

Energieverbrauch und Einsparungsmöglichkeiten in der Industrie

1. Teil: Verbrauchs- und Preisentwicklung¹⁾

Industrielle Produktionsprozesse benötigen energetische Dienstleistungen, z. B. die Erwärmung eines Materialstücks auf eine bestimmte Temperatur, motorische Antriebskraft, Beleuchtung einer bestimmten Intensität und auch die Erwärmung der Betriebsstätte auf eine bestimmte Temperatur. Diese Energiedienstleistungen werden durch Nutzenergie (Wärme, mechanische Energie, Nutzelektrizität für Elektrolyse und Galvanik, Licht) bereitgestellt. Die benötigte Nutzenergie wird über Energiewandler (Wärmetauscher, Kessel, Öfen, Motoren, Umformer, Lampen) und Zwischenträger (Warmwasser, Dampf, Warmluft, Druckluft, Gleichstrom) aus dem Endenergieverbrauch abgeleitet, der sich aus den Energieträgern Fernwärme, Abwärme, Brennstoffe und Strom zusammensetzt. Zwischen Endenergie und Nutzenergie liegt eine Reihe von Verlusten, die durch Umwandlung, Transport, Verteilung, Speicherung und bei der Anwendung entstehen. Die Endenergie des einzelnen Sektors (hier Industrie) wird durch Primärenergie (fossile Brennstoffe, regenerative Energiequellen) und abgeleitete Energie (Kohlenprodukte, Mineralölprodukte, Gas und Strom) bereitgestellt, wobei auch hier Umwandlungs- und Transportverluste auftreten²⁾

Die meisten Energieanalysen einzelner Sektoren setzen, wie auch die vorliegende, beim Endenergieverbrauch an, hauptsächlich deswegen, weil ein Großteil des vorliegenden statistischen Zahlenmaterials auf diesem Energiekonzept aufbaut. Die Gefahr einer solchen Betrachtung besteht darin, daß die Möglichkeit, die benötigte Energiedienstleistung anders als durch den bestehenden Endverbrauch zu befriedigen, außer acht gelassen wird. Damit werden die Möglichkeiten in der Konzeptkette Energiedienstleistung — Nutzenergie — Endverbrauch unterschätzt. Zwischen eingesetzter Primär- und Nutzenergie besteht etwa ein Verhältnis von 3 : 1, d. h. nur etwa ein Drittel der eingesetzten Energie wird tatsächlich genutzt. Die Suche nach effizientem Energieeinsatz muß darauf abzielen, in der Prozeßkette Energiedienstleistung — Primärenergieeinsatz alle Stadien zu erfassen und auf allen Stufen ökonomische Einsparungsmöglichkeiten zu realisieren.

¹⁾ Der 2. Teil dieser Studie über die Einsparungsmöglichkeiten wird voraussichtlich im nächsten Monatsbericht veröffentlicht.

²⁾ Diese eindeutigen strikten definitiven Abgrenzungen werden immer stärker durch neue Entwicklungen wie Kraft-Wärme-Kupplungen, Wärmepumpen und energetische Verwertung von Abfallstoffen relativiert

Der für eine bestimmte Energiedienstleistung notwendige minimale Nutzenergiebedarf ist durch physikalische Gesetzmäßigkeiten bestimmt, die eine technisch mögliche Untergrenze erkennen lassen. Der tatsächliche Energieeinsatz weicht jedoch hiervon meist ab, da er auch auf Grund anderer als technischer Einflußgrößen optimiert werden muß. Eine vorausschauende Analyse sollte von einer Bestandsaufnahme der für die einzelnen Produktionen nötigen Energiedienstleistungen ausgehen, daraus die notwendige Nutzenergie bestimmen und diese in optimaler Kombination aus Einsparungen und dem Endenergieangebot befriedigen. In Kombination mit der Verfügbarkeit der Primärenergieträger sollte letztlich ein möglichst effizientes Energieversorgungssystem geschaffen werden.

Die vorliegende Untersuchung analysiert den Verbrauch an Endenergie für die österreichische Industrie. Dabei wird ausgegangen vom effektiven Endenergieverbrauch der einzelnen Sektoren, gegliedert in einzelne Energieträger (Strom, Kohle, Koks, Gas, flüssige Brennstoffe und sonstige Energieträger), die durch die international übliche Äquivalenzmethode (orientiert an den Heizwerten des Jahres 1979) in eine einheitliche Maßzahl (Joule) gebracht und somit vergleichbar werden³⁾.

Bei der Analyse des Verbrauchs ist prinzipiell zu unterscheiden zwischen dem Verbrauch an Brennstoffen (feste, flüssige, gasförmige) und an Strom, da die Bestimmungsgründe dieser beiden Gruppen tendenziell unterschiedlich sind. Brennstoffe werden hauptsächlich für technologische Prozesse und zur Beheizung verwendet, Strom vornehmlich zum Antrieb von Maschinen. Der Stromverbrauch ist daher ein grober Indikator für den Grad der Mechanisierung und Automatisierung der Produktionsprozesse (Ausnahmen: Elektrostahlerzeugung, Elektrolyse, Galvanik u. a.).

Setzt man den effektiven Energieverbrauch (indiziert auf ein Basisjahr) in Relation zum Produktionsindex des Sektors, erhält man den Index des *spezifischen Energieverbrauchs* (Verbrauch je Produktionseinheit des jeweiligen Sektors)⁴⁾. Davon zu unterscheiden ist der *Energiekoeffizient* eines Sektors, der den Energieeinsatz in Joule in Relation zum realen Netto-Produktionswert eines Sektors ausdrückt und damit im

³⁾ Siehe: Energiebericht der Bundesregierung 1980 Wien 1980.

⁴⁾ Siehe K. Bayer: Der Energieverbrauch der österreichischen Industrie 1960 bis 1974, Monatsberichte 8/1975.

Gegensatz zum spezifischen Verbrauch absolute Vergleiche über Sektoren hinweg zuläßt. Mit Hilfe des Energiekoeffizienten können die einzelnen Sektoren hinsichtlich ihrer realen Energieintensität gereiht werden, während der spezifische Verbrauch nur innerhalb eines Sektors im Zeitablauf analysiert werden kann⁵⁾.

Rein schematisch läßt sich der Index des spezifischen Energieverbrauchs in zwei Komponenten teilen: in eine Strukturkomponente, die den Effekt von Änderungen in der Produktionsstruktur nachzeichnet, und einen *Rationalisierungstrend*, der die von solchen Strukturänderungen bereinigte Entwicklung, also die Steigerung der Energieeffizienz in den einzelnen Sektoren, widerspiegelt. Natürlich läßt sich auch der spezifische Verbrauch in den einzelnen Industriebranchen wieder zerlegen in einen Effekt, der auf Änderungen in der Produktstruktur innerhalb der Branche zurückgeht, und in einen, der Effizienzsteigerungen bei einzelnen Produktionsprozessen abbildet. Allerdings ist diese Zerlegung aus Datengründen für die einzelnen Branchen nicht durchführbar (da es keine Energieverbrauchsdaten für einzelne Produkte und

Produktgruppen gibt). Daher wird vereinfachend der Verlauf des spezifischen Verbrauchs der Einzelbranchen als Effizienzänderung interpretiert. Da per Saldo auch innerhalb der Branchen (wie in der Gesamtindustrie) der Produktionsstrukturwandel energiesparend war⁶⁾, wird durch diese Vereinfachung die Zunahme der Energieeffizienz für die Vergangenheit überschätzt.

Als Energieeinsparung oder Effizienzsteigerung wird im folgenden jede sich aus der Senkung des spezifischen Verbrauchs ergebende (relative oder absolute) Reduzierung des effektiven Energieverbrauchs bezeichnet:

$$\Delta E = E_t - E_{t-1} = P_t (SP_t - SP_{t-1}),$$

wobei E der Effektivverbrauch, ΔE die "Einsparung", P der Produktionsindex und SP der spezifische Verbrauch ist.

Der erste Teil der Untersuchung gibt einen kurzen Überblick über die Entwicklung des Endenergieverbrauchs in der österreichischen Industrie, wobei der "Strukturbruch" seit dem ersten "Erdölpreisschock" im Oktober 1973 besonders beachtet wird. Es wird untersucht, ob es zu Verhaltensänderungen kam, die sich auf die Entwicklung des effektiven sowie des spezifischen Energieverbrauchs niedergeschlagen haben, bzw. ob und in welchem Maße Substitutionen zwischen den einzelnen Energieträgern stattfanden. Weiters wird die Bedeutung von Änderungen in der Produktionsstruktur für den Energieverbrauch aufgezeigt. Zusätzlich wird analysiert, wie sich die Preise der einzelnen Energieträger für die Industrie seit 1964 und dann seit 1973 entwickelt haben, und auch, inwiefern es für die einzelnen Branchen möglich war, Preiserhöhungen weiterzugeben. Daran schließt sich eine kurze Untersuchung, ob und inwieweit einzelne Branchen Energie zu niedrigeren Preisen beziehen als andere, und ob solche Preisvorteile über die Zeit hin beibehalten werden konnten. Eine Regressionsanalyse versucht, Änderungen im spezifischen Verbrauch auf ihre Hauptbestimmungsgründe hin abzutasten, die in relativen Preissteigerungen sowie in der

⁵⁾ Die vorliegende Analyse betrifft jeweils den direkten Endverbrauch in den einzelnen Industriebranchen bzw. der Industrie insgesamt. Davon zu unterscheiden ist der indirekte Energieverbrauch einzelner Produkte, der sich aus dem Energiegehalt der Vormaterialien ergibt. Direkter und indirekter Energieverbrauch zusammen ergeben den kumulativen Energieverbrauch einer Branche, der aus einer Energiematrix der Input-Output-Tabelle 1976 errechnet werden kann. Für die Frage des Energiegehalts neu aufzubauender Produktionen etwa ist eine solche Erfassung auf Input-Output-Basis sehr wichtig, ebenso für die Fragen der Auswirkungen der Veränderung in einzelnen Produktionsbereichen auf die österreichische Handelsbilanz. Hier müssen auch Preisüberlegungen einbezogen werden. Eine solche Betrachtung kann z. B. zeigen, daß die Zurücknahme der Produktion energieintensiver Produkte in Österreich dann keine Verbesserung der Handelsbilanz bringt, wenn statt dessen Fertigprodukte nach Österreich importiert werden, bei denen der höhere kumulative Energiegehalt in der Importrechnung mitbezahlt werden muß und keine überproportionale Weiterwälzung auf die Preise möglich ist. Auf Grund der derzeitigen Datenlage ist jedoch in Österreich eine solche Betrachtungsweise nur in Ansätzen möglich. Um die Größenordnung des Unterschieds zwischen direktem und kumulativem Energieeinsatz anzudeuten, werden in der Übersicht A 1 die direkten und kumulativen Input-Koeffizienten für den Energieeinsatz in einzelnen industriellen Produktionsbereichen gezeigt, die allerdings durch Doppelzählungen verzerrt sind.

⁶⁾ Siehe *W. F. Foell et al. Assessment of Alternative Energy/Environment Futures for Austria: 1977-2015*, IIASA, RR-79-7, Laxenburg 1979.

Übersicht A 1

Direkte und kumulative Energiebelastung einzelner Branchen¹⁾

| | Kohle | | Mineralöl | | Gas | | Sonstige | | Strom | | Summe | |
|--------------------|---------------------------------------|------|-----------|------|------|------|----------|------|-------|------|-------|------|
| | D | K | D | K | D | K | D | K | D | K | D | K |
| | T J je Mill. S Brutto-Produktionswert | | | | | | | | | | | |
| Bergbau | 0.14 | 0.27 | 0.48 | 1.27 | 1.21 | 1.52 | 0.01 | 0.01 | 0.19 | 0.42 | 1.02 | 3.50 |
| Nahrungsmittel | 0.01 | 0.06 | 0.14 | 0.79 | 0.03 | 0.16 | 0.01 | 0.04 | 0.06 | 0.21 | 0.24 | 1.26 |
| Textil, Bekleidung | 0.00 | 0.04 | 0.14 | 0.46 | 0.02 | 0.12 | 0 | 0 | 0.07 | 0.17 | 0.23 | 0.81 |
| Papier | 0.07 | 0.17 | 0.20 | 0.74 | 0.31 | 0.53 | 0.06 | 0.09 | 0.22 | 0.44 | 0.87 | 1.98 |
| Chemie | 0.02 | 0.11 | 0.30 | 0.75 | 0.57 | 0.81 | 0.01 | 0.02 | 0.16 | 0.37 | 1.06 | 2.07 |
| Steine, Keramik | 0.03 | 0.18 | 0.90 | 1.94 | 0.39 | 0.68 | 0.00 | 0.01 | 0.15 | 0.41 | 1.47 | 3.22 |
| Grundmetall | 2.52 | 3.14 | 0.35 | 1.01 | 0.70 | 1.07 | 0 | 0.01 | 0.29 | 0.56 | 3.86 | 5.79 |
| Holz | 0.00 | 0.07 | 0.10 | 0.63 | 0.02 | 0.15 | 0.01 | 0.03 | 0.14 | 0.29 | 0.27 | 1.17 |
| Metaliverarbeitung | 0.00 | 0.32 | 0.06 | 0.36 | 0.03 | 0.19 | 0.00 | 0.01 | 0.05 | 0.16 | 0.14 | 1.05 |

¹⁾ Direkte (D) und kumulative (K) Input-Koeffizienten der B-Version der Input-Output-Tabelle des Institutes

Investitionstätigkeit als Träger des (energiesparenden) technischen Fortschritts gesehen werden. In einem weiteren Teil (der im nächsten Monatsbericht veröffentlicht werden soll) werden generelle wirtschaftspolitische Steuerungsmöglichkeiten des Energieverbrauchs in der Industrie insbesondere an Hand des Energiesparprogramms der Bundesregierung behandelt. Es wird auch versucht, die möglichen künftigen Entwicklungen im Endenergieverbrauch der Industrie abzutasten.

Entwicklung des industriellen Energieverbrauchs

Änderungen im Energieeinsatz

Laut Österreichischer Energiebilanz hat der Anteil der Industrie am Gesamtenergieverbrauch von 34,6% 1973 auf 33,2% 1980 abgenommen, obwohl der Anteil der Industrieproduktion am realen Brutto-Inlandsprodukt stabil blieb. Daran zeigt sich, daß die Industrie in der Vergangenheit auf Grund ihrer international exponierten Lage deutlich mehr Energie einsparte als die Abnehmersektoren Kleinverbraucher und Verkehr. Der effektive Endenergieverbrauch der österreichischen Industrie stieg zwischen 1973 und 1980 von 241,2 PJ (Petajoule) auf 250,2 PJ, also um 3,7% oder um ½% pro Jahr. (Ohne Einbeziehung der 1973 noch nicht erfaßten Ablaugeverbrennung der Papierindustrie reduziert sich das Verbrauchswachstum auf weniger als 1%.) In den Jahren 1956 bis 1973 war der Verbrauch pro Jahr durchschnittlich um 2,6% gewachsen, also mehr als fünfmal so schnell. In die Jahre seit 1973 fallen drei Jahre mit absolutem Rückgang des Energieverbrauchs: 1975 (−9%), 1977 (−4%) und 1980 (−3%). Da seit 1973 die Produktion der Industrie (hier definiert ohne Kohlenbergbau- und Erdölsektor) um über 24% zunahm, fiel im gleichen Zeitraum der spezifische Verbrauch der Industrie um 16,6% oder um 2,6% pro Jahr. In der Periode vor dem "Erdölpreisschock" hatte der jährliche Rückgang noch 3,2% erreicht. 1980 war der Verbrauch je Produktionseinheit nur mehr halb so hoch wie 25 Jahre zuvor.

Zerlegt man den Rückgang des spezifischen Verbrauchs in eine Effizienzkomponente und eine Komponente, die Änderungen in der Produktionsstruktur anzeigt, sieht man, daß sich die Wirkung der erstgenannten Komponente in der zweiten Periode stark verlangsamt hat: Der "Rationalisierungstrend" fiel zwischen 1956 und 1973 um durchschnittlich 2,6% pro Jahr, zwischen 1973 und 1980 um durchschnittlich 1,3%. Der Struktureffekt hat sich deutlich verstärkt (in der ersten Phase betrug er im Jahresdurchschnitt −0,6%, in der zweiten Phase −1,3%). In ab-

Entwicklung des Energieverbrauchs

| | Effektiver Verbrauch | | Spezifischer Verbrauch | | Rationalisierungstrend | |
|------|----------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| | in PJ | 1956 = 100 Veränderung gegen das Vorjahr in % | 1956 = 100 Veränderung gegen das Vorjahr in % | 1956 = 100 Veränderung gegen das Vorjahr in % | 1956 = 100 Veränderung gegen das Vorjahr in % | 1956 = 100 Veränderung gegen das Vorjahr in % |
| 1956 | 155 | 100,0 | 100,0 | — | 100,0 | — |
| 1957 | 158 | 101,9 | 96,1 | −3,9 | 92,8 | −7,2 |
| 1958 | 156 | 100,3 | 92,1 | −4,2 | 91,3 | −1,6 |
| 1959 | 161 | 103,6 | 89,1 | −3,3 | 88,4 | −3,2 |
| 1960 | 178 | 114,8 | 89,1 | 0 | 85,0 | −3,8 |
| 1961 | 177 | 114,3 | 85,5 | −4,0 | 81,0 | −4,7 |
| 1962 | 175 | 112,9 | 82,2 | −3,9 | 80,7 | −0,4 |
| 1963 | 175 | 112,6 | 78,9 | −4,0 | 78,7 | −2,8 |
| 1964 | 188 | 121,1 | 78,8 | −0,1 | 77,1 | −2,0 |
| 1965 | 189 | 121,9 | 76,2 | −3,3 | 76,5 | −0,8 |
| 1966 | 190 | 122,5 | 73,2 | −3,9 | 73,9 | −3,4 |
| 1967 | 185 | 119,3 | 71,0 | −3,0 | 73,2 | −0,9 |
| 1968 | 192 | 124,2 | 68,4 | −3,7 | 69,8 | −4,6 |
| 1969 | 208 | 134,2 | 66,0 | −3,5 | 68,4 | −2,0 |
| 1970 | 218 | 140,7 | 63,6 | −3,6 | 67,3 | −1,6 |
| 1971 | 224 | 144,6 | 60,8 | −4,4 | 65,7 | −2,4 |
| 1972 | 231 | 149,2 | 58,2 | −4,3 | 64,5 | −1,8 |
| 1973 | 241 | 155,6 | 57,7 | −0,9 | 64,3 | −0,3 |
| 1974 | 257 | 165,7 | 58,3 | 1,0 | 64,4 | 0,1 |
| 1975 | 234 | 150,8 | 57,7 | −1,0 | 65,6 | 1,9 |
| 1976 | 245 | 158,3 | 55,5 | −3,8 | 63,0 | −4,0 |
| 1977 | 236 | 152,5 | 51,6 | −7,0 | 61,4 | −2,5 |
| 1978 | 243 | 156,9 | 52,3 | 1,4 | 61,5 | 0,1 |
| 1979 | 258 | 166,3 | 51,6 | −1,3 | 60,3 | −1,9 |
| 1980 | 250 | 161,4 | 48,1 | −6,8 | 58,8 | −2,5 |

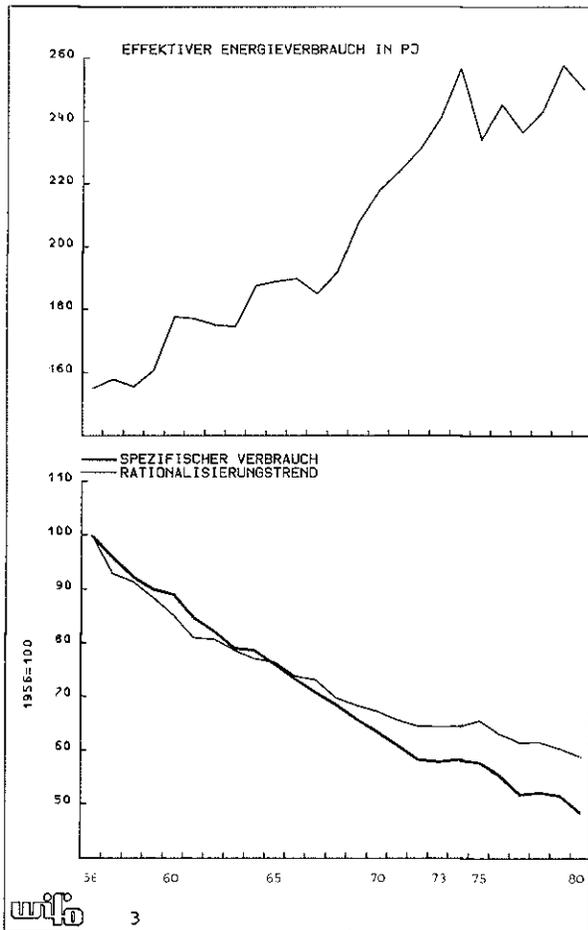
Q: Energiebilanzen des WIFO; eigene Berechnungen

soluten Einheiten ausgedrückt heißt dies: Trugen die Produktionsstrukturänderungen (von den energieintensiven Grundstoffindustrien zu den relativ energieextensiven Investitions- und Konsumgüterindustrien) in der ersten Periode durchschnittlich 1.750 TJ pro Jahr zur Senkung des spezifischen Verbrauchs bei, so waren es in der zweiten Periode bereits durchschnittlich 4.170 TJ pro Jahr. Der energiesparende Strukturwandel zwischen den Branchen hat sich also seit dem Erdölshock deutlich verstärkt, während die Effizienzsteigerungen in den einzelnen Branchen schwächer wurden. Ein Teil dieser Verlangsamung geht darauf zurück, daß die Umstellung von der Kohle- auf die Erdöl- und Erdgastechnologie in den fünfziger und sechziger Jahren große Effizienzsteigerungen mit sich brachte, in den siebziger Jahren jedoch keine gleichwertigen Substitutionsschübe folgten.

Daraus ergibt sich folgender Befund: Der Endenergieverbrauch der Industrie ist seit 1973 deutlich langsamer gewachsen als in den Jahren vorher. Der größte Teil dieses langsameren Wachstums geht auf die Abschwächung des Wachstums der Industrieproduktion zurück (+3% im Jahresdurchschnitt statt rund +6% vorher), der Rest auf eine Verringerung des Energieeinsatzes je Produktionseinheit. Das niedrigere Wirtschaftswachstum war mit einer Krise der energieintensiven Grundstoffindustrie verbunden, sodaß sich seit 1973 gleichzeitig mit den Energiepreis-

Abbildung 1

Entwicklung des Energieverbrauchs



Übersicht 2

Struktur der Energieträger

| | 1956 | 1973 | 1980 |
|-------------------|---------------------------------|------|------|
| | Anteile am Gesamtverbrauch in % | | |
| Feste Brennstoffe | 54,5 | 16,7 | 19,9 |
| Mineralölprodukte | 17,9 | 38,0 | 27,3 |
| Gas | 14,9 | 26,6 | 29,0 |
| Strom | 12,8 | 17,8 | 20,1 |
| Sonstige | — | 0,8 | 3,8 |

1976 weiter zunahm und erst seither leicht zurückgeht. Der Anteil der festen Brennstoffe ging bis 1973 kontinuierlich zurück, erhöhte sich dann 1974 angesichts der Erdölpreiskrise sprunghaft, sank dann wieder und nahm erst seit 1977 neuerlich zu. Der Stromanteil stieg kontinuierlich, kräftiger erhöhte er sich aber nur im Jahre 1977. Strom dürfte daher Mineralölprodukte und letztlich auch Erdgas nur in geringem Maß ersetzt haben. Die hauptsächlichsten Substitutionsprozesse vollzogen sich, schon rein technologisch bedingt, innerhalb der Brennstoffe. Der Mineralölverbrauch 1980 lag etwa auf dem Verbrauchsniveau von Mitte der sechziger Jahre und war um ein Viertel geringer als 1973, im Jahr des höchsten Verbrauchs. Im internationalen Vergleich ging allerdings der Rückzug aus dem Erdöl in der österreichischen Industrie relativ zögernd vor sich⁷⁾

Im Gegensatz zu anderen europäischen Ländern (etwa der BRD) ist in Österreich der Stromverbrauch je Produktionseinheit (spezifischer Stromverbrauch) trotz der kräftigen absoluten Verbrauchszunahme rückläufig: Zwischen 1956 und 1973 fiel er von der Basis 100 auf 80, also um durchschnittlich 1,3% pro Jahr, seither auf einen Wert von 75, also um knapp 1% pro Jahr. Allerdings trägt zu dieser Abnahme seit 1973 hauptsächlich die Entwicklung in den Metallhütten und der Chemie bei, in den meisten anderen Branchen ist der Verbrauch gestiegen. Bei den Brennstoffen hat sich die Abnahme des Energieverbrauchs je Produktionseinheit seit 1973 verlangsamt: Bis 1973 fiel er um durchschnittlich 3 1/2% pro Jahr, seither nur mehr um knapp 3%.

Die Konzentration des Energieverbrauchs auf nur relativ wenige Branchen hat sich seit 1973 kaum geändert: Die fünf größten Verbraucher, die alle dem Grundstoff- bzw dem Bausektor angehören (Eisenhütten, Metallhütten, Steine-Keramik, Chemie, Papiererzeugung), beanspruchten 1973 zusammen 73,7%, 1980 74,1% des gesamten Energieverbrauchs der Industrie. Zählt man noch die relativ energieintensive Nahrungsmittelerzeugung und den Bergbau hinzu, kommt man auf fast 85% des Gesamtenergieverbrauchs. Die Energieanalyse befaßt sich daher hauptsächlich mit diesen Branchen und behandelt die Finalindustrie der Konsum- und Investitionsgüterpro-

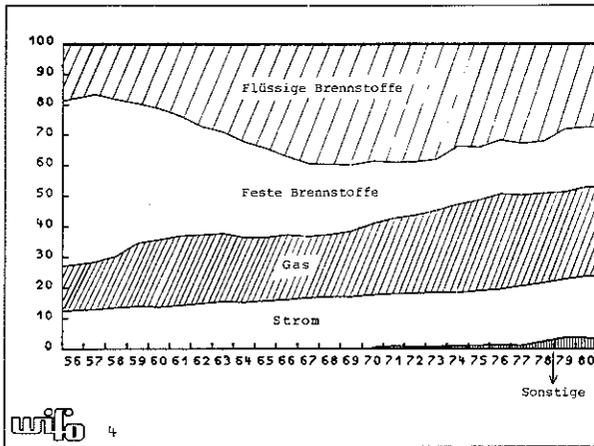
erhöhungen der energierelevante Strukturwandel in der österreichischen Industrie beschleunigte. Das langsamere Wachstum dämpfte allerdings seit 1973 die Energieeinsparungen im engeren Sinn, d. h. die Effizienzsteigerungen in den einzelnen Branchen. Der Effizienzzuwachs hat sich gegenüber der Wachstumsperiode 1956 bis 1973 halbiert.

Auch die Struktur der Energieträger hat sich seit 1973 verschoben: Der Einsatz an Mineralölprodukten, die 1973 noch einen Anteil von 38% am Gesamtenergieverbrauch hatten, fiel bis 1980 auf knapp über 27%, der von festen Brennstoffen stieg von 17% auf 20%, der von Gas von 27% auf 29% und der von elektrischer Energie von 18% auf 20%. Dazu nahm der Anteil der von der Statistik erfaßten "sonstigen Energieträger" (Holz, Papierlauge, Recycling) von 1% auf 4% zu. Der Rückzug aus den Erdölprodukten hat jedoch schon vor der Erdölkrise im Jahr 1973 begonnen. Den höchsten Anteil am Gesamtenergieverbrauch erreichten die Mineralölprodukte bereits im Jahre 1971, danach ging der Anteil leicht zurück, sackte 1974 kräftig ab und fiel 1979 neuerlich stark. Zuerst wurden Mineralölprodukte durch Erdgas ersetzt, dessen Anteil bis

⁷⁾ Siehe K. Musil, Die Energiesituation Österreichs. Aussichten für 1981, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Handel, Gewerbe und Industrie, Wien 1981.

Abbildung 2

Anteile der Energieträger am Energieverbrauch der Industrie



duktion relativ cursorisch. Innerhalb der Hauptverbraucher gab es nur zwischen Steine-Keramik (ihr Anteil sank von 16% auf 13%) und der Papierindustrie (Anteilssteigerung von 10% auf 14%) größere Verschiebungen.

In den einzelnen Energiearten dominieren die gleichen Branchen, die auch den Gesamtenergieverbrauch bestimmen, allerdings in unterschiedlichem Maße: Bei den festen Brennstoffen erhöhte sich die Dominanz der Eisen- und Stahlindustrie, auf die 1980 bereits 90% des gesamten Kohlen- und Kokeinsatzes entfielen. In den anderen Branchen spielen die festen Brennstoffe kaum noch eine Rolle, mit Ausnahme der Papierindustrie. Bei den Mineralölprodukten ist die Streuung viel größer, hier verringerte sich der Anteil der Eisenhütten seit 1973 beträchtlich,

Übersicht 3

Verbrauchsanteile der größten Energieverbraucher

| Branchenname | Jahr | Feste Brennstoffe | Mineralölprodukte | Gas | Elektrische Energie | Sonstige | Insgesamt |
|----------------|------|---------------------------------------------------------|-------------------|------|---------------------|----------|-----------|
| | | Anteile am gesamten industriellen Energieverbrauch in % | | | | | |
| Eisenhütten | 1960 | 49,8 | 20,9 | 60,2 | 18,4 | — | 41,6 |
| | 1973 | 82,6 | 16,5 | 45,3 | 15,2 | — | 34,8 |
| | 1980 | 88,9 | 9,1 | 39,1 | 14,4 | — | 34,3 |
| Metallhütten | 1960 | 0,8 | — | — | 22,2 | — | 3,8 |
| | 1973 | 0,9 | — | — | 15,5 | — | 3,4 |
| | 1980 | 0,5 | — | — | 14,6 | — | 3,7 |
| Steine Keramik | 1960 | 17,9 | 12,8 | 11,4 | 6,1 | — | 13,8 |
| | 1973 | 4,8 | 25,5 | 14,1 | 9,3 | 1,5 | 15,9 |
| | 1980 | 2,2 | 24,1 | 13,4 | 8,4 | 0,7 | 12,6 |
| Chemie | 1960 | 7,4 | 9,4 | 5,0 | 15,4 | — | 8,4 |
| | 1973 | 2,1 | 8,8 | 11,9 | 17,3 | 12,7 | 10,1 |
| | 1980 | 1,1 | 8,4 | 12,3 | 18,0 | 1,2 | 9,7 |
| Papier | 1960 | 9,5 | 10,5 | 4,5 | 12,8 | — | 9,1 |
| | 1973 | 2,9 | 8,7 | 9,6 | 14,6 | 62,6 | 9,5 |
| | 1980 | 4,2 | 9,2 | 13,7 | 15,5 | 89,7 | 13,8 |
| Nahrungsmittel | 1960 | 3,7 | 16,1 | 4,3 | 4,4 | — | 6,6 |
| | 1973 | 1,1 | 10,4 | 3,9 | 5,0 | 1,7 | 6,1 |
| | 1980 | 0,5 | 14,6 | 4,5 | 5,6 | 1,1 | 6,6 |
| Bergbau | 1960 | 2,0 | 10,9 | 2,8 | 3,1 | — | 4,2 |
| | 1973 | 0,8 | 5,3 | 2,9 | 2,8 | 2,8 | 3,4 |
| | 1980 | 0,3 | 7,2 | 3,5 | 2,7 | — | 3,6 |

während jener der anderen Hauptverbraucher stieg (Nahrungsmittel und Bergbau) oder konstant blieb (Steine-Keramik, Chemie, Papier). Auch im Gaseinsatz verringerte sich die Dominanz der Eisenhütten, obwohl sie 1980 noch immer knapp 40% verbrauchten; der Anteil der Papierindustrie nahm zu. Im Einsatz von elektrischem Strom hat sich die Struktur der Hauptverbraucher seit 1973 kaum nennenswert verschoben. Es ist dies die Energieart mit der stärksten Branchenstreuung. Auf Grund ihrer branchenunspezifischen Verwendbarkeit wird sie auch in den Konsum- und Investitionsgüterindustrien relativ stark eingesetzt. Hier haben sich die langfristig wirkenden Verbrauchstrends ungeachtet der Ereignisse seit 1973 weiter fortgesetzt: leichte Zunahme des Anteils in der Papier- und chemischen Industrie, sonst Rückgänge. Unter den sonstigen Energieträgern (Holz, Abfälle und Ablaugen) dominiert auf Grund der nur dort technologisch möglichen Ablaubeverbrennung die Papierindustrie, aber auch in anderen Branchen zeigen sich erste Ansätze zur Abfallverwertung für energetische Zwecke (Holzverarbeitung, Ledererzeugung, Steine-Keramik). Einiges deutet allerdings darauf hin, daß die Abfallverwertung für energetische (und auch nicht energetische) Zwecke statistisch

Übersicht 4

Spezifischer Verbrauch der Industrie

| Branchenname | Jahr | Insgesamt | Strom | Brennstoffe |
|---------------------|------|------------|-------|-------------|
| | | 1956 = 100 | | |
| Industrie insgesamt | 1956 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 1960 | 88,1 | 94,9 | 87,1 |
| | 1973 | 53,1 | 80,2 | 53,9 |
| | 1980 | 47,6 | 74,9 | 43,6 |
| Eisenhütten | 1956 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 1973 | 66,5 | 86,9 | 65,3 |
| | 1980 | 64,0 | 91,0 | 62,3 |
| Bergbau | 1956 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 1973 | 86,3 | 141,9 | 80,9 |
| | 1980 | 86,9 | 148,8 | 80,9 |
| Metallhütten | 1956 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 1973 | 58,5 | 57,0 | 65,8 |
| | 1980 | 51,1 | 48,9 | 61,4 |
| Steine Keramik | 1956 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 1973 | 63,9 | 123,1 | 60,5 |
| | 1980 | 51,7 | 127,1 | 47,3 |
| Chemie | 1956 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 1973 | 39,0 | 57,0 | 34,2 |
| | 1980 | 26,7 | 47,2 | 21,3 |
| Papier | 1956 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 1973 | 53,2 | 92,5 | 45,8 |
| | 1980 | 64,4 | 91,6 | 59,3 |
| Nahrungsmittel | 1956 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 1973 | 127,1 | 248,6 | 117,3 |
| | 1980 | 140,9 | 322,6 | 126,2 |
| Textil | 1956 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 1973 | 71,0 | 84,6 | 68,0 |
| | 1980 | 56,5 | 85,0 | 50,1 |
| Maschinen | 1956 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 1973 | 65,1 | 126,3 | 78,5 |
| | 1980 | 51,4 | 136,4 | 68,8 |
| Elektro | 1956 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 1973 | 34,9 | 64,9 | 29,2 |
| | 1980 | 30,3 | 68,4 | 23,1 |

Übersicht 5

Energieintensität ausgewählter Branchen

| | 1955 | 1960 | 1965 | 1970 | 1973 | 1975 | 1980 |
|---------------------|--------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | Energieverbrauch in kJ je S Netto-Produktionswert real | | | | | | |
| Bergbau | 2 900 | 3 149 | 3 425 | 3 753 | 3 513 | 3 621 | 3 408 |
| Eisenhütten | 26 851 | 19 205 | 14 749 | 12 276 | 11 437 | 12 109 | 9 494 |
| Metallhütten | 10 642 | 8 647 | 8 554 | 7 309 | 5 937 | 6 995 | 5 778 |
| Steine Keramik | 10 147 | 9 093 | 8 212 | 6 735 | 6 768 | 6 149 | 5 257 |
| Chemie | 4 702 | 3 472 | 2 754 | 1 995 | 1 730 | 1 714 | 1 156 |
| Papier | 8 391 | 6 913 | 6 172 | 5 350 | 4 483 | 5 073 | 5 369 |
| Nahrungsmittel | 1 819 | 1 556 | 1 218 | 1 106 | 1 077 | 1 141 | 1 002 |
| Textil | 1 556 | 1 536 | 1 512 | 1 438 | 1 306 | 1 257 | 1 046 |
| Gießerei | 4 311 | 4 080 | 4 087 | 3 924 | 4 631 | 4 290 | 3 561 |
| Maschinen | 649 | 401 | 315 | 170 | 325 | 295 | 300 |
| Elektro | 722 | 420 | 390 | 259 | 249 | 251 | 216 |
| Industrie insgesamt | 4 445 | 3 999 | 3 318 | 2 775 | 2 510 | 2 496 | 2 079 |

nicht voll erfaßt ist und in Wirklichkeit höher als hier ausgewiesen ist. Das gleiche gilt für Abwärme- und Sonnenenergienutzung innerhalb der Betriebe.

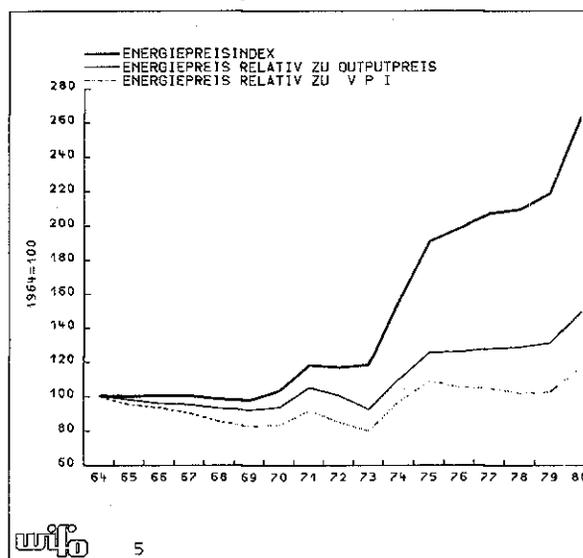
Die Energieintensität, gemessen am Energiekoeffizienten (kJ je Schilling realen Netto-Produktionswertes) variiert von Branche zu Branche sehr stark. Gleichzeitig hat sich im Lauf der letzten 25 Jahre die Streuung stark vermindert, die Standardabweichung fiel von einem Wert von 6 585 im Jahre 1955 auf nur 2 619 1980 (gemessen am Mittel von 1,34 auf 1,04). Das erklärt sich aus einer überdurchschnittlichen Steigerung der Effizienz der energieintensivsten Branchen: Der Energiekoeffizient der Eisenhütten war 1955 noch sechsmal so hoch wie der des Industriedurchschnitts, 1980 nur mehr 4½mal so hoch. Mit weitem Abstand auf die Eisenhütten folgt in der Energieintensität die Nichteisen-Metallerzeugung, ferner Papier, Steine-Keramik, Gießereien und der Bergbau-sektor (Werte des Jahres 1980). Bemerkenswert ist, daß die Chemieindustrie in der Gruppe der energieintensivsten Erzeugungszweige fehlt, bis 1960 hatte sie zu den fünf energieintensivsten Sparten gezählt. In der Chemieindustrie ist der Energiekoeffizient am stärksten gesunken (hohe Steigerung der Wertschöpfung bei nur geringem Zuwachs an Energieeinsatz), vor allem, da sich die Produktstruktur änderte. Ganz unten in der Hierarchie der Energieintensitäten liegen die Branchen der traditionellen Konsumgüterindustrien und der Investitionsgüterbereich: Sie erreichen nur etwa ein Zehntel bis ein Drittel der durchschnittlichen Energieintensität.

Preisentwicklung und ihre Auswirkungen

Für die Industrie insgesamt hat sich der Preis für alle Energieinputs von 1964 bis 1980 um 160% erhöht, das ist im Jahresdurchschnitt um 6,2%. Zwischen 1964 und 1967 blieb der Energiepreis konstant, ging dann zwei Jahre lang leicht zurück und begann bereits 1970, also drei Jahre vor dem Erdölpreisschock, zu steigen. Zwischen 1973 und 1974 stiegen dann die

Abbildung 3

Energiepreise der Industrie



Preise für Energieinputs der Industrie sprunghaft um 33%, im darauffolgenden Jahr um weitere 22%, dann kamen die Preissteigerungen bis 1979 fast zum Stillstand, 1980 folgte erneut ein Preissprung um 21% (1981 dürfte er ähnlich hoch gewesen sein). 1980 lag das (gewichtete) Preisniveau aller Energieinputs für die Industrie um 123% höher als sieben Jahre zuvor. Diese Preissteigerungen, besonders der Jahre 1973 bis 1975 und 1979 bis 1980, werden dadurch relativiert, daß es der Industrie gelungen zu sein scheint, einen Großteil davon an die Verbraucher von Industrieprodukten weiterzugeben. Kalkuliert man einen "realen" Preisindex für die Energieinputs in der Form, daß man den Preisindex für Energie in Relation setzt zum Preisindex für Industrieprodukte oder zum Index der Verbraucherpreise, zeigt sich, daß die Preissteigerungen zu einem beträchtlichen Teil aufgefangen werden konnten. So reduziert sich die Steigerung des realen Preisindex für Energie (gemessen am Industriepreisindex) zwischen 1964 und 1980 auf 49%

(gegenüber der nominellen Preisindexsteigerung von 164%) und zwischen 1973 und 1980 auf 62%. Der Realpreis für Energie sank zwischen 1964 und 1973 um rund 8% (nur durchbrochen durch eine kurze Steigerung im Jahr 1971), stieg 1974 und 1975 um 20% und 14%, blieb dann bis 1979 konstant und stieg 1980 abermals um 14%⁸⁾

Die Überwälzungsmöglichkeiten lassen sich dadurch verdeutlichen, daß man den Anteil des Energieverbrauchs am Produktionswert der Industrie betrachtet. Er lag 1964 bei 5,3% und 1980 nur mehr bei 4,5%, nachdem er in den sechziger Jahren und Anfang der siebziger Jahre zurückgegangen war (Mindestanteil 1973 mit 3,4%), dann 1974 und 1975 recht deutlich stieg (auf 3,9% und 4,4%), in den nächsten Jahren bis einschließlich 1979 wieder zurückging und erst 1980 auf 4,5% zunahm. Unter der Annahme der Konstanz anderer Kostenbestandteile zeigt sich folgendes Muster: Im Jahr einer starken Preiserhöhung für Energierohstoffe schlägt diese (gemildert durch Möglichkeiten der Lagerpolitik, Ausweichen auf andere Energieträger u. a.) auf den Kostenanteil der Energie (gemessen am Produktionswert) durch. Erst im nächsten Jahr gelingt es meist, diesen Kostenanteil durch Weitergabe in den Preisen wieder auf den früheren Wert zu senken. Der mittel- und teilweise auch kurzfristige Rückgang des Anteils der Energiekosten am gesamten Produktionswert der Industrie ist zum Teil auch Resultat von Änderungen in der Produktionsstruktur, von Energiesparmaßnahmen, Steigerungen der Effizienz im Energieeinsatz, Verringerung von

Umwandlungsverlusten, Substitution teurerer durch billigere Energiearten u. a. Die Erfahrungen der Vergangenheit mit der Preisentwicklung hängen natürlich mit der Möglichkeit zur Preisüberwälzung zusammen, d. h. mit der Stärke der Nachfrage, den nationalen und internationalen Marktbedingungen und den daraus resultierenden Spielräumen für Preiserhöhungen. Bei rezessiven Tendenzen kann es in Zukunft leicht möglich sein, daß Überwälzungsspielräume verringert werden und die Kostenbelastung der Unternehmungen durch Energie deutlich größer wird.

Aus einer solchen Ex-post-Betrachtung kann nicht abgeleitet werden, daß in der Vergangenheit Energiepreiserhöhungen für die österreichische Industrie kein Problem bedeutet hätten, da die ausgewiesenen Daten Resultat der Anpassungs- und Überwälzungsaktivitäten der einzelnen Unternehmungen sind, also gemessen wurden, nachdem eine Vielzahl von Reaktionen auf die Preissteigerungen stattfand.

Zusätzlich ist darauf hinzuweisen, daß zwar die Gesamtkostenbelastung der Industrie mit Energiekosten relativ gering ist (sie macht weniger als ein Fünftel der Lohnkostenbelastung und 6½% des gesamten Vormaterialeinsatzes aus), jedoch über die Branchen sehr ungleich verteilt ist. 1980 machten die Energiekosten in den Eisenhütten etwa 22% des Produktionswertes aus, bei Steine-Keramik 12%, Bergbau 10% und Papierindustrie 7%, in der Maschinenindustrie jedoch nur 1%. Erhöhungen der Energiepreise haben daher für die kosten- und energieintensiven Branchen eine sehr große Bedeutung, für die lohnintensiven Branchen der Konsum- und Investitionsgüterfertigung eine viel geringere.

Innerhalb der Hauptenergieverbraucher "verkräftete" die Chemieindustrie die Preissteigerungen seit 1973 am besten (gemessen an den Anteilswerten). Ebenfalls unterdurchschnittlich stieg der reale Energie-

⁸⁾ Mißt man den Realpreis für Energie am Verbraucherpreisindex, so zeigt sich ein noch deutlicherer Rückgang zwischen 1964 und 1973 (-20%) und auch später eine gemäßigte Aufwärtsentwicklung, da in den meisten Jahren die Preissteigerungen für Energieprodukte unter jenen des Verbraucherpreisindex lagen.

Übersicht 6

Entwicklung der Energiepreise nach Branchen

| | | Steinkohle | Koks | Mineralöl | Strom | Erdgas | Insgesamt |
|---------------------|------|------------|---------|-----------|----------|----------------------------|-----------|
| | | S je t | S je t | S je t | S je MWh | S je 1 000 Nm ³ | S je T J |
| Eisenhütten | 1973 | 517,3 | 525,7 | 693,9 | 442,7 | 574,0 | 26 418,0 |
| | 1980 | 1 138,2 | 1 383,4 | 2 103,7 | 655,6 | 1 651,3 | 61 663,0 |
| Metallhütten | 1973 | 836,0 | 1 234,2 | 870,0 | 229,9 | 689,4 | 53 435,4 |
| | 1980 | 2 289,6 | 2 204,4 | 2 528,2 | 340,0 | 2 201,4 | 82 720,5 |
| Steine Keramik | 1973 | 652,9 | 826,5 | 821,0 | 474,9 | 619,1 | 28 188,6 |
| | 1980 | 1 430,3 | 1 745,6 | 2 430,8 | 739,2 | 2 063,1 | 71 983,3 |
| Chemie | 1973 | 893,6 | 1 088,9 | 825,9 | 350,6 | 634,2 | 38 758,0 |
| | 1980 | 2 282,6 | 2 876,4 | 2 649,4 | 577,4 | 1 783,6 | 97 664,7 |
| Papier | 1973 | 411,8 | 1 467,7 | 814,9 | 435,9 | 568,9 | 31 138,6 |
| | 1980 | 1 333,3 | 2 449,4 | 2 376,2 | 628,1 | 2 085,4 | 57 152,2 |
| Nahrungsmittel | 1973 | 878,6 | 982,9 | 886,5 | 617,4 | 684,4 | 34 043,4 |
| | 1980 | 1 669,0 | 2 816,3 | 2 651,3 | 921,7 | 2 284,4 | 80 197,8 |
| Maschinen | 1973 | 980,6 | 1 128,0 | 1 086,3 | 653,8 | 769,1 | 70 814,7 |
| | 1980 | 2 177,5 | 1 699,2 | 3 125,8 | 927,4 | 2 646,2 | 137 010,2 |
| Elektro | 1973 | 745,2 | 1 368,2 | 974,5 | 601,6 | 880,6 | 65 875,3 |
| | 1980 | | 2 923,7 | 2 850,0 | 862,6 | 2 559,2 | 130 577,9 |
| Industrie insgesamt | 1973 | 519,1 | 724,2 | 832,5 | 422,7 | 612,1 | 34 075,5 |
| | 1980 | 1 145,2 | 1 557,9 | 2 503,2 | 648,6 | 1 965,5 | 75 462,5 |

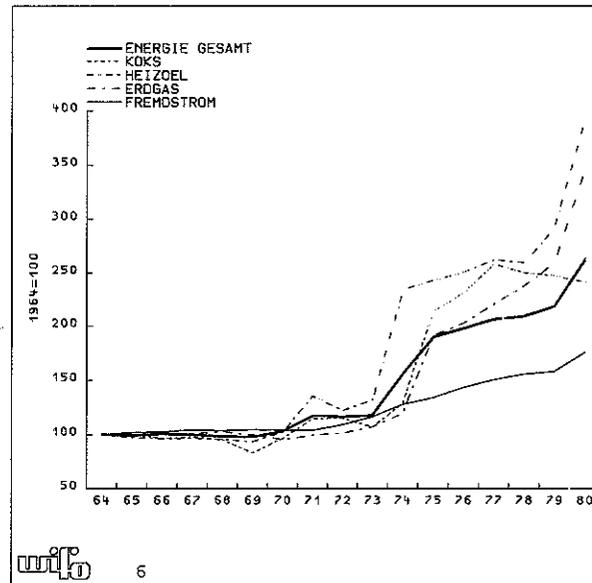
preis in der Metallhüttenindustrie, im Ausmaß des Industriedurchschnitts bei Steine-Keramik. In der Papierindustrie und der Eisenhüttenindustrie erhöhte sich die Kostenbelastung durch Energie überdurchschnittlich. Die Überwälzungs- und Substitutionsmöglichkeiten waren also je nach Industriebranche sehr verschieden.

In den Preisbewegungen der einzelnen Energieträger zeigen sich seit 1973 deutliche Unterschiede zwischen Brennstoffen und Strom (bis 1973 waren die Preise für alle Energieträger etwa gleich stark gestiegen): So erhöhte sich der Erdgaspreis zwischen 1973 und 1980 um 222%, es folgten die Preise für Mineralöle (+200%) und Koks (+125%), dann Stadtgas (+160%) und Steinkohle (+120%). Dagegen stieg der Preisindex für Fremdstrom nur um 51%, und zwar bis 1979 relativ kontinuierlich mit geringen Raten, dann 1980 etwas stärker (+11%).

Auch bei der Untersuchung einzelner Jahre ergeben sich deutliche Preisunterschiede zwischen den einzelnen Energieträgern, die in groben Zügen auf fol-

Abbildung 4

Entwicklung der Energiepreise der Industrie
Nach Energieträgern



Übersicht 7

Kostenfaktoren nach Energiearten

| | 1964 | 1970 | 1973 | 1974 | 1975 | 1978 | 1980 |
|------------|----------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | Anteil der Ausgaben je Energieträger am Produktionswert der Industrie in % | | | | | | |
| Steinkohle | 12 | 0,7 | 0,5 | 0,6 | 0,9 | 0,6 | 0,7 |
| Koks | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Heizöl | 10 | 0,8 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,2 |
| Erdgas | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 0,9 |
| Fremdstrom | 18 | 1,6 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,6 |
| Insgesamt | 5,3 | 3,8 | 3,4 | 3,9 | 4,4 | 4,1 | 4,5 |

gende Trends hinweisen: Mittelfristig sind die Preisrelationen der einzelnen Energieträger durch technologische Gegebenheiten, leichte Handhabbarkeit und relative Verfügbarkeit gekennzeichnet und fixiert. So sind etwa im Industriedurchschnitt Heizöl und Erdgas unter anderem teurer als Steinkohle, weil sie leichter regelbar und verwendbar sind. Von den Erzeugungskosten alter Anlagen her erklärbar ist der relative Rückgang des (in Wärmeeinheiten gemessen sehr hohen) Strompreises. Die genannten Gründe erklären einerseits die langfristige Entwicklung der Energiepreisrelationen, andererseits aber auch die Tatsache, daß im Falle einer starken Steigerung des Preises eines Energieträgers (etwa Heizöl 1974) die Preise der anderen Energieträger bald nachziehen (etwa Erdgas, Steinkohle und Koks 1974/75) und sich so die alten Relationen annähernd wieder herstellen. Erleichtert wird dieses relative Konstanthalten der Preisrelationen durch die oligopolistische und monopolistische Angebotsstruktur auf den Energiemärkten, die kurzfristig starke Preisschwankungen ermöglicht, die nicht unbedingt ein Spiegelbild der hohen

bzw. niedrigen Nachfrage nach den jeweiligen Energieträgern sind.

Eine deutliche Differenzierung der Preise ergibt sich nach Branchen (und wahrscheinlich auch nach Betrieben): Da monopolistische oder oligopolistische Anbieter von Energie den Betrieben gegenüberstehen und in vielen Fällen auch andere als rein durch den Markt bestimmte Elemente in die Preisbildung eingehen, gibt es über Zeit, Region und Betriebe hinweg sehr deutliche Preisunterschiede im Energieaufwand der einzelnen Branchen. Die Preise, die in die hier vorgelegten Berechnungen eingehen, sind allerdings "implizit" berechnet, d. h. durch den Vergleich von Wert und Menge von eingesetzter Energie bestimmt, und stellen nicht die originären Energieabgabepreise dar. Daher enthalten diese Preisindizes Qualitätsunterschiede, regionale Differenzierungen, Bedeutung der Eigenproduktion, Produktunterschiede (schweres, mittleres und leichtes Heizöl) und auch das Lagerbildungsverhalten der einzelnen Unternehmen. Trotz dieser Einschränkungen liegt eine ausgeprägte Preisdifferenzierung zwischen den einzelnen Branchen vor.

So betragen die Stromkosten der Nichteisen-Metallindustrie je MWh 1980 340 S, im Industriedurchschnitt 650 S und in der Maschinenindustrie sogar 927 S. Große Preisdifferenzen gibt es auch bei Koks, wo 1980 die Eisenhütten auf Grund der eigenen Kokeereien deutliche Preisvorteile hatten und 1 380 S je Tonne zahlten, während im Industriedurchschnitt 1.560 S aufgebracht werden mußten. In einzelnen Branchen mit einem relativ geringen Koksverbrauch liegen die Preise weit höher, z. B. in den Gießereien

Übersicht 8

Energie als Kostenfaktor

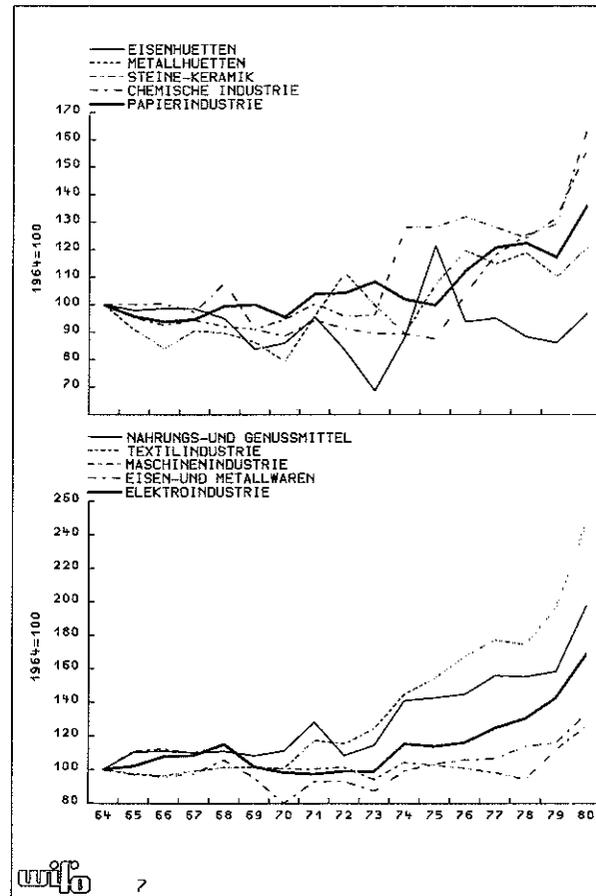
| | 1964 | 1970 | 1973 | 1974 | 1975 | 1978 | 1980 |
|------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Anteil des Energieverbrauchs in S am Produktionswert der Branchen in % | | | | | | | |
| Bergbau | 13,5 | 7,7 | 7,0 | 9,1 | 9,3 | 9,0 | 10,0 |
| Eisenhütten | 25,8 | 20,6 | 16,1 | 21,3 | 29,7 | 19,9 | 21,8 |
| Metallhütten | 7,8 | 5,6 | 5,8 | 5,2 | 6,9 | 6,5 | 6,1 |
| Steine Keramik | 11,5 | 8,9 | 9,0 | 11,2 | 11,0 | 10,2 | 11,8 |
| Papier | 5,9 | 4,6 | 4,4 | 4,3 | 4,6 | 6,2 | 6,7 |
| Chemie | 5,5 | 3,4 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,4 | 3,8 |
| Gießerei | 4,9 | 5,4 | 5,7 | 5,6 | 6,0 | 5,5 | 5,5 |
| Maschinen | 1,1 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1,0 |
| Industrie insgesamt | 5,3 | 3,8 | 3,4 | 3,9 | 4,4 | 4,1 | 4,5 |

(2.760 S) und in der Nahrungsmittelindustrie (2.816 S) Etwas weniger stark sind die Differenzierungen im Preis für Erdgas, obwohl auch hier die Eisenhütten mit einem Preis von 1.650 S je 1.000 m³ gegenüber einem Durchschnittspreis von 1.965 S bevorzugt sind und Kleinverbraucher, wie die Gießereien und die Maschinenindustrie, doch zwischen 20% und 30% mehr zahlen müssen. Noch geringer sind die Preisdifferenzierungen für Erdölprodukte, nur die Eisenhütten zahlen mit 2.100 S je Tonne um ungefähr 20% weniger als der Industriedurchschnitt (2.500 S). Die Preisdifferenzierungen bei den einzelnen Energiearten schlagen auf die Gesamtenergiepreise je Branche durch. Die Eisenhütten als Größtverbraucher zahlten 1980 je eingekauftem TJ (Heizwert) 61.600 S, gegenüber dem Industriedurchschnitt von über 75.000 S. Noch günstiger schnitt die Papierindustrie mit nur 57.000 S ab (hier erhebt sich allerdings die Frage der Bewertung der Ablauge), während die anderen Hauptverbraucherbranchen je Energieeinheit deutlich höhere Preise zahlten: Metallhütten 82.700 S, Chemie 97.600 S und Nahrungsmittel 81.200 S; die Steine-Keramikindustrie lag mit 72.000 S leicht unter dem Industriedurchschnitt. Die wenig energieintensiven Branchen lagen fast alle über dem Industriedurchschnitt, zum größten Teil allerdings durch den (gemessen am Heizwert) relativ hohen Preis des Fremdstroms, der in diesen Branchen die Hauptenergiequelle bildet. Die Branchenvergleiche sind also auch durch die unterschiedliche Struktur des Energieverbrauchs innerhalb der Branchen beeinflusst, die durch die Umrechnung der einzelnen Energieträger auf Heizwertäquivalente nicht ganz ausgeglichen werden kann.

Dennoch geht aus dieser Analyse klar hervor, daß die Hauptenergieverbraucher und hier besonders wieder die Eisenhütten und Metallhütten, deutlich günstigere Preise zahlen. Sicher geht ein Teil dieser Preisvorteile auf Eigenproduktion und auch darauf zurück, daß die Kosten der Brennstoffanlieferung bei Großverbrauchern durch langfristige Verträge und große Mengen günstiger sind. Kleinbetrieblich organisierte Branchen, die dem monopolistischen oder oligopolistischen Angebot gegenüberstehen, können nur wenig

Abbildung 5

**Relative Energiepreise
(In Relation zum Outputpreis)**



Marktmacht aufbieten und müssen daher höhere Preise zahlen. In volkswirtschaftliche Analysen der Vor- und Nachteile bestimmter Produktionen (Strukturdebatte) sollten solche Preisunterschiede im Energiesektor einbezogen werden, da ceteris paribus niedrigere Preise für einzelne Verbraucher durch höhere Preise für andere Verbraucher wettgemacht werden müssen und daher eine stille Subventionierung der erstgenannten darstellen. Für solche Analysen empfiehlt sich in Zukunft eine Betrachtung auf Grund von Input-Output-Berechnungen.

Reaktionen des Energieverbrauchs auf Preissteigerungen

Zwischen der Entwicklung der Energiepreise und des spezifischen Verbrauchs besteht ein statistisch gesicherter inverser Zusammenhang: Für die Industrie insgesamt geht im Durchschnitt 1964 bis 1980 eine Preissteigerung von 1 Prozentpunkt Hand in Hand mit einem Rückgang des Rationalisierungstrends von 0,2 Prozentpunkten im gleichen Jahr. Berücksichtigt

Einfluß von Preis- und Investitionsschwankungen auf den Energieverbrauch ausgewählter Branchen
(1964 bis 1980)

| | K | Erklärende Variable | | | Form der Abhängigen ¹⁾ | R ² | DW |
|-----------------------------------|--------|---------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|------|
| | | ln T _t | 1 / T _t | PI _t | | | |
| Industrie insgesamt ²⁾ | 6 07 | | | | L | 0 77 | 0 39 |
| | 154 44 | -10,4374 (9) | | -0,0361 (41) | I | 0 97 | 1 03 |
| | 5 67 | - 0 1156 | | | L | 0 96 | 1 22 |
| Eisenhütten | 92 28 | | | -0,0480 (41) | I | 0 29 | 0 61 |
| | 94 56 | | 1 043,84 (31) | -0,2700 (62) | I | 0 59 | 1 19 |
| Steine Keramik | 106 15 | | | -0,1450 (16) | I | 0 73 | 0 33 |
| | 150,52 | - 8 2285 (19) | | -0,0680 (29) | I | 0 91 | 0 93 |
| | 5 86 | - 0,0771 (22) | | | L | 0 93 | 1 05 |
| Chemie | 103 78 | | | -0,2900 (28) | I | 0 45 | 0 18 |
| | 191 18 | -16,6795 (6) | | -0,0788 (29) | I | 0 97 | 1 42 |
| | 7 04 | - 0 2163 (8) | | | L | 0 96 | 1 09 |
| Papier | 93 26 | | | -0,5610 (80) | I | 0 09 | 0 28 |
| Metallhütten | 157 02 | | | -0,5900 (19) | I | 0 64 | 0 70 |
| | 7 29 | - 0,1121 (39) | | | L | 0 80 | 1 23 |
| Nahrungsmittel | 89 82 | | | -0,0700 (26) | I | 0 50 | 1 04 |
| Maschinen | 91 45 | | | -0,0620 (62) | I | 0 25 | 1 64 |

K = Regressionskonstante.

T_t = kumulierte Bruttoinvestitionen (1964 = 100)

PI_t = Preisindex Energie (1964 = 100)

Nur statistisch signifikante Gleichungen werden ausgewiesen

¹⁾ I = Indexwerte 1964 = 100 L = natürlicher Logarithmus — ²⁾ Rationalisierungstrend

man Verzögerungen in der Preisanpassung von einem Ausmaß bis zu 2 Jahren, so steigt die Reagibilität auf 2,5 Zehntelpunkte an. Steigt also der Preis für Energieinputs um 10 Prozentpunkte, so geht z. B. der "Rationalisierungstrend" im gleichen Jahr um 2 Punkte, innerhalb von drei Jahren insgesamt um 2½ Punkte zurück

In allen Einzelbranchen zeigt sich eine recht deutliche Preisreagibilität, besonders im ersten Jahr. Am deutlichsten ausgeprägt ist dieser Preiseffekt bei den Metallhütten (-0,6 Punkte) und in der Chemieindustrie (-0,3 Punkte), weniger stark bei Steine-Keramik (-0,15 Punkte), bei Papier (-0,06 Punkte) und den Eisenhütten (-0,05 Punkte).

Unterstellt man eine konstante Preiselastizität des spezifischen Energieverbrauchs (bzw. des Rationalisierungstrends), ergibt sich statistisch eine noch bessere Anpassung. Die Analyse der Vergangenheit zeigt für die Industrie insgesamt, daß eine Preissteigerung von 10% mit einem Verbrauchsrückgang von

3,5% bis 3,6% im gleichen Jahr beantwortet wird und im Folgejahr noch ein weiterer leichter Effekt auftritt, der statistisch allerdings nicht signifikant ist. Berechnet man den Reaktionseffekt auf Änderungen der relativen Energiepreise, steigt der Koeffizient auf 0,5 bis 0,6 und liegt damit innerhalb der von internationalen Organisationen errechneten Elastizitäten⁹⁾. Führt man neben Preissteigerungen als zusätzliche erklärende Variable für die Schwankungen des spezifischen Energieverbrauchs den energiesparenden technischen Fortschritt ein, der in den kumulierten Bruttoinvestitionen gebunden ist (Bayer, 1975), dann bleibt zwar die Preisreagibilität erhalten, sie nimmt jedoch in ihrer Stärke deutlich ab. Für die Gesamtindustrie verringert sich die Preiselastizität von 0,35 auf 0,11; sie ist etwa gleich stark wie der Einfluß einer Investitionssteigerung. Preise und Investitionstätigkeit erweisen sich als bedeutendste Einflußvariable für die Entwick-

⁹⁾ OECD, Energy Demand and Energy Prices CPE/WP4(80)2 Paris 1980.

lung des spezifischen Verbrauchs in fast allen wichtigen Energieverbraucherbranchen. Nur in der Papierindustrie bewirkt die zusätzliche Einführung der Investitionsvariablen eine Umkehr im Vorzeichen des Preiskoeffizienten, d. h. er wird positiv. Das gleiche trifft für eine Reihe von Branchen zu, deren Erzeugung nicht sehr energieintensiv ist. Für diese Branchen ist die Investitionstätigkeit der weitaus wichtigste Bestimmungsgrund für Steigerungen der Energieeffizienz.

Faktorpreise und -proportionen

Aus produktionstheoretischen Überlegungen läßt sich ableiten, daß bei gewinnmaximierendem Verhalten die Einzelbetriebe ihre Einsatzfaktoren (Arbeit, Kapital, Energie) so kombinieren, daß die Kosten minimiert werden. Hier wird für die Industrie keine (konstante) Produktionsfunktion über die Zeit unterstellt, sondern nur die tatsächliche Kombination der drei Inputfaktoren im Zeitablauf 1964 bis 1980 (1964 bis

Übersicht 11

Substitutionselastizitäten zwischen Inputfaktoren

| | 1964/1973 | 1973/1980 | 1964/1980 |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| $\sigma_{E,A}$ | 0,27 | -0,48 | 0,29 |
| $\sigma_{E,K}$ | -3,33 | 0,27 | 0,63 |
| $\sigma_{K,A}$ | 0,81 | 0,32 | 0,39 |

E = Energie
A = Arbeit
K = Kapital

genommen, die Energieintensität am zweitstärksten, nämlich um 64%, die Investitionsproduktivität um 24%.

Eine Beziehung zwischen den Faktorproportionen (den Änderungen der Faktoreinsatzintensitäten) und ihren Preisrelationen läßt sich durch die Substitutionselastizität herstellen. Sie gibt an, wie sich die Faktorproportionen auf Grund der Änderungen in den Faktorpreisrelationen verschoben haben. Zwischen 1964 und 1980 hat sich der Preis der Arbeit (Brutto-Lohnsumme je Beschäftigten) um 330% erhöht, jener der Energie um 164%, jener des Kapitals nur um 96%.

Über den gesamten Zeitraum zeigen die Elastizitäten für alle Substitutionen positive Vorzeichen, wie es als rationales Verhalten zu erwarten ist: Steigt der Energiepreis um einen Prozentpunkt stärker als der Kapitalpreis, wird die Investitions-/Energie-Relation um $\frac{2}{3}$ Prozentpunkte erhöht, also relativ weniger vom teurer gewordenen Faktor eingesetzt. Geringer ist die Substitutionselastizität zwischen Arbeit und Investitionen, noch geringer die zwischen Arbeit und Energie. Interessanter werden diese Beziehungen, wenn man die Zeitperiode in die vor und die nach dem Erdölpreisschock teilt. Zwischen 1964 und 1973 war die Substitutionselastizität zwischen Arbeit und Investitionen deutlich am höchsten: Stieg das Preisverhältnis um 10% zugunsten der Löhne, erhöhte sich auch die Investitionsintensität um über 8%. Gering war die Elastizität zwischen Energie und Arbeit: Eine 10prozentige relative Lohnsteigerung erhöhte die Energieintensität der Arbeit nur um 3%. Ganz ungewöhnlich verhält sich jedoch die Substitutionselastizität zwischen Energie und Investitionen: Trotz relativer Verteuerung des Kapitals stieg die Investitionsintensität der Energie, und zwar sogar um mehr als das Dreifache. In diesem Wert zeigt sich deutlich, daß hier keine konstante Produktionsfunktion vorliegt, sondern daß sich diese zwischen 1964 und 1973 offensichtlich durch technischen Fortschritt verschoben hat.

Die relativ geringe Elastizität zwischen Energie und Arbeit deutet einerseits auf eine nur geringe Substituierbarkeit zwischen diesen beiden Faktoren hin, was besonders dann plausibel ist, wenn man den relativ hohen Energieanteil, der der Wärmeerzeugung dient, in Betracht zieht. Zusätzlich kann die Erhöhung der Energieintensität der Arbeit jedoch auch durch

Übersicht 10

Faktorproportionen und Faktorpreise in der Industrie

| | | 1973 | 1980 |
|------------------------------------------------------|-----|------------|-------|
| | | 1964 = 100 | |
| Arbeitsvolumen | A | 98,2 | 85,1 |
| Brutto-Anlageinvestitionen real | K | 176,5 | 175,9 |
| Energieeinsatz | E | 128,5 | 133,3 |
| Produktion (ohne Kohlenbergbau Erdöl) | Q | 174,8 | 218,4 |
| Arbeitsproduktivität | Q/A | 178,1 | 256,7 |
| Kapitalproduktivität | Q/K | 99,1 | 124,2 |
| Energieproduktivität | Q/E | 136,1 | 163,9 |
| Energieintensität der Arbeit | E/A | 130,9 | 156,6 |
| Energieintensität des Kapitals | E/K | 72,8 | 75,8 |
| Kapitalintensität der Arbeit | K/A | 179,8 | 206,7 |
| Preis der Arbeit (Brutto-Lohnsumme je Beschäftigten) | PA | 228,7 | 430,7 |
| Preis des Kapitals (Preisindex der Industrie) | PK | 132,4 | 196,1 |
| Preis der Energie (Preisindex Energie) | PE | 118,0 | 263,7 |

1973, 1973 bis 1980) untersucht. Definiert man die Einsatzmenge des Faktors Arbeit als das gesamte Arbeitsvolumen (Arbeitszeit je Arbeiter in der Industrie mal Industriebeschäftigte), die des Faktors Kapital als die realen Investitionen und die der Energie als den Endverbrauch der Industrie in TJ, zeigt sich, daß in den letzten 15 Jahren der Arbeitseinsatz um 15% gesunken ist, der Energieeinsatz um ein Drittel stieg und der Investitionseinsatz mehr als doppelt so rasch wuchs. (Ganz anders sieht es für die Periode 1973 bis 1980 aus: Das Arbeitsvolumen ging um 13% zurück, die Investitionen blieben faktisch konstant, der Energieeinsatz stieg um fast 4%.)

Im gesamten Zeitraum nahm die Investitionsintensität der Arbeit um 107% und die Energieintensität der Arbeit um 57% zu, während die Energieintensität der Investitionen um 24% zurückging. Gemessen an der Produktion hat die Arbeitsproduktivität um 157% zu-

unterschiedliche Raten im arbeits- bzw. energiesparenden technischen Fortschritt erklärt werden: Wäre in den betrachteten neun Jahren der arbeitsparende technische Fortschritt um 30% höher gewesen als der energiesparende, dann hätte sich auch bei völliger Nichtsubstituierbarkeit von Arbeit für Energie (limitationale Beziehung) die festgestellte Steigerung der Energieintensität (31%) ergeben. Die starke Steigerung des Preises der Arbeit läßt den Schluß zu, daß in dieser Periode der arbeitsparende technische Fortschritt besonders stark forciert wurde. Der Elastizitätskoeffizient zwischen Energie und Investitionen läßt sich keinesfalls bei gegebenem technischem Fortschritt interpretieren, denn dann wären trotz relativer Preiserhöhung des Kapitals Investitionen für Energie substituiert worden — ein paradoxer Fall. Rational wäre in einer solchen Situation eher gewesen, Kapital statt Energie zu sparen. Es muß also in diesem Zeitraum, in dem Energie relativ zu den anderen Produktionsfaktoren billiger wurde, der technische Fortschritt in die Richtung gewirkt haben, daß trotz ihrer Verbilligung auch (gleichzeitig) mehr Energie gespart wurde.

Offensichtlich war in dieser Niedrigpreisperiode für Energie Hauptziel der Unternehmer die Einsparung des relativ teuren Faktors Arbeit durch zusätzlichen Kapitaleinsatz und den damit verbundenen technischen Fortschritt (Substitutionselastizität Arbeit-Investitionen 0,81). Energiesparender technischer Fortschritt wurde gleichzeitig damit eingeführt, da er offenbar mit diesem ersten Ziel nicht konkurrierte. Hätte die Alternative bestanden, entweder Arbeitskraft oder Energie einzusparen, wäre in der Regel an Arbeitskraft eingespart worden¹⁰). Offenbar waren jedoch Einsparungen beider Faktoren meist kompatibel.

Daraus geht hervor, daß Wirtschaftswachstum und hohe Investitionstätigkeit eine Voraussetzung für die Möglichkeit des Energiesparens bilden, weil nur so energiesparender technischer Fortschritt verwirklicht werden kann. Hohe Energiepreise allein sind keine hinreichende Bedingung für Einsparungen. Bei Vorliegen günstiger Investitionsbedingungen wurde Energie auch in der Niedrigpreisperiode gespart.

Auch die Hochpreisperiode (1973 bis 1980) bringt auf den ersten Blick unerwartete Ergebnisse: steigende Produktion bei fallenden bzw. nur ganz schwach zunehmenden Faktorinputs durch besonders starke Erhöhung der Arbeitsproduktivität und mit Abstand auch der Investitions- und Energieproduktivität. Bei sprunghaft steigenden Energiepreisen erhöhte sich sowohl die Energieintensität der Arbeit als auch die des Kapitals. "Normal" verhielten sich die Substitutionselastizitäten zwischen Investitionen und Arbeit (mit 0,32 allerdings deutlich geringer als in der ersten

Periode) und im Gegensatz zu den sechziger Jahren zwischen Energie und Investitionen (0,27). Zwischen Arbeit und Energie ergibt sich jedoch für diese Periode eine negative Substitutionselastizität ($-0,48$), d. h. obwohl der Preis der Energie deutlich stärker als der der Arbeitskraft stieg, wurde die Energieintensität der Arbeit erhöht, und nicht umgekehrt, wie man es als rationales Unternehmerverhalten bei gegebener Technologie vermuten würde. Hier könnte man es entweder mit einer Starrheit im Unternehmerverhalten insofern zu tun haben, als trotz steigender Energiepreise Substitution von Arbeit noch immer als Primärziel verfolgt wurde. (Der Lohnkostenanteil ist in allen Branchen deutlich höher als der Energiekostenanteil.) Andererseits waren auf Grund der empfindlichen Verteuerung von Erdöl und der Rezession 1974/75 größere Investitionen nicht mehr möglich. Trotz relativ steigender Energiepreise konnte die Rationalisierung im Energieeinsatz mit dem Abbau des Arbeitsvolumens nicht Schritt halten. In der Konkurrenz mit arbeitsparenden Maßnahmen blieben die energiesparenden offensichtlich auf Grund von Kapitalmangel zurück.

Diese Betrachtung zeigt wieder, daß hohe Energiepreise allein nicht genügen, um Energieeinsparungen durchzusetzen. Die Einsparungen waren in Zeiten niedriger Preise deutlich höher als in Zeiten hoher und steigender Preise, offenbar deswegen, weil die erste Phase von stark steigenden Investitionen gekennzeichnet war, die sowohl arbeits- als auch energiesparenden großen technischen Fortschritt in der österreichischen Industrieproduktion brachten. Als durch steigende Energiepreise die allgemeinen Voraussetzungen für die Einführung technischer Neuerungen in Form von Investitionen ungünstiger wurden, verlangsamte sich trotz Preissteigerungen die Einsparrate an Energie. Noch immer ist trotz starker Energiepreissteigerung die Kostenbelastung der Industrie durch Löhne deutlich höher als die durch Energie; daher wird weiterhin arbeitsparenden Investitionen größeres Augenmerk geschenkt.

Wichtig für die Wirtschaftspolitik ist jedoch die Erkenntnis, daß das Preisniveau von Energie bestenfalls ein Signal für Einsparungsbemühungen sein kann, solche Einsparungen in der Vergangenheit jedoch zum Großteil über Kapitalinvestitionen durchgesetzt wurden. Die Möglichkeit zur Investition (die auch Energiespareffekte hat) hängt jedoch u. a. auch von der Höhe der Energiekosten ab. Gleichzeitig zeigt die Analyse, daß die ausgewiesenen Substitutionselastizitäten gering sind und im Zeitablauf fallen. Ein Teil der technisch möglichen Energiesparmöglichkeiten ist bereits ausgeschöpft. Aus einer Reihe von Studien¹¹)

¹⁰) Siehe *K. M. Meyer-Abich* (Hrsg.): *Energieeinsparung als neue Energiequelle*, München 1979, S. 133f.

¹¹) Siehe z. B. *N. Dean*: *Energy Efficiency in Industry*, Cambridge Mass. 1980; *R. Stobaugh — D. Yergin* (Hrsg.): *Energie-Report der Harvard Business School* München 1980; *Meyer-Abich* (1979).

geht jedoch hervor, daß es eine große Anzahl von Einsparmöglichkeiten gibt, die praktisch ohne oder mit nur geringen Kosten durchführbar sind, aber u. a. aus Informationsmangel oder Mangel an Durchführungsmöglichkeiten bisher nicht eingeführt wurden. In Zukunft werden Einsparungen stärker auf diesen Bereich entfallen müssen sowie auch auf technisch aufwendigere und kostenintensivere Maßnahmen, die

bisher noch nicht getroffen wurden. Die Energiepolitik sollte diese Zielrichtung im Auge behalten und massiv Aufklärungs- und Durchführungshilfen anbieten, aber auch die Investitionsmöglichkeiten verbessern, um den technischen Fortschritt zur Erzielung von Energieersparnissen besser einsetzen zu können.

Kurt Bayer