welchen der Begriff eine jeweils ganz andere Bedeutung haben kann. Die einzelnen Anwendungsfälle unterscheiden sich also durch die Zeitdauer der Realisierbarkeit und durch die verschiedenen Betrachtungsebenen.

Wieviel Energie kosten Energiesparmassnahmen?

Energieaufwand für Sparmassnahmen

Auch Energiesparmassnahmen benötigen Energie. Sei es zum Bau grosser Wärmetauscher, die den Wärmeverlust senken sollen, oder zur Installation von Isolationen. Der Energieaufwand ist aber im allgemeinen geringer als die eingesparte Energie. Nur wenn Sparmassnahmen subventioniert und der direkte Energieverbrauch hoch besteuert würde, könnte der Fall eintreten, dass Energiesparmassnahmen wirtschaftlich sind, obwohl sie indirekt mehr Energie verschlingen.

2.2 Kurzfristig realisierbare Sparpotentiale bei Geräten und Anlagen

Hier ist die Definition des Energiesparpotentials unproblematisch. Oft verwendet man auch den weniger belasteten Begriff Energiesparmöglichkeit. Es ist dann aber wichtig, die Möglichkeiten wirklich zu sehen. Diese Fähigkeit des Erkennens zu vermitteln ist ja auch ein Hauptanliegen des Impulsprogramms RAVEL.

Die Begriffe "Anlagen" und "Geräte" sind relativ weit zu fassen.

Systemgrenzen

Innerhalb der umfassenderen Systemgrenzen wird oft ein weit grösseres Sparpotential erkennbar, als wenn bloss einzelne Geräte und Anlagen detailliert untersucht werden. Als Beispiel für dieses Systemdenken gibt Tabelle 4 die Sparpotentiale bei Klimaanlageanlagen in Bürobauten an.

Massnahme	Energieeinsparung
Alle Motoren durch solche mit höherem Wirkungsgrad ersetzen	5 %
Steuerung bedarfsabhängig optimieren	25 %
Drehzahlregulierung im Teillastbereich	15 %
Systemoptimierung: Wärmelasten vermindern! Sonnenschutz, neue Beleuchtung, Ausschalt-Management für Betriebseinrichtungen; Free-Cooling. Sparpotential inkl. optimierte Steuerung/ Drehzahlregelung	50 %
Total-Systemsanierung: Umbau auf reine Lüftungsanlage (ohne Kältekompressoren) mit minimalen, bedarfsabhängigen Luftmengen; evtl. Wärmeabfuhr mit Wasser aus hochbelasteten Anlagenteilen bzw. Räumen	90 %

Tabelle 4 Sparpotentiale bei Klimaanlageanlagen, abhängig von der Ausdehnung der Systemgrenze

Eine ähnliche Situation ergibt sich, wenn man die Systemgrenzen von Motoren auf die gesamte Medienförderung ausdehnt, oder von Motoren auf die mechanische Bearbeitung von Werkstücken usw.

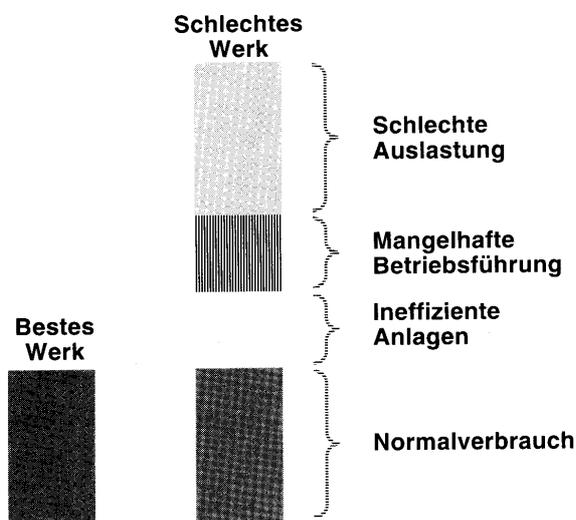
Energiesparpotential

“Institutional Lag”

Oft lassen sich Sparpotentiale auch aus organisatorischen Gründen nicht kurzfristig ausschöpfen. Gewachsene Strukturen zu verändern, erfordert Zeit. Dadurch hinkt die optimale Ausnutzung der Sparpotentiale oft hinter den äusseren Gegebenheiten her. Dies ist der sogenannte “Institutional Lag”.

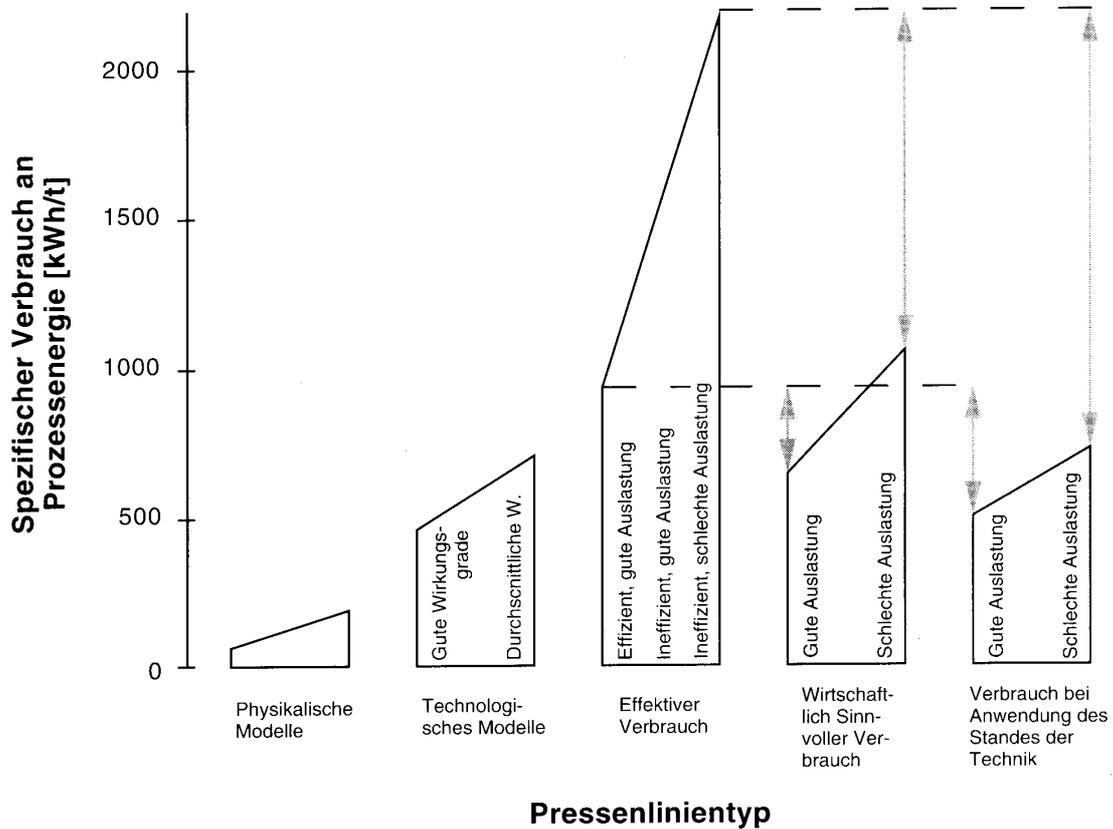
Untersuchung an Alu-Presswerken

Eine Untersuchung an Aluminium-Presswerken ergab verschiedene Arten von Sparpotentialen, die auch kurzfristig realisierbar wären.[9] Die Studie konzentrierte sich besonders auf Einflussfaktoren, die auf Anlagen- und auf Betriebsebene unterschiedlich sind. Grosse Unterschiede im spezifischen Energieverbrauch für die Produktion von Aluminiumprofilen in sehr ähnlich ausgerüsteten Presswerken sind nur zu einem Viertel auf anlagentechnische Faktoren zurückzuführen; ein weiteres Viertel macht die Betriebsführung aus, und die Hälfte rührt von unterschiedlicher Auslastung her. Der anlagenbedingte Energiemehrverbrauch der weniger effizient arbeitenden Betriebe betrifft sowohl Brennstoffe als auch Elektrizität (Figur 4).



Figur 4: Einflussfaktoren auf der Ebene der Betriebe, die zu erhöhtem Energieverbrauch führen können

Figur 5 zeigt die entsprechenden Sparpotentiale. Diese beruhen auf Wirkungsgradverbesserungen und auf betrieblichen Massnahmen wie Zeitmanagement. Energieauswirkungen durch bessere Auslastung sind nicht als Energiesparpotentiale berücksichtigt. Dieser Form der Produktivitätssteigerung stehen vor allem Marktgegebenheiten entgegen: geringer Absatz, kleine Bestellmengen, kurze Lieferfristen, spezielle Kundenwünsche usw.



Figur 5 Sparpotentiale bei verschiedenen Presslinientypen mit unterschiedlicher Auslastungen

Kurzfristig realisierbare Sparpotentiale auf Stufe Volkswirtschaft

Ein kurzfristiges volkswirtschaftliches Sparpotential gibt es nicht. Jede Massnahme, die volkswirtschaftlich einen messbaren Einfluss hat, braucht eine gewisse Zeit.

2.3 Langfristig realisierbare Sparpotentiale

Energiesparpotential

...bei Geräten und Anlagen

Hier geht es um Technologieprognose. Das längerfristig realisierbare, technische Sparpotential hängt davon ab, wann welche Techniken verfügbar sein werden. Ist das wirtschaftliche Sparpotential zu bestimmen, stellt sich die weitere Frage, zu welchen Preisen dieser Fortschritt zu haben sein wird.

...in Betrieben und Branchen

Fortlaufende technische Innovation verbessert kontinuierlich die Energieeffizienz einzelner Prozesse. In vielen Fällen wirken sich diese Prozessinnovationen positiv auf den spezifischen Energieverbrauch ganzer Betriebe und Branchen aus. Dieser Vorgang, das "natürliche" Sparen, ist bei der Beurteilung von längerfristig realisierbaren Sparpotentialen zu berücksichtigen.

In Industrie und Gewerbe dürfte sich die vergangene Entwicklung auch künftig fortsetzen. Energieintensive Branchen wie Papier-, Zement- und Rohaluminiumerzeugung (Figur 25, Seite 49) verringern den spezifischen Energieverbrauch bei Neuanlagen jedes Jahr um rund 2 %. In den nicht-energieintensiven Branchen nimmt der spezifische Energieverbrauch um ungefähr 0.5 % pro Jahr ab.

Neben kontinuierlicher oder stufenweiser technischer Entwicklung verändert sich oft auch die Produktpalette, was wiederum den spezifischen Energieverbrauch zum Teil erheblich verringern kann. Solche Entwicklungen werden gewöhnlich nicht zu den Sparpotentialen gezählt.

Zu berücksichtigen ist ferner, dass Umstellungen in einem Betrieb sich auf vor- und nachgelagerte Betriebe auswirken, und dass Verschiebungen in einer Branche sich auch auf andere Branchen auswirken können.

Künftige Sparpotentiale brauchen jedoch nicht blosse Spekulation zu bleiben. Sie können sich durchaus auf harte Fakten stützen. Eine Möglichkeit dazu bieten Referenzanlagen. Sie erlauben, den Energieverbrauch einer bestehenden Anlage mit dem einer Anlage zu vergleichen, die nach dem neuesten Stand der Technik gebaut ist und alle heute bekannten Sparpotentiale ausschöpft. Auf diese Weise zeigt sich konkret das künftige Sparpotential durch Erneuerungen und Verbesserungen der bestehenden Anlagen auf den heutigen Stand der Technik.

natürliches Sparen

Industrie und Gewerbe

Produktpalette

Wechselwirkungen

Musteranlagen

Langfristig realisierbare Sparpotentiale auf Stufe Volkswirtschaft

Problematik von Hochrechnungen

Das "Hochrechnen" von Sparpotentialen kleinerer Einheiten auf die gesamte Volkswirtschaft ist äusserst problematisch. Es ist unbedingt nötig, die Betrachtungsebenen "Geräte und Anlagen", "Betriebe und Branchen" deutlich von der Ebene "Volkswirtschaft" zu unterscheiden. Volkswirtschaftliche Daten, die Investitionen in Energiesparen mit Energiesparerefolgen in Verbindung bringen, existieren noch kaum. Sogenannte "Bottom-up"-Modelle versuchen daher, Erfahrungen auf der Ebene von Betrieben und Branchen mit möglichen Sparauswirkungen auf volkswirtschaftlicher Ebene in Beziehung zu bringen. Die folgenden Aspekte zeigen, wie problematisch dies ist.

Repräsentativität der Daten

Ein Informationsprogramm der englischen Regierung erreichte 1000 Betriebe. Das Ziel war, die Energieverbräuche besser zu erfassen und zu analysieren. Daraus sollten sich Massnahmen ableiten lassen, die mit bescheidenen Investitionen den Energiever auch senken. Die Betriebe, die sich an dem Programm beteiligen senkten tatsächlich ihre Energieverbräuche um 5 % bis 25 %. Doch selbst bei einer so grossen Stichprobe lassen sich die Prozentsätze nicht einfach auf die Gesamtindustrie hochrechnen. Es sind eben nicht durchschnittliche Betriebe, die sich für solche Programme interessieren, sondern die energiebewussten. Viele von ihnen planten vielleicht sogar schon vor dem Programm energiesparende Massnahmen.

Indirekte Wirkungen

Wer künftige Sparpotentiale auf Ebene Volkswirtschaft abschätzen will, muss Wechselwirkungen zwischen technischer und wirtschaftlicher Entwicklung berücksichtigen. So war die Einführung des Elektromotors (siehe Seite 35, "Energietechnik") eine grosse Energiesparmassnahme für die einzelnen Betriebe. Die Produktivität verbesserte sich erheblich, damit stieg aber der Energieverbrauch auf volkswirtschaftlicher Ebene trotzdem weiter. Ähnlich ist es heute bei der Einführung neuer Informationstechniken. Sie werden nicht aus energetischen Gründen eingeführt, aber sie beeinflussen den Energieverbrauch erheblich. Auch muss die Beurteilung künftiger Sparpotentiale, gerade weil sie durch die erwähnten Wechselwirkungen erschwert ist, immer von bestimmten Szenarien ausgehen (siehe Seite 5 1, "Zukünftiger Energiebedarf"). Sparpotentiale sind auf volkswirtschaftlicher Ebene immer als Differenzen zwischen verschiedenen möglichen Szenarien zu betrachten (Figur 26, Seite 5 1). Es dürfte oft sinnvoll sein, drei Typen der technischen Entwicklung zu unterscheiden, da sie unterschiedliche Auswirkungen auf den Energieverbrauch haben können (Tabelle 5).

Reaktionen des Marktes

Analysemethoden

Methoden, die technische Entwicklung zu analysieren, sind im allgemeinen relativ unproblematisch. Wie gut die Untersuchung ausfällt, hängt meist davon ab, wie repräsentativ die verfügbaren Daten sind. Das grosse Problem ist jedoch die "Hochrechnung"

Typ der Entwicklung	Auswirkungen auf den Energieverbrauch	Kommentar zur Methode
Kontinuierliche technische Innovation	"Natürliches" Sparen	Genaue Definition und Abschätzung ist nicht einfach.
Beschleunigte technische Entwicklung von Energiespartechiken (Sparlampen, Wirkungsgradverbesserung)	Gezieltes Sparen, via technische Innovation	In einzelnen, begrenzten Fällen ist Hochrechnung sinnvoll; schwierig abgrenzbar vom "natürlichen Sparen".
Technische Basisinnovation (Elektromotor, Chip)	Grosse betriebswirtschaftliche Sparpotentiale; evtl. Energiemehrverbrauch, auf volkswirtschaftlicher Ebene	Darf nicht "hochgerechnet" werden; Berücksichtigung der Wechselwirkungen kaum je möglich.

Tabelle 5 Technische Entwicklung und ihre Auswirkungen auf den Energieverbrauch

solcher Analysen von der Ebene einzelner Einrichtungen und Anlagen auf die Ebene der Volkswirtschaft. In einem einzigen Fall ist bisher diese Hochrechnung problemlos gelungen: bei der Raumwärme. Das war vor allem darum möglich, weil * es nur wenige Techniken zur Erzeugung von Raumwärme gibt und deren Entwicklung überblickbar ist, * der Wunsch nach Raumwärme beschränkt ist, denn ein überheizter Raum ist im allgemeinen nicht erwünscht.

Auch bei den grossen Haushaltapparaten ist eine Hochrechnung zu verantworten. Es gibt nur eine kleine Zahl von Techniken in einem mehr oder weniger gesättigten Markt.

In vielen anderen Fällen lässt die technische Entwicklung viele Fragen nach dem künftigen Bedarf völlig offen. In einem Haus, das mit Energiesparlampen ausgerüstet ist, wird man unter Umständen weniger Hemmungen haben, das Licht brennen zu lassen. Ein weiterer Effekt von Stromsparlampen könnte darin bestehen, dass viel grössere Flächen, beispielsweise immer mehr Gärten, beleuchtet werden. Oder der relativ hohe Anschaffungspreis von Stromsparlampen könnte die Aufmerksamkeit auf das Thema Beleuchtung lenken, so dass die neue Lampe doppelt sparsam eingesetzt wird. Auch könnte die fehlende Abwärme zu einem erhöhten Wärmebedarf oder einem niedrigeren Kühlbedarf führen. Vielleicht sehen Architekten wegen der Sparlampe weniger Fenster vor, was wiederum den Bedarf an künstlichem Licht und Raumwärme beeinflusst.

Fazit:

Die Bestimmung von "Sparpotentialen" auf volkswirtschaftlicher Ebene ist ausgesprochen schwierig. Die Schwierigkeiten legen nahe, den Begriff nicht mehr als nötig zu strapazieren. Für die Betriebe sind insbesondere die kurzfristig realisierbaren Sparpotentiale auf der Ebene der Anlagen von Interesse. Hier wird man mit Vorteil von Sparmöglichkeiten sprechen. Dieser Begriff ist noch weitgehend unverbraucht und daher unproblematisch.

Beispiel Raumwärme

Haushaltapparate

viele offene Fragen

Sparmöglichkeiten

3. Energie und Wirtschaft

Energie und Wirtschaft sind und waren schon immer eng miteinander verflochten. Ohne die Grundfunktionen der Energie wäre menschliche Kultur nicht denkbar. Besonders deutlich zeigt sich dieser Zusammenhang im gerafften geschichtlichen Überblick. Ausgehend von der zum Teil recht lückenhaften Energiestatistik lassen sich deutliche Wechselwirkungen zwischen dem Energieverbrauch und der wirtschaftlichen Entwicklung nachweisen.

3.1 Grundfunktionen der Energie

Produktion und Konsum

Wirtschaftsleistungen

Die Wirtschaft liefert den Menschen Nahrung, Kleidung, Behausung, Hygiene- und Gesundheitsdienste, ebenso Kommunikationsfunktionen, Bildung, Verkehr und Vergnügung. Auch ist sie eine komplexe Organisation, die vielen Menschen, die sie versorgt, Arbeit bietet.

Nahrung

Nahrung versorgt den menschlichen Organismus mit Energie, hält Körperfunktionen und Körpertemperatur aufrecht und ermöglicht Muskelarbeit. Letztere erlaubt den Menschen, Kleider und Behausungen zu schaffen, so dass sie auch in unfreundlichem Klima leben und sich in allen Winkeln der Erde niederlassen können.

biologische Verluste

Krankheit und frühzeitiger Tod bedeuten individuelles Leid. Biologisch betrachtet, sind sie auch energetische Verluste, die Wachstum und Gedeihen der Spezies Mensch verlangsamen oder verhindern. Hygiene- und Gesundheitsdienste verringern diese Verluste, so dass ein grösserer Teil des Energieflusses in die Vermehrung der Spezies fliesst.

technische Energie

Technisch zugeführte Energie hilft, natürliche Grenzen zu überwinden - Grenzen der Muskel- und Tatkraft, Grenzen des natürlichen Wohnbereiches, der zahlenmässigen Ausbreitung oder Grenzen der gesellschaftlich-kulturellen Entwicklung.

gesellschaftliche Entwicklung

Von Energiezufuhr hängt nicht nur das Wachstum des menschlichen Organismus und der Spezies Mensch, sondern auch das wirtschaftliche Wachstum und die gesellschaftliche Entwicklung ab. Solange der Mensch von Sonne, Wind, Wasserkraft und Holz

abhängig war, konnte er über Nahrung, Kleidung, Behausung und Kommunikationsleistungen nur beschränkt verfügen, erfordern doch alle diese Grundfunktionen erhebliche Mengen der verfügbaren Energie. Nahrung, Kleidung und Behausung zehren vor allem von pflanzlichem Wachstum und somit, neben menschlicher Arbeitsleistung, insbesondere von Sonnenenergie. Transportleistungen stützten sich in der Vergangenheit vor allem auf tierische Muskelkraft und Windenergie.

Der Einsatz von technischer Energie in Form von fossilen Brennstoffen und Elektrizität durchbrach diese Beschränkung. Die Wirkung der technischen Energie im Wirtschaftssystem gleicht aus der Sicht des Ingenieurs einem doppelten Verstärker mit positiver Rückkopplung.

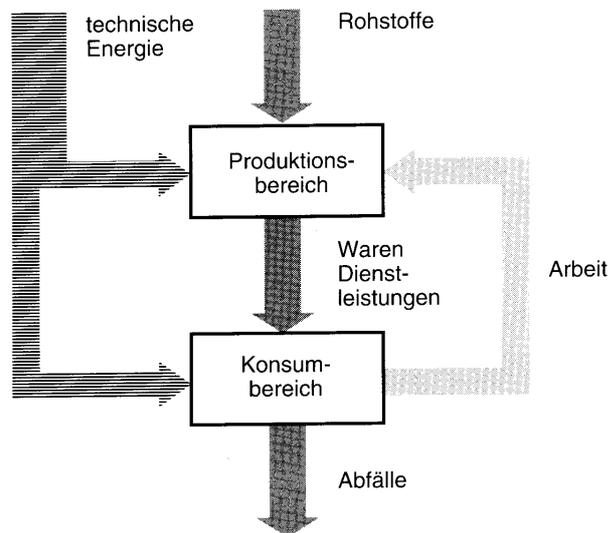
Energieinput verstärkt Produktionsleistungen, etwa durch Kunstdünger in der Landwirtschaft oder durch Kohle in der Stahlindustrie. Zugleich erhöht Energieeinsatz die Konsumkapazität: Man kann im Zug sitzen, dabei eine Mahlzeit einnehmen und gleichzeitig Zeitung lesen. Auch im tiefen Winter ist der Speisewagen wohlig warm, genauso wie die leere Wohnung, das zurückgelassene Büro und das Sitzungszimmer, in dem man wenig später sitzen wird. Energieeinsatz macht es möglich, trotz grossem Konsum die Arbeitsleistung zeitlich nicht einzuschränken. Auch wird diese Arbeitsleistung durch den Energieeinsatz um ein Vielfaches produktiver, wenn entsprechende Maschinen und Fahrzeuge, wie Traktoren usw., verfügbar sind. Somit verstärkt der Energieinput die Produktion doppelt, das heisst direkt und, indirekt, via verstärkter Arbeitsleistung (Figur 6).

Energie und Wirtschaft

Einschränkung

positive Rückkopplung

Energie-Input



Figur 6 Energie wirkt in der Wirtschaft als Verstärker mit positiver Rückkopplung

Wirtschaftswachstum

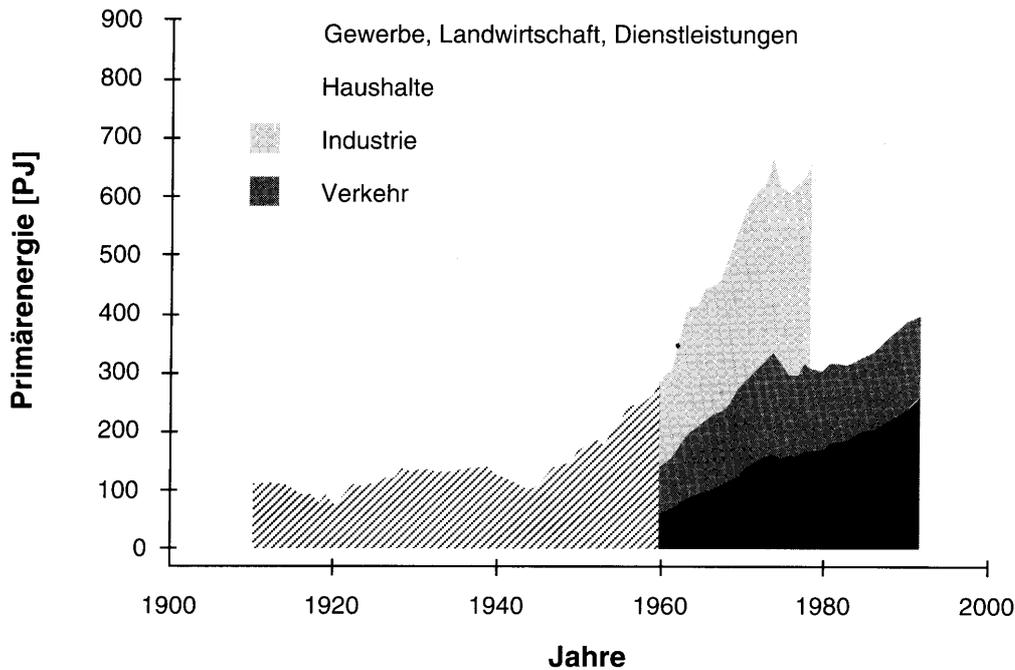
Dieses Bild macht klar, dass Energieinput und Wirtschaftswachstum gekoppelt sind. Als stark kann man die Kopplung aber nur bezeichnen, wenn der Energieinput dort gemessen wird, wo er wirklich nützt.

Arbeitsplätze

Doppelte Produktionssteigerung - via Prozesse einerseits und via Arbeitsproduktivität andererseits - bedeutet aber auch, dass Energieeinsatz sowohl Arbeitsplätze schaffen als auch beseitigen kann. Schaffen Energieflüsse neue, wachsende Wirtschaftszweige, entstehen Arbeitsplätze. Ersetzen Maschinen und Automaten menschliche Arbeit, werden Arbeitsplätze überflüssig.

soziale Gerechtigkeit

Ähnlich ist es mit anderen gesellschaftlich relevanten Entwicklungen. So kann Energieeinsatz die soziale Gerechtigkeit sowohl positiv als auch negativ beeinflussen. Wohl gibt es viele Situationen, in denen Energieeinsatz die Macht der Mächtigen erhöht, beispielsweise die Macht der Industrienationen gegenüber den Entwicklungsländern. Andererseits hat technische Energie geholfen, Knappheiten zu überwinden, die zuvor mit für Ungleichheiten sorgten. Energie und Technik waren wesentliche Motoren des allgemeinen Wohlstandes, der sich in den Industriestaaten während den letzten 150 Jahren entwickelte.



Figur 7 Entwicklung des Endenergieverbrauchs der verschiedenen Sektoren in der Schweiz von 1910 bis 1991

Das Bild des doppelten Verstärkers mit positiver Rückkopplung deutet auch auf das dynamische Verhalten des Systems hin: Ohne andere Beschränkungen haben wir eine "run-away-solution" - ein ungebändigtes Wachstum. Dies stimmt mit der beobachteten Entwicklung des Energieverbrauchs der letzten paar Jahrzehnte recht gut überein (siehe Figur 7).

Physik und Technik

Der Begriff "Energie" ist erst seit Mitte des letzten Jahrhunderts gebräuchlich. Energie wurde zum Sammelbegriff für verschiedene Phänomene. Man erkannte sie als verschiedene Formen einer einzigen Eigenschaft, nämlich der Fähigkeit, Arbeit zu verrichten.

Mit dem Energiebegriff ist auch der erste Hauptsatz der Thermodynamik verbunden. Energie verbraucht sich nie, sondern wandelt sich immer nur von einer Form in eine andere um.

Allerdings nimmt bei der Umwandlung die Qualität der Energie ab. Diese Eigenschaft der Energie, zwar nicht zu verschwinden, sich aber dennoch bei jedem Einsatz unwiederbringlich "abzunutzen", hat tiefgreifende Auswirkungen.

So gibt es Energieformen, die bei gleicher Energiemenge mehr "wert" sind als andere. Eine Energieform ist um so hochwertiger, je vollständiger sie sich in eine andere Energieform umwandeln lässt. Mechanische und elektrische Energie haben hohe Wertigkeiten, thermische Energie hat eine geringere. Die Umwandlung von thermischen in mechanische und elektrische Energie ist grundsätzlich beschränkt (Figur 8).

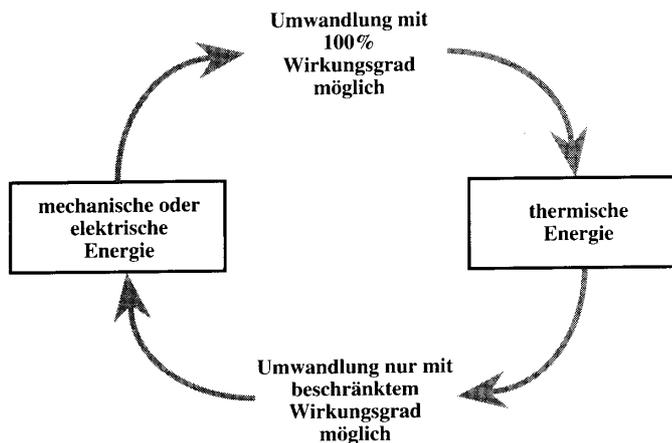
Energie und Wirtschaft

dynamisches System

Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten

Erster Hauptsatz der Thermodynamik

Energiequalität



Figur 8 Schema der Umwandlung verschiedener Energieformen

Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik

Das Phänomen der Wertigkeit hängt mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik zusammen. Seine populäre Fassung lautet: "Energie kann von sich aus nicht von einem kälteren in einen wärmeren Körper fließen." Energie auf höherem Temperaturniveau ist höherwertig als Energie derselben Menge bei tieferer Temperatur.

Energie und Leistung

Die Physik unterscheidet Mengen und Flussgrößen. Energie ist eine Menge; Leistung ist ein Energiefluss. Den menschlichen Sinnen ist Energie nicht direkt zugänglich. Direkt empfindet der Mensch die Energieflüsse Licht, Schall und Wärme, die jeweils mit einer gewissen Leistung auf Auge, Ohr und Haut auftreten.

Beim Anblick eines vollen Stausees ist der Energiegehalt des Wassers, das hoch über dem Turbinenhaus liegt, nicht mit den Sinnen erkennbar. Offensichtlicher zeigt ein tosender Wasserfall seine "Energie". Es ist aber die Leistung, das heisst der Energiefluss, die Energieumwandlung pro Zeiteinheit, die auf Umwelt und Beobachter wirkt.

technische Grundeigenschaften von Energieträgern

Für den Einsatz von Energie bestehen neben der Wertigkeit zwei weitere fundamentale Anforderungen:

zeitliche Verfügbarkeit

örtliche Verfügbarkeit

Das führt zu zwei Schlüsselproblemen:

- * Energiespeicherung
- * Energietransport

Beispiel Erdöl

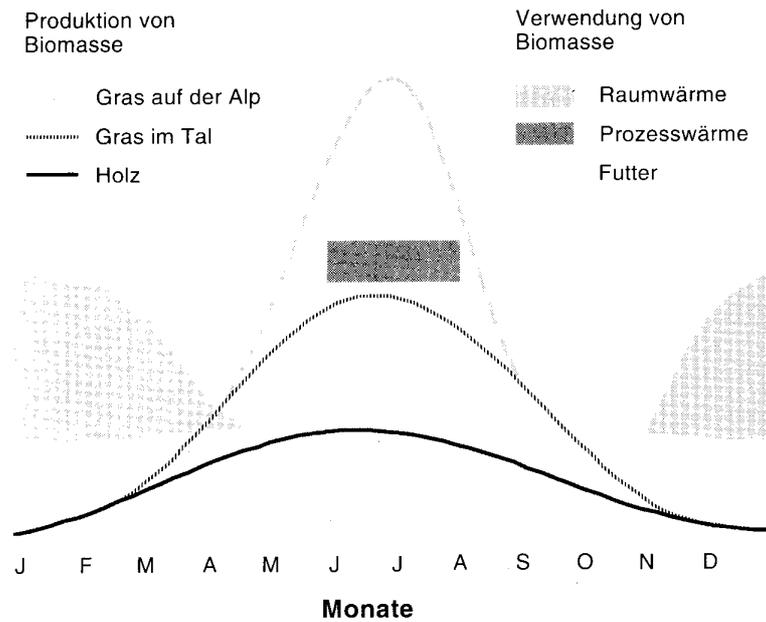
Beispiel eines gut speicher- und transportierbaren Energieträgers mit ausserdem hoher Energiedichte ist das Erdöl. Deshalb der riesige Ölbedarf des Strassen- und Flugverkehrs und für Heizungen aller Art. Ideal transportierbar und vor allem fein verteilbar ist elektrischer Strom. Dass er relativ einfach in mechanische Energie, in Licht und Wärme umgewandelt werden kann, macht ihn vielseitig anwendbar. Seine wichtigsten Nachteile: er lässt sich nur schlecht speichern, und er ist an Leitungen gebunden.

Alpwirtschaft

Die Alpwirtschaft ist ein gutes Beispiel für angepasstes Energiemanagement. Das Problem: Energiequellen und Energieverbrauch sind zeitlich und örtlich sehr verschieden. Speicherung und Transport lösen dieses Problem auf raffinierte Weise - und das schon seit Jahrhunderten.

Energiemanagement in einem Alpental

Im Frühling und Herbst dienen die Wiesen im Tal als Futterquelle für das Vieh. Wie Figur 9 zeigt, ist im Sommer das Wachstum von Holz und Gras wegen der erhöhten Sonneneinstrahlung und wegen der fehlenden Scheedecke am grössten. Diese Zeit verbringen die Tiere des Tals, zusammen mit zusätzlichen Tieren aus dem Unterland, auf der Alp, das Gras im Tal kann in dieser Zeit geschnitten und getrocknet werden. Das Heu lagert dezentral im Tal und dient im Winter als Futter. Dies vermeidet weite Transportwege und verringert ausserdem das Risiko von grossen



Figur 9 Produktion und Verwendung von Biomasse in einem Alpental im Jahresverlauf

Feuersbrünsten. Holz dient im Sommer zur Käseherstellung und im Winter zur Wohnraumheizung. Durch die Körperwärme der Tiere trägt ein Teil der Energie aus dem Heu ebenfalls zur Beheizung bei, denn die Winterställe liegen unter demselben Dach wie die Wohnräume.

Ökologie

Energie, die letztlich einzige knappe Ressource

Gedankenexperiment: Die Verwendung nicht-energetischer Rohstoffe könnte einer doppelten Strategie folgen. Einerseits konzentriert man sich auf die Ausbeutung reichlich vorhandener Stoffe, etwa zur Herstellung von Eisen und Aluminium. Andererseits rezykliert man sorgfältig die notwendigen, weniger reichlich vorhandenen Rohstoffe. So wird das Wirtschaftssystem von beschränkten, nicht-energetischen Rohstoffen unabhängig. Energetische Rohstoffe sind somit die einzigen knappen Ressourcen. Sie werden zum Flaschenhals der Wirtschaft. Ein Wirtschaftssystem, das ohne knappe Rohstoffe lebt, benötigt ein Energiebudget, das nur 20 % bis 30 % über dem heutigen System liegt. [10]

Energiegewinnung und -nutzung

grösste Belastungsquelle

Energiegewinnung und -bereitstellung und Energienutzung ist für den überwiegenden Anteil der menschlichen Schadstoffemissionen in die Atmosphäre verantwortlich (Tabelle 6). Die Nutzung der Energie führt nicht nur zu Emissionen in die Atmosphäre. Auch Wasserverunreinigungen, Umweltbelastungen des Bodens, Schäden an Fauna und Flora und auch Landschaftszerstörungen gehören zu den energiebedingten Umweltbelastungen. [11]

Die Energienutzung belastet die Umwelt insgesamt wohl ähnlich stark wie die Energiegewinnung und -bereitstellung; man denke zum Beispiel an die Umweltbelastungen durch das Auto oder an die CO₂-Emissionen aller Heizungen und Feuerungen.

Stromsparen vermeidet Umweltbelastungen

Bei der Elektrizität sind die Umweltbelastungen sehr verschieden auf Anwendung und Bereitstellung verteilt: Im Anwendungsbereich treten kaum Belastungen auf, bei der Bereitstellung sind die Umweltbelastungen erheblich. Dabei ist nicht nur an die bekannten Probleme der Kohle- und Kernkraftwerke zu denken; auch die vermehrte Produktion von Elektrizität aus Wasserkraft ist nicht ohne Umweltbeeinträchtigung möglich. Stromsparen hilft, einen Teil der zusätzlichen Stromproduktion unnötig zu machen, und trägt deshalb ganz wesentlich dazu bei, die Umweltbelastung weniger anwachsen zu lassen.

Beispiel Golfkrieg: Die geopolitische Bedeutung der Energie

ungleiche Verteilung

Der Golfkrieg hat unter anderem gezeigt, wie wichtig die Verteilung der Energievorräte über die gesamte Erde ist. Der Anteil von Erdöl am gesamten Primärenergieverbrauch der Welt beträgt heute fast 40 %, wobei über die Hälfte des Öls von den OECD Ländern (Nordamerika, Westeuropa, Japan und Südostasien) und sogar rund 80 % von den hochindustrialisierten Ländern verbraucht wird. Demgegenüber steht die ungleiche Verteilung der Quellen - über 70 % aller Erdölvorräte sind im Nahen Osten und Nordafrika konzentriert (Tabelle 7).

Schadstoff	Anteil energiebedingte Emissionen
Staub und Russ	55 %
Schwefeldioxid (SO ₂)	92 %
Stickoxid	86 %
Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe	5 %
Arsen (aus Holzverbrennung)	7 %
Kadmium (aus Treibstoffen)	4 %
Blei (aus Treibstoffen)	67 %
Polyzyklische Aromate	70 %
Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW)	25 %
Methan (CH ₄)	20 %
Kohlendioxid (CO ₂)	71 %

Tabelle 6 Anteil der energiebedingten Emission an der gesamten anthropogenen Emission von Schadstoffen in die Luft (gesamte anthropogene Emission in die Luft pro Schadstoff = 100 %)

Region	Wirtschaftlich gewinnbare Erdölvorräte	
	[Exajoule = 10 ¹⁸ Joule]	[%]
Westeuropa (einschliesslich Ostdeutschland)	76	1.4
Osteuropa	11	0.2
ehemalige UdSSR	320	5.8
Naher Osten und Nordafrika	3935	71.8
Nordamerika	177	3.2
Mittel- und Südamerika	693	12.6
Volksrepublik China	132	2.4
übriger Ferner Osten	132	2.4
Australien	8	0.2
Total	5484	100

Tabelle 7 Wirtschaftlich gewinnbare Erdölvorräte beim jetzigen Stand der Technik

3.2 Geschichtliche Dimension

Energiequellen des Menschen

erneuerbare und
nicht erneuerbare
Energiequellen

Der historische Ablauf der Nutzung verschiedener Energiequellen zur Erzeugung mechanischer Energie ist in Tabelle 8 dargestellt. Während der Mensch bis vor zweihundert Jahren ausschliesslich erneuerbare Energiequellen nutzte, ist er heute grösstenteils von nicht erneuerbaren Energiequellen abhängig.

Energiequellen	technische Form der Anwendung	Gesellschaft	Zeitraum
mechanische Energie			
Muskelkraft	Hebel Keil Flaschenzug schiefe Ebene	Sklaverei (in der Antike)	Vorgeschichte (erste Anwendung von Hebel und Keil) Antike
Wasserkraft Windkraft	unterschlächtiges Wasserrad oberschlächtiges Wasserrad Bockwindmühle holländische Windmühle	Leibeigenschaft Zunftorganisation	8.-10. Jh. (in der Antike bekannt) 17. Jh.
chemische Energien			
Holz Kohle (Gas)	Dampfmaschine (Newcommon, Watt) grosse standortgebundene Maschinen	Fabrikwesen Unternehmertum	18.-19. Jh.
Erdöl	Dieselmotor transportable Maschinen	weitere Ausdehnung des Fabrikwesens	20. Jh.
atomare Energie			
Uran	Kraftwerk	Konzerne	seit ca. 1960

Tabelle 8 Historischer Ablauf der Nutzung verschiedener Energiequellen zur Erzeugung mechanischer Energie

Weniger wertend und präziser als die Begriffe "erneuerbare" und "nicht erneuerbare" Energie sind die Ausdrücke Energieströme und Energievorräte. Um Energieströme handelt es sich, wenn die Anfallrate bzw. Produktionsrate der Energie und die Verbrauchsrate derselben Energie in der gleichen Grössenordnung liegen. Beispielsweise lässt sich Wind-, Wasser- und Sonnenenergie, aber auch Energie aus Biomasse nur soweit nutzen, als sie anfällt. Anders bei Energievorräten: Hier sind Produktionsraten und Verbrauchsrate nicht von der gleichen Grössenordnung. Der Aufbau der weltweiten Kohlelager dauerte Hunderte von Jahrtausenden, während der Mensch sie insgesamt in wenigen hundert Jahren abgebaut haben wird.

Holz ist aus mehreren Gründen ein besonderer Energieträger. Energiewirtschaftlich hat er einen sehr grossen Vorteil und mehrere Nachteile. Diese veranlassen den Menschen seit langem, sich von ihm unabhängiger zu machen. Der grosse Vorteil ist, dass er laufend nachwächst. Die Nachteile haben damit zu tun, dass nicht der Nutzer, sondern die Natur die Verfügbarkeit bestimmt. So kann eine Übernutzung schleichend eintreten und den Wald, d.h. die Quelle zerstören. Zudem ist ein erheblicher Aufwand nötig, Holz dann zu gewinnen, wenn es für den Wald günstig ist, und zu speichern, um es dann zu nutzen, wenn es benötigt wird.

Energievorräte gehen früher oder später endgültig zur Neige. Das Erdölzeitalter ist aus grösserer zeitlicher Perspektive betrachtet nur eine kurze Zeitspanne (Figur 10).

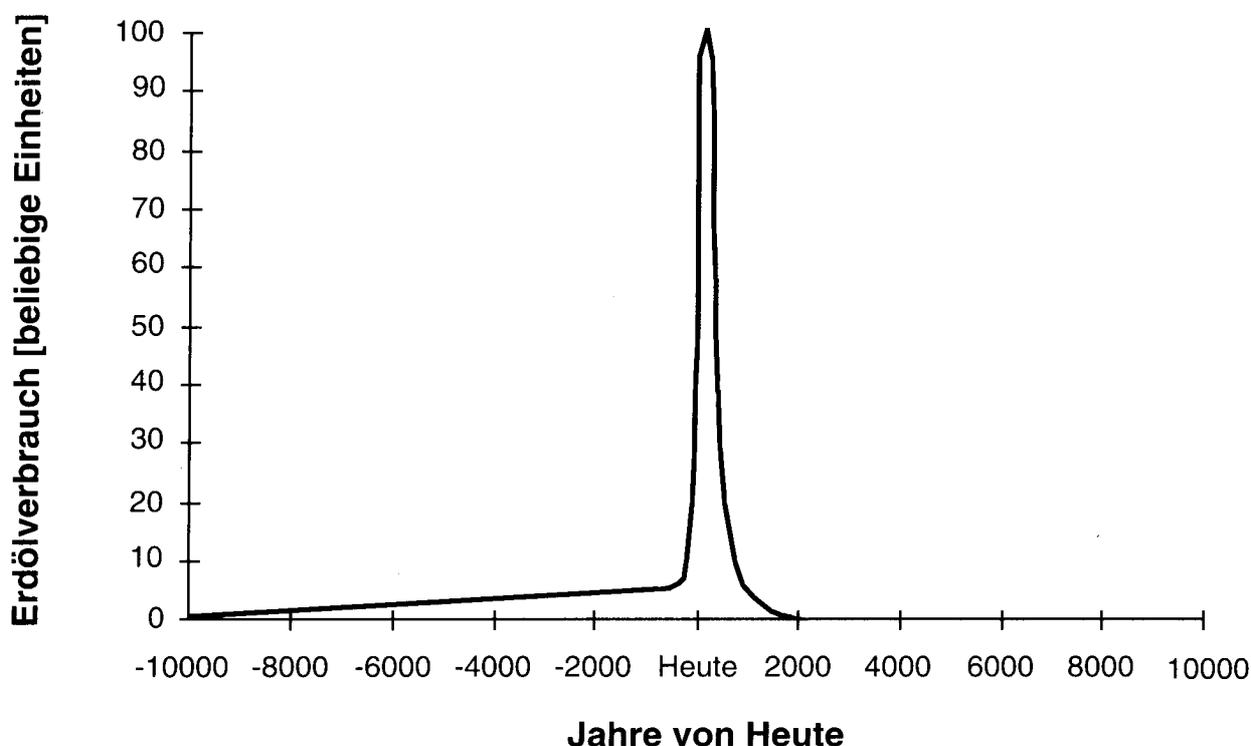
Energieströme,

Energievorräte

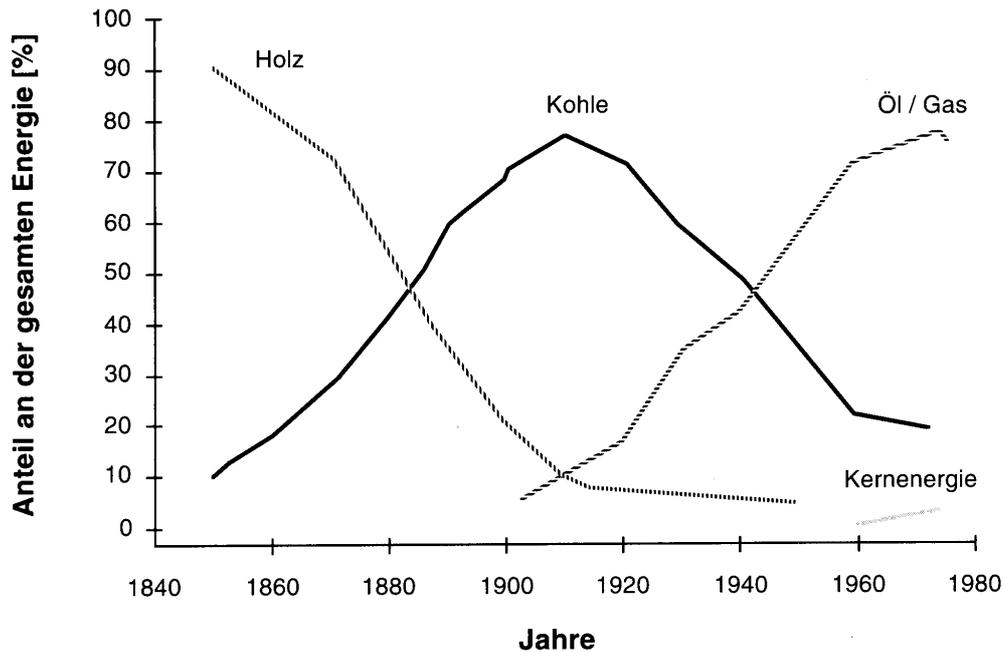
Abhängigkeit von

Energieströmen

Ende des Erdölzeitalters



Figur 10 Das Erdölzeitalter aus grösserer zeitlicher Perspektive betrachtet



Figur 11 Anteil der verschiedenen Energieträger am gesamten Energieverbrauch

Energievorrat	Einheit	Reserven (gesichert)	Jahresverbrauch (zur Zeit)	"Lebensdauer" in Jahren
Kohle	Mio. t	1 600 000	4 600	350
Rohöl Erdgaskondensate	Mio. t	125 000	3 080	40
Erdgas	Mio. m ³	110 000 000	1 923 000	60

Tabelle 9 Weltweite Reserven und Verbrauch der fossilen Brennstoffe

Für die Umstellung der Hauptenergieträger in den letzten Jahrhunderten waren jeweils etwa 50 Jahre erforderlich (Figur 11). Eine neue Energiequelle wie z.B. die Sonnenenergie kann nicht von heute auf morgen einen wesentlichen Teil des Energiebedarfs sicherstellen.

Tabelle 9 gibt die weltweiten Reserven und den Verbrauch der fossilen Brennstoffe an. Damit lassen sich die verbleibenden Lebensdauern dieser Vorräte abschätzen. Die CO₂-Problematik (Treibhauseffekt) dürfte der Menschheit aber nicht erlauben, diese Energievorräte in der angegebenen Zeit vollständig aufzubreuchen.

Energietechnik

Wer eine neue Energiequelle nutzen will, muss dazu eine neue Schrittmacherwirkung Energietechnik entwickeln. Dies wirkt sich tiefgreifend auf die Technik allgemein aus, was dann wiederum auch die Wirtschaft beeinflusst.

So hat die Gewinnung von mechanischem Antrieb aus Kohle mittels der Dampfmaschine die Entwicklung des industriellen Zeitalters sehr grundsätzlich geprägt.

In der Entwicklung der Dampfmaschine sind die folgenden vier Meilensteine wichtig (Tabelle 10).

Wann:	1705	1765	1810	1860
Wer:	Newcommon	Watt	Carnot	Clausius
Beruf:	Spengler	wiss. Assistent	Ingenieur	Physiker
Was:	erste Realisierung (seit Antike)	wesentliche Verbesserung: separater Kondensator	Berechnungsgrundlage für maximalen Wirkungsgrad	wissenschaftliche Grundlagen (1. und 2. Hauptsatz)

Tabelle 10 Meilensteine in der Entwicklung der Dampfmaschine

Elektrizität und Technikentwicklung

Innerhalb einer Entwicklungsgeschichte von 150 Jahren verbesserte sich der Wirkungsgrad um etwa einen Faktor 50. Qualitativ wandelte sich die Dampftechnik von der intuitiven Bastelarbeit des Praktikers Newcommon über die Tüftelarbeit des Vorlesungsassistenten Watt bis zu den prinzipiellen Überlegungen des Wasserbauingenieurs Carnot. Schliesslich lieferte der ETH-Physikprofessor Clausius die beiden Hauptsätze der Thermodynamik nach, die ja eigentlich die theoretische Grundlage der Dampfmaschine sind.

Bei der Elektrizität war eine rein empirische Entwicklung wie bei der Dampfmaschine nicht möglich. Da Elektrizität den menschlichen Sinnen nicht direkt zugänglich ist, musste man von Anfang an auf die Wissenschaft vertrauen. Ohne Differential- und Integralrechnung, ohne die Gleichungen des Physikers Maxwell ging nichts. Elektrotechnik wurde an den technischen Hochschulen gelehrt, und auch Neuentwicklungen gingen von dort aus, ebenso von neu gegründeten industrieeigenen Forschungsinstituten. So stammt die Erfindung des Transistors aus den Laboratorien der "Bell Telephone Compan

Elektrizitätsanwendung war seit Beginn mit wissenschaftlicher Arbeitsweise verbunden. Viele wissenschaftliche Erfindungen

neue Informationstechniken wenden denn auch die Elektrizität praktisch an. Neben Relais und Radoröhre, Telefon, Radio und Fernsehen, Laser und Transistor sind auch die darauf aufbauenden neuen Informationstechniken wie Computer, Roboter und Kommunikationsmittel charakteristisch für unsere Zeit.

Zeitalter der Elektrizität und Elektronik Techniken und Energieträger prägen die Gesellschaft mit. Nachdem man vergangene Epochen nach den verwendeten Materialien als Stein-, Bronze- und Eisenzeitalter charakterisierte, mag es nicht falsch sein, die jüngere Zeit in ein Kohlezeitalter (ca. 1800 bis 1920), ein Öl- und Gaszeitalter (ca. 1920 bis 1980) und ein Zeitalter der Elektrizität und Elektronik (ab 1980) einzuteilen.

Symbol für die Zeitabschnitte könnten auch Grundstoffe, Techniken oder Maschinen sein (Tabelle 11).

Kohlezeitalter	Öl- und Gaszeitalter	Zeitalter der Elektrizität und Elektronik
ca. 1800 bis 1920	ca. 1920 bis 1980	ab 1980
Eisen und Stahl	Kunststoff	Silizium
Dampfmaschine	Auto	Computer, Mikroelektronik

Tabelle 11 Verschiedene Zeitalter und ihre Symbole

Tabelle 11 ist sehr grob und etwas spekulativ. Wichtige Umstellungen gab es auch innerhalb der angegebenen Zeitspannen.

Vom Antriebsriemen zum Stromkabel

Beispielsweise stellte die amerikanische Wirtschaft in den 20er Jahren sehr schnell von Riemenantrieb auf Elektromotor um. Trieben erst einmal elektrische Motoren die Maschinen an, liessen sich Fabrikationsbetriebe erstmals den Arbeitsabläufen entsprechend einrichten. Zuvor waren alle Maschinen an ein Riemensystem gekoppelt, und diesem System hatte sich die räumliche Organisation der Betriebe unterzuordnen. Nachdem diese Fessel gelöst war, explodierte die Produktivität geradezu, wobei sich auch der energetische Wirkungsgrad verbesserte. Ins Gewicht fiel weniger der Vollbetrieb als der über die Zeit gemittelte Gesamtwirkungsgrad. Dieser war vorher schlecht, weil das ganze Antriebssystem mit allen Reibungsverlusten in Gang gesetzt werden musste, auch wenn nur eine einzige Maschine anzutreiben war.

weiter zunehmender Energiebedarf

Die Einführung des Elektromotors war eine Energiesparmassnahme par excellence. Doch hat sie die Produktivität dermassen positiv beeinflusst, dass der Energieverbrauch ab 1920 bei massiv zunehmender Produktion zwar weniger schnell, aber trotzdem weiter wuchs.

3.3 Energiestatistik

Formen der Energie

Der Mensch mit seinem Wirtschaftssystem ist Teil der Natur, und nichttechnische Energieflüsse sind für ihn von grosser Bedeutung. Wohnungen werden nicht nur durch Heizungen warm, sondern vor allem durch die Sonne und die mehr oder weniger warme Aussenluft. Landwirtschaft funktioniert (noch) nicht ausschliesslich dank künstlichem Licht und Dünger, sondern vor allem dank der Sonneneinstrahlung. Figur 12 verbindet die Sonnenenergie, die auf die Landwirtschaftsfläche scheint, mit der technischen Energie, die ein Durchschnittsschweizer täglich insgesamt beansprucht.

Energienutzung setzt fast immer einen oder mehrere Umwandlungsschritte voraus. Figur 13 zeigt schematisch die verschiedenen Stufen der technischen Energieumwandlung innerhalb des Wirtschaftssystems von der Primärenergie bis zur Endenergie. Bei jeder Energieumwandlung treten Energieverluste auf, so dass die jeweils nach dem Umwandlungsvorgang verbleibende Energie geringer ist.

Auf Stufe Primärenergie lassen sich verschiedene Energieträger gut miteinander vergleichen. Auch in der Schweiz wäre für viele Fragestellungen die Primärenergie ein aussagekräftiges Mass. Auf Stufe Primärenergie wird Elektrizität rund drei mal stärker gewichtet als die fossilen Brennstoffe. Elektrizität müsste, falls keine Wasserkraft vorhanden wäre, aus Wärmeenergie gewonnen werden, mit einem Wirkungsgrad von etwa 1/3.

Die OECD-Energiestatistik rechnet alle Energieträger auf Stufe Primärenergie um. Dies hat verschiedene Gründe. Unter anderem sind die Energieträger besser vergleichbar, und Überlegungen zur Substitution verschiedener Energieträger lassen sich einfacher anstellen. Die Umrechnung von Elektrizität aus Wasser- und Atomkraft auf die Stufe Primärenergie geschieht mit dem mittleren Wirkungsgrad der konventionellen Wärmekraftwerke des jeweiligen Landes. Für die "Wasserkraftländer" (Island, Neuseeland, Österreich, Portugal, Spanien, Schweden, Schweiz und Türkei) gilt zur Umrechnung der mittlere Kraftwerk-Wirkungsgrad der europäischen OECD-Länder. Die Wasserkraftländer, unter anderem auch die Schweiz, geben in ihren eigenen Energiestatistiken meistens nicht das Primärenergieäquivalent für die Elektrizität an. Diese Publikation rechnet, wo immer möglich, aus den von der OECD angeführten Gründen mit Primärenergie.

Graue Energie ist üblicherweise definiert als Summe aller technischen Energien, aufgewendet von Wirtschaft - Industrie, Dienstleistungen, Landwirtschaft - und öffentlicher Hand für Produktion, Verkauf und Entsorgung einer Ware oder einer Dienstleistung. Die für ein bestimmtes Produkt benötigte graue Energie entspricht dem kumulierten Energieaufwand von der Erzgrube,

Energie und Wirtschaft

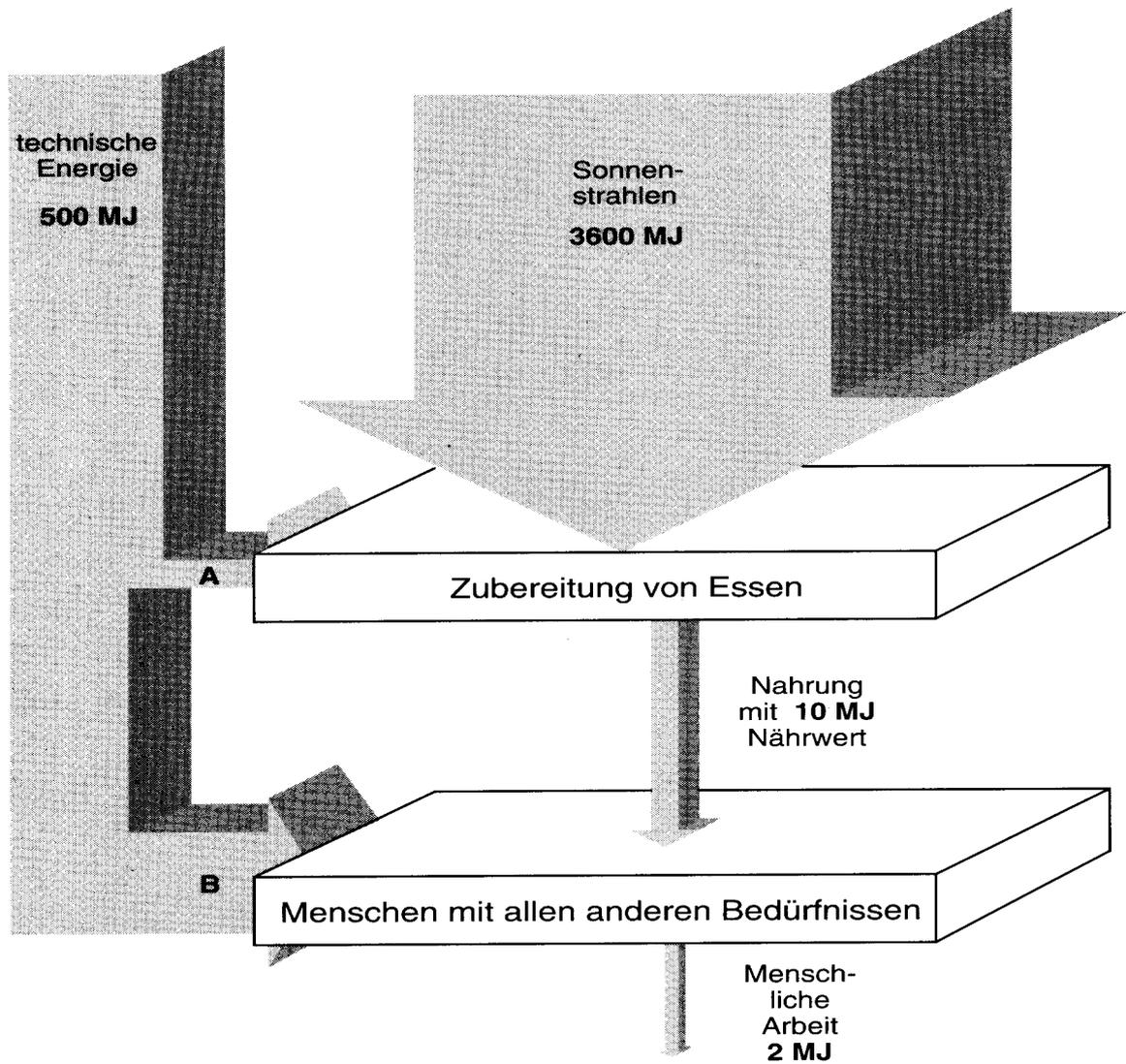
technische und nichttechnische Energie

Stufen der Energiebereitstellung

Stufe Primärenergie

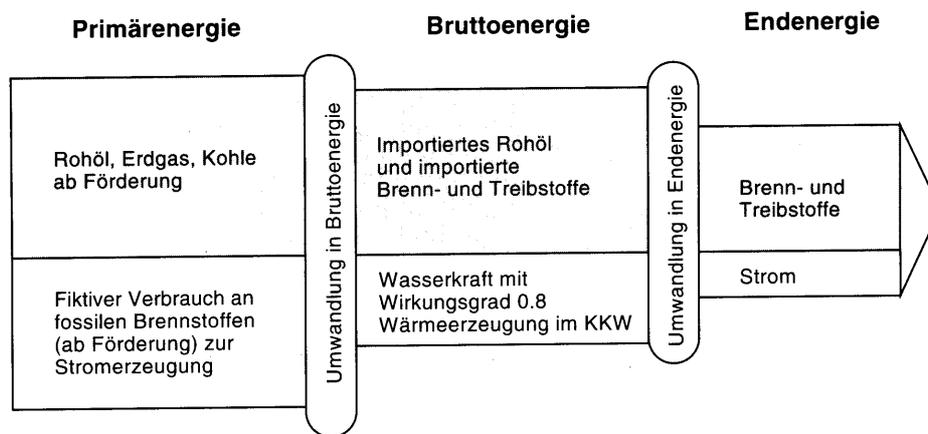
OECD-Energiestatistik

Graue Energie

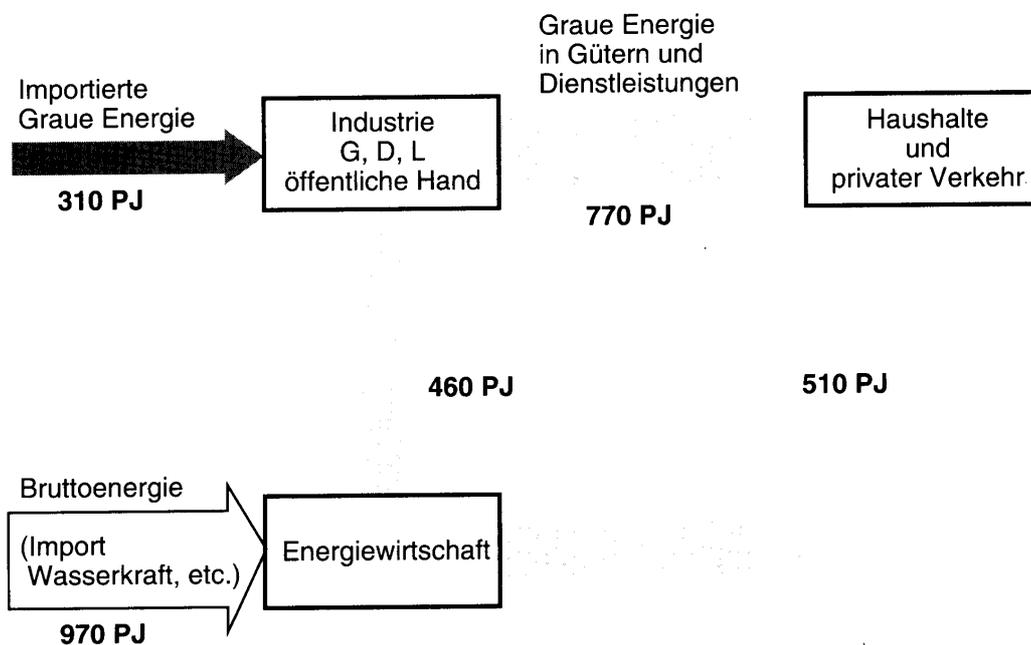


Energieteilströme	
A 105 MJ	B 395 MJ
Agrochemie 7 MJ Landwirtschaft 18 MJ Verpackung 12 MJ Nahrungsmittelindustrie 20 MJ Transport und Lagerung 18 MJ Kochen und Kühlen 30 MJ	Kleidung 25 MJ Behausung 245 MJ Hygiene und Gesundheit 25 MJ Kommunikation inklusive Reisen 100 MJ

Figur 12 Energieflussdiagramm der Sonnenenergie, die auf die Landwirtschaftsfläche auftrifft und der technischen Energie, die ein Durchschnittsschweizer täglich verbraucht



Figur 13 Stufen der technischen Energieumwandlung



Figur 14 Graue Energie der von den Haushalten nachgefragten Güter und Dienstleistungen in der Schweiz im Jahr 1988

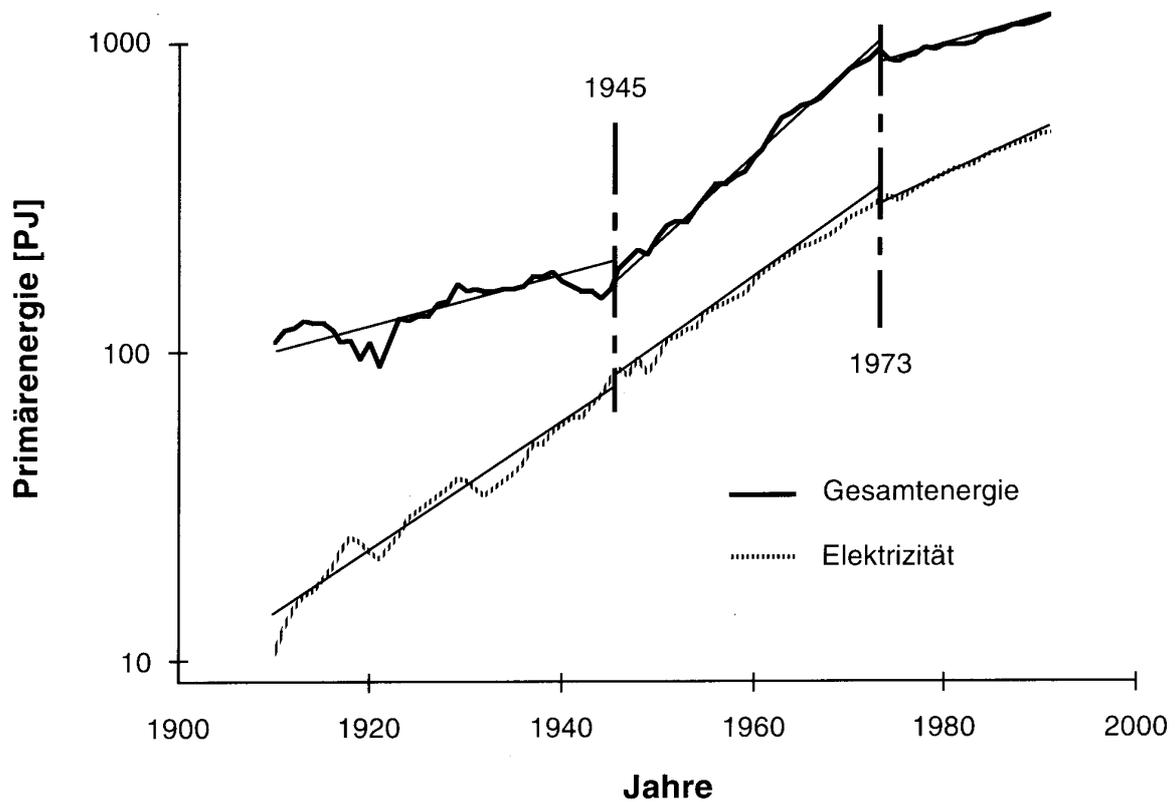
inklusive dem Transport und der Herstellung aller benötigten Materialien und Einrichtungen, bis hin zum Verkauf. Figur 14 zeigt die graue Energie für die ganze Schweiz. Direkt benötigten die Haushalte im Jahr 1988 5 1 0 PJ an technischer Energie. In den eingekauften Gütern und Dienstleistungen waren zudem 770 PJ an grauer Energie enthalten. Die importierte graue Energie betrug ungefähr 3 1 0 PJ - rund ein Viertel des gesamten Primärenergieverbrauchs der Schweiz.

Energiebedarf

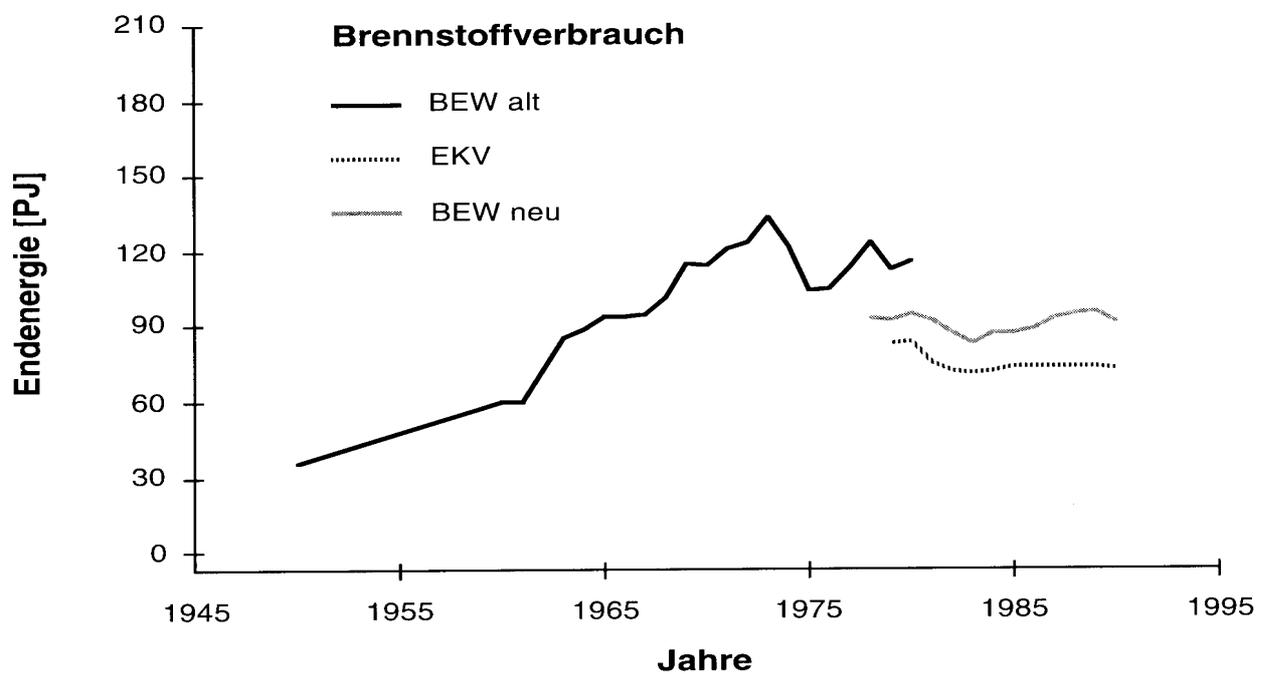
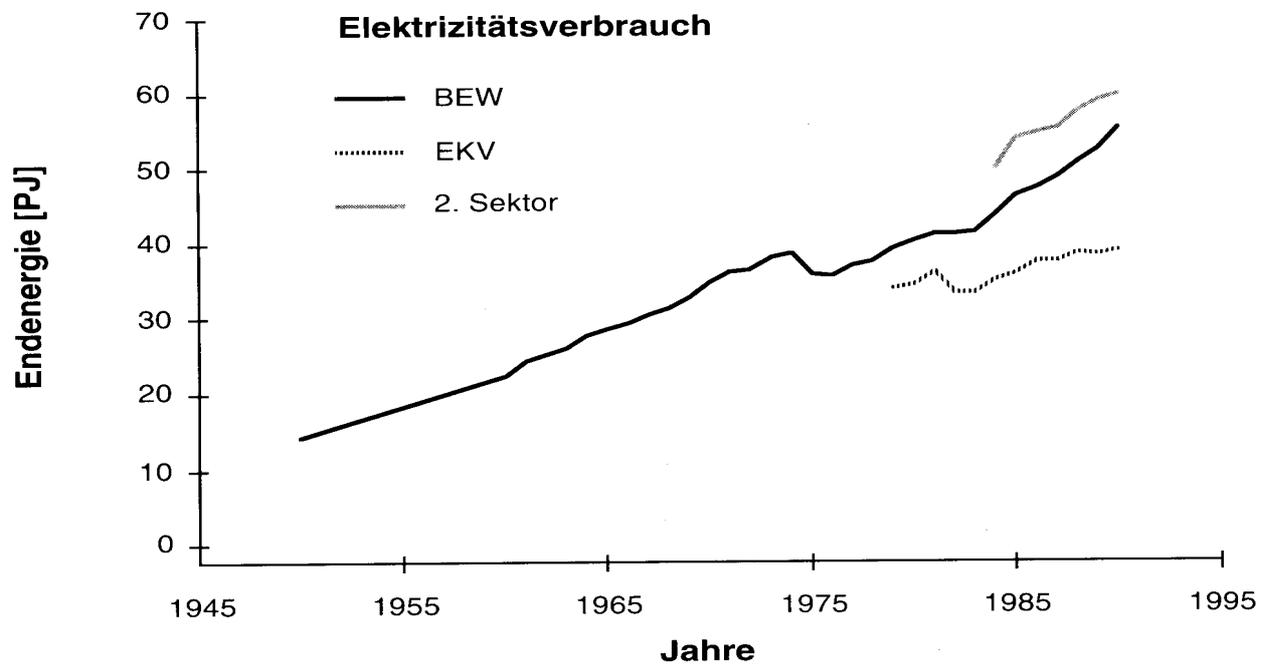
Entwicklung des
Energieverbrauches

Die Entwicklung des Energieverbrauchs der Schweiz von 1910 bis 1991 ist in

Figur 15 dargestellt - sowohl gesamthaft als auch der Elektrizitätsverbrauch auf Stufe Primärenergie. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts schritt die Elektrifizierung von Wirtschaft und Haushalten schnell voran. Von 1945 bis 1973 wuchs der Gesamtenergieverbrauch schneller als der Elektrizitätsverbrauch. Die erste Erdölkrise bremste das Wachstum des Brennstoffverbrauchs, wobei sich die Elektrifizierungs-



Figur 15 Primärenergieverbrauch der Schweiz. Eingezeichnet sind Regressionsgeraden für die Perioden 1910 bis 1945 und 1945 bis 1973 und 1973 bis 1991.

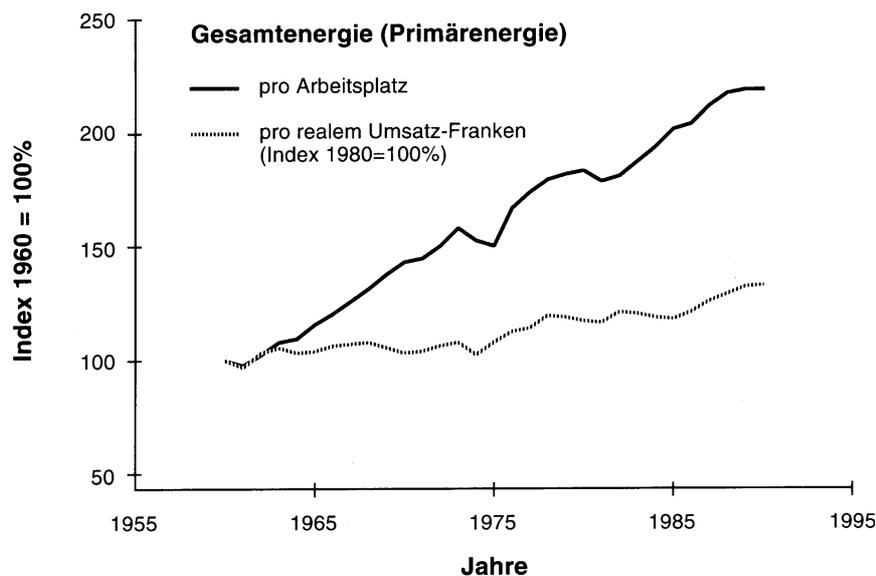


Figur 16: Endenergieverbrauch der schweizerischen Industrie. Die vertikalen Skalen sind so gewählt, dass die etwa dreimal höhere Wertigkeit (und Nützlichkeit) der Elektrizität gegenüber den Brennstoffen berücksichtigt ist.

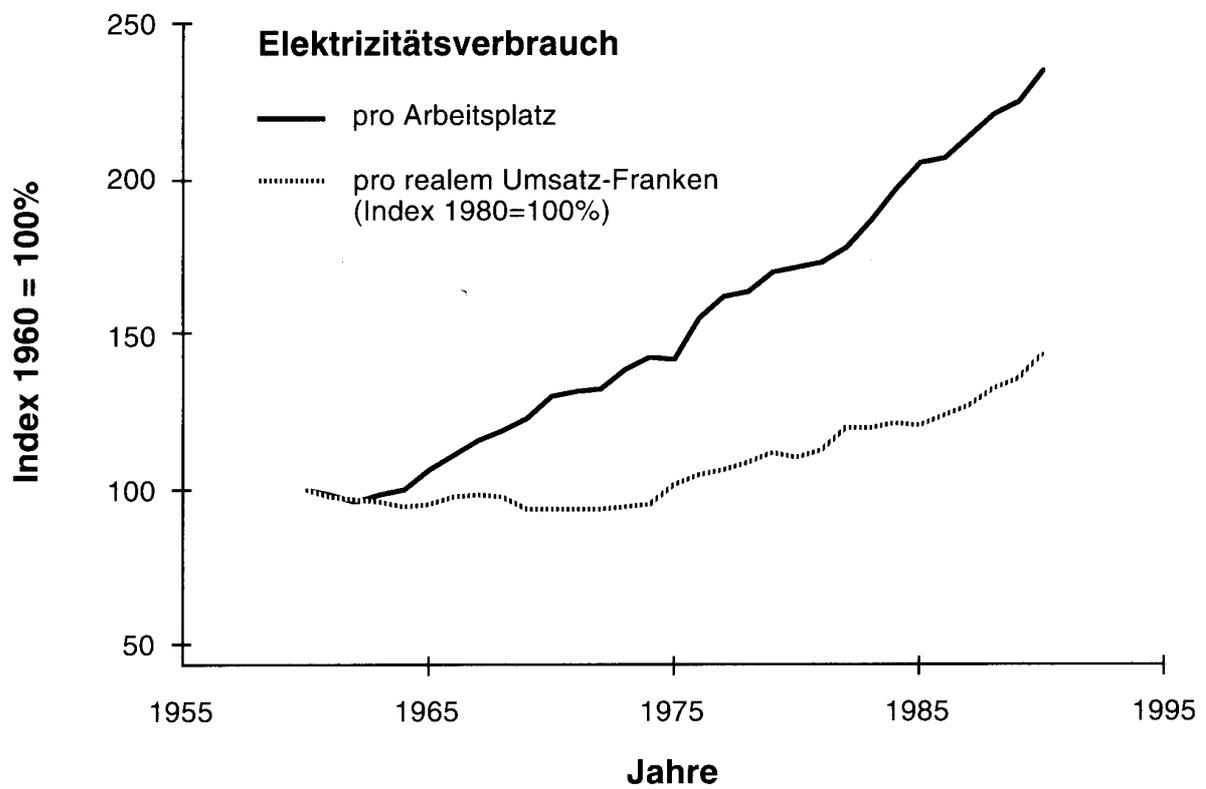
Tendenz fortsetzte. Gesamtenergieverbrauch und Elektrizitätsverbrauch nahmen in diesen Perioden im Prinzip exponentiell zu. Dabei wuchs der Elektrizitätsverbrauch über die gesamte Zeit stetiger und in der ersten Phase wesentlich schneller als der Gesamtenergieverbrauch.

Energiebedarf der Die Entwicklung des Brennstoff- und Elektrizitätsverbrauchs der Wirtschaft schweizerischen Industrie ist in Figur 16 für die Jahre 1950 bis 1990 dargestellt. Das unerfreuliche Problem der Datenerhebung erkennbar an den grossen Sprungstellen in den Kurven - muss hier ausgeklammert bleiben. Deutlich ist zu sehen, dass der Stromverbrauch fortwährend zunahm, der Brennstoffverbrauch seit 1973 aber mehr oder weniger konstant blieb.

Gewinnt man aus den Kurvenstücken von Figur 16 kontinuierliche Datenreihen für den Wirtschaftssektor "Industrie und verarbeitendes Gewerbe" und bezieht man diese Daten auf Umsatz und Anzahl Arbeitsplätze, so resultieren Darstellungen wie Figur 17 für die Gesamtenergie, gemessen in Primärenergie, und Figur 18 für die Elektrizität. Auf Stufe Primärenergie gemessen, macht die Elektrizität heute 60 % des Gesamtenergieverbrauchs der Industrie aus. Auch die Ausgaben für die Elektrizität betragen mehr als die Hälfte der gesamten Energieausgaben der Industrie.



Figur 17 Gesamtenergieverbrauch pro Arbeitsplatz und pro realem Umsatz-Franken für den Wirtschaftssektor "Industrie und verarbeitendes Gewerbe" in der Schweiz



Figur 18 Elektrizitätsverbrauch pro Arbeitsplatz und pro realem Umsatz-Franken für den Wirtschaftssektor "Industrie und verarbeitendes Gewerbe" in der Schweiz

Trotz des seit 1973 bescheidenen Umsatzwachstums im industriellen Sektor und vieler einzelner Betriebe, die massiv Energie sparten, nahm die Energieintensität der Industrie als Ganzes zu.

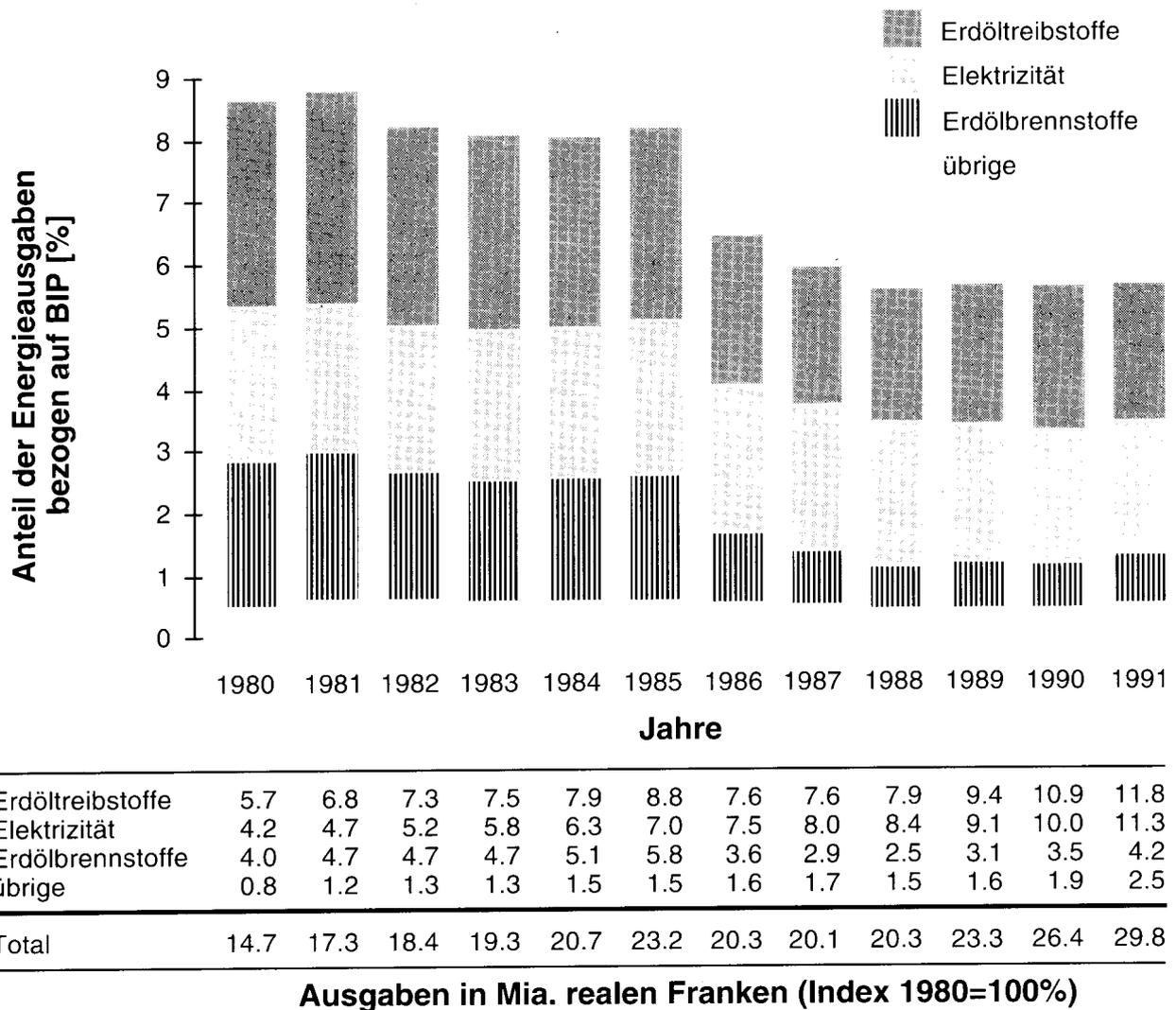
3.4 Wechselwirkungen von Energie und Wirtschaft

Wirtschaftswachstum und Strukturveränderungen

Energieverbrauch

Wirtschaftliche Entwicklung bestimmt massgebend die Endenergienachfrage. Die wirtschaftliche Entwicklung eines Landes wird gewöhnlich in Geldeinheiten gemessen, z.B. mit dem Bruttoinlandprodukt (BIP). Dieses Mass ist zwar sehr unvollständig, dafür aber relativ leicht zu bestimmen. Figur 19 zeigt die Energieausgaben der Schweiz als prozentualen Anteil am BIP.

Die Energienachfrage auf volkswirtschaftlicher Stufe misst man oft auf Stufe Primärenergie. Figur 20 zeigt für die Schweiz einen



Figur 19 Energieausgaben der Schweiz als Anteil am BIP und in realen Franken

Zusammenhang
Energieverbrauch und
Wirtschaftsentwicklung

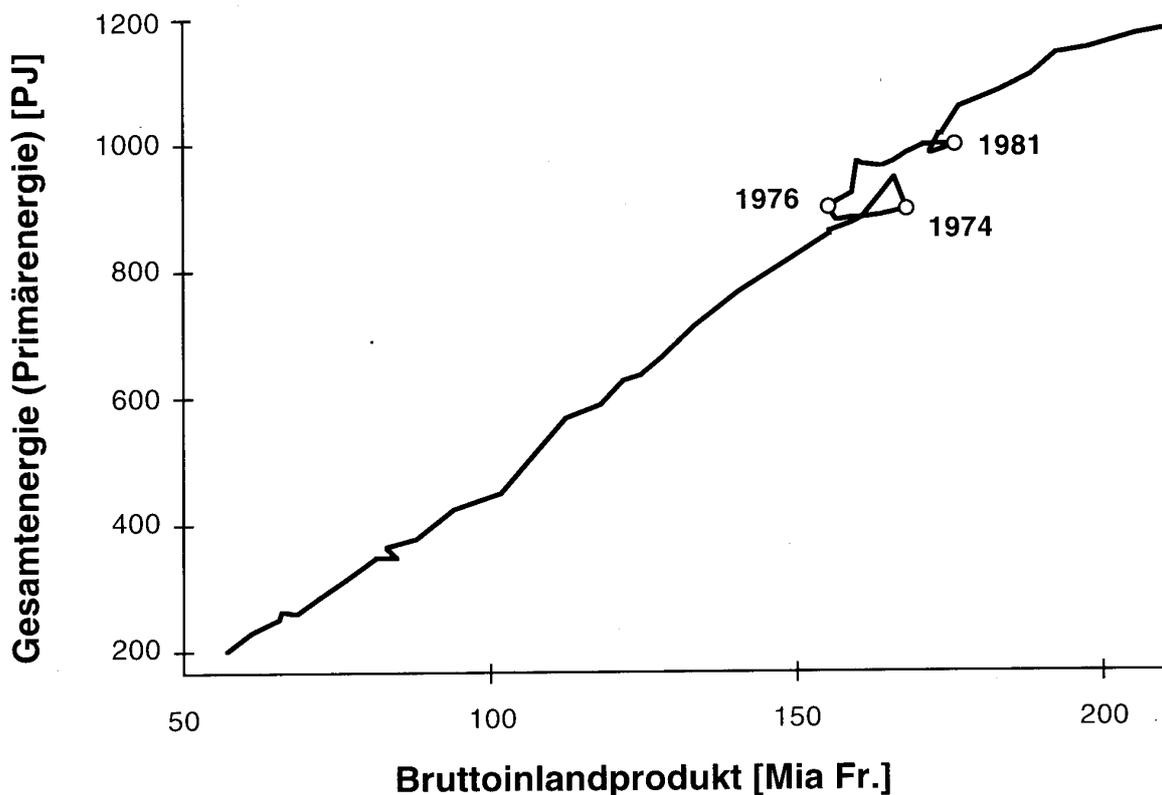
starken (linearen) Zusammenhang zwischen BIP und Primärenergieverbrauch.

Interessanterweise blieb der enge Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und wirtschaftlicher Entwicklung auch in den beiden Ölkrisen fast unverändert. Dies lässt sich an der beinahe konstanten Steigung der Kurve über viele Jahrzehnte ablesen. Diese Konstanz gibt den Anschein, als handle es sich um ein Naturgesetz. Unklar ist allerdings, ob der Energieverbrauch das Wirtschaftswachstum bewirkt oder umgekehrt. Die Vermutung liegt nahe, dass der Gang der Wirtschaft den Gesamtenergiekonsum bestimmt.

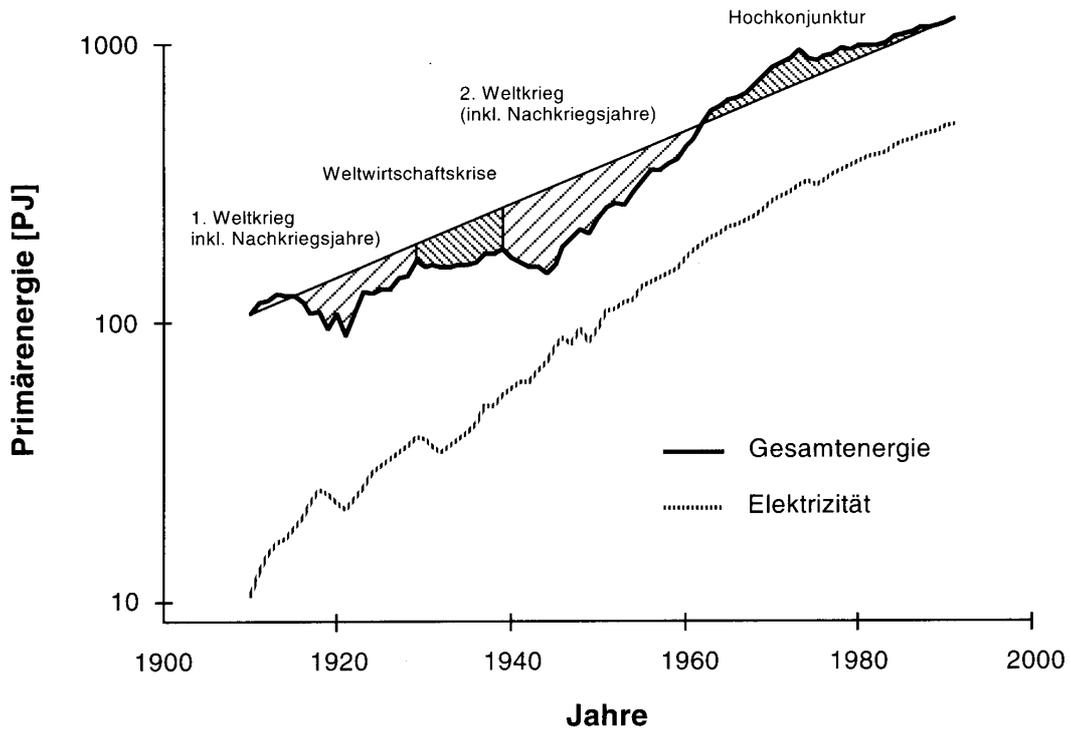
äussere Einflüsse

Der Gesamtenergieverbrauch der Schweiz von 1910 bis 1991 scheint jedenfalls stark von äusseren Einflüssen bestimmt zu sein: Die Einflüsse der beiden Weltkriege einschliesslich die Nachkriegsjahre, der Weltwirtschaftskrise und der Jahre der Hochkonjunktur sind gut erkennbar (Figur 2 1).

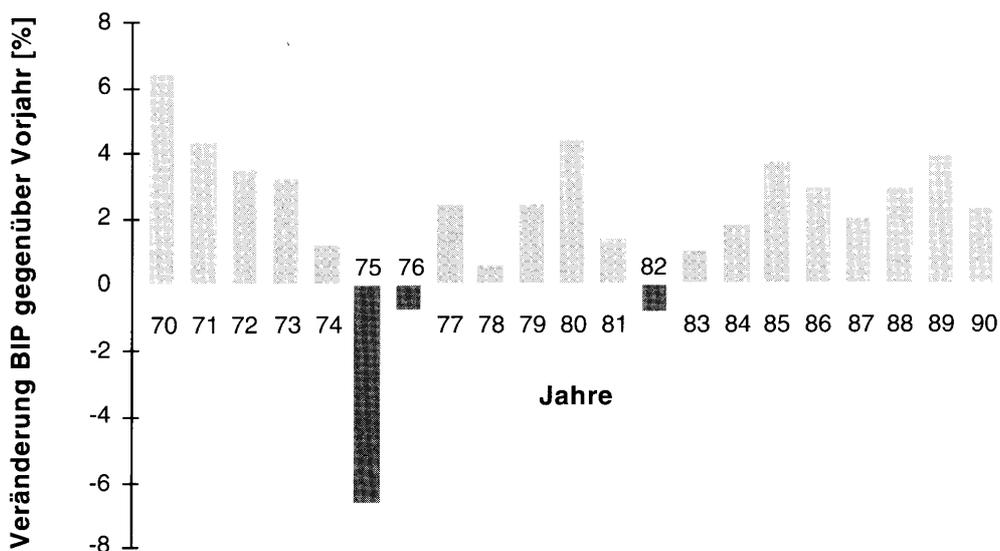
Der Gang der Wirtschaft hat also tatsächlich einen deutlichen Einfluss auf den Energieverbrauch.



Figur 20 Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und wirtschaftlicher Entwicklung



Figur 21 Gesamtenergieverbrauch der Schweiz. Die Gerade ist ganz einfach als Verbindung des ersten und letzten Punktes hineingezeichnet worden.



Figur 22 Reale Veränderung des BIP gegenüber dem Vorjahr (Index 1980 = 100%). Energiekrise 1973: negatives Wachstum 1975 bis 1976; Energiekrise 1979: negatives Wachstum 1982

Rezessionen

Das Wirtschaftswachstum wurde in den Rezessionen, die den beiden Energiekrisen 1973 und 1979 folgten, jeweils gestoppt (Figur 22). Wie unmittelbar und kausal die Rezessionen mit den Energiekrisen zusammenhängen, ist schwer zu sagen.

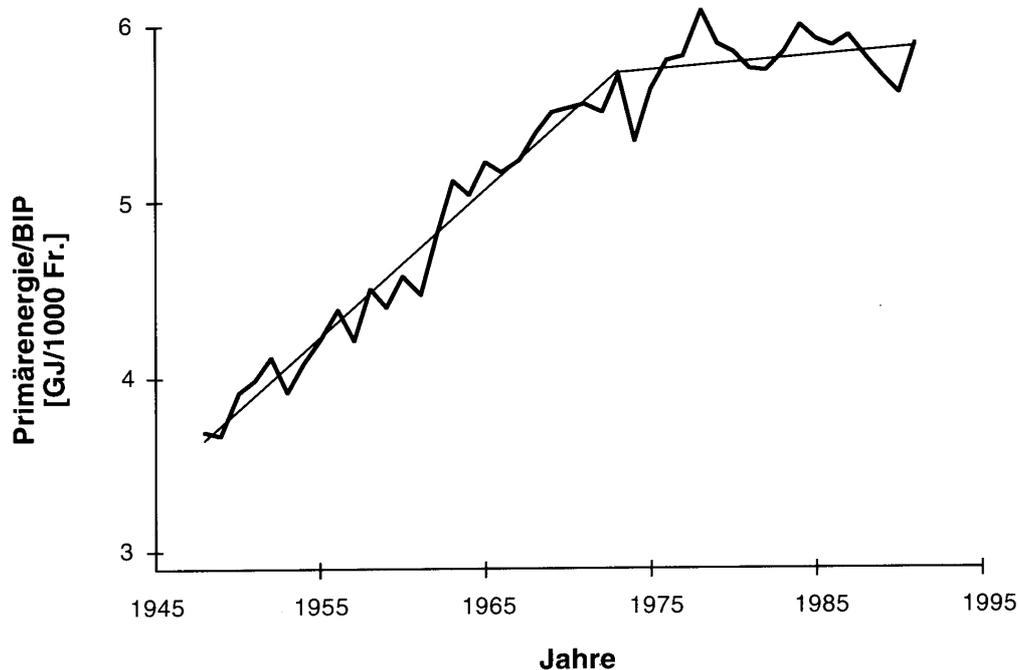
*kaum
Strukturveränderungen
durch Ölkrisen*

Haben die Ölkrisen auch die Struktur der Wirtschaft verändert? Interessante Hinweise gibt allenfalls das Verhältnis von Primärenergiekonsum zum Bruttoinlandprodukt. Es ist ein häufig verwendeter Indikator zur gesamtwirtschaftlichen Charakterisierung der Energienachfrage und hat wohl sehr viel mit der Struktur der Wirtschaft zu tun.

Zeichnet man das Verhältnis Primärenergie zu BIP als Funktion der Jahre auf, ergibt sich für die letzten zwanzig Jahre kein sehr deutliches Bild (Figur 23).

Sonderfall Schweiz

Bei der Entwicklung der Energieintensität nimmt die Schweiz eine besondere Stellung ein. Anders als Grossbritannien, USA, Deutschland, Frankreich und Japan im Übergang von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft hat die Schweiz keine sin-



Figur 23 Energieintensität in der Schweiz. Eingezeichnet sind die beiden Regressionsgeraden für die Perioden 1948 bis 1973 und 1973 bis 1991

kende Energieintensität aufzuweisen (Figur 24). Allerdings zeichnet sich neuerdings auch für die Schweiz eine Entwicklung ab wie bei einem "normalen" Industrieland.

*Strukturveränderungen
in einzelnen
Verbrauchssektoren*

Betrachtet man den Energieverbrauch für einzelne Verbrauchergruppen, würden die grossen Fortschritte im Raumwärmebereich, umgekehrt aber auch die gewaltigen Verbrauchszunahmen im Verkehr sichtbar. Ob diese Veränderungen als Strukturveränderungen zu bezeichnen sind, ist Definitionssache.

Im Verbrauchssektor Industrie scheinen keine dramatischen Umwälzungen stattgefunden zu haben (Figuren 17 und 18).

*Grundstoffindustrie:
abnehmende Bedeutung*

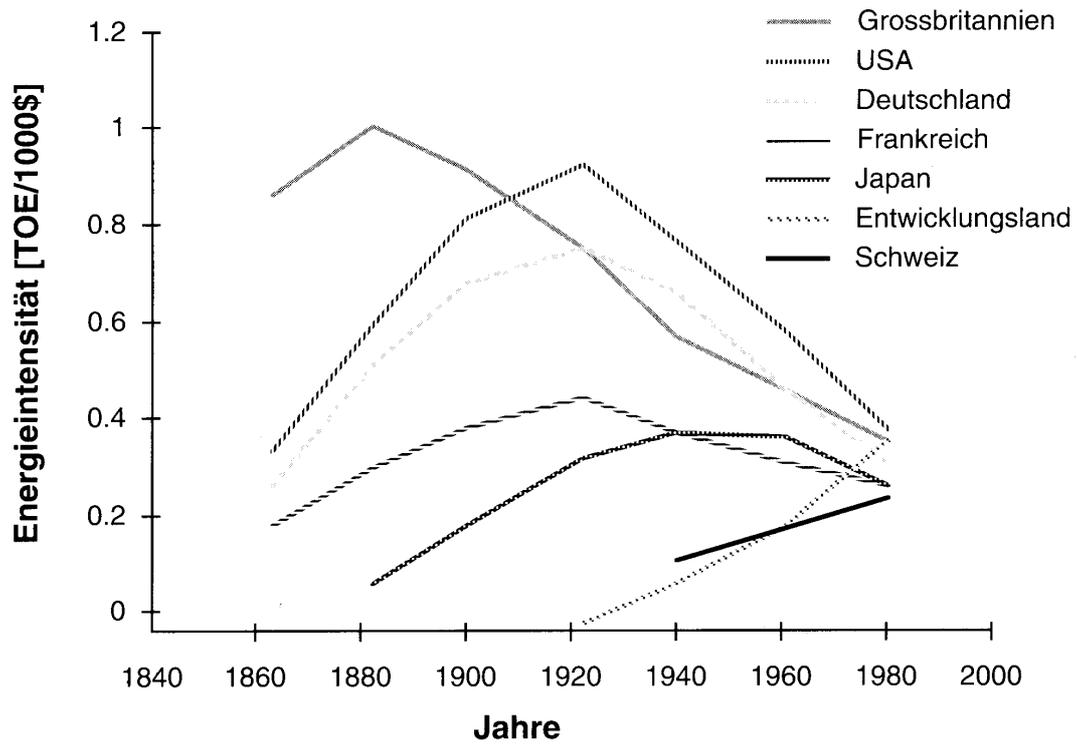
Im Ausland bildete sich die Grundstoffindustrie teilweise markant zurück, was den Energieverbrauch der betreffenden Länder deutlich senkte. Solche Effekte fehlten in der Schweiz. Die Grundstoffindustrie war in der Schweiz kaum je bedeutend, also konnten sich Strukturänderungen in diesem Bereich nicht merklich auf die Energieintensität auswirken. Viele Bereiche der Grundstoffherstellung steigerten ihre Effizienz bei einzelnen Prozessen im Lauf der Jahre, so zum Beispiel in der Herstellung von Aluminium (Figur 25). Da bei diesen Prozessen der Energieverbrauch ein wesentlicher Kostenfaktor ist, versuchte man ihn ständig zu minimieren. Die erzielte Senkung des spezifischen Energieverbrauchs ist in diesen Industrien ein Mass des technischen Fortschritts. Doch heute lässt sich die Energieeffizienz in der industriellen Grundstoffproduktion kaum noch steigern.

Recycling

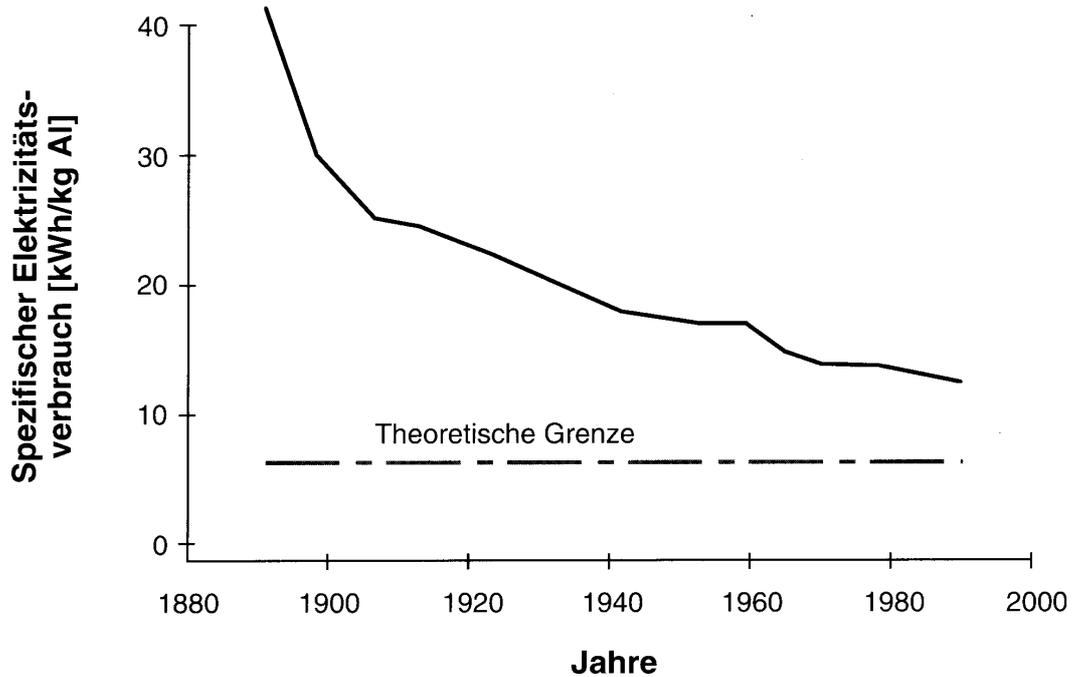
Energiewirtschaftlich schlägt neben den Prozessverbesserungen auch zu Buche, wenn sich die Wiederverwendungsraten von Grundstoffen verbessern. Insbesondere bei metallischen Grundstoffen ist das Recycling meist viel energie günstiger als die Produktion aus Rohstoffen. Ökologisch ist die Verminderung des spezifischen Energieaufwandes ein zweischneidiges Schwert: Wird effizienter produziert, so lassen sich meistens auch grössere Mengen verkaufen, was die Produktion wiederum steigert.

*Industrie und Gewerbe:
mehr Energie,
weniger Arbeit*

Die Entwicklung in der schweizerischen Wirtschaft (Sektor Industrie und verarbeitendes Gewerbe) entspricht viel eher der Entwicklung anderer Länder, wenn man deren Grundstoffindustrie ausklammert. Die Energieintensität nimmt unter anderem zu, weil fortschreitende Automation immer mehr manuelle Arbeit durch Energie substituiert.



Figur 24 Energieintensitäten in verschiedenen Ländern



Figur 25 Spezifischer Elektrizitätsverbrauch für die Aluminiumgewinnung durch Elektrolyse

Energiepreise und Energieverfügbarkeit

<i>Energiepreis und Energieverbrauch</i>	<p>Quervergleiche verschiedener Länder, aber auch Zeitreihenanalysen für bestimmte Länder zeigen, dass die Energiepreise den Energieverbrauch und die Energieintensität einer Volkswirtschaft stark prägen. Die wichtigsten Ergebnisse solcher Untersuchungen:</p> <ul style="list-style-type: none">* Hohe Energiepreise führen zu geringer Energieintensität.* Kurzfristig wirken Energiepreisänderungen kaum; mittel- und langfristig wirken sie stärker, weil dann auch Anpassungen der Wirtschaft und der Haushalte wirksam werden, die mehr Zeit brauchen (Investitionen in Spartechnologien, Änderungen der Branchenstruktur usw.).* In den vergangenen Jahren gingen Energiepreissteigerungen meist mit Rezessionen einher (Ölkrise). Die Wirkung dieser beiden Phänomene auf den Energieverbrauch verstärkten sich gegenseitig. In den übrigen Jahren erhöhten Wirtschaftswachstum und Bevölkerungszunahme den Energieverbrauch tendenziell, was den Einfluss von Preisänderungen überdeckte. Werden jedoch diese Effekte mit statistischen Methoden isoliert, so lässt sich die Wirkung der Preise auf den Energieverbrauch nachweisen.
<i>Energiepreis und staatliche Abgaben</i>	<p>Die Effekte, die hinter dem Zusammenhang zwischen Preis und Energieintensität stecken, sind vielfältig und spiegeln die verschiedenen Anpassungsmechanismen einer Marktwirtschaft. Die Marktpreise für Energie sind weltweit stark von unterschiedlichen Belastungen mit Steuern und anderen Abgaben beeinflusst. Dazu kommen "natürliche" Preisunterschiede aufgrund der Topographie (Wasserkraft!), der Rohstoffverfügbarkeit (Transportkosten für fossile Energieträger) und der Siedlungsstruktur (Transportkosten, Skaleneffekte bei der Energieverteilung). Zweifellos beeinflusst der Staat über seine Abgabepolitik die Energieintensität einer Volkswirtschaft. Noch befreien viele Länder die Energieträger von allgemeinen Steuern, weil Energie als förderungswürdiges Infrastrukturgut gilt. Immer mehr setzt sich allerdings die Einsicht durch, dass Energie eher als beschränkte Ressource und umweltbelastendes Gut zu betrachten und daher möglichst sparsam und umweltschonend einzusetzen sei. Lenkungsabgaben werden politisch diskutiert oder sind, z.B. in skandinavischen Ländern, bereits eingeführt.</p>
<i>Wie wirkt sich die Energieverfügbarkeit auf die Wirtschaft aus?</i>	<p>Reduzierte Energieverfügbarkeit lässt sich in zwei Szenarien beschreiben: Kontingentierung im Krisenfall. Allmähliche Verknappung (verknüpft mit Preiserhöhung) als längerfristige Entwicklung.</p> <p>International sind, aus heutiger Sicht, Szenarien der Kontingentierung nicht sehr wahrscheinlich. Bei allmählicher Verknappung</p>

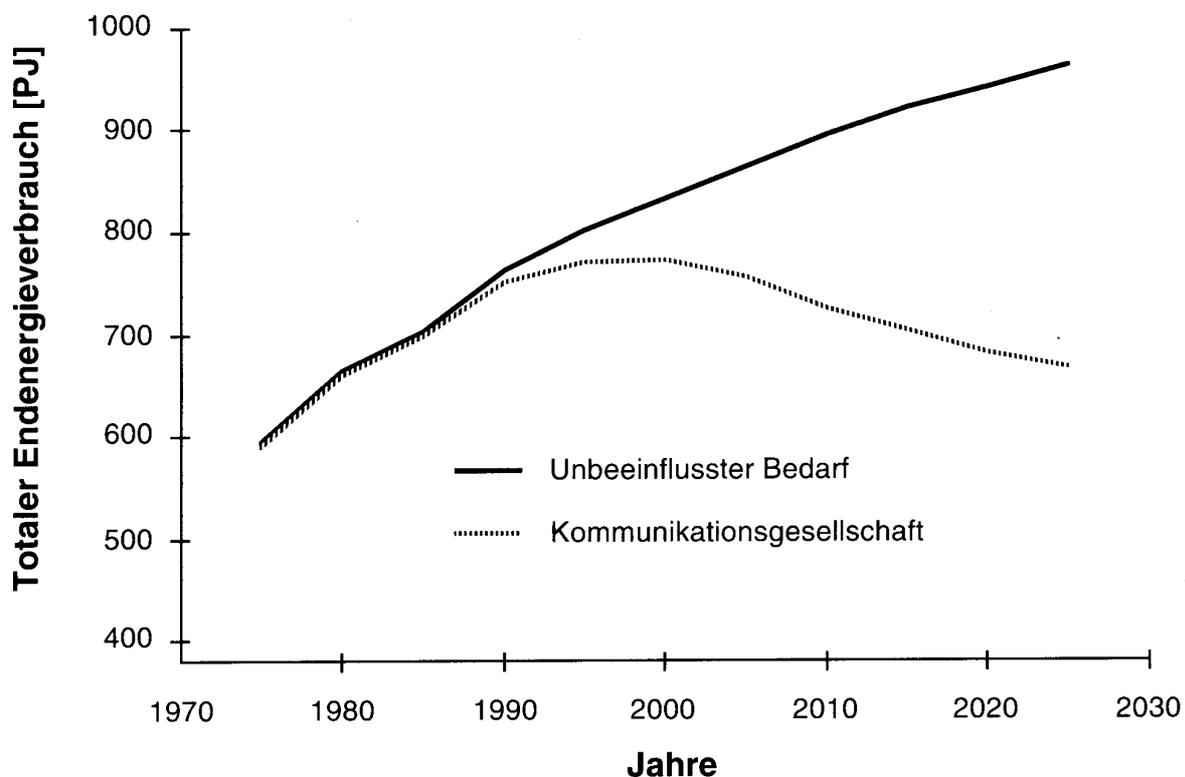
sind auf volkswirtschaftlicher Ebene zwei Effekte wichtig, die auch auf betriebswirtschaftlicher Ebene gelten:

allmähliche Verknappung

- * Wenn der Verbraucher die Energie sparsam einsetzt, kann er auch mit höheren Energiepreisen leben. Eine schweizerische Volkswirtschaft, die mit der Energie besonders sparsam umgeht, kann in Krisenzeiten auch einmal hohe Preise für das knapp gewordene Gut bezahlen.
- * Eine bestimmte Menge gelagerter Energie reicht länger, wenn man sie sparsam verwendet. Selbstverständlich ist es möglich, in Krisenzeiten den Verbrauch zu drosseln. Diese Drosselung würde aber bedeuten, auf manchen Konsum der privaten Haushalte oder allenfalls auf gewisse wirtschaftliche Aktivitäten zu verzichten. Es ist nur sehr beschränkt möglich, eine sparsame Verwendung von Energie von einem Moment zum andern zu erreichen, ohne Konsum oder Produktion einzuschränken. Rationeller Umgang mit Energie bedarf der Vorleistungen, seien es Investitionen oder neue Betriebsabläufe, die einzuführen und einzuüben sind.

Zukünftiger Energiebedarf

Prognosen über den Energiebedarf der Zukunft stützen sich auf die Wechselwirkungen zwischen technischen, wirtschaftlichen,



Figur 26 Energiebedarf der Schweiz gemäss den beiden EGES-Szenarien "Unbeeinflusster Bedarf" und "Kommunikationsgesellschaft" [12]

gesellschaftlichen und politischen Entwicklungen. Untersuchungen dieser Wechselwirkungen

- * verwenden oft technische und/oder volkswirtschaftliche Analysemethoden,
- * gehen von Datenreihen der Vergangenheit und der Gegenwart aus und versuchen, Daten auf die Zukunft zu projizieren,
- * werden durchgeführt auf der Ebene einzelner Apparate und Einrichtungen, auf der Ebene von Betrieben (oder Branchen) oder der Ebene der Volkswirtschaft.

Energieszenarien

Um den zukünftigen Energiebedarf vorauszusagen, sind nicht nur Analysemethoden, sondern auch geeignete Szenarien für die Wirtschaftsentwicklung nötig. Daraus ergeben sich Energieszenarien. Meistens gilt als Prognose jene quantitative Auswertung, der das wahrscheinlichste Szenario zugrunde liegt.

unbeeinflusster Bedarf

Als Beispiel sei ein Szenario der EGES 13 für den Endenergiebedarf bis zum Jahre 2025 erwähnt, wie Figur 26 zeigt. Diesem "Szenario unbeeinflusster Bedarf" liegt die Annahme zugrunde, die heute gültige Rechtsordnung und deren Anwendung würden nicht verändert, und die verbrauchssenkenden und verbrauchserhöhenden Einflussfaktoren seien im gleichen Masse wie bisher wirksam.

Das Szenario extrapoliert nicht nur die Entwicklung, sondern geht von zahlreichen Annahmen aus und stellt Modellberechnungen an, die zum Ziel haben, die Entwicklung so konsistent wie möglich zu entwerfen.

Kommunikationsgesellschaft

Ein anderes EGES-Szenario, mit den Begriffen "Qualitatives Wachstum" und "Kommunikationskultur" charakterisiert, hat demgegenüber einen weit kleineren Energiebedarf (Figur 26). Hauptzielsetzungen des qualitativen Wachstums sind eine umweltverträgliche Wirtschaft und gute Voraussetzungen für die persönliche Entfaltung. Für den zukünftigen Energiebedarf gibt es viele weitere Entwicklungen, zu denen unter anderem auch die rationelle Anwendung von Energie gehört. Im Szenario Kommunikationsgesellschaft stellt sich ein neues Konsumverhalten ein [14]:

- * In veränderten Rahmenbedingungen für die produzierende Wirtschaft (z.B. Internalisierung externer Kosten) werden Massengüter relativ teurer gegenüber individuell angefertigten Qualitätsprodukten.
- * Die Technik flexibler Automatisierung macht die Produktion individuell angefertigter Qualitätsprodukte zu wenn auch nicht tiefen, so doch erschwinglichen Preisen möglich.
- * Höhere Einkommen steigern die Nachfrage nach teureren, d.h. qualitativ höherwertigen und auf die Kundenwünsche individuell abgestimmten Produkten und Dienstleistungen.

Denkanstösse für die Energiepolitik

Auch wenn ein solches Szenario nicht sehr wahrscheinlich ist, gibt es doch interessante Denkanstösse für die Energiepolitik und zeigt auf, in welche Richtung die Entwicklung gehen oder sanft gelenkt werden könnte. Diese Denkanstösse richten sich insbesondere an die Adresse der Politik. Was kann der im industriellen Alltag

eingespannte Verantwortliche damit anfangen? Wer mit Energie sparsam umgeht, kann für seinen Betrieb eine ganze Reihe von Vorteilen herausholen: bessere Rendite, umweltschonende Produktion, einen höheren technischen Stand, bessere Zusammenarbeit. Darüber hinaus gehört Energiesparen volkswirtschaftlich ebenso wie ökologisch zu den entscheidenden Überlebensstrategien.

Referenzen

- 1 RAVEL-Industrie-Handbuch, Bern, Schriftenreihe RAVEL Industrie, EDMZ, Best. Nr. 724.370.d
- 2 Leemann, R., 1992, "Methoden der Wirtschaftlichkeitsanalyse von Energiesystemen", Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern, EDMZ, Best. Nr. 724.397.12.5 1.d
- 3 Mit Energie-Fitness zu mehr Wettbewerbsvorteilen. Weiterbildung für Industriefachleute. Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern, Sommer 1993
- 4 Spreng, D., 1989, "Computer als Stromverbraucher", Bulletin SEV/VSE 80 (1989) 20, 2 1. Okt., S. 1325
- 5 Miniwatt-Report. Rationeller Energieeinsatz in der Informationstechnik und in der Unterhaltungselektronik. Bericht über das internationale Meeting für "Insider" vom 19. März 1993 in Zürich. Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern.
- 6 RAVEL-Tagung 1992, "Mehr Büro mit weniger Strom", Bestellnummer EDMZ 724.300.2
- 7 Spreng, D., Hediger, W., 1987, Energiebedarf der Informationsgesellschaft, Verlag der Fachvereine an den schweizerischen Hochschulen und Techniken (vdf), Zürich
- 8 Wolfart, F., 1993, "Analyse des Energieverbrauchs - Erfassen, Bewerten, Darstellen, Handeln", Bern, Schriftenreihe RAVEL Industrie, EDMZ, Best. Nr. 724.318.d
- 9 Spreng, D., 1986, Energiesparpotentiale in Industriebetrieben, Nationales Forschungsprogramm 44
- 10 Goeller, H.E. und Weinberg, A.M., 1976, "The Age of Substitutionability", Science 191: 683
- 11 Ein Überblick über die Umweltbelastung im Bereich der Energieversorgung wird im Projekt "Externalitäten der Wärme und Stromversorgung" gewonnen. Zudem wird in diesem Projekt, das vom Impulsprogramm PACER mit unterstützt wird, der Versuch einer quantitativen Bewertung gemacht (Schlussbericht in Vorbereitung).
- 12 Expertengruppe Energieszenarien, 1988, Energieszenarien/ Möglichkeiten, Voraussetzungen und Konsequenzen eines Ausstiegs der Schweiz aus der Kernenergie, Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bern
- 13 Bericht der Expertengruppe Energieszenarien, 1988, "Energiepolitische Entscheidungsmöglichkeiten", Bestellnummer EDMZ 805.846 d
- 14 Expertengruppe Energieszenarien, 1988, Neugesellschaftliche Prioritäten und Energiepolitik, Schriftenreihe Nr. 15, Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bern

Weiterführende Information

Schriftenreihe RAVEL-Industrie

(Stand August 1993)

- Huser A. et al.: RAVEL Industrie-Handbuch;
Bundesamt für Konjunkturfragen, Schriftenreihe RAVEL-Industrie
Best.Nr. 724.370 d, Bern 1993 Preis: Fr. 35.—
- Bélaz C., Huser A.: Erfassung des Energieverbrauchs;
Bundesamt für Konjunkturfragen, Schriftenreihe RAVEL-Industrie, Bern 1993
- Set mit 2 Bänden und Gutschein für Diskette
Best.Nr. 724.371.0 d Preis: Fr. 27.—
- Einzel erhältlich:
- Erfassung des Energieverbrauchs - Leitfaden für Industrie und Gewerbe
(mit Gutschein für Diskette)
Best. Nr. 724.371.1d Preis: Fr. 12.—
- Erfassung des Energieverbrauchs - Anleitung für den Beauftragten
Best. Nr. 724.371.2 d Preis: Fr. 15.—
- Wolfart F. et al.: Analyse des Energieverbrauchs - Erfassen, Bewerten, Darstellen, Handeln;
Bundesamt für Konjunkturfragen, Schriftenreihe RAVEL-Industrie
Best.Nr. 724.318 d, Bern 1993 Preis: Fr. 31.—
- Neyer A.: Elektroantriebe;
Bundesamt für Konjunkturfragen, Schriftenreihe RAVEL-Industrie
Best.Nr. 724.332 d, Bern 1993 Preis: Fr. 9.—
- Spreng D., Schwarz J.: Energie - ihre Bedeutung für die Wirtschaft;
Bundesamt für Konjunkturfragen, Schriftenreihe RAVEL-Industrie
Best.Nr. 724.316 d, Bern 1993 Preis: Fr. 22.—
- Jaun C.: Messen von Leistungen und Energien in der Industrie;
Bundesamt für Konjunkturfragen, Schriftenreihe RAVEL-Industrie
Best.Nr. 724.377 d, Bern 1993 (Auslieferung Oktober 1993)
- Hasenböhler R. et al.: Organisation und Energiemanagement;
Bundesamt für Konjunkturfragen, Schriftenreihe RAVEL-Industrie
Best.Nr. 724.374 d, Bern 1993 (Auslieferung Oktober 1993)

Bestellung mit Fax

Ich/wir bestelle/n die angekreuzten Publikationen mit Rechnung

Firma _____

Name _____

Strasse, Nr. _____

PLZ, Ort _____

Unterschrift _____

Bestellschein faxen an: EDMZ, 3000 Bern, Fax 031 61 39 75

Materialien zu RAVEL

- ❑ Blanck, M. et al.: Organisationsstrukturen;
Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 12: Industrie;
Best. Nr. 724.397.12.57 d, Bern (in Vorbereitung)
- ❑ Bongard, M., Jufer, M.: Analyse du rendement énergétique de processus industriels de productique;
Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 21: Force;
Best.Nr. 724.397.21.55 f, Bern 1992 Preis: Fr. 12.—
- ❑ Fischli, U. et al.: Elektrizitätsbedarf in der Zementindustrie;
Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 21: Kraft;
Best.Nr. 724.397.21.61 d, Bern 1992 Preis: Fr. 12.—
- ❑ Hässig, W., Naef, R.: Elektrizitätsbedarf von Textildruckmaschinen;
Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 21: Kraft;
Best.Nr. 724.397.21.51 d, Bern 1992 Preis: Fr. 12.—
- ❑ Leemann, R.: Grundbegriffe der Energiewirtschaft (Glossar);
Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 12: Industrie;
Best.Nr. 724.397.12.51.1 d, Bern 1992 Preis: Fr. 12.—
- ❑ Leemann, R.: Methoden der Wirtschaftlichkeitsanalyse von Energiesystemen;
Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 12: Industrie;
Best.Nr. 724.397.12.51.2 d, Bern 1992 Preis: Fr. 12.—
- ❑ Müller A., Walter F.: RAVEL zahlt sich aus. Praktischer Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsberechnungen; Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 42: Animation und Umsetzung;
Best.Nr. 724.397.42.01 d, Bern 1993 Preis: Fr. 12.—
- ❑ Wolfarth, F. et al.: Kennwerte betrieblicher Prozessketten;
Bundesamt für Konjunkturfragen, Materialien zu RAVEL, Ressort 12: Industrie;
Best.Nr. 724.397.12.54 d, Bern 1992 Preis: Fr. 12.—

Weitere Publikationen

- ❑ Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern: Strom rationell nutzen;
Verlag der Fachvereine an den schweizerischen Hochschulen und Techniken (vdf), Zürich 1992
Preis: Fr. 76.—
- ❑ Erdmann, G., 1992, Energieökonomik, Verlag der Fachvereine an den schweizerischen Hochschulen und Techniken (vdf), Zürich
- ❑ Gabathuler, R. et al.: Elektrizität im Wärmesektor; Wärmekraftkopplung;
Bundesamt für Konjunkturfragen
Best.Nr. 724.354 d, Bern (in Vorbereitung)
- ❑ Spreng, D., 1991, Wieviel Energie braucht die Energie?, Verlag der Fachvereine an den schweizerischen Hochschulen und Techniken (vdf), Zürich
- ❑ Varchim, J., Radkau, J., 1981, Kraft, Energie und Arbeit. Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH, Hamburg

Die drei Impulsprogramme des Bundesamtes für Konjunkturfragen 1990 bis 1995

Impulsprogramme sind auf 6 Jahre befristete Massnahmen zur Vermittlung von neuem Wissen in die berufliche Praxis. Ansatzpunkte sind zielgruppengerechte Information, Aus- und Weiterbildung. Die Vorbereitung und Durchführung erfolgt in enger Kooperation von Wirtschaft, Bildungsinstitutionen und Bund.



IP BAU

IP BAU – Erhaltung und Erneuerung

Der volkswirtschaftliche Stellenwert der baulichen Erneuerung ist bedeutend; schon heute werden mehr als 50% der jährlichen Bauinvestitionen für die Bauserneuerung inkl. Ersatzneubau aufgewendet. Nur mit vermehrter fachlicher Kompetenz und ganzheitlichem Denken kann verhindert werden, dass die Qualität unserer Bauten und Anlagen, aber auch die wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Werte unserer Quartiere, Siedlungen, Dorf- und Stadtteile verlorengehen. Das Impulsprogramm BAU erarbeitet Wissen aus den Bereichen Hochbau, Tiefbau und Umfeld – gesamtgesellschaftlich und umweltgerecht –, um die Qualität der Erneuerung und Erhaltung zu verbessern und mit guten Lösungen die bestehende Bausubstanz an die heutigen und zukünftigen Anforderungen von Funktion und Nutzung heranzuführen.



RAVEL

RAVEL – Rationelle Verwendung von Elektrizität

Forschungs- und Untersuchungsprojekte des Impulsprogrammes RAVEL über den Stromverbrauch in Industrie, Dienstleistung und Haushalt zeigen: Elektrische Energie wird heute oft nicht oder zu wenig intelligent genutzt. D. h. dieselbe Leistung könnte mit einem Bruchteil des bisherigen Stromverbrauches erzielt werden und das wirtschaftlich, ohne Komforteinbusse. Zudem werden mit Strom zum Teil Leistungen erzeugt, für die sich kein Bedürfnis nachweisen lässt. Wird der heute nicht intelligent genutzte Strom frei, erhält unsere Volkswirtschaft Spielräume. Damit diese Chance genutzt werden kann, müssen die RAVEL-Erkenntnisse in der Praxis wirksam werden. Dazu werden sie von Fachleuten in sofort anwendbares, praxishohes Wissen aufgearbeitet und in Weiterbildungskursen, Informationsveranstaltungen und Publikationen an die Praxis vermittelt.



PACER

PACER – Erneuerbare Energien

Erneuerbare Energien können – so die Beurteilung von Experten – einen nicht unwesentlichen Anteil an die Deckung des Energiebedarfs leisten. Sie zeichnen sich ausserdem durch ihre Umweltverträglichkeit aus. Trotzdem ist ihre Anwendung momentan noch gering.

Hier setzt PACER an. Das Impulsprogramm will Techniken im Bereich erneuerbarer Energien fördern, die ausgereift sind und sich nahe an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit befinden: passive und aktive Sonnenenergienutzung für die Wärmeerzeugung, Energiegewinnung aus Biomasse und solare Stromproduktion. Zu diesem Zweck bereitet PACER bestehendes Wissen auf, erarbeitet und vermittelt unter anderem Planungshilfen für Architekten, Ingenieure und Installateure sowie Entscheidungsgrundlagen für Bauleute und Behörden.

Energie ist ein wertvolles Gut.

Ihr rationeller Einsatz zahlt sich aus, weil er

- **Kosten spart,**
- **den technischen Stand insgesamt fördert,**
- **zu besseren Produkten führt,**
- **die Mitarbeiter als Bürger ernst nimmt,**
- **eine bessere künftige Versorgung sicherstellt,**
- **die Umwelt schützt und schliesslich mithilft,**
- **die schweizerische Wirtschaft international konkurrenzfähig zu erhalten.**

RAVEL für die Industrie.