



# **KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH**

Programmgruppe Systemforschung und  
Technologische Entwicklung

Aktuelle Beiträge zur Energiediskussion  
Nr. 13

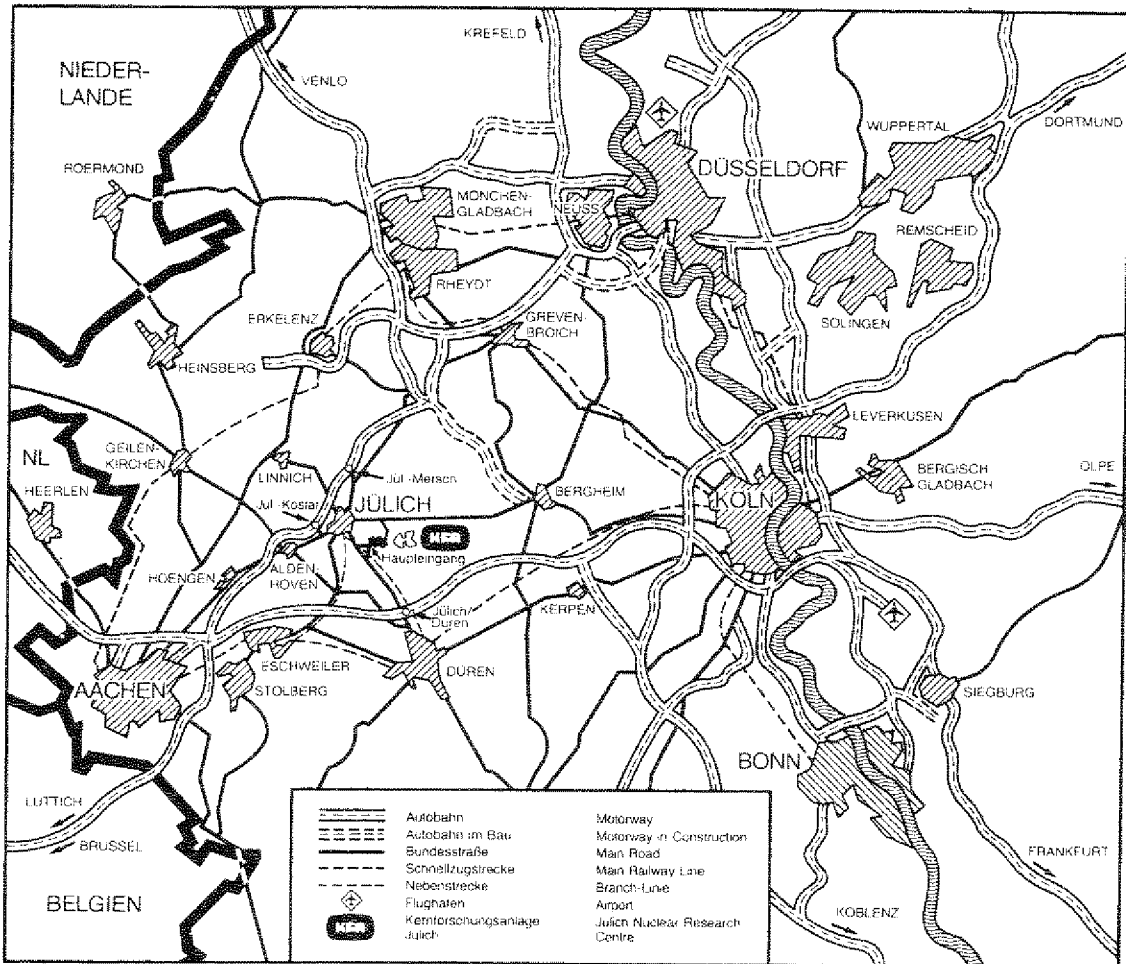
## **Der industrielle Strombedarf im Jahre 2000**

Eine Analyse und Prognose des Strombedarfes in den  
einzelnen Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes  
(inkl. Übriger Bergbau)

von

Thomas Jobsky  
Max Pohlmann

Jül - Spez - 398  
Mai 1987  
ISSN 0343-7639



Als Manuskript gedruckt

## Spezielle Berichte der Kernforschungsanlage Jülich-Nr. 398

Programmgruppe Systemforschung und Technische Entwicklung Jül-Spez-398

Zu beziehen durch: ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich GmbH

Postfach 1913 · D-5170 Jülich (Bundesrepublik Deutschland)

Telefon: 02461/610 · Telex: 833556-0 kf d

# **DER INDUSTRIELLE STROMBEDARF IM JAHRE 2000**

**Eine Analyse und Prognose des Strombedarfes  
in den einzelnen Wirtschaftszweigen des  
Verarbeitenden Gewerbes (inkl. Übriger Bergbau)**

*Mai 1987*

Th. Jobsky, M. Pohlmann

**SYSTEMFORSCHUNG UND TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNG**  
Programmgruppe der Kernforschungsanlage Jülich GmbH  
Jül-Spez-398



## **Kurzfassung**

In der vorliegenden Studie wird der industrielle Stromverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland analysiert und bis zum Jahre 2000 abgeschätzt. Basis des methodischen Vorgehens ist sowohl die Abschätzung der jeweiligen Produktionsmengen als auch des spezifischen Stromverbrauches für alle wichtigen industriellen Wirtschaftszweige. Als wesentliches Ergebnis der Studie läßt sich festhalten, daß der zur Jahrhundertwende erwartete industrielle Strombedarf von rd. 165 TWh nur um 5 % über dem Stromverbrauch des Jahres 1985 (rd. 157 TWh) liegt.

## **Abstract**

The study presented here analyses the industrial demand for electricity in the Federal Republic of Germany and estimates its development up to the year 2000. The basis of the methodological procedure is to estimate both the industrial output and the specific electricity consumption for all important branches of industry. The essential result of this study shows that the expected industrial demand for electricity up to the end of this century will only amount to 165 TWh. Compared with the year 1985 (157 TWh) this means an increase of only 5 %.

# *Der industrielle Strombedarf im Jahre 2000*

Seite

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Zielsetzung und Aufbau der Arbeit</b> .....	<b>3</b>
1.1 Problemstellung und Zielsetzung.....	3
1.2 Methodisches Vorgehen .....	3
1.3 Aufbau der Untersuchung.....	5
1.4 Abgrenzungen und Annahmen .....	6
<b>2. Einordnung des industriellen Stromverbrauches</b> .....	<b>9</b>
2.1 Stromaufkommen und Verbrauch .....	9
2.2 Industrieller Strom- und Energieverbrauch .....	10
2.3 Industrieller Stromverbrauch nach Sektoren .....	12
2.4 Industrieller Stromverbrauch nach Verwendungszwecken .....	14
<b>3. Entwicklungstendenzen bei ausgewählten Stromanwendungen**</b> .....	<b>17</b>
3.1 Antriebstechnik.....	17
3.2 Mechanisierung und Automation .....	21
3.3 Flexible Handhabungsautomaten (Industrieroboter) .....	23
3.4 Elektronische Datenverarbeitung .....	26
3.5 Anlagen zur Emissionsreduzierung .....	30
3.6 Neue Technologien zur Abwärmenutzung .....	35
3.7 Elektrowärme* .....	38
3.8 Beleuchtung .....	42
3.9 Zusammenfassung .....	50

---

die Autoren bearbeiteten folgende Kapitel:

\*Th. Jobsky

\*\*M. Pohlmann

<b>4. Sektorale Analyse und Projektion des Strombedarfes in der Industrie...</b>	<b>51</b>
<b>4.1 Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie*</b>	<b>51</b>
4.1.1 Übersicht.....	51
4.1.2 Industrie Steine und Erden** .....	53
4.1.3 Eisenschaffende Industrie .....	73
4.1.4 Eisen-, Stahl- und Tempergießereien .....	87
4.1.5 Ziehereien und Kaltwalzwerke .....	97
4.1.6 NE-Metallerzeugung, -halbzeugwerke, -gießereien .....	105
4.1.7 Chemische Industrie .....	121
4.1.8 Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung .....	139
4.1.9 Gummiverarbeitung.....	151
4.1.10 Übriges Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe .....	159
<b>4.2 Investitionsgüterindustrie**</b>	<b>164</b>
4.2.1 Übersicht.....	164
4.2.2 Maschinenbau.....	165
4.2.3 Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbau.....	175
4.2.4 Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik .....	187
4.2.5 Eisen-, Blech- und Metallverarbeitende Industrie (EBM-Industrie) .....	201
4.2.6 Übriges Investitionsgütergewerbe .....	212
<b>4.3 Verbrauchsgüterindustrie**</b>	<b>214</b>
4.3.1 Übersicht.....	214
4.3.2 Glas und Feinkeramik .....	215
4.3.3 Kunststoffverarbeitung (Herstellung von Kunststoffwaren).....	231
4.3.4 Textilgewerbe .....	241
4.3.5 Übriges Verbrauchsgütergewerbe .....	253
<b>4.4 Nahrungs- und Genußmittelindustrie (Ernährungsgewerbe)**</b>	<b>269</b>
<b>4.5 Übriger Bergbau*</b>	<b>287</b>
<b>5. Gesamtbetrachtung und Einordnung der Ergebnisse</b>	<b>293</b>
5.1 Der industrielle Stromverbrauch im Jahre 2000.....	293
5.2 Einordnung der Ergebnisse gegenüber anderen Prognosen .....	298
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>301</b>



# Der industrielle Strombedarf im Jahre 2000

## Zusammenfassung

Ziel dieser Studie ist es, Determinanten der industriellen Strombedarfsentwicklung zu analysieren und den zukünftigen Bedarf dieses Sektors bis zum Jahre 2000 abzuschätzen. Auf die Industrie im Sinne der Abgrenzung in dieser Studie entfallen gegenwärtig (1985) etwa 43 % des gesamten Nettostrombedarfes der Bundesrepublik Deutschland.

Basis des methodischen Konzeptes dieser Studie ist die Ermittlung und Abschätzung des spezifischen Strombedarfes und der Produktion. Der absolute Stromverbrauch resultiert aus der Multiplikation dieser beiden Größen.

Die Abschätzung erfolgt getrennt für einzelne Industriezweige (Branchenkonzept). Es wird versucht, weitestgehend über Produkte und Produktionsmengen wesentliche Bestimmungsfaktoren für den Stromverbrauch jeder Branche abzuleiten. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da der zumeist bei Prognosen zugrunde gelegte wertmäßige Anstieg der Produktion in vielen Fällen keinen korrespondierenden Anstieg der mengenmäßigen Produktion zum Hintergrund hat.

Überlagert wird die Produktionsentwicklung von der technischen Entwicklung, die Änderungen des Stromeinsatzes pro Produktionseinheit zur Folge hat. Hierzu werden wesentliche strombedarfsverändernde Techniken und Entwicklungen im Bereich Beleuchtung, Antriebstechnik, Automation, Robotereinsatz, Umweltschutz und Wärmerückgewinnung berücksichtigt und soweit möglich quantifiziert. Neben diesen mehr branchenübergreifenden Entwicklungen gilt es, für jeden Industriezweig branchenspezifische Einflüsse zu identifizieren.

Aus den technischen Entwicklungen und erwarteten Veränderungen des Produktionsniveaus werden Änderungen des Stromeinsatzes für jeden betreffenden Industriezweig abgeleitet und bis zum Jahre 2000 abgeschätzt.

Als Ergebnis der vorliegenden Studie läßt sich festhalten:

1. Das Wachstum des industriellen Strombedarfes bis zum Jahre 2000 wird deutlich unter 1 % pro Jahr erwartet. Der errechnete Wert liegt bei 0,33 % pro Jahr. Dieser Wert unterschreitet die bisherige Wachstumsrate des Industriestromverbrauches im Zeitraum von 1970 - 1985 mit durchschnittlich 2,2 % pro Jahr erheblich.
2. Der Strombedarf der Industrie im Jahre 2000 wird mit rd. 165 TWh nur um insgesamt 5 % höher liegen als im Jahre 1985 (rd. 157 TWh).
3. Maßgeblich für die sinkenden, teilweise negativen Zuwachsraten des Strombedarfes ist das nachlassende Wachstum der produzierten Mengen. Es ist eine Tendenz zum qualitativen Wachstum erkennbar.

4. Die rückläufige Entwicklung stromintensiver Produktionen wird in der Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie zu einem Rückgang des Stromverbrauches führen und die erwartete Stromzunahme der Investitionsgüter- und Verbrauchsgüterindustrie sowie der Nahrungs- und Genußmittelindustrie zu einem großen Teil kompensieren.
5. Die Bedeutung der elektrischen Energie in der industriellen Produktion wird weiter zunehmen, obgleich der Anstieg durch rationellere Stromverwendung gedämpft wird.
6. Auswirkungen von branchenübergreifenden Techniken sind für das gesamte Stromwachstum der Industrie als gering und zudem als weitestgehend kompensatorisch anzusehen.
7. Die zukünftige Entwicklung wird in den einzelnen Wirtschaftszweigen wie folgt gesehen:

	Stromverbrauch		Änderung 1985 - 2000 [TWh]
	1985 [TWh]	2000 [TWh]	
1. Industrie Steine und Erden	6,21	6,20	- 0,01
2. Eisenschaffende Industrie	19,10	16,23	- 2,87
3. Eisen-, Stahl und Tempergießereien	1,98	2,28	0,30
4. Ziehereien und Kaltwalzwerke	1,04	1,13	0,09
5. NE - Metallindustrie	17,72	16,50	- 1,22
6. Chemische Industrie	42,88	41,59	- 1,29
7. Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung	9,30	9,50	0,20
8. Gummiverarbeitung	1,76	2,03	0,27
9. Übriges Grundstoffgewerbe	1,35	1,39	0,04
<b>Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie</b>	<b>101,34</b>	<b>96,85</b>	<b>- 4,49</b>
10. Maschinenbau	6,08	8,47	2,39
11. Straßen-, Luft- und Raumfahrtzeugbau	10,30	12,60	2,30
12. Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik	7,68	11,75	4,07
13. EBM-Industrie	4,38	5,50	1,12
14. Übriges Investitionsgütergewerbe	1,02	1,10	0,08
<b>Investitionsgüterindustrie</b>	<b>29,46</b>	<b>39,42</b>	<b>9,96</b>
15. Glas und Feinkeramik	3,01	3,46	0,45
16. Kunststoffverarbeitung	4,37	5,13	0,76
17. Textilgewerbe	4,20	4,50	0,30
18. Übriges Verbrauchsgütergewerbe	5,11	5,95	0,84
<b>Verbrauchsgüterindustrie</b>	<b>16,69</b>	<b>19,04</b>	<b>2,35</b>
<b>Nahrungs- und Genußmittelindustrie</b>	<b>8,08</b>	<b>8,27</b>	<b>0,19</b>
<b>Übriger Bergbau</b>	<b>1,20</b>	<b>1,20</b>	<b>0,00</b>
<b>Industrie gesamt</b>	<b>156,77</b>	<b>164,78</b>	<b>8,01</b>

# 1. Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

## 1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Für die kapitalintensive Elektrizitätsversorgung spielen Prognosen über den zukünftigen Strombedarf eine entscheidende Rolle. Die Vorlaufzeiten für die Errichtung neuer Kraftwerke und den bedarfsgerechten Ausbau des Versorgungssektors sind beträchtlich. Bei langen Abschreibungszeiten und der noch längeren technischen Nutzung der Anlagen belasten Fehleinschätzungen die Kosten der Elektrizitätsversorgung erheblich. Dies gilt sowohl für den Fall einer Unter- als auch Überdeckung. Es ist deshalb aus betriebswirtschaftlichen Erwägungen, aber auch aus dem Blickwinkel der Versorgungssicherheit unerlässlich, den zukünftigen Strombedarf so gut wie möglich abzuschätzen.

Neben dieser Notwendigkeit an einer möglichst verlässlichen Abschätzung des zukünftigen Stromverbrauches aus energiewirtschaftlicher Sicht treten in jüngster Zeit auch gesellschaftspolitische Aspekte in den Vordergrund, die sich derzeit wohl auf keinen anderen Wirtschaftszweig so intensiv konzentrieren, wie auf die öffentliche Stromversorgung. Aus unterschiedlichen Motivationen heraus und über verschiedene Argumentationsketten erlangte die Frage nach der Höhe des zukünftigen Strombedarfes und der Einsparpotentiale in der öffentlichen Diskussion einen beachtlichen Stellenwert.

Diese Studie versucht, einen Beitrag zur obigen Thematik zu leisten. Ziel der Untersuchung ist es, den Stromverbrauch der Industrie in der Bundesrepublik Deutschland zu analysieren und den zukünftigen Bedarf im Jahre 2000 abzuschätzen. Auf die Industrie im Sinne der in dieser Studie verwendeten Abgrenzung entfallen gegenwärtig rd. 43 % des gesamten Stromverbrauches in der Bundesrepublik Deutschland.

## 1.2 Methodisches Vorgehen

In dieser Studie wird versucht, weitestgehend über Produkte und Produktionsmengen wesentliche Bestimmungsfaktoren für den Energieverbrauch abzuleiten. Basis des methodischen Vorgehens ist sowohl die Ermittlung und Abschätzung des Produktionsniveaus als auch des Energieeinsatzes pro Produktionseinheit (spezifischer Stromverbrauch). Durch Multiplikation beider Größen lassen sich absolute Stromverbrauchswerte ermitteln.

Als Bezugsgrößen für die Abschätzung des absoluten und spezifischen Strombedarfes dienen stromintensive Produkte (z.B. Aluminium, Chlor, Elektrostahl etc.), sowie bei heterogenen Wirtschaftszweigen typische 'Leitprodukte' (wie z.B. Glas, Straßenfahrzeuge), aus denen sich entweder mit produktspezifischen Verbrauchswerten oder mit dem statistisch ausgewiesenen Stromverbrauch des jeweiligen Industriezweiges repräsentative Energieanhaltszahlen gewinnen lassen. Nur in den Fällen, wo die Wirtschaftssektoren eine zu große Vielfalt von unterschiedlichen Produkten

erzeugen (wie z.B. in der Elektrotechnischen Industrie), wird als Bezugsbasis die Bruttowertschöpfung herangezogen.

Dieses Vorgehen wird gewählt, weil der wertmäßige Anstieg der Produktion in vielen Fällen keinen korrespondierenden Anstieg der mengenmäßigen Produktion zum Hintergrund hat. Insbesondere durch die Tendenz zur Veredelungswirtschaft (verstärktes qualitatives statt quantitatives Wachstum) zeigt sich, daß mit einem wertbezogenen Zuwachs nicht notwendigerweise ein proportionaler Mengen- und damit Stromverbrauchszuwachs einhergehen muß. Deshalb ist es nicht erforderlich, in allen betrachteten Wirtschaftszweigen von der Vorgabe eines monetären wirtschaftlichen Wachstums auszugehen. Das wirtschaftliche Wachstum wird über die Veränderungen von Produktionsmengen und der Produktqualität erfaßt.

Untersucht werden im einzelnen alle für den Stromverbrauch wichtigen industriellen Wirtschaftszweige mit ihren Produkten (Branchenkonzept). Es werden wesentliche strombedarfsverändernde Techniken und Entwicklungen im Bereich Beleuchtung, Antriebstechnik, Automation, Robotereinsatz, Umweltschutz und Wärmerückgewinnung berücksichtigt und soweit möglich quantifiziert. Neben diesen mehr branchenübergreifenden Entwicklungen gilt es, für jeden Industriezweig branchenspezifische Einflüsse zu identifizieren. Hierzu wird auf bekannte Studien und eine Vielzahl von Expertengespräche zurückgegriffen. Ziel ist es, zum einen die zukünftigen Erwartungen in bezug auf das (positive wie negative) Produkt- bzw. Produktionswachstum der einzelnen Wirtschaftszweige zu ermitteln, zum anderen das diesem Wachstum überlagerte Maß der rationelleren Stromverwendung bzw. sonstiger Substitutionstendenzen zu erfassen.

Aus den technischen Entwicklungstendenzen und aus Veränderungen des Produktionsniveaus lassen sich Änderungen des absoluten Strombedarfes für jeden betreffenden Industriezweig ableiten und bis zum Jahre 2000 abschätzen.

Es muß an dieser Stelle betont werden, daß sich hinsichtlich der verfügbaren Daten je nach Industriezweig sehr unterschiedliche Voraussetzungen ergeben. Eine Reihe von Informations- und Datendefizite erschweren eine brancheneinheitliche Vorgehensweise. So liegt für eine Reihe von Daten keine fortlaufende statistische Erfassung vor. Dies hat teilweise Rückwirkungen auf den Detaillierungsgrad, aber auch auf die Güte der erzielbaren Ergebnisse. Eine Verallgemeinerung der Ergebnisse, insbesondere die Übertragung von Stromeinsparmaßnahmen auf einzelne Betriebe oder Unternehmen, läßt die Datenlage nicht zu.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß bei Projektionen der wirtschaftlichen Entwicklung die Unsicherheiten teilweise groß sind. Gemeint sind hiermit Änderungen des Konsumentenverhaltens und der Bevölkerungsentwicklung sowie der Export- und Währungssituation und der politischen Rahmensetzungen. Insofern ist die Abschätzung des künftigen industriellen Strombedarfes als Tendenzaussage unter den gesetzten Annahmen zu verstehen.

### 1.3 Aufbau der Untersuchung

Im ersten Teil der Untersuchung (*Kap. 2*) erfolgt eine allgemeine Beschreibung der energiewirtschaftlichen Situation in der Industrie. Diese Betrachtung soll einen ersten Einblick in die Energiebedarfsstruktur der gesamten Industrie und der ca. 40 in vier Hauptgruppen geordneten Industriezweige eröffnen. Neben dem absoluten Energie- und Stromverbrauch nach Sektoren wird die Stromnutzung nach Verwendungszwecken (Kraft, Wärme, Beleuchtung etc.) dargestellt.

Der zweite Teil der Studie (*Kap. 3*) befaßt sich mit Entwicklungstendenzen bei ausgewählten, den Strombedarf beeinflussenden Stromanwendungen, die als branchenübergreifend einzustufen sind. Hierzu zählen Fortschritte in der Beleuchtungs- und Antriebstechnik, Umweltschutzaufgaben, Mechanisierung und Automation, insbesondere Roboter- und EDV-Einsatz sowie Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung. Durch weitgehende Quantifizierung des Beitrages jedes Faktors läßt sich das mögliche Ausmaß und Gewicht auf die Strombedarfsentwicklung für die Industrie sowie für einzelne Industriezweige abschätzen. Die Ergebnisse dieser Analyse werden bei der branchenspezifischen Abschätzung des Strombedarfes berücksichtigt.

Im dritten Teil der Studie (*Kap. 4*) erfolgt die Untersuchung des Strombedarfes auf Branchenebene. Die Darstellung ist so gehalten, daß für jede betrachtete Wirtschaftsgruppe bzw. jeden Wirtschaftszweig zuerst die Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Energieträgerstruktur im Verlaufe der letzten Jahrzehnte dargestellt ist. Hieraus läßt sich der Stellenwert der elektrischen Energie im Rahmen der jeweiligen Energieversorgung eines Industriezweiges erkennen. Im Anschluß hieran werden wichtige Merkmale des Stromeinsatzes der jeweiligen Branche herausgestellt. Dazu gehören Produktionsentwicklung und spezifischer Strombedarf, vorherrschende Produktionsverfahren sowie erkennbare Tendenzen der technischen Entwicklung. Es wird der bisherige Entwicklungsverlauf spezifischer Stromverbrauchswerte sowie die Produktionsentwicklung über einen längeren Zeitraum untersucht. Soweit zugänglich, werden dabei statistisch ermittelte spezifische Vergangenheitswerte mit praxisorientierten Angaben verglichen. Mit den für die Zukunft jeweils abgeschätzten Werten wird auf die künftige Entwicklung des absoluten Strombedarfes in der jeweiligen Branche geschlossen.

Im abschließenden Teil (*Kap. 5*) erfolgt eine zusammengefaßte Gesamtbetrachtung und Einordnung der Ergebnisse, insbesondere gegenüber anderen Prognosen.

## 1.4 Abgrenzungen und Annahmen

### - Abgrenzungen

Der *Industriebegriff* in dieser Studie folgt der Abgrenzung nach der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen /1/.

Danach ist unter Industrie das *Verarbeitende Gewerbe* und der *Übrige Bergbau* zu verstehen. Nicht zur Industrie zählen die Sektoren der Energiegewinnung und Energieumwandlung. Hier besteht ein wesentlicher Unterschied gegenüber der Abgrenzung des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden /2/, das in seiner Industriestatistik die Mineralölindustrie zum Verarbeitenden Gewerbe zählt und darüber hinaus den Kohlenbergbau berücksichtigt.

Unter *Stromverbrauch bzw. -bedarf* ist in dieser Untersuchung der Stromverbrauch ohne Eigenbedarf für die industrielle Stromeigenversorgung zu verstehen. Auch in dieser Abgrenzung wird somit der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen gefolgt. In der Abgrenzung des Statistischen Bundesamtes ist dieser Anteil in den ausgewiesenen Werten zum Stromverbrauch enthalten.

Der auf die *Stromeigenerzeugung* entfallende Anteil des Stromverbrauches ist gering (ca. 1 - 2 TWh) und im wesentlichen nur in den Branchen der Grundstoffindustrie von Bedeutung. Zukünftig könnte dem Eigenbedarf stärkere Bedeutung zukommen, da durch die Maßnahmen zur Luftreinhaltung der Eigenstrombedarf zunehmen dürfte.

*Basisjahr* der Abschätzung ist das Jahr 1985. *Datengrundlage* sind die Statistiken des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden ('Reihe Produzierendes Gewerbe') sowie der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, die auf den Daten des Statistischen Bundesamtes aufbauen. Zur weiteren Ergänzung dienen Publikationen und Auskünfte von Verbänden.

### - allgemeine Annahmen

Aus energiepolitischer Sicht werden keine sprunghaften Änderungen der *politischen Rahmenseetzungen* (z.B. Verbot der Wärmestromanwendung, Verzicht auf die Kernenergie etc.) unterstellt.

In Anlehnung an die Ergebnisse, die vom Bundesministerium des Innern herausgegeben wurden /8/, wird ein Rückgang der *Bevölkerung* in der Bundesrepublik Deutschland bis zu 3 % (1,8 Mio Einwohner) bis zum Jahre 2000 erwartet. Der gegenwärtige Stand wird mit rund 61 Mio Einwohnern angegeben.

## - strompreisbedingte Annahmen

Nach Untersuchungen, wie beispielsweise von Rittstieg /9/ aus den frühen '80er Jahren und in einem Gutachten des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung (RWI) /10/ aus dem Jahre 1986 bestätigt, ist ein deutlicher Anstieg der *Stromerzeugungskosten* - auch ohne Verzicht auf die Kernenergie - für die Zukunft nicht auszuschließen. Denkbar ist aber auch, daß nach Abschluß der Umweltschutzaufgaben bei Kohlekraftwerken sowie in Versorgungsgebieten mit höherem Kernenergieanteil die Strompreisentwicklung im Rahmen der allgemeinen Preisentwicklung verbleibt. Trotz der Unsicherheiten in bezug auf die Höhe der Strompreissteigerungen, wird für die Industrie von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Bei Anwendungen elektrischer Energie *ohne Substitutionskonkurrenz* durch andere Energieträger (Licht, Kraft, Elektrolyse<sup>1</sup> etc.) dürften Strompreiserhöhungen unter Umständen zu einer forcierten Nutzung stromeinsparender Möglichkeiten beitragen. Allerdings konkurrieren Investitionen in stromeinsparende Technologien mit anderen Investitionsmöglichkeiten, die ggf. eine höhere Rentabilität oder kürzere Kapitalrückflußzeit versprechen. Angesichts des langfristigen Betrachtungszeitraumes von 15 Jahren wird in dieser Studie aber vorausgesetzt, daß stromsparende, wirtschaftliche Maßnahmen zu einem großen Teil ohnehin bei den in diesem Zeitraum notwendigen Neuinvestitionen realisiert werden und somit bis zum Jahre 2000 wirksam werden.
- Eine strompreisbedingte *Substitution* elektrischer Energie *durch andere Energieträger* ist nur in einem begrenzten Umfang möglich und dürfte hauptsächlich auf den Bereich der Elektrowärmeverfahren beschränkt sein. Hier stellt eine Vielzahl, den Stromeinsatz begünstigender Randbedingungen gewichtige Beurteilungskriterien dar, wobei der Strompreis in den überwiegenden Fällen nicht das allein ausschlaggebende Kriterium ist. Mit Ausnahme von den metallurgischen Schmelzprozessen (Elektroofen versus Oxygenstahlkonverter bzw. Kupolofen), die in den *Kap. 4.1.3 bzw. Kap. 4.1.4* näher diskutiert sind, werden bis zur Jahrhundertwende keine wesentlichen stromsubstituierenden Entwicklungen erwartet.
- *Substitutionen* anderer Energieträger, wie z.B. Öl und Gas, *durch elektrische Energie* werden - obgleich technisch insbesondere in vielerlei Erwärmungsprozessen möglich - für den betrachteten Untersuchungszeitraum ebenfalls nicht im wesentlichen Umfang erwartet, weil mit einem gravierenden Anstieg der Öl- und Gaspreise vor der Jahrhundertwende nicht gerechnet wird.

---

<sup>1</sup> Die sehr stromkostenintensiven Elektrolyseprodukte Chlor und Hüttenaluminium unterliegen anderen Randbedingungen und werden in *Kap. 4.1.7 bzw. 4.1.6* gesondert diskutiert.



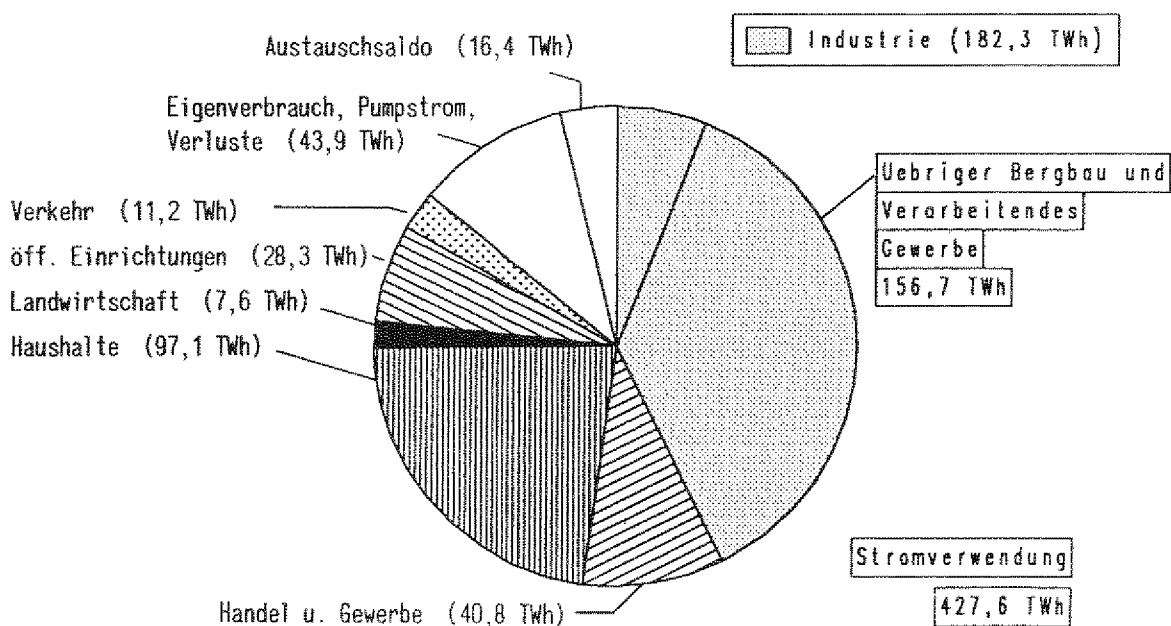
## 2. Einordnung des industriellen Stromverbrauches

### 2.1 Stromaufkommen und Verbrauch

Das Stromaufkommen im Jahre 1985 belief sich auf 427,6 TWh /11/. Zur Bereitstellung dieses Stromaufkommens haben öffentliche Kraftwerke zu 81 % und Industriekraftwerke zu 13 % beigetragen. Der Rest von 6 % entfiel auf bundesbahneigene Kraftwerke und einem Stromeinfuhrüberschuß.

In *Bild 2.1* ist die Verwendung des Stromaufkommens für das Jahr 1985 dargestellt. Nach Abzug der Stromausfuhr, des Eigenverbrauches der Kraftwerke, des Pumpstromverbrauches sowie der Netzverluste bzw. des Nichterfaßten weist die Statistik des Bundesministeriums für Wirtschaft /11/ einen Nettostromverbrauch von 367,3 TWh aus, der sich in unterschiedlichen Anteilen auf die einzelnen Verbraucher verteilt. Hauptstromabnehmer mit einem Anteil von rd. 50 % (182,3 TWh) ist die Industrie gemäß der dort gewählten Abgrenzung.

Im Rahmen dieser Studie wird, wie bereits angesprochen, auf die Abgrenzung nach der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen zurückgegriffen. Demnach beträgt der industrielle Stromverbrauch 156,7 TWh. Der Unterschied von 25,6 TWh begründet sich darin, daß der Stromverbrauch der Mineralölindustrie und des Kohlenbergbaus nicht den Industrie-sektoren (Verarbeitendes Gewerbe und Übriger Bergbau) zugeordnet ist.



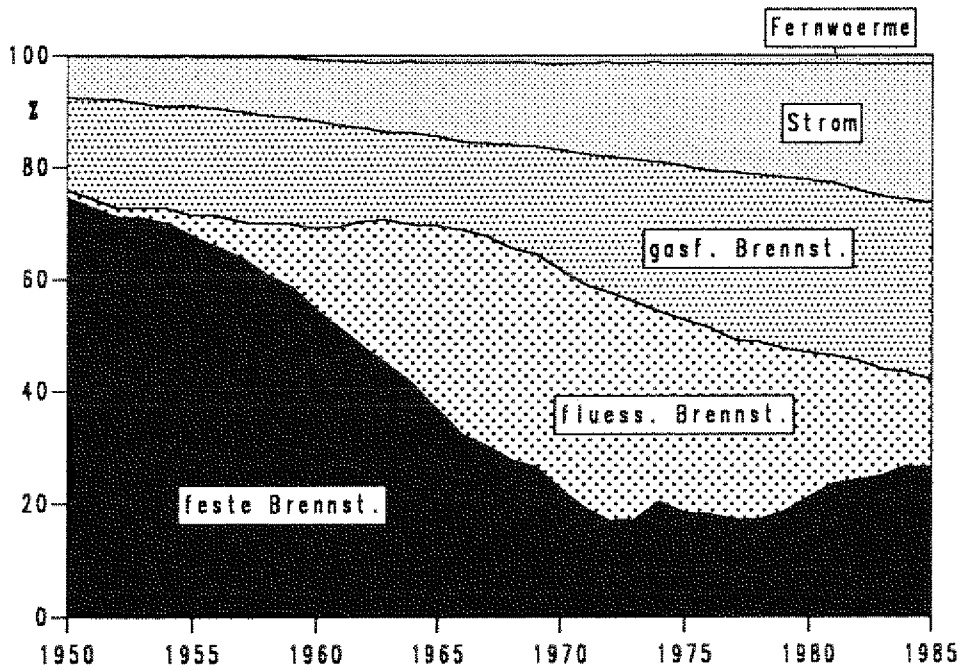
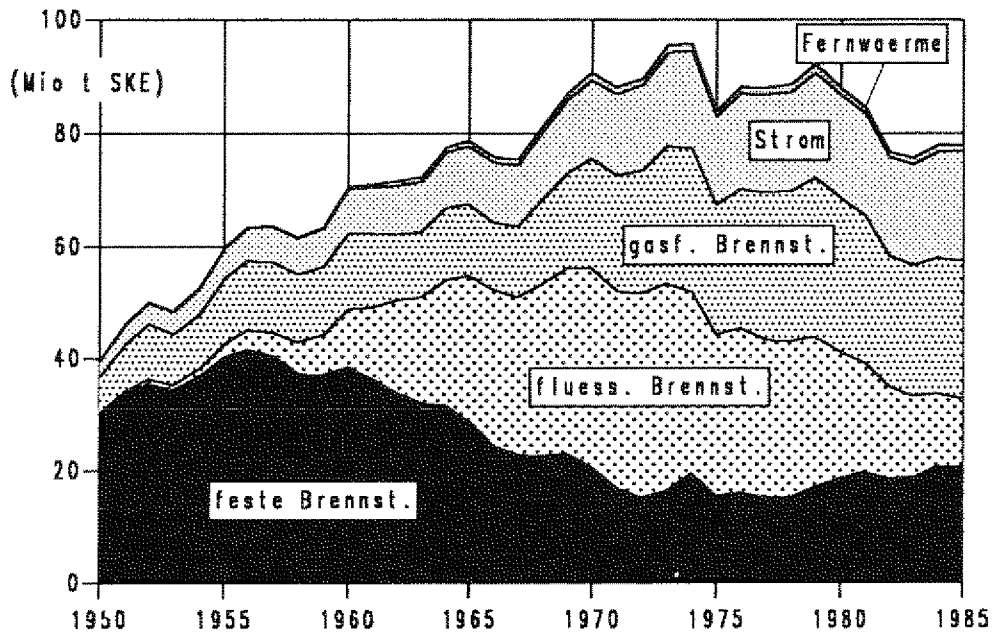
*Bild 2.1:* Stromaufkommen und -verwendung in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1985 /1, 2/

## 2.2 Industrieller Strom- und Energieverbrauch

Die Entwicklung des Endenergieverbrauches der Industrie zeigt für die Jahre von 1950 bis 1985 einen recht unterschiedlichen Verlauf. Begleitet von starken Anteilsverschiebungen der fossilen Energieträger stieg der Verbrauch bis etwa Mitte der '70er Jahre auf 95,6 Mio t SKE an. Anschließend reduzierte sich der Energieverbrauch bis zum Jahre 1985 wieder auf rd. 78 Mio t SKE (*Bild 2.2*).

Beginnend in den '50er Jahren verdrängte das in großen Mengen zur Verfügung stehende Heizöl die Steinkohle. Hierbei waren der Preis und die bessere Handhabbarkeit der flüssigen Kohlenwasserstoffe entscheidende Gründe. Mitte der '60er Jahre drängte infolge der vielen anwendungstechnischen Vorteile auch Erdgas immer stärker in den industriellen Energiemarkt. Weitere strukturelle Veränderungen wurden durch die beiden Ölpreiserhöhungen 1973 und 1979 ausgelöst. So reduzierte die Industrie nach der zweiten Teuerungswelle den Heizöleinsatz deutlich. Als Folge des Ölpreisverfalles im Jahre 1986 könnte diese Entwicklung - zumindest vorübergehend - unterbrochen werden.

Gegenüber den starken strukturellen Verschiebungen der fossilen Brennstoffe verlief die Entwicklung des industriellen Stromverbrauches in den vergangenen Jahrzehnten ausgesprochen kontinuierlich. Mit dem stetigen Anstieg des Stromanteiles am industriellen Endenergieverbrauch von 11 % im Jahre 1960 auf 15 % im Jahre 1970 und auf knapp 21 % im Jahre 1980 ging bis Ende der '70er Jahre überwiegend auch eine Erhöhung der absoluten Stromverbrauchswerte einher (*vgl. auch Bild 2.4*). Danach ist die weitere Anteilssteigerung auf 24,7 % im Jahre 1985 hauptsächlich auf einen rückläufigen Verbrauch fossiler Endenergieträger in der Industrie zurückzuführen.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

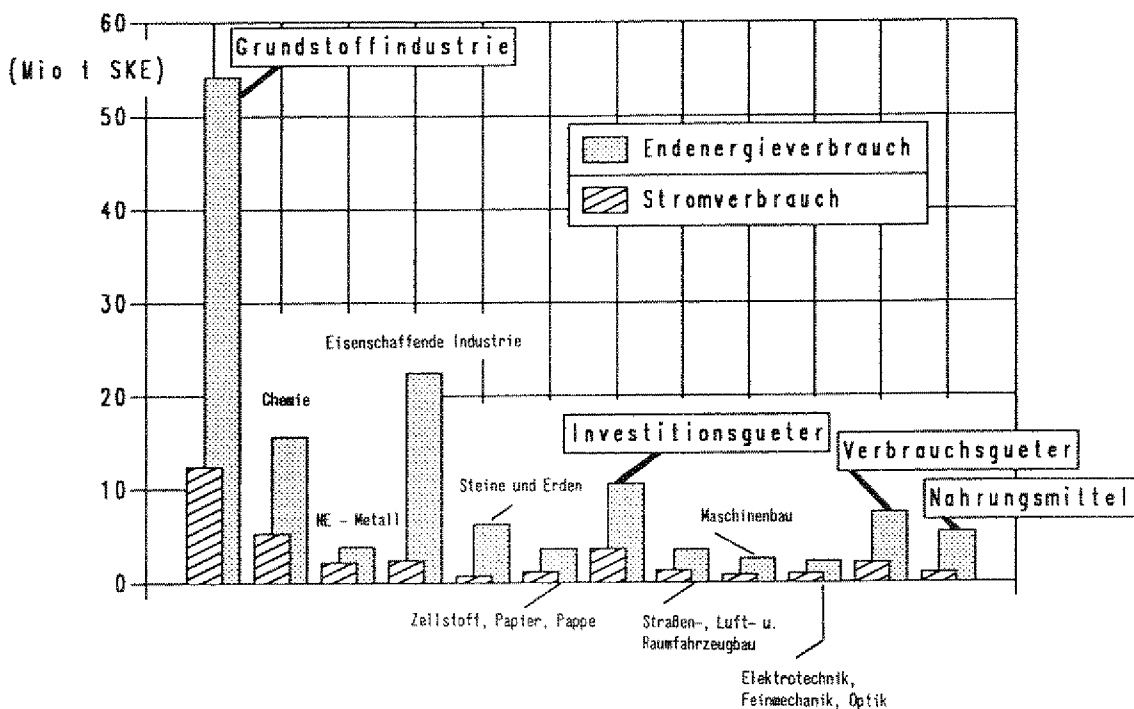
Bild 2.2: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur in der Industrie von 1950 - 1985

### 2.3 Industrieller Stromverbrauch nach Sektoren

Die Industrie umfaßt neben dem energetisch relativ unbedeutenden 'Übrigen Bergbau' vier Hauptgruppen, die gemessen am Energie- und Stromverbrauch recht unterschiedliche Bedeutung aufweisen (Bild 2.3).

Größter Energieverbraucher war im Jahre 1985 das Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe mit Anteilen von rd. 70 % beim Endenergieverbrauch und 64,6 % beim Stromverbrauch. Mit Abstand folgen beim Stromverbrauch das Investitionsgütergewerbe mit 18,8 %, das Verbrauchsgütergewerbe mit 10,6 % und das Nahrungs- und Genußmittelgewerbe mit 5,2 %.

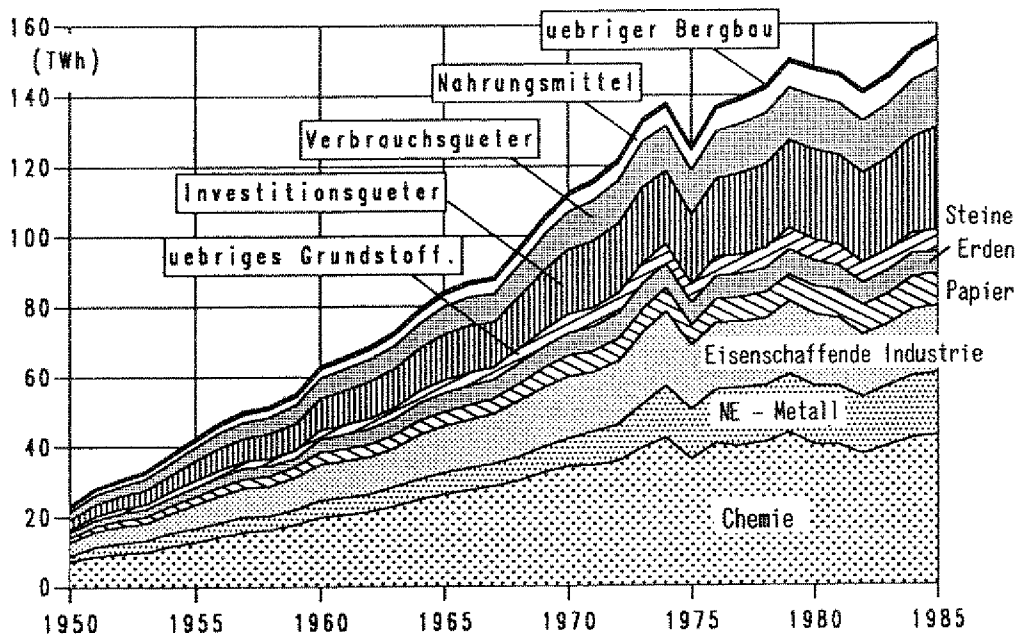
Zur Energiebedarfsdeckung innerhalb der einzelnen Industriezweige trägt Elektrizität mit unterschiedlichem Gewicht bei. Hohe relative Anteile finden sich in der NE-Metallindustrie (56 %), in der Kunststoffverarbeitenden Industrie (47 %) und in der Elektrotechnischen Industrie (42 %).



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 2.3: Endenergie- und Stromverbrauch in ausgewählten industriellen Wirtschaftsgruppen im Jahre 1985

Die dominierende Rolle hinsichtlich des absoluten Stromverbrauches liegt in der Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie bei den Branchen Chemie, Eisenschaffende Industrie und NE-Metallerzeugung. Diese drei Wirtschaftsgruppen repräsentieren mit 79,7 TWh rd. 51 % des industriellen Stromverbrauches (vgl. auch *Bild 2.4*). Nimmt man die Branchen Steine und Erden sowie die Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung hinzu, so entfallen auf diese fünf Sektoren über 60 % des gesamten industriellen Stromverbrauches.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

*Bild 2.4:* Sektorale Entwicklung des industriellen Stromverbrauches von 1950 - 1985

## 2.4 Industrieller Stromverbrauch nach Verwendungszwecken

Elektrische Energie wird in der Industrie eingesetzt zur Deckung des Bedarfes an

- Kraft
- Wärme<sup>2</sup>
- Licht.

Die Verwendungsstruktur des industriellen Stromverbrauches nach diesen aufgeführten Verwendungszwecken ist in fortlaufender statistischer Erfassung für den Bereich der Bundesrepublik nicht bekannt. Abschätzungen und Hochrechnungen sind aus unterschiedlichen Veröffentlichungen zu entnehmen /u.a. 5, 12, 13, 14/. In der Regel sind die Ergebnisse auf ausgewählte Sektoren bzw. einzelne Jahre beschränkt.

Erste auf repräsentativen Umfragen beruhende Untersuchungsergebnisse, die sich zudem über einen längeren Berichtszeitraum (1976 - 1978 und 1980 - 1982) erstrecken, wurden Ende 1985 als Gemeinschaftsgutachten dreier Forschungsinstitute /5/ veröffentlicht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung hinsichtlich der Verwendungsstruktur der elektrischen Energie im Verarbeitenden Gewerbe (inkl. Übriger Bergbau) für das Jahr 1982 verdeutlicht die nachfolgende Übersicht (Tab. 2.1).

Gemäß der in dieser Tabelle ausgewiesenen Werte beanspruchte im Jahre 1982 der Kraftbedarf mit 65,7 % den größten Anteil (92,8 TWh) am Stromverbrauch der Industrie. Auf Elektrowärme und elektrochemische Anwendungen entfiel mit 40 TWh ein Anteil von 28,4 %. Rund 6 % bzw. 8,4 TWh waren dem Verwendungszweck Beleuchtung zuzuordnen.

Insgesamt lag der Stromverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes im Jahre 1982 bei etwas über 140 TWh. Aus diesen Angaben wird deutlich, daß das Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe (inkl. Übriger Bergbau) zwar den geringsten Kraftstromanteil (62,7 %) aller Branchengruppen hat, absolut gesehen aber mit annähernd 60 TWh fast zwei Drittel des gesamten industriellen Kraftstromverbrauches umfaßt.

Herausragend mit Anteilen von weit über 90 % sind dabei die Branchen Steine und Erden sowie die Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung. Der größte Kraftstromverbraucher in absoluten Werten war im Jahre 1982 die Chemische Industrie mit fast 23 TWh.

---

<sup>2</sup> inkl. Elektrochemie

Branchen und Branchenhaupt- gruppen	Endenergie- verbrauch [EEV]	Stromverbrauch [SV]		nach Verwendungszwecken					
				Kraftstrom- anteil		Wärmestrom <sup>1)2)</sup> und Sonstiges <sup>3)</sup>		Lichtstrom <sup>4)</sup>	
				TWh	in % des SV	TWh	in % des SV	TWh	in % des SV
Grundstoff- und Produktionsgüter (incl. Übr. Bergbau)	433,4	93,0	21,5	58,3	62,7	32,5	34,9	2,3	2,4
- Chemie	120,8	37,4	30,9	22,9	61,3	13,5	36,1	0,96	2,6
- NE-Metalle	29,0	16,5	56,7	2,1	12,9	14,1	85,9	0,21	1,3
- Eisenschaffende Industrie	173,1	17,8	10,3	14,0	79,0	3,4	19,1	0,35	1,9
- Papier und Pappe	28,3	8,2	29,1	8,0	96,7	0,1	1,4	0,15	1,8
- Steine und Erden	56,5	6,4	11,4	6,1	94,5	0,2	3,2	0,15	2,3
- Übriger Bergbau u. Sonstige Grund- stoffindustrien	25,7	6,7	26,1	5,2	77,4	1,1	16,1	0,44	6,6
Investitions- güter	82,9	25,8	31,1	17,2	66,7	4,8	18,5	3,8	14,8
Verbrauchsgüter	61,8	14,8	24,0	11,6	77,9	1,6	11,0	1,6	11,1
- Glas und Fein- keramik	21,6	2,7	12,5	1,7	64,6	0,8	30,9	0,1	4,5
- Sonstige Ver- brauchsgüter	40,2	12,1	30,2	9,8	80,8	0,8	6,6	1,5	12,6
Nahrungs- und Genußmittel	47,6	7,7	16,3	5,8	74,8	1,3	16,2	0,7	9,0
Verarbeitendes Gewerbe und Übriger Bergbau	625,8	141,3	22,6 %	92,8	65,7 %	40,1	28,4 %	8,4	6,0 %

[ Abweichungen durch Rundung möglich ]

- 1) Elektrizität für Prozeßwärme, Raumwärme und Brauchwasser
- 2) Gesamtsumme enthält 0,7 TWh für elektrische Brauchwasser und Raumwärmeerzeugung
- 3) als "Sonstiges" sind in der Ursprungstabelle erfaßt: NE-Metalle 11,9 TWh (Schmelzflußelektrolyse); Chemie 10,6 TWh (Galvanik, Chloralkali-Elektrolyse, etc.)
- 4) inkl. Stromverbrauch für Kommunikation und Datenübermittlungsanlagen

Tab. 2.1: Stromverbrauch nach Verwendungszwecken im Verarbeitenden Gewerbe  
(inkl. Übriger Bergbau) im Jahre 1982 /5/

Bei der Nutzung der Elektrowärmeverfahren sowie der elektrochemischen Verfahren ist ebenfalls das Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe herausragend, auf das mit 32,5 TWh über 80 % des Strombedarfes dieses Verwendungszweckes im Jahre 1982 entfiel. Berücksichtigt man, daß hiervon 22,5 TWh in der NE-Metallindustrie und der Chemie für elektrochemische Prozesse (Elektrolyse, Galvanik) benötigt wurden, so reduziert sich der Anteil der klassischen Elektrowärmeanwendungen (wie z.B. Lichtbogenerwärmung, induktive Erwärmung, indirekte und direkte Widerstandserwärmung etc.) im Grundstoffbereich auf 10 TWh bzw. für das gesamte Verarbeitende Gewerbe auf 17,5 TWh. Dies entspricht einem Anteil von 12,4 % am gesamten industriellen Stromverbrauch.

Größte Bedeutung als Lichtstromverbraucher besitzt das Investitionsgütergewerbe. Mit 3,8 TWh entsprechend einem Anteil von 14,8 % am Stromverbrauch dieser Branchengruppe liegt das Investitionsgütergewerbe weit über dem Durchschnitt aller Industriezweige der Industrie (durchschnittlicher Lichtstromverbrauch 6 %). Weit unter dem Branchendurchschnitt mit 2,4 % liegt das Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe. Mit 2,3 TWh ist dieser Verbrauch dennoch gleich groß wie in der Verbrauchsgüter- sowie der Nahrungs- und Genußmittelindustrie zusammengekommen.

### 3. Entwicklungstendenzen bei ausgewählten Stromanwendungen

#### 3.1 Antriebstechnik

Der Strombedarf der Industrie für elektrische Antriebe wird nach /6/ auf ca. 60 % des gesamten industriellen Stromverbrauches geschätzt. Angesichts dieses hohen Anteils kommt den Möglichkeiten zur rationelleren Nutzung elektrischer Antriebsenergie im Hinblick auf die zukünftige Strombedarfsentwicklung eine wesentliche Bedeutung zu. In den kommenden zehn Jahren wird eine starke Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und eine rasch wachsende Marktdurchdringung elektronischer Stellglieder zur verlustärmeren Drehzahlverstellung von Drehstrommotoren erwartet.

Der industrielle Kraftstrombedarf entsteht im wesentlichen beim Betrieb von ortsfesten Arbeitsmaschinen, die der mechanischen Be- und Verarbeitung von Werkstücken, dem Transport, der Förderung oder sonstigen Prozessen (z.B. Verdichten) dienen. Typische Kraftanlagen sind Drehbänke, Pressen, Pumpen, Förderbänder, Aufzüge, Ventilatoren, Kompressoren, Kühlaggregate etc..

Der Kraftstrombedarf der Industrie wird im wesentlichen durch folgende Antriebsmaschinen gedeckt /15/:

- Gleichstrommotoren
- Drehstrommotoren (Synchron- und Asynchronmotoren mit Schleifring- oder Käfigläufer)
- Einphasen-Wechselstrommotoren

Von Bedeutung für mögliche Stromeinsparungen werden die Drehstrom-Asynchronmotoren mit Käfigläufer (größer 1 kW Nennleistung) angesehen, die mit Abstand die am häufigsten eingesetzten Antriebsmaschinen sind. Das noch ausschöpfbare Energieeinsparpotential bei Gleichstromantrieben ist nach /16/ vernachlässigbar klein. Nicht ins Gewicht fallen auch Drehstrom-Schleifringmotoren und Einphasen-Wechselstrommotoren, die nur einen geringen Anteil des industriellen Kraftstromverbrauches beanspruchen.

Synchronmotoren sind regeltechnisch wie Asynchronmotoren zu behandeln.

Die Energieeinsparmöglichkeiten bei Asynchronmotoren ergeben sich durch den Nachteil dieser Antriebe, der festen Drehzahl. Im Fall einer variabel abzugebenden Leistung (z.B. unterschiedlicher Mengendurchsatz bei Pumpen oder Ventilatoren) wird der Teillastbetrieb derzeit überwiegend mittels mechanischer Stellglieder (Drosselventil, Drallregler, Bypass, mechanisches Stellgetriebe etc.) realisiert, wobei sich z.T. hohe Energieverluste ergeben. Durch die Entwicklung leistungselektronischer Stellglieder wie Frequenzumrichter, die einem Elektromotor über die Drehzahl die gerade zur Bewältigung der Last erforderliche Leistung zuführen, besteht die Möglichkeit des Einsatzes eines verlustärmeren Stellverfahrens und damit des rationelleren Stromeinsatzes.

Über den Gesamtbestand der Drehstrommotoren und deren Anteil am Kraftstromverbrauch gibt es für den Bereich der Bundesrepublik und speziell für die Industrie keine Statistiken. In /15/ wurde angegeben, daß verfahrenstechnisch sinnvoll für die Drehstromregelung mit Frequenzumrichtern in der Industrie ein Maschinenbestand ist, auf den ca. 15 % (26 TWh)<sup>3</sup> des Gesamtstromverbrauches der Industrie entfällt. Hiervon werden 25 % (6,5 TWh) als technisches Einsparpotential angegeben, wenn die heute eingesetzten konventionellen Fördermengenregelungen aller durch Drehstrom angetriebenen Arbeitsmaschinen auf Drehzahlregelung mit Umrichtern umgestellt würden.

Der zukünftige Einsatz von Umrichtern wird entscheidend durch die weitere Entwicklung der Kosten der Umrichtertechnik und der Strompreisänderungen beeinflusst. In /6/ wurde ausgeführt, daß bei wahrscheinlichen Preisänderungen<sup>4</sup> von 5 bis 8 % pro Jahr (für Umrichter und Strom zusammen), Motoren mit einer Leistung von etwa 100 kW und mehr<sup>5</sup> wirtschaftlich bis zum Jahre 1995 zu regeln sind. Die hierdurch zu erwartende Stromeinsparung wird mit rd. 3,4 TWh beziffert (vgl. Tab. 3.1). In Anlehnung an diese Analyse wird in dieser Studie unterstellt, daß durch weitere Preisänderungen auch Frequenzumrichter für kleinere Motorleistungen (größer 50 kW) die Wirtschaftlichkeitsschwelle bis zum Jahre 2000 erreichen, so daß die erzielbare Stromeinsparung mit etwa 4,2 TWh zu berücksichtigen ist.

---

<sup>3</sup> Hierbei wurde ein Stromverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes und des Bergbaus von rd. 170 TWh zugrunde gelegt.

<sup>4</sup> Als 'Preisänderung' wird dabei die Summe aus dem Absolutbetrag der Umrichterpreisdegression und der Strompreissteigerung verstanden.

<sup>5</sup> bei einer durchschnittlichen Auslastung von 2000 h pro Jahr

Preisänderung (% pro Jahr)	Leistungs- klasse (kW)	Stromverbrauchsanteil <sup>1)</sup> der Drehstromantriebe		Stromein- sparungen <sup>2)</sup> (TWh)
		(TWh)	(%)	
0	über 1000	7,8	30	2,0
5	über 250	13,0	50	3,3
8	über 100	15,6	60	3,9
10	über 50	16,9	65	4,2
-	über 7,5	22,1	85	5,5
-	über 1,0	24,7	95	6,2
-	alle	26,0	100	6,5

1) kumuliert

2) 25 % vom Stromverbrauchsanteil der Drehstromantriebe

Tab. 3.1: Stromeinsparungen durch verlustarme Drehzahlverstellung von Drehstrommotoren /6/

Die nachfolgende Tab. 3.2 verdeutlicht, in welchen Branchen bzw. Branchengruppen aufgrund der deutlichen Unterschiede im Kraftstrombedarf die größten Einsparmöglichkeiten durch Frequenzumrichter gesteuerte Motoren zu erwarten sind. Dies unter der Annahme, daß die Stromverbrauchs- und Leistungsanteile der Drehstromantriebe gemäß Tab. 3.1 über alle Branchen gleichverteilt sind und im Mittel 4,1 % des Kraftstrombedarfes des Jahres 1985 durch Frequenzumrichter einzusparen sind.

Die größten Möglichkeiten der Stromeinsparung liegen demnach in dem Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe (rd. 2,6 TWh). Hier weisen alleine die Eisenschaffende Industrie, die Chemie und die Zellstoff-, Papier- und Papperzeugung ein Potential von zusammen etwa 2 TWh auf. Auf das Investitionsgütergewerbe und Verbrauchsgütergewerbe entfallen zusammen ca. 1,3 TWh. Das Nahrungs- und Genußmittelgewerbe fällt mit einem Anteil von 0,25 TWh kaum ins Gewicht.

1985		Stromverbrauch <sup>1)</sup>  (TWh)	Kraftstromanteil <sup>2)</sup>  (in TWh) (in %)		geschätztes wirtschaftlich-techn. Einsparpotential durch Frequenzumrichter (TWh)
Verbrauchergruppen					
<b>Sypro Nr.</b>	<b>Grundstoff- und Produktionsgüter</b> davon:	<b>101,34</b>	<b>63,84</b>	<b>63</b>	<b>2,62</b>
[27]	Eisenschaffende Ind.	19,10	15,09	79	0,62
[28]	NE-Metalle	17,72	2,30	13	0,09
[40]	Chemische Industrie	42,88	26,16	61	1,07
[25]	Steine und Erden	6,21	5,83	94	0,24
[55]	Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung	9,30	9,02	97	0,37
[2910]	Eisen-, Stahl- und Tempergießereien	1,98	< 1,19	< 60 <sup>3)</sup>	0,05
	<b>Investitionsgüter</b> davon:	<b>29,46</b>	<b>19,74</b>	<b>67</b>	<b>0,81</b>
[33]	Straßenfahrzeugbau	9,84	6,89	70 <sup>3)</sup>	0,28
[32]	Maschinenbau	6,08	4,56	75 <sup>4)</sup>	0,19
[36]	Elektrotechnik	6,19	4,64	75 <sup>3)</sup>	0,19
	<b>Verbrauchsgüter</b> davon:	<b>16,69</b>	<b>13,02</b>	<b>78</b>	<b>0,53</b>
[63]	Textilgewerbe	4,20	3,36	80 <sup>4)</sup>	0,14
[52]	Glasindustrie	2,46	1,60	65	0,07
[58]	Herstellung von Kunststoffwaren	4,37	2,85	65 <sup>4)</sup>	0,12
	<b>Nahrungs- und Genußmittel</b>	<b>8,08</b>	<b>6,06</b>	<b>75</b>	<b>0,25</b>
<b>Verarbeitendes Gewerbe (inkl. Übriger Bergbau)</b>		<b>156,77<sup>5)</sup></b>	<b>103,41</b>	<b>~66 %</b>	<b>4,24<sup>6)</sup></b>

1) Statistisches Bundesamt: Fachserie 4, Reihe 4.1.1; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen

2) Anteile gemäß RWI-Gutachten /5/ für 1982 auf 1985 übertragen

3) eigene Schätzungen

4) nach Unterlagen des VDMA

5) inkl. 1,20 TWh für Übriger Bergbau

6) inkl. rd. 0,03 TWh für Übriger Bergbau

Tab. 3.2: Geschätzte Stromeinsparung durch verlustarme Drehzahlverstellung von Drehstrommotoren in ausgewählten Branchen bis zum Jahre 2000

### 3.2 Mechanisierung und Automation

Produktionstechnik, Produktionsverfahren und die Organisation von Produktionsabläufen sind in der Industrie einem andauernden Veränderungsprozeß unterworfen. Zu den allgemeinen, sich quer über die gesamte Industrie erstreckenden und für die Entwicklung des Energie- bzw. Strombedarfes bedeutsamen Veränderungen sind die zunehmende Mechanisierung und Automatisierung der Produktionsabläufe zu zählen.

Kennzeichen der Mechanisierung ist die Übertragung bisher manuell durchgeführter Tätigkeiten auf technische Hilfsmittel (z.B. Arbeitsmaschinen) /17/. Ein mechanisierter Arbeitsgang kann sich sowohl auf die Zuführung, Bearbeitung und Entnahme von Werkstücken und Werkzeugen als auch auf sonstige Transport- und Organisationsvorgänge erstrecken.

Während bei einem mechanisierten Arbeitsgang die Steuerung und Regelung des Produktionsprozesses zumeist manuell ausgeführt wird, ist die Übertragung dieser Funktionen auf rechnergestützte Systeme (EDV-Anlagen) ein wesentliches Element der Automation. Die Automation ist auf Vernetzung von Arbeitsgängen und Techniken angelegt, für die die Mechanisierung oft erst die Grundlage bietet.

In der Regel ist die Mechanisierung mit einem zusätzlichen Energiebedarf verbunden, da, infolge der Übertragung bisher manuell ausgeführter Tätigkeiten auf Maschinen, der Betrieb dieser Anlagen Energie erfordert /17/. Auch die Automatisierung erfordert in der Regel eine Erhöhung des Energiebedarfes, insbesondere für den Einsatz von EDV-Anlagen für die rechnergestützte Prozeßsteuerung und -regelung.

Der Einfluß von Mechanisierung und Automation auf die Entwicklung des Energie- und Strombedarfes ist bislang in quantifizierter Form für den Bereich der Bundesrepublik nicht untersucht worden bzw. nicht bekannt.

In erster Linie wird die Mechanisierung der Produktionsprozesse mit einer direkten Erhöhung des Kraftbedarfes infolge erhöhter Antriebsleistung für Arbeitsmaschinen einhergehen. Auch bei der Automation wird der Strombedarf für mechanische Zwecke, d.h. zum Antrieb von Laufwerken, Druckern, Ventilatoren etc. der EDV-Anlagen und -Einrichtungen überwiegen.

Auswirkungen auf den Elektrowärmestrombedarf sind möglich, wenn in den Fertigungsablauf Elektrowärmeverfahren zur Verbesserung des Fertigungsablaufes integriert werden, die die Mechanisierungs- und Automatisierungsmöglichkeiten verbessern können. Zum Beispiel weisen induktive und konduktive Erwärmungsverfahren gegenüber brennstoffbeheizten Verfahren bis zu 90 % reduzierte Aufheizzeiten auf, wobei die Leistung zumeist zeitlich genau geregelt und automatisiert werden kann /18/.

In bezug auf den Beleuchtungsbedarf kann der Einfluß von Mechanisierung und Automation sowohl in Richtung beleuchtungsintensivere Arbeitsplätze (z.B. hochqualifizierte Überwachung) als auch zu verringertem Beleuchtungsbedarf (z.B. bei Vollautomation) führen.

Den durch Mechanisierung und Automation bedingten Strommehrbedarf stehen mögliche Stromeinsparungen im Produktionsprozeß gegenüber. In der Regel erlaubt die automatische Steuerung der Produktionsabläufe eine effizientere Produktionsweise, die zur Senkung des produktspezifischen Strombedarfes beitragen kann. Dazu gehören z.B. die Reduzierung von Ausschuß, Erhöhung von Durchlaufzeiten und Minimierung der Arbeitsschritte. Die Verallgemeinerung dieser Aussage ist allerdings wenig sinnvoll, wie am Beispiel der Automobilbranche deutlich wird. So konnte der VW-Konzern beim Audi 100 ab Baujahr 1983 gegenüber dem Vorgängermodell rund 30 % der Schweißpunkte einsparen, dagegen führte die Fertigung des

neuen Golf gegenüber dem alten Modell zu einem Anstieg der Schweißpunkte um gut 35 %, wobei kostenintensive CO<sub>2</sub>-Schweißnähte reduziert werden konnten /17/.

Die Anstrengungen zur Mechanisierung der Fertigungsprozesse sind in der Industrie weit fortgeschritten. Dennoch gibt es Industriezweige, die noch durch arbeitsintensive Produktionsweisen und Verfahrenstechniken gekennzeichnet sind (z.B. das Bekleidungs-gewerbe, z.T. die Papier- und Pappeverarbeitung sowie die Musikinstrumente- und Spielwarenindustrie). Auch in den bislang hochmechanisierten Industriezweigen scheinen weitere Mechanisierungsfortschritte noch möglich. Im Bereich der Automobilbranche zeigt das Beispiel der Volkswagen AG /17/, daß bei der Golf-Fertigung der Bereich der Montage mit einem Mechanisierungsgrad von 25 % noch deutlich hinter anderen Produktionsbereichen zurückliegt. Im Bereich des Karosserierohbaus und im Preßwerk werden Mechanisierungsgrade von 80 bis 90 % erreicht.

Zukünftige Mechanisierungsbemühungen werden sich neben dem direkten Fertigungsbereich aus Kostenerwägungen auch auf indirekte Produktionsbereiche ausdehnen, wie z.B. auf die Konstruktion /19/. Als technisches Hilfsmittel ist hierbei der Computer zu sehen, der ein rechnergestütztes Konstruieren am Bildschirm ermöglicht.

Im Gegensatz zur weit fortgeschrittenen Mechanisierung dürfte der Trend zur rechnergestützten Automatisierung der Produktion ungebrochen sein. Die Entwicklung geht in Richtung flexibler Automation. Diese zielt darauf, die Flexibilität der Großserien- und Massenfertigung gegenüber einer starr automatisierten Fertigung zu verbessern. Darüber hinaus soll sie den Grad der Automation in der Klein- und Mittelserienfertigung erhöhen. Die Konzepte der flexiblen Automation umfassen je nach zu produzierender Stückzahl flexible Transferstraßen, flexible Fertigungssysteme und flexible Fertigungszellen /20/.

Gegenwärtig versuchen die Unternehmen in den bevorzugten Branchen für die Automatisierung von Fertigungsabläufen (u.a. Automobilindustrie, Maschinenbau, Elektrotechnik) dem Ziel der flexiblen Automation durch den Einsatz von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, flexiblen Handhabungsgeräten (Industrieroboter), CAD-Systemen (Computer Aided Design) und durch Steuerung der Fertigungsprozesse mittels elektronischer Datenverarbeitungsanlagen näher zu kommen /19/. Längerfristige Entwicklungen zielen auf Vernetzung dieser Techniken untereinander. Weit in die Zukunft reichende Zielvorstellungen umfassen unter dem Stichwort CIM (Computer Integrated Manufacturing) eine voll rechnerintegrierte Fertigung mit einem Informationsnetz, das alle Funktionen und Abläufe eines Betriebes vom Auftragsingang über die Konstruktion, Produktion und Montage bis hin zur Rechnungserstellung umfaßt.

Die Wirkungen von Mechanisierung und Automatisierung auf die zukünftige Entwicklung des industriellen Strombedarfes sind schwierig abzuschätzen. Die Quantifizierung ist problematisch, weil Änderungen des Strombedarfes in der Regel aus dem gesamten Fertigungsablauf beurteilt werden müssen. Dafür fehlt jedoch eine tragfähige Datengrundlage. Der Einfluß fortschreitender Mechanisierungsanstrengungen auf den zukünftigen Strombedarf kann deshalb hier nicht global quantifiziert werden, sondern ist später bei den branchenspezifischen Betrachtungen zu berücksichtigen. Dagegen lassen sich als wesentliche Elemente der Automation Industrieroboter und Anlagen der elektronischen Datenverarbeitung ansehen. Aus dem erwarteten Einsatz dieser Techniken läßt sich zumindest ansatzweise der von der weiteren Automation ausgehende zusätzliche Strombedarf abschätzen. Hierauf wird in den beiden folgenden *Kap. 3.3 und 3.4* näher eingegangen.

### 3.3 Flexible Handhabungsautomaten (Industrieroboter)

„Industrieroboter (IR) sind freiprogrammierbare Handhabungsgeräte, die in mehreren Bewegungsachsen (= Freiheitsgrad) sowohl Werkstücke als auch Werkzeuge handhaben können. Sie können sowohl für isolierte Einzelaufgaben eingesetzt werden als auch für kompliziertere Funktionen, wie etwa das Bahnschweißen in flexibel verketteten Produktionssystemen.“ /19/

Industrieroboter benötigen in der Regel elektrische Energie für die zentralen Steuereinheiten und für ihre elektromotorischen Antriebe. Bei Robotern mit pneumatischen Antrieben wird elektrische Energie für die Bereitstellung von Druckluft benötigt.

Das maximale Potential an Industrierobotereinsätzen für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland wird gegenwärtig auf ca. 70.000 Anwendungen geschätzt /21/. Der Ausschöpfungsgrad dieses Potentials lag Ende 1985 bei ca. 12,5 % bzw. 8.800 Roboter /22/. Im Jahre 1980 waren erst etwa 1.200 Roboter (2 %) im Einsatz.

Die bislang vorherrschenden Einsatzbereiche, für die aber langfristig eine relativ abnehmende Bedeutung gesehen wird, sind das Punktschweißen (Schwerpunkt Automobilindustrie), das Bahnschweißen und das Beschichten (vgl. Bild 3.1). Zukünftig werden die Einsatzbereiche Werkzeugmaschinen, Pressen und Montage für den Robotereinsatz an Bedeutung zunehmen /21/.

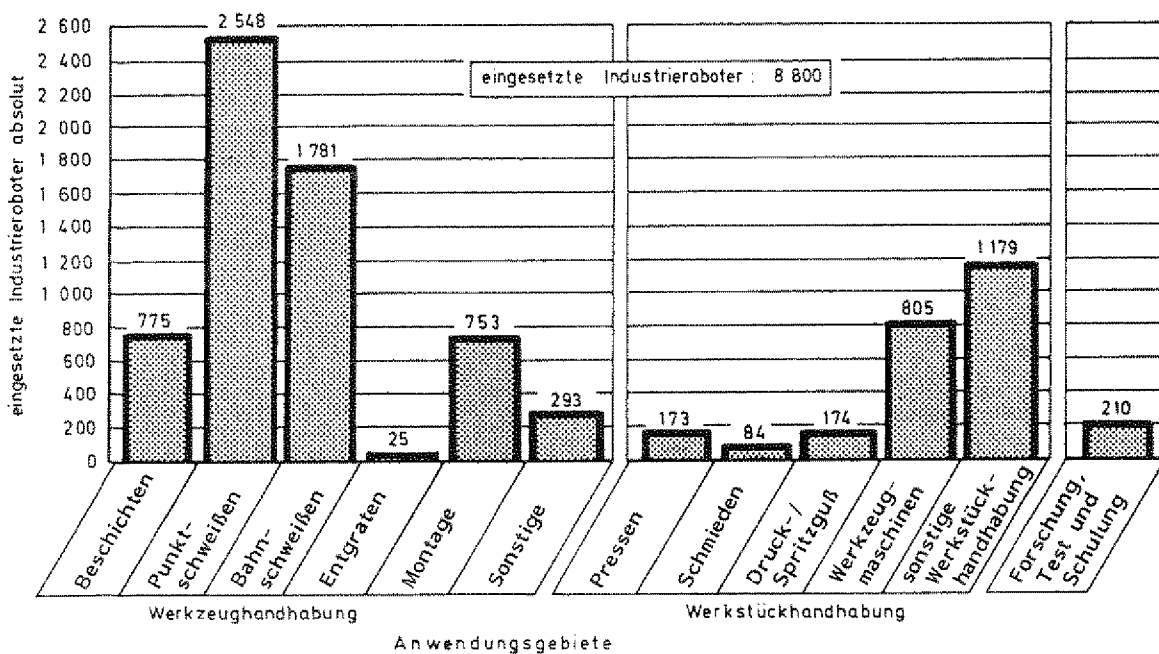


Bild 3.1: Einsatzbereiche von Industrierobotern in der Bundesrepublik Deutschland (Stand Ende 1985) /22/

Nach vorliegenden Schätzungen /21/ wird der Robotereinsatz in der Zeitspanne 1985 - 1987 auf knapp 12.500 Roboter und in 1990 - 1994 auf etwa 40.000 Roboter (ca. 60 % des maximalen Potentials) ansteigen.

Die Abschätzung des durch Robotereinsatz implizierten zusätzlichen Strombedarfes kann hier nur überschlägig vollzogen werden. Nach /23/ sind zu veranschlagen:

- der Anschlußwert der Robotersysteme zwischen 2 - 20 kW  
(durchschnittlicher mittlerer Anschlußwert ca. 15 kW)
- und
- der durchschnittliche Leistungsbedarf bei 20 - 30 % des Anschlußwertes

Bei Anlegung üblicher Produktionszyklen (Zweischichtbetrieb der Industrie, 16 Stunden pro Tag, 250 Arbeitstage pro Jahr) errechnet sich der gesamte Strombedarf bei dem genannten durchschnittlichen Anschlußwert der Robotersysteme von 15 kW (30 % Leistungsbedarf) zu 0,72 TWh<sup>6</sup> pro Jahr. Bezogen auf den gesamten Industriestrombedarf des Jahres 1985 ist dies weniger als 1 %. Auch bei Vollausschöpfung des Marktpotentials, wie in *Tab. 3.3* für das Jahr 2000 angenommen, würde der Strombedarf nur auf 1,26 TWh anwachsen. Hiervon sind etwa 10 bis 15 % für bereits im Jahre 1985 in Betrieb befindliche Systeme abzuziehen.

Insgesamt sind die Stromwachstumsaussichten durch Robotereinsatz für die gesamte Industrie als gering anzusehen. Für einzelne Industriezweige können sich dennoch bedeutsame zusätzliche Bedarfspotentiale eröffnen. Werden die ausgewiesenen Stromverbrauchswerte nach Branchen differenziert, so zeigt sich, daß nennenswerte Verbrauchswerte für folgende Industriezweige bis zum Jahre 2000 zu erwarten sind (*vgl. auch Tab. 3.3*):

Straßenfahrzeugbau	bis	0,43	TWh
Elektrotechnische Industrie	bis	0,31	TWh
Maschinenbau	bis	0,17	TWh
EBM-Industrie	bis	0,13	TWh
Kunststoffverarbeitende Industrie	bis	0,11	TWh

---

<sup>6</sup> 40.000 Stck. \* 16 h Tag \* 250 Tage \* 15 kW \* 0,3 = 720 GWh

Verbrauchergruppen		Stromverbrauch <sup>1)</sup> 1985	Geschätztes Roboter-Einsatzpotential im Jahre 2000	
			Anzahl <sup>2) 3)</sup>	Strombedarf
		(TWh)	(Stück)	(TWh)
Sypro Nr.	Grundstoff- und Produktionsgüter- gewerbe	101,34	3.000	0,05
	Investitionsgüter- gewerbe davon:	29,46	57.500	1,04
[33]	Straßenfahrzeugbau	9,84	24.000	0,43
[32]	Maschinenbau	6,08	9.500	0,17
[36]	Elektrotechnik	6,19	17.000	0,31
[38]	Eisen-, Blech- und Metallwaren	2,50	7.000	0,13
	Verbrauchsgüter- gewerbe davon:	16,69	9.500	0,17
[58]	Herstellung von Kunststoffwaren	4,38	6.000	0,11
[..]	Sonstige Verbrauchs- güterindustrien	12,31	3.500	0,06
	Nahrungs- und Genußmittelgewerbe	8,08	gering	
Verarbeitendes Gewerbe (inkl. Übriger Bergbau)		156,77 <sup>4)</sup>	70.000	1,26
Zum Vergleich: Roboter-Bestand Ende 1985 /22/			8.800	0,16

1) Statistisches Bundesamt: Fachserie 4, Reihe 4.1.1; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen

2) gerundete Werte

3) in Anlehnung an /21/, hochgerechnet auf das Jahr 2000

4) inkl. 1,20 TWh für Übriger Bergbau

Tab. 3.3: Geschätzter Strombedarf für den Einsatz von Industrierobotern im Jahre 2000

### 3.4 Elektronische Datenverarbeitung

Elektronische Datenverarbeitungsgeräte (EDV) sind universelle Anlagen zur Informationsverarbeitung. Neben der zentralen Recheneinheit umfassen sie periphere Geräte, wie z.B. Terminals, Drucker, Datenleitungsnetze und sonstige diverse Einrichtungen. Der Betrieb dieser Anlagen erfordert den Einsatz elektrischer Energie, zum einen für die Verarbeitung, Transport und Speicherung von Daten, zum anderen für die notwendige Klimatisierung (z.B. durch Ventilatoren).

Der Bestand an Rechnern aller Größenklassen lag im Jahre 1985 im Verarbeitenden Gewerbe um 200.000 Stück. Der Stromverbrauch für den Betrieb dieser Anlagen (einschließlich peripherer Geräte) belief sich nach eigenen Berechnungen auf etwa 3,6 TWh, d.h. auf rd. 2 % des industriellen Strombedarfes. Bis zum Jahre 2000 wird mit einem Anstieg des Netto-Bestandes<sup>7</sup> auf das Dreieinhalbfache (etwa 740.000 Anlagen) gerechnet.

In *Tab. 3.4* ist der Stromverbrauch getrennt nach Computertypen der einzelnen Produktkategorien aufgeteilt. Die Unterteilung ist an /24/ angelehnt, der die Computer gemäß ihres durchschnittlichen Kaufpreises wie folgt unterscheidet:

• Standardcomputer	über 250.000	DM
• Bürocomputer	25.000 - 250.000	DM
• Personalcomputer (PC)	1.500 - 25.000	DM
• Sonstige	1.500 - 4 Mio	DM

Unter 'Sonstige' sind Anlagen subsummiert, die sich nicht in die drei anderen Produktkategorien einpassen lassen, wie Prozeßrechner, Minicomputer für die Prozeßsteuerung, Terminal-Systeme etc.. Als Berechnungsgrundlage für den Stromverbrauch dienen die in der *Tab.3.4* angegebenen Werte über Computerbestand, Anschlußwert und Betriebszeit ('Power-On-Time') für die Jahre 1985 und 2000.

Die Bestandszahlen für das Jahr 1985 beruhen auf vertraulichen Marktanalysen, gleichfalls die erwarteten Bestände für das Jahr 2000. Angesichts der relativ kurzen Entwicklungszyklen für neue Rechnergenerationen von etwa 5 Jahren werden sich die Systeme des Jahres 2000 deutlich von den heutigen unterscheiden. Die Bestandsangaben für das Jahr 2000 beziehen sich auf vergleichbare Systemkonfigurationen. Für das Jahr 1985 sind bei den Anschlußwerten repräsentative Mittelwerte und Bandbreiten angegeben, die sich auf die zentrale Recheneinheit inklusive peripherer Geräte beziehen. Nach Herstellerangaben können die Anschlußwerte bis zur Jahrhundertwende in etwa konstant fortgeschrieben werden, wobei ein zunehmendes Leistungsvermögen neuer Rechnergenerationen vorausgesetzt wird.

---

<sup>7</sup> nach Abzug der außer Betrieb genommenen Anlagen

Produkt- kategorie	Bestand (Stück)		Anschlußwert (kW)		Betriebszeit (h/a)	Energieverbrauch (TWh)		Änderung
	Ende 1985	2000	1985	2000	1985/2000	1985	2000	
Standard- computer	6.900	13.750	38 (25 - 100)	- 1)	6800	1,78	3,55	1,77
Büro- computer	53.000	170.000	8 - 10	- 1)	2500	1,06-1,32	3,4-4,25	2,34-2,93
Personal- computer (PC)	75.000	385.000	0,3 (0,2 - 1)	- 1)	2500	0,06	0,30	0,24
Sonstige (Prozeß- rechner) etc.	63.000	175.000	2	1	4500	0,57	0,79	0,22
<b>Insgesamt</b>	<b>197.900</b>	<b>743.750</b>				<b>3,47-3,63</b>	<b>8,04-8,89</b>	<b>4,57-5,16</b>

1) keine Veränderung des Anschlußwertes, zunehmendes Leistungsvermögen vorausgesetzt

Tab. 3.4: Bestand und Stromverbrauch von EDV-Einrichtungen der Industrie in den Jahren 1985 und 2000

Mit der zunehmenden Bedeutung der elektronischen Datentechnik für die Industrie wird auch der Strombedarf für zusätzliche Anlagen ansteigen, wenngleich nicht in dem Umfang wie der Anlagenbestand wächst. Nach den angegebenen Annahmen ist bis zum Jahre 2000 mit einem zusätzlichen Bedarf an elektrischer Energie von 4,57 - 5,16 TWh zu rechnen, d.h. mit einer Erhöhung gegenüber 1985 um etwa 130 bis 140 %.

Wie Tab. 3.4 ausweist, ist das schwächere Wachstum des Strombedarfes für EDV-Einrichtungen gegenüber der Bestandsentwicklung auf die überproportional zunehmende Bedeutung von kleineren Anlagenkonfigurationen (Personalcomputer) mit vergleichsweise zu den größeren Anlagen deutlich geringerem elektrischen Anschlußwert zurückzuführen.

Zu den bevorzugten Industriesektoren für den Einsatz von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen gehört zukünftig das Investitionsgütergewerbe. Vom gesamten Zuwachs in Höhe von im Mittel etwa 4,8 TWh (Bandbreite 4,57 TWh - 5,16 TWh) werden bis zum Jahre 2000 etwa 2,4 TWh in dieser Branchengruppe zu erwarten sein. Im Konsumgüterbereich, der das Nahrungs- und Genußmittelgewerbe und das Verbrauchsgütergewerbe umfaßt, sind rd. 1,6 TWh und im Grundstoff- und Produktionsgüterbereich rd. 0,8 TWh für diesen Anwendungszweck zusätzlich zu berücksichtigen.

Der vergleichsweise geringere Zuwachs im Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe zeigt, daß die Wirtschaftszweige dieser Hauptgruppe, insbesondere die Chemie, bereits frühzeitig über die Prozeßleittechnik die rechnergestützte Produktion eingeführt haben. Hieraus resultiert gegenüber dem Durchschnitt der Industrie ein unterproportionales Wachstum, ähnliches gilt für den Bereich des Straßenfahrzeugbaus. Diese zusätzlich in *Tab. 3.5* ausgewiesenen Ergebnisse konnten auf der Grundlage weiterer, bislang unveröffentlichter Marktanalysen abgeschätzt werden.

Verbrauchergruppen		Stromverbrauch <sup>1)</sup> 1985  TWh	Geschätzter Strommehrbedarf für EDV-Anlagen <sup>2)</sup> bis zum Jahre 2000  TWh
<b>Sypro</b>	<b>Grundstoff- und Produktionsgüter- gewerbe</b>	<b>101,34</b>	<b>~ 0,8</b>
	davon:		
[40]	Chemische Industrie	42,88	0,4
	Sonstige Grundstoff- gewerbe	58,46	0,4
	<b>Investitionsgüter- gewerbe</b>	<b>29,46</b>	<b>~ 2,4</b>
	davon:		
[33]	Straßenfahrzeugbau	9,84	0,5
[32]	Maschinenbau	6,08	1,0
[36]	Elektrotechnik	6,19	0,9
	<b>Verbrauchsgüter- gewerbe</b>	<b>16,69</b>	} ~ 1,6
	<b>Nahrungs- und Genußmittelgewerbe</b>	<b>8,08</b>	
<b>Verarbeitendes Gewerbe (inkl. Übriger Bergbau)</b>		<b>156,77<sup>3)</sup></b>	<b>~ 4,8<sup>4)</sup></b>

1) Statistisches Bundesamt: Fachserie 4, Reihe 4.1.1.; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen

2) Zentralrecheneinheiten und periphere Geräte (Terminals, Drucker etc.)

3) inkl. 1,20 TWh für Übriger Bergbau

4) Mittelwert der Bandbreite von 4,57 - 5,16 TWh

Tab. 3.5: Strommehrbedarf durch den Einsatz von EDV-Anlagen in ausgewählten Branchen der Industrie bis zum Jahre 2000

### 3.5 Anlagen zur Emissionsreduzierung

Die Industrie und sonstige Betreiber von schadstoffemittierenden Anlagen sehen sich in der Zukunft verschärften Anforderungen zur Vermeidung oder Verminderung von Emissionen, insbesondere zur Luftreinhaltung, gegenüber. Grundlage hierfür sind Emissionsbegrenzungen, die sich in Verbindung mit der im Jahre 1983 erlassenen Großfeuerungsanlagen-Verordnung /26/ sowie durch die 1986 neu gestaltete Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft 1986) /27/ ergeben. Die Großfeuerungsanlagen-Verordnung präzisiert Anforderungen an Kraftwerksfeuerungen, Fernheizwerke und Industriefeuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung von 50 MW aufwärts, während in der TA-Luft die Anforderungen für Anlagen zwischen 1 MW und 50 MW sowie für prozeßbedingte Emissionen angegeben sind.

Im Zuge der Umsetzung der Emissionsminderungsmaßnahmen wird eine Vielzahl von Rauchgasreinigungsanlagen installiert bzw. erweitert werden, für deren Betrieb in der Regel ein Bedarf an elektrischer Energie besteht. Der zusätzlich zu erwartende Strombedarf läßt sich größenordnungsmäßig über das Emissionsminderungspotential abschätzen, das über Rauchgasreinigungsanlagen für eine Minderung ansteht.

Mit den Angaben in *Tab. 3.6* ist für die Industrie (ausgehend von den Verhältnissen des Jahres 1982) die Emissionsminderung bei Staub mit 40 % (156.000 t), bei SO<sub>2</sub> mit 45 % (323.000 t) und bei NO<sub>x</sub> mit 45 % (154.000 t) zu veranschlagen. Aufgrund der in den Verordnungen gesetzten Zeitfristen, ist mit der Umsetzung der Emissionsminderung zwischen 1986 und Mitte der '90er Jahre zu rechnen.

1982	Staub [1000 t]	SO <sub>2</sub> [1000 t]	NO <sub>x</sub> [1000 t]
Emissionen	389 (156)	723 (323)	340 (154)
davon			
o Feuerungsanlagen	44 (33)	528 (295)	225 (102)
o Industrieprozesse	345 (123)	195 (28)	115 (52)

*Tab. 3.6:* Emissionen der Industrie im Jahre 1982 und erwartete Emissionsminderung bis 1995 (Klammerwerte) /28, 29, 30, 31/

Die genannten Emissionsminderungen werden nur zu einem Teil den Bau und Einsatz kapitalintensiver Rauchgasreinigungsanlagen erfordern, da die Grenzwerte zum Teil durch Brennstoffumstellung auf schadstoffärmere Brennstoffe oder Primärmaßnahmen (z.B. Zugabe von basischen Sorbentien für die Entschwefelung, Ausschöpfung feuerungstechnischer Maßnahmen zur NO<sub>x</sub>-Minderung etc.) zu erreichen sind. Es ist davon auszugehen, daß Anlagen im Geltungsbereich der Großfeuerungsanlagen-Verordnung wegen der wesentlich schärferen Auflagen zu einem großen Anteil rauchgasseitige Reinigungsanlagen bei SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> bedürfen, während Anlagen im Geltungsbereich der TA-Luft überwiegend bei SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> ohne rauchgasseitige Maßnahmen ihren Anforderungen gerecht werden dürften. Bei den Staubemissionen ist, abgesehen von der Möglichkeit der Brennstoffumstellung, der Einsatz von Elektro-, Gewebe- oder sonstigen Filteranlagen zu erwarten. Aufgrund dieser Überlegungen reduziert sich die über Reinigungsanlagen zu mindernde Emissionsmenge auf überschlägig geschätzte

156.000 t Staub,  
 110.000 t SO<sub>2</sub> und  
 70.000 t NO<sub>x</sub>.

Zur Berechnung des Energieaufwandes für die Schadstoffreduzierung ist neben den zur Reduzierung anstehenden Mengen ein spezifischer Energiebedarf pro kg oder t abgeschiedenen Schadstoffes erforderlich. Üblicherweise wird der Energiebedarf für Rauchgasreinigungsanlagen in kWh pro 1000 m<sup>3</sup> zu reinigendes Rauchgasvolumen angegeben, so daß eine Umrechnung erfolgen muß. Unter Berücksichtigung üblicher Schadstoffgehalte im Rauchgas aus Feuerungsanlagen und Industrieprozessen und des Abscheidegrades von Schadstoffreinigungsanlagen läßt sich der spezifische Strombedarf pro kg reduzierten Schadstoffes mit folgender Beziehung ableiten:

$$\text{Energieaufwand pro kg Schadstoffreduzierung} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \right] = \frac{\text{Spezifischer Energiebedarf der Rauchgasreinigung} \left[ \frac{\text{kWh}}{1000 \text{ m}^3} \right]}{\text{Rohgasbelastung} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] \cdot \text{Abscheidegrad der Rauchgasreinigungsanlage [-]}} \cdot 10^3$$

Repräsentative Kenngrößen für den Energiebedarf von Entschwefelungsanlagen, die nach dem Kalkwaschverfahren arbeiten, sind 4 kWh/1000 m<sup>3</sup> und für Entstickungsanlagen auf Basis des SCR-Verfahrens 2 kWh/1000 m<sup>3</sup> Rauchgas /32/. Bei neueren Staubabscheidern schwankt der Energiebedarf bei Elektrofiltern und Gewebeabscheidern zwischen 1 und 2,5 kWh/1000 m<sup>3</sup> Rauchgas. Die Entstaubung durch Naßabscheider (Wäscher) übersteigt den Verbrauch elektrischer und filternder Abscheider mit 3 bis 10 kWh/1000 m<sup>3</sup> erheblich /7/.

Der Abscheidegrad von Staubfilteranlagen kann mit etwa 99 % angenommen werden. Bei Entschwefelungsanlagen sind Abscheidegrade von 90 % Stand der Technik, gleichfalls ist zu erwarten, daß Entstickungsanlagen ähnliche Werte erreichen.

Je nach Bauart, Brennstoff und Betriebszustand der schadstoffemittierenden Anlagen variieren die Schadstoffgehalte der Rohgase in einem weiten Bereich. In Tab. 3.7 sind Bandbreiten für Staub, SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> für ausgewählte Brennstoffe in Feuerungsanlagen angegeben. Im Bereich der prozeßbedingten Schadstoffemissionen der Industrie können zum Teil weitaus höhere Werte erreicht werden. Beispielsweise kann der Rohstaubgehalt beim Einsatz von Heißwindkupolöfen (25 t/h, Venturi) in der Gießereiindustrie bis zu 25.000 mg/m<sup>3</sup> betragen; bei Mahltrockner-Prozessen in der Zementindustrie werden Bandbreiten von 35.000 bis 900.000 mg Staub pro m<sup>3</sup> angegeben /7/.

Brennstoff	Staub in mg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> in mg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> in mg/m <sup>3</sup>
Steinkohle	100 <sup>2)</sup> - 35.000	1000 - 2500 <sup>1)</sup>	300 - 800
Braunkohle		350 - 650	100 - 600
Heizöl S	80 - 300	1400 - 5000	450 - 800
Heizöl L	< 10	150 - 500	150 - 400
Erdgas	< 10	≤ 35	150 - 500

- 1) ohne Ballastkohle  
2) Wirbelschicht ≤ 100

Tab. 3.7: Emissionen aus Industriefeuerungen /nach 7/

Im folgenden wird bei der Abschätzung des Stromverbrauches für Schadstoffminderung bei Feuerungsanlagen von einer durchschnittlichen Rohgasbelastung vor der Schadstoffminderung von

$$\begin{aligned}
 &400 \text{ mg/m}^3 \text{ bei Staub,} \\
 &2500 \text{ mg/m}^3 \text{ bei SO}_2, \\
 &800 \text{ mg/m}^3 \text{ bei NO}_x
 \end{aligned}$$

ausgegangen. Hiermit und den weiteren angegebenen Werten errechnet sich der Strombedarf pro kg abzuscheidender Schadstoffeinheit bei Staub zu 5 kWh/kg, bei SO<sub>2</sub> zu 1,77 kWh/kg und bei NO<sub>x</sub> zu 2,77 kWh/kg. Andere Autoren /83/ geben spezifische Stromverbrauchswerte von 2,7 kWh/kg für SO<sub>2</sub> und 1,2 kWh/kg für NO<sub>x</sub> an.

Für die Emissionsbelastung aus *Industrieprozessen* ist die Abschätzung weitaus schwieriger. Bei  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_x$  dürften die Werte durch die Bandbreiten bei den Feuerungsanlagen weitestgehend abgedeckt sein. Bei den Staubemissionen sind wesentlich höhere Belastungen zu berücksichtigen. Hier kann der Strombedarf im Mittel durchaus das Doppelte erreichen, da aufgrund der z.T. hohen Staubfrachten bei einigen Industrieprozessen mit dem Einsatz von energieintensiven Wäschern sowie mit mehrstufiger Entstaubung zu rechnen ist. Besonders deutlich drückt sich dies in der Eisen- und Stahlindustrie aus, wo der Strombedarf bis zu 12 kWh/kg abgeschiedenen Staubes bei der Entstaubung von Sekundärquellen betragen kann /33/. Angesichts des hohen Anteiles der Staubemissionen aus Industrieprozessen (fast 90 %) an den gesamten industriellen Staubemissionen wird in dieser Studie ein durchschnittlicher Bedarf an elektrischer Energie von 8 kWh/t abgeschiedenen Staubes zugrunde gelegt.

Unter Berücksichtigung der vorstehend diskutierten Werte für den spezifischen Energieaufwand und die zu erwartende Emissionsreduzierung errechnet sich der zusätzliche Strombedarf der Industrie für Rauchgasreinigungsanlagen auf folgende Größenordnungen (*vgl. auch Tab. 3.8*):

- 1,24 TWh bei Staub
- 0,19 TWh bei  $\text{SO}_2$
- 0,19 TWh bei  $\text{NO}_x$

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, daß der erwartete Strombedarfszuwachs für Luftreinhaltemaßnahmen mit etwa 1,6 TWh im Jahre 1995 zu veranschlagen ist. Da die emissionsmindernden Anlagen auch noch zur Jahrhundertwende in Betrieb sein werden, ist der ermittelte Strombedarf auch auf das Jahr 2000 übertragbar.

Aufgrund der Emissionsverteilung sind Maßnahmen zur Verminderung von Staub schwerpunktmäßig in der Eisen- und Stahlindustrie sowie in den Branchen zu erwarten, die einen hohen Umschlag von Schüttgütern aufweisen (*vgl. Tab. 3.8*). Maßnahmen zur Verminderung von  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_x$  betreffen vor allem die Chemie, die Eisen- und Stahlindustrie sowie zum Teil die Papierindustrie (hier hauptsächlich  $\text{SO}_2$ ). Des weiteren ist mit einer  $\text{NO}_x$ -Minderung in den Wirtschaftszweigen der Glasindustrie sowie der Industrie Steine und Erden zu rechnen.

Der Strombedarf für die Luftreinhaltung errechnet sich mit ca. 0,4 TWh in der Eisen- und Stahlindustrie sowie mit etwa 0,15 TWh in der Chemie und 0,07 TWh in der Industrie Steine und Erden am höchsten.

Industriebranche	Gesamt- strom- bedarf	Staub			SO <sub>2</sub>			NO <sub>x</sub>		
		Emissionen 1982	Minderung <sup>4)</sup> bis 1995	Strom- bedarf <sup>2)</sup>	Emissionen 1982	Minderung <sup>4)</sup> bis 1995	Strom- bedarf <sup>3)</sup>	Emissionen 1982	Minderung <sup>4)</sup> bis 1995	Strom- bedarf <sup>4)</sup>
		GWh	1000 t	1000 t	GWh	1000 t	1000 t	GWh	1000 t	1000 t
Chemische Ind. <sup>5)</sup>	147,9	22	8,8	70,4	146	22,2	39,3	67	13,8	38,2
NE-Metallindustrie	53,6	13	5,2	41,6	30	4,6	8,1	7	1,4	3,9
Eisenschaffende Ind.	407,5	110	44,0	352,0	79	12,0	21,2	60	12,4	34,3
Steine u. Erden	71,2	15	6,0	48,0	10	1,5	2,7	36	7,4	20,5
Papierindustrie	25,4	2	0,8	6,4	43	6,5	11,5	13	2,7	7,5
Glasindustrie	29,7	3	1,2	9,6	22	3,4	6,0	25	5,1	14,1
Sonstige Ind.	897,9	224 <sup>6)</sup>	89,6	716,8	393	59,8	105,8	132	27,2	75,3
ges. Industrie	1633,2	389	155,6	1244,8	723	110,0	194,6	340	70	193,8

[ Abweichungen durch Rundung möglich ]

- 1) geschätzte Minderung über Reinigungsanlagen
- 2) 8 kWh/kg abgeschiedener Staub
- 3) 1,77 kWh/kg abgeschiedenes SO<sub>2</sub>
- 4) 2,77 kWh/kg abgeschiedenes NO<sub>x</sub>
- 5) einschl. Petrochemie
- 6) einschl. Emissionen aus Umschlag von Schüttgütern

Tab. 3.8: Industrieemissionen im Jahre 1982 und geschätzter Strombedarf für Emissionsminderung im Jahre 1995 /29, eigene Berechnungen/  
(ohne Emissionen und Emissionsminderung aus Industriekraftwerken)

### 3.6 Neue Technologien zur Abwärmenutzung

Der Anfall von Abwärme bei der Energieumwandlung läßt sich in der Regel nicht vermeiden. Die Höhe des Abwärmeeinfalls, d.h. der fühlbaren und latenten Wärmeströme, die letztlich an die Umgebung abgegeben werden, ist abhängig von einer Vielzahl von Faktoren, wie z.B. der eingesetzten Technik, der Betriebsweise, dem Anlagenzustand etc.. Durch Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung läßt sich prinzipiell die thermische Energie der Abwärme wieder nutzbar machen /34/.

Die Nutzung der bei industriellen Prozessen anfallenden Abwärme (insbesondere hochtemperaturige Abwärme) und deren Wiedereinkopplung in den Produktionsprozeß ist seit langem großtechnisch eingeführt. Zunehmende Bedeutung dürfte zukünftig solchen Formen der Wärmerückgewinnung zukommen, die eine Abwärmenutzung von vergleichsweise niedertemperaturig anfallender Abwärme ermöglichen. Hier bieten sich sowohl ORC- (Organic Rankine Cycle) als auch Wärmepumpenprozesse an. Ein quantifizierbarer Einfluß auf die industrielle Strombedarfsentwicklung ist von dem Wärmepumpeneinsatz zu erwarten.

Mit Wärmepumpen läßt sich die Temperatur eines Abwärmestromes wieder so weit anheben, daß eine energetische Nutzung möglich ist. Zur Anhebung des Temperaturniveaus der Abwärme benötigt die Wärmepumpe Energie. Diese wird bei Kompressionswärmepumpen in Form von Bewegungsenergie über elektromotorische oder verbrennungsmotorische Antriebe und bei Absorptionswärmepumpen in Form von hoher temperierter Wärme zugeführt. Die Absorptionswärmepumpe hat bislang keine große Verbreitung gefunden; ihr wird insgesamt nur ein begrenztes Anwendungspotential zugeschrieben.

Das Verhältnis der mittels Wärmepumpen bereitgestellten Nutzwärme und der hierzu notwendigen Energie wird durch die sog. Leistungszahl gekennzeichnet. Typische Leistungszahlen für verschiedene elektromotorisch angetriebene Wärmepumpen liegen im Mittelwert bei 4,5 (elektrische Kompressionswärmepumpe) bis 10 (Brüdenverdichter). Das heißt zur Bereitstellung von 4,5 bzw. 10 Einheiten Nutzwärme ist eine Einheit im Energieäquivalent der Nutzwärme mittels elektrischer Energie der Wärmepumpe zuzuführen.

Unter Berücksichtigung technisch-wirtschaftlicher Restriktionen wurde in /6/ der über Wärmepumpen nutzbare Anteil der Industrie mit etwa 24 PJ ermittelt, wobei nur ein Drittel dieses Abwärmepotential für eine Nutzung über elektromotorisch angetriebene Wärmepumpen ermittelt wurde. In *Tab. 3.9* sind das über Wärmepumpen erschließbare wirtschaftliche Abwärmepotential und die zur Berechnung des Strombedarfes notwendigen Parameter getrennt für verschiedene Wärmepumpentypen angegeben. Diese Berechnung führt zum Ergebnis, daß der Einsatz von elektrischen Wärmepumpen einen zusätzlichen Strombedarf für die gesamte Industrie von nur rd. 0,4 TWh erwarten läßt.

Wärmepumpentyp	für Wärmepumpen nutzbares Abwärmepotential		Exergieaufwand zur Nutzung der Abwärme kWh/kWh	Strombedarf für Abwärmennutzung TWh
	TJ	10 <sup>9</sup> kWh		
El.-Wärmepumpe	2200	0,611	0,222	0,136
Elektr. Zweistoffwärmepumpe	5360	1,489	0,147	0,219
Brüdenverdichter <sup>1)</sup>	700	0,194	0,100	0,019
Verbr.-Motorwärmepumpen	15960	4,433	-	-
Verarbeitendes Gewerbe <sup>2)</sup> insgesamt	24220 <sup>3)</sup>	6,727		0,374

<sup>1)</sup> Verteilung zu etwa 20 % Textilindustrie, 50 % Brauereien, 30 % Molkereien

<sup>2)</sup> inkl. Raffinerien

<sup>3)</sup> davon 260 TJ für Raffinerien

Tab. 3.9: Über Wärmepumpen erschließbares Abwärmepotential und Stromverbrauch für elektrische Wärmepumpen in der Industrie bis zum Jahre 2000 /6/, eigene Berechnungen/

Im Hinblick auf einzelne Industriebranchen zeigt die Verteilung in Tab. 3.10, daß nennenswerte Beiträge zur Strombedarfsentwicklung durch Elektrowärmepumpen nur für die Chemie (rd. 0,15 TWh), für die Textilindustrie (0,07 TWh), Brauereien (0,024 TWh) sowie Molkereien (0,027 TWh) zu erwarten sind. In den drei letztgenannten Industriezweigen insbesondere durch Abwärmennutzung über Brüdenverdichter. Für diese Abschätzung wurden Angaben zu den Abwärmepotentialen der einzelnen Industriezweige nach /6/ herangezogen.

Verbrauchergruppen		Stromverbrauch <sup>1)</sup> 1985 TWh	Geschätzter Strombedarf für industrielle Abwärmenutzung über elektromotorische Wärmepumpen im Jahre 2000 TWh
Sypro Nr.	<b>Grundstoff- und Produktionsgüter- gewerbe</b> davon:	<b>101,34</b>	<b>0,165</b>
[40]	Chemische Industrie	42,88	0,145
	<b>Investitionsgüter- gewerbe</b>	<b>29,46</b>	<b>0,040</b>
	<b>Verbrauchsgüter- gewerbe</b> davon:	<b>16,69</b>	<b>0,086</b>
[63]	Textilgewerbe	4,20	0,066
	<b>Nahrungs- und Genußmittelgewerbe</b> davon:	<b>8,08</b>	<b>0,083</b>
[6871]	Brauerei	1,00	0,024
[6836/31]	Molkerei, Käserei	1,20	0,027
	<b>Verarbeitendes Gewerbe (inkl. Übriger Bergbau)</b>	<b>156,77<sup>2)</sup></b>	<b>0,374</b>

1) Statistisches Bundesamt: Fachserie 4, Reihe 4.1.1; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen

2) inkl. 1,20 TWh für Übriger Bergbau

Tab. 3.10: Geschätzter Strombedarf für industrielle Abwärmenutzung mit elektromotorischen Wärmepumpen in ausgewählten Industriezweigen im Jahre 2000

### 3.7 Elektrowärme

Bei der wärmetechnischen Verwendung der elektrischen Energie unterscheiden sich die Anwendungsarten in

- Prozeßwärme,
- Raumwärme und
- Brauchwassererwärmung.

Der Einsatz von Elektrowärme für industrielle Prozesse umfaßt eine Vielzahl von Anwendungsgebieten: von Erhitzen, Schmelzen, Trocknen, Härten, Vergüten bis hin zu Kochen und Waschen. Im allgemeinen werden zu den elektrischen Prozeßwärmeverfahren auch die Elektrolyse und die Galvanik hinzugezählt, obwohl es sich hierbei im eigentlichen Sinne nicht um eine wärmetechnische, sondern elektrochemische Verwendung des Stromes handelt. Sinnvollerweise werden deshalb in /12/ die *klassischen Elektrowärmeverfahren* (Lichtbogenerwärmung, induktive Erwärmung, indirekte und direkte Widerstandserwärmung etc.) und die *elektrochemischen Prozesse* unter dem Begriff *Elektroprozeßenergie* zusammengefaßt. Für diese Anwendungsart wurden im Jahre 1985 etwa 28 % (rd. 44 TWh) des industriellen Gesamtstromverbrauches benötigt.

Die Wärmeerzeugung mit elektrischer Energie für die Beheizung von Werkshallen und Verwaltungsgebäuden (Raumwärme) ist von vergleichsweise geringer Bedeutung, ebenso wie die elektrische Brauchwassererwärmung, die in der Industrie lediglich die sanitären und sozialen Einrichtungen betrifft. Der Anteil dieser Verwendungen lag 1982 bei weniger als 0,5 % des gesamten Industriestromverbrauches /5/, so daß nachfolgend detaillierter auf den Stromeinsatz für Prozeßwärmeezwecke eingegangen werden soll.

Die unter dem Gesamtbegriff Elektroprozeßenergie zusammengefaßten Anwendungsverfahren bieten dem industriellen Sektor vielfältige Möglichkeiten der Produkterzeugung, Weiterverarbeitung sowie insbesondere der Produktveredelung. Zum Teil sind die elektrischen Verfahren bezüglich der an sie gestellten Anforderungen konkurrenzlos (z.B. Vakuumschmelzen, Elektrolyseprozesse), zum Teil bestehen alternative, brennstofforientierte Verfahren (z.B. Induktionsofen versus brennstoffbeheizten Kupolofen). Bei der vergleichenden Beurteilung stehen dann je nach Anwender die unterschiedlichsten Gesichtspunkte und Überlegungen im Vordergrund.

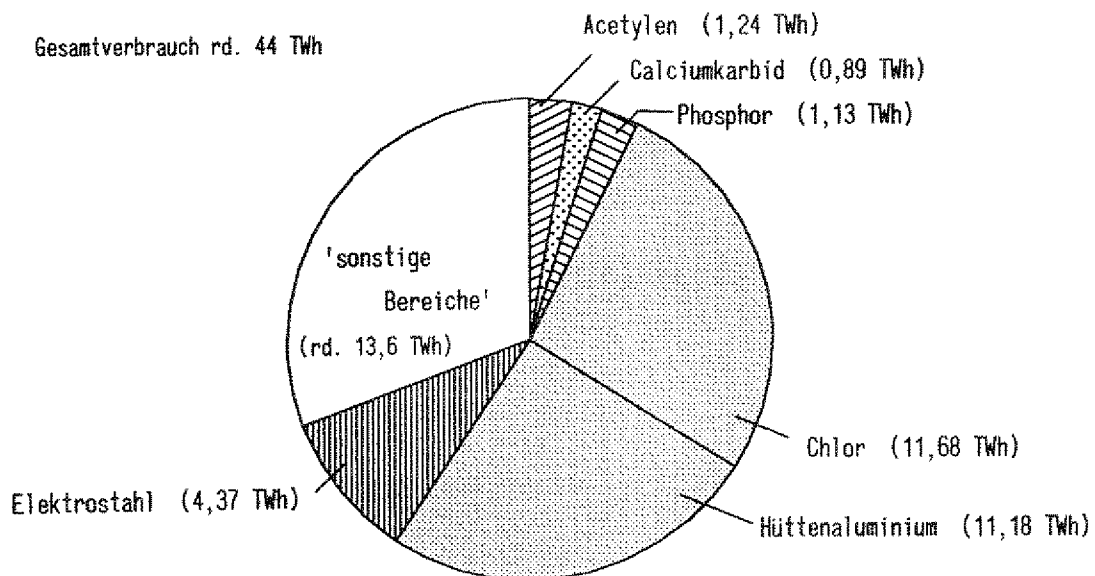
Im Rahmen dieser Arbeit soll auf die unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten und deren verschiedenen Randbedingungen nicht näher eingegangen werden. Es sei an dieser Stelle auf entsprechende Fachliteratur /35, 36, 37/ verwiesen. Interessant erscheint hier vielmehr ein kurzer Überblick, welche Anwendungsmöglichkeiten sich in den einzelnen Wirtschaftszweigen bieten sowie mit welchem bisher realisierten Einführungsgrad. Hier ist von /12/ eine sehr ausführliche Übersicht zusammengestellt worden (Tab. 3.11).

Industriesektoren	Anwendungsgebiete und Aggregate der Elektroprozeßwärme einschließlich Wärmerückgewinnung und Abwärmeverwertung		
	eingeführt	vereinzelt eingeführt	Einführung möglich (abhängig von technischen und/oder wirtschaftlichen Gesichtspunkten)
Stehle und Erden			
Eisenschmelzende Industrie			
Eisen-, Stahl- und Tempergleißeberlen			
Zielerlen und Kaltwalzwerke			
NE-Metallerzeugung, -holzlezuwerke, -gleißeberlen			
Chemische Industrie			
Zellstoff-, Papier- und Papperzeugung			
Gummiverarbeitung			
Übriges Grundstoff- u. Produktionsgütergewerbe			
Maschinenbau			
Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbau			
Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik			
Eisen-, Blech- und Metallwaren			
Übriges Investitionsgüter prod. Gewerbe			
Glas und feinkeramik			
Herstellung von Kunststoffwaren			
Textilgewerbe			
Übriges Verbrauchsgüter prod. Gewerbe			
Mehrungs- und Genußmittelgewerbe			
	Lichtbogenöfen		
	Reduktionsöfen		
	Elektroschlackeumschmelzöfen (ESU)		
	Vakuumlichtbogenöfen		
	Verschiedene Lichtbogenschweißverfahren		
	NF-Rinnenschmelzöfen		
	NF-Tiegelerschmelzöfen		
	MF-Tiegelerschmelzöfen		
	NF-Erwärmung zum Warmformen		
	NF-Kessel- und Wannenbeheizung		
	NF-Werkzeugbeheizung (Rezipienten, Walzen usw.)		
	MF-HF-Erwärmung zum Warmformen		
	MF-HF-Löten-Schweißen-Glúhen-Härten		
	Induktives Rühren und Fördern		
	Widerstands-Erwärmungs- und Wärmebehandlungsöfen		
	Widerstands-Schmelz- und Warmhalteöfen		
	Widerstandsflächenheizungen (Rohre, Behälter, Kalande)		
	Widerstandsheizregister (Flüssigkeiten, Gase)		
	Heißwasser- und Dampferzeuger (Heizelemente)		
	Salzbäder		
	Konduktive Erwärmung		
	Elektroden-Salzbädöfen		
	Glaschmelzen (vollelektrisch oder Zusatzelektroden)		
	Heißwasser- und Dampferzeuger (Elektrodenkessel)		
	Infrarot Erwärmung		
	Dielektrische Erwärmung		
	Mikrowellenerwärmung		
	Elektronenstrahler Erwärmung		
	Laser-Technologie		
	Funkenerosion		
	Plasmabrenner		
	Ionitrieren (Plasmastrieren)		
	UV-Strahler		
	Metallische Elektrolyse		
	Nichtmetallische Elektrolyse		
	Wärmepumpen		
	Brúdenverdichter		
	Kraft-Wärme-Kopplung, ORC-Anlagen usw		

Tab. 3.11: Elektroprozeßwärme im Verarbeitenden Gewerbe nach Wirtschaftszweigen und Anwendungsverfahren /12/

Während bei der Lichtbogen Erwärmung und induktiven Erwärmung deutliche Schwerpunkte in den eisen- und metallverarbeitenden Branchen der Grundstoff- und Investitionsgüterindustrie liegen, bieten die weiteren Elektroprozeßwärmeverfahren grundsätzlich Einsatzmöglichkeiten in einer Vielzahl der industriellen Branchen. Zum Teil sind die Verfahren bereits großtechnisch eingeführt, wie z.B. die Widerstandserwärmung und -wärmebehandlung, zum anderen hängt die zukünftig mögliche Einführung von der Weiterentwicklung der technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen ab. Dies ist z.B. bei der Laser- und Plasmatechnologie der Fall.

Bevor man sich näher mit den zukünftigen Tendenzen der Elektroprozeßenergieanwendungen und somit ggf. mit den Aussichten einzelner Verfahren beschäftigt, erscheint es sinnvoll, zunächst die Schwerpunkte für diese Form des Elektrizitätseinsatzes aufzuzeigen. Wie in *Kap. 2.4* mit *Tab. 2.1* bereits dargestellt wurde, ist die Elektroprozeßenergie in den verschiedenen Branchen sowohl absolut als auch relativ gesehen mit sehr unterschiedlichen Anteilen vertreten. In *Bild 3.2* ist für das Jahr 1985 der Strombedarf für Elektrowärme bzw. Elektrolyse für ausgewählte Produkte dargestellt.



*Bild 3.2:* Industrieller Stromverbrauch für Elektroprozeßenergie im Jahre 1985

Etwa 4/5 des industriellen Stromeinsatzes für Elektroprozeßenergie wird in den Sektoren Chemie, NE-Metallindustrie sowie der Eisenschaffenden Industrie eingesetzt. Bei produktspezifischer Betrachtung dieser Sektoren lassen sich im Jahre 1985 allein durch die beiden Erzeugnisse Chlor und Hüttenaluminium rd. 52 % des gesamten industriellen Elektroprozeßenergieeinsatzes von etwa 44 TWh erklären. In absoluten Werten ausgedrückt entspricht dies etwa 22,8 TWh und unterstreicht die Bedeutung der Elektrolyseverfahren. Erweitert man die Aussage um die Produkte Elektrostahl (4,37 TWh), Phosphor (1,13 TWh), Calciumcarbid (0,89 TWh) und Acetylen (1,24 TWh), so lassen sich knapp 70 % (30,4 TWh) über industrielle Produkte erfassen. Der übrige Stromeinsatz für Elektroprozeßenergie von rund 13,6 TWh verteilt sich auf eine Vielzahl industrieller Bereiche und Anwendungen.

Zur Beurteilung zukünftiger Entwicklungsmöglichkeiten soll zur Verdeutlichung der vorliegenden Größenordnungen zunächst auf die angesprochenen Einzelprodukte eingegangen werden. Wie den nachstehenden Ausführungen zu den sektoralen Einzelanalysen zu entnehmen ist, lassen alle unter den Bereich der Elektroprozeßenergie fallenden stromintensiven Produkte (Chlor, Hüttenaluminium, Elektrostahl, Phosphor, Calciumcarbid, Acetylen) bis zur Jahrhundertwende keine Produktionsausweitungen erkennen. Überwiegend wird eher ein leichter Produktionsrückgang bei in etwa unveränderten spezifischen Stromverbrauchswerten erwartet, so daß für die hier angesprochenen Produkte ein Rückgang des Stromverbrauches von 30,4 TWh (1985) auf 23,5 TWh (2000) möglich erscheint.

Diesem bis zur Jahrhundertwende möglichen Stromverbrauchsrückgang von etwa 7 TWh steht im Jahre 1985 ein nicht auf Produkte beziehbarer Elektroprozeßenergieeinsatz von 13,6 TWh gegenüber. Diese Anwendungen sind in der Regel entweder mit weniger stromintensiven spezifischen Verbrauchswerten behaftet, so daß die Anzahl der möglichen Einsatzfälle bzw. produzierten Stückzahlen keine gravierende Rolle spielt, oder umgekehrt liegen bei höherer Stromintensität geringere produzierte Mengen vor.

Selbst bei deutlicher Ausweitung der Einsatzfälle einiger Elektroprozeßwärmeverfahren, wie z.B. der Laser- oder Plasmatechnologien, dürfte der Gesamtstrombedarf für Elektroprozeßenergie von etwa 44 TWh (1985) bis zur Jahrhundertwende keine signifikante Erhöhung erfahren. Dies insbesondere dann nicht, wenn der über Produkte beschriebene Stromeinsatz wie erwartet rückläufig ist und die anderen Einsatzbereiche zunächst einen kompensatorischen Beitrag leisten müssen.

### 3.8 Beleuchtung

Nach repräsentativen Untersuchungen /5/ entfallen etwa 6 % des industriellen Strombedarfes auf die Erzeugung künstlicher Beleuchtung. Im Jahre 1982 waren dies im Verarbeitenden Gewerbe und Übrigen Bergbau 8,4 TWh. Nach Abzug des Anteils für Datenverarbeitungsanlagen und Nachrichtenübermittlungsanlagen<sup>8</sup> dürfte der effektive Stromverbrauch für Beleuchtungszwecke mit rd. 7 TWh zu veranschlagen sein (Tab. 3.12).

Lampengruppe	Stromverbrauch		Erzeugte Lichtmenge		Lichtausbeute
	TWh	relativ	lmh	relativ	
<b>Glühlampen</b> (Bundesgebiet)	<b>0,7</b> (10,5)	<b>10 %</b> (35 %)	<b>10,5</b> (158)	<b>2,3 %</b> (10,0 %)	<b>15</b> (15)
<b>Leuchtstofflampen</b> (Bundesgebiet)	<b>5,3</b> (16,5)	<b>75 %</b> (55 %)	<b>397,5</b> (1238)	<b>84,9 %</b> (78,6 %)	<b>75</b> (75)
<b>Hochdruck- und sonst. Lampen</b> (Bundesgebiet)	<b>1,0</b> (3,0)	<b>15 %</b> (10 %)	<b>60</b> (180)	<b>12,8 %</b> (11,4 %)	<b>60</b> (60)
<b>Gesamte Industrie</b> (Bundesgebiet)	<b>7,0</b> (30)	<b>100 %</b> (100 %)	<b>468</b> (1576)	<b>100 %</b> (100 %)	<b>67</b> (52)

Tab. 3.12: Stromverbrauch für künstliche Beleuchtung im Verarbeitenden Gewerbe (inkl. Übriger Bergbau) und im gesamten Bundesgebiet (Klammerwerte) im Jahre 1982  
/38, eig. Abschätzungen und Berechnungen/

<sup>8</sup> In der Erhebung von /5/ wurde der auf Datenverarbeitungs- und Nachrichtenübermittlungsanlagen entfallende Strombedarf dem Stromverbrauch für Beleuchtungszwecke hinzugerechnet. Der Verbrauchsanteil dieser Anlagen am Lichtstrombedarf der Industrie ist nicht bekannt; er dürfte nach /83/ bei etwa 10 - 15 % des Lichtstrombedarfes gelegen haben.

Etwa 75 % des Strombedarfes für künstliche Beleuchtung wird in der Industrie über Leuchtstofflampen, 10 % über Glühlampen /39/ und etwa 15 % über Hochdruck- und sonstige Lampen in Licht umgewandelt. Damit wird die elektrische Energie für Beleuchtungszwecke innerhalb der Industrie effektiver genutzt (67 lm/W) als im bundesdeutschen Durchschnitt, da der Anteil von Lampen mit hoher Lichtausbeute<sup>9</sup> (Leuchtstofflampen, Hochdrucklampen etc.) vergleichsweise höher ausfällt (vgl. Tab. 3.12). Die Lichtausbeute ist bei Leuchtstofflampen (75 lm/W) im Mittel um das Fünffache und bei Hochdrucklampen (60 lm/W) um das Vierfache besser als bei Glühlampen (15 lm/W).

Was die zukünftigen Entwicklungstendenzen in der Industriebeleuchtung angeht, so dürften die größten Veränderungen auf den Strombedarf zum einen von neuen Lampen- und Leuchtentechnologien und zum anderen von Anforderungen an die Beleuchtung bei strukturellen Änderungen der Fertigungsprozesse, insbesondere in Verbindung mit gesetzlichen Auflagen ausgehen.

Im Bereich der Leuchtstofflampen ermöglicht der Einsatz des Dreibandleuchtstoffes Stromeinsparungen. Leuchtstofflampen mit Dreibandleuchtstoff werden als Alternative zu Standard-Leuchtstofflampen angeboten; sie zeichnen sich durch eine erhöhte Lichtausbeute, d.h. einem erhöhten Lichtstrom bei vergleichbarer Leistungsaufnahme wie Standard-Leuchtstoffröhren aus. Die hierdurch erzielbaren Reduzierungen an elektrischer Energie lassen sich nach den Verkaufslisten eines großen Lampenherstellers /41/ bis zu etwa 25 % veranschlagen. Die bei den Standard-Leuchtstofflampen vergleichsweise günstigen Lampenkosten von etwa 8 - 10 DM (inkl. MwSt) pro Stück gegenüber 18 - 20 DM bei den Dreiband-Leuchtstofflampen /41/ werden durch Reduzierung der Stromkosten mehr als ausgeglichen (vgl. Tab. 3.13), so daß zukünftig mit einem verstärkten Einsatz dieses Lampentypes in der Industrie zu rechnen ist.

Zu den Einschränkungen der Dreibandlampe wird von Anwenderseite u.a. auf die teilweise eingeschränkte Farbwiedergabeeigenschaften hingewiesen /42/. Zudem eignet sich diese Lampe für bestimmte Anwendungsfälle nicht (z.B. Außenbeleuchtung). Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, daß ein Austausch von Standard-Leuchtstofflampen durch Dreibandlampen in der Regel mit einer Erhöhung des erzeugten Lichtstromes, nicht aber mit einem geringeren Energiebedarf verbunden ist. Die Realisierung von Stromeinsparungen erfordert entweder die Stilllegung einzelner Leuchten oder die Sanierung der gesamten Beleuchtungseinrichtung.

Weitere Stromeinsparmöglichkeiten sind bei Verwendung von Leuchtstofflampen durch den Einsatz elektronischer Vorschaltgeräte zu erreichen. Bei geringfügigen Einbußen des Lichtstromes haben elektronische Vorschaltgeräte (EVG) eine bis zu 60 % geringere Leistungsaufnahme als konventionelle Vorschaltgeräte (KVG) /38/. Nach Angaben in den Herstellerlisten /41/ läßt die Kombination Dreiband-Leuchtstofflampe mit EVG gegenüber der gleichen Lampe mit KVG Stromeinsparungen bis zu knapp 20 % erwarten, gegenüber der Standard-Leuchtstoffröhre mit KVG sogar bis zu 40 %.

---

<sup>9</sup> Die Lichtausbeute in Lumen je Watt (lm/W) bezieht den erzeugten Lichtstrom (in Lumen) auf den elektrischen Anschlußwert (in Watt) der Lampen. Hiermit lassen sich die Lichtquellen hinsichtlich ihres Wirkungsgrades untereinander vergleichen /40/.

Lampentyp	Leistungs- aufnahme <sup>1)</sup> [W]	Licht- ausbeute [lm/W]	erzeugte Lichtmenge [klmh]	spezifische Kosten <sup>2)</sup> [Pfg/klmh]
Standard L18W/20	28	37,5	9.550	0,36 - 0,76
LUMILUX L18W/21	28	51,8	13.054	0,33 - 0,62
Standard L36W/20	36	54,3	22.480	0,22 - 0,50
LUMILUX L36W/21	36	75,0	31.050	0,19 - 0,37
Standard L58W/20 (mit KVG <sup>4)</sup> )	71	56,3	35.976	0,21 - 0,47
LUMILUX L58W/21 (mit KVG <sup>4)</sup> )	71	76,1	48.628	0,17 - 0,37
LUMILUX L58W/21 (mit EVG <sup>4)</sup> <sup>5)</sup> )	55	94,5	46.777	0,20 - 0,36 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> inkl. Verschaltgeräte

<sup>2)</sup> ohne Kosten für Wartung und Auswechslung

<sup>3)</sup> Mehrkosten des elektronischen Vorschaltgerätes berücksichtigt

<sup>4)</sup> KVG = konventionelles Vorschaltgerät, EVG = elektronisches Vorschaltgerät

<sup>5)</sup> Modell Quicktronik von OSRAM

Tab. 3.13: Kostenvergleich verschiedener Leuchtstofflampen der Marke OSRAM  
(Statische Berechnung, 9000 Betriebsstunden, Stromkosten 10 - 25 Pfg/kWh,  
ohne Sanierung der Beleuchtungsanlagen) /41, eigene Berechnungen/

Dreibanden-Leuchtstofflampen mit EVG erreichen nach überschlägigen Berechnungen Kostengleichheit mit Standard-Leuchtstofflampen mit KVG bei Stromkosten von etwa 15 Pfg/kWh (Tab. 3.14) und dürften damit für die Industrie an der Schwelle zur Wirtschaftlichkeit stehen. Bei niedrigen Strompreisen 10 - 15 Pfg/kWh errechnet sich die Kombination Dreibandlampe mit KVG noch günstiger.<sup>10</sup> Allerdings wird von Fachleuten vor der Gefahr von Frühausfällen bei elektronischen Vorschaltgeräten gewarnt, da der Reifeprozess bei diesen Geräten als noch nicht abgeschlossen angesehen wird /43/.

Lampentyp	Leistungsaufnahme <sup>1)</sup> [W]	Lichtausbeute [lm/W]	erzeugte Lichtmenge [klmh]	spezifische Kosten [Pfg/klmh]
Glühlampe <sup>2)</sup> Standard	40	10,7	430 <sup>2)</sup>	1,28 - 2,67
Kompakt-Leuchtstofflampe <sup>3)</sup> DULUX EL7	7	57,1	2400 <sup>3)</sup>	1,63 - 1,90
Glühlampe <sup>2)</sup> Standard	100	13,8	1380 <sup>2)</sup>	0,83 - 1,92
Kompakt-Leuchtstofflampe <sup>3)</sup> DULUX EL20	20	60,0	7200 <sup>3)</sup>	0,65 - 0,90

<sup>1)</sup> bei Kompakt-Leuchtstofflampen inkl. integriertem Vorschaltgerät und Starter

<sup>2)</sup> Betriebsdauer 1000 h

<sup>3)</sup> Betriebsdauer 6000 h

Tab. 3.14: Kostenvergleich von Glühlampen und Kompakt-Leuchtstofflampen der Marke OSRAM (Statische Berechnung, Stromkosten 10 - 25 Pfg/kWh, ohne Sanierung der Beleuchtungsanlagen) /41, eigene Berechnungen/

<sup>10</sup> Bei der Kalkulation wurden Mehrkosten für das elektronische Vorschaltgerät gegenüber einem konventionellen Vorschaltgerät in Höhe von 25,-DM pro Lampenlebensdauer berücksichtigt. Der Preis für ein elektronisches Vorschaltgerät liegt gegenwärtig bei etwa 120,-DM (inkl. MwSt) /43/. Nach Abzug der Kosten für ein konventionelles Vorschaltgerät vergleichbarer Größe (ca. 20,-DM) und unter Berücksichtigung einer kalkulierbaren Lebensdauer, die etwa die vierfache Lebensdauer einer Leuchtstofflampe beträgt /43/, errechnet sich der angegebene Mehraufwand von 25,-DM.

Weitere Stromeinsparmöglichkeiten sind durch den Einsatz von Kompakt-Leuchtstofflampen zu erwarten. Kompakt-Leuchtstofflampen mit integriertem Starter und Vorschaltgerät bieten sich als Ersatz für bisher eingesetzte Standard-Glühlampen an. Diese Lampen können in der Regel die herkömmlichen Glühlampen ohne Änderung der Leuchten ersetzen.

Kompakt-Leuchtstofflampen kennzeichnet eine deutlich verringerte Leistungsaufnahme bei annähernd gleicher Lichtstromabgabe gegenüber vergleichbaren Glühlampen. Hierbei sind Stromersparungen bis zu 80 % möglich /41/. Laut Herstellerangaben entsprechen Kompakt-Leuchtstofflampen mit einer Leistungsaufnahme von 7, 11, 15 und 20 W vergleichbaren Glühlampen mit 40, 60, 75 und 100 W. Die mittlere Lebensdauer von Kompakt-Leuchtstofflampen bei dreistündigem Schaltrhythmus ist mit 5000 bis 7000 h (durchschnittlich 6000 h) wesentlich höher als bei Glühlampen (1000 h). Es läßt sich errechnen, daß ein Kostenvorteil für die Kompakt-Leuchtstofflampe bei Niedrig-Watt-Lampen (z.B. 7 W) bei Stromkosten von etwa 15 Pfg/kWh, bei Hoch-Watt-Lampen (z.B. 20 W) dagegen bei 10 Pfg/kWh erreicht wird (vgl. Tab. 3.14). In diesem Fall werden die gegenüber einer Standard-Glühlampe relativ hohen Lampenkosten der Klein-Leuchtstofflampe (ca. 35,- DM/Stück zu ca. 1,50 DM/Stück) durch Stromkostenreduzierung ausgeglichen.

Weitere Möglichkeiten zur Stromverbrauchsreduzierung für Beleuchtungszwecke können sich auch bei Hochdrucklampen ergeben, die besonders für die Beleuchtung hoher Werkshallen mittels Hallenspiegelleuchten geeignet sind. Durch den Übergang von Quecksilberdampf-Hochdruck- auf Halogen-Metallampfen werden Steigerungen der Lichtausbeute um ca. 35 - 50 % erreicht /38/. Darüber hinaus sind Steigerungen des Leuchtenwirkungsgrades (bis zu 20 %) durch die Verwendung von Spiegelreflektoren gegenüber den bisher in der Industrie meist verwendeten weißen Reflektoren zu erzielen /38/.

Schließlich dürften sich noch Möglichkeiten zur Reduzierung des Lichtstromverbrauches über organisatorische Maßnahmen eröffnen. Nicht alle zu diesem Bereich in der Literatur vorgeschlagenen Maßnahmen erscheinen sinnvoll. So ist durch gezieltes manuelles Schalten von Beleuchtungsanlagen zur Anpassung der künstlichen Beleuchtung an sich ändernde Lichtverhältnisse oder sonstige Erfordernisse eine Minderung des Lichtstrombedarfes zu erwarten, wie von /44/ vorgeschlagen. Dem steht gegenüber, daß die Lebensdauer z.B. von Leuchtstofflampen durch eine größere Schalthäufigkeit erheblich gemindert wird, was zu höheren Kosten führt /45/.

Abgesehen von den strombedarfsmindernden Möglichkeiten können zukünftig im verstärkten Maße verbrauchssteigernde Aspekte eine Rolle spielen.

Hier ist z.B. auf Anpassungen der Beleuchtungsstärke aufgrund von gesetzlichen Auflagen zu verweisen. Nach der Arbeitsstätten-Verordnung /46/ vom 20.3.1975 in Verbindung mit den Arbeitsstättenrichtlinien ASR 7/3 /47/ wird eine normgerechte Beleuchtung mit einer Mindestbeleuchtungsstärke der Arbeitsplätze gefordert. Die Überwachung und Überprüfung der Beleuchtungsanlagen durch die Gewerbeaufsicht und zuständigen Berufsgenossenschaften ergab z.B. bei einer Untersuchung von 180 Betrieben, daß in etwa 38 % aller erfaßten Fälle die Vorschriften der Arbeitsstätten-Richtlinien nicht erfüllt wurden /48/.

Eine weitere Ursache für Veränderungen der Beleuchtungsansprüche ist in strukturellen Änderungen der industriellen Fertigung zu sehen, worauf Hentschel /38/ hinweist. Hierbei sind insbesondere zu nennen:

- Verschiebungen der Produktionsprozesse zu immer höheren qualifizierten Arbeiten (z.B. Übergang von der Fertigung elektromechanischer Geräte zu elektronischen Geräten und Produktionsprozesse der Mikroelektronik); im Büro Übergang zur Bildschirmarbeit mit stärkerer Differenzierung der Beleuchtung (z.B. ergonomisch wie beleuchtungstechnisch optimierte Arbeitsplätze)
- Zunahme vollautomatischer Produktionsprozesse mit nur gelegentlichen Eingriffen; die ein vergleichsweise zur personalintensiven Fertigung niedrigeres Beleuchtungsniveau erfordern.
- Übergang von der Allgemeinbeleuchtung zu einer arbeitsplatzorientierten Beleuchtung oder einer zusätzlich zur Allgemeinbeleuchtung installierten Platzbeleuchtung

Offensichtlich haben gesetzliche Auflagen und industrieller Strukturwandel sowohl strombedarfssteigernde wie strombedarfsmindernde Effekte. Eine quantitative Aussage der hierdurch zukünftig ausgelösten Veränderungen des Strombedarfes ist hier beim gegenwärtigen Kenntnisstand nicht möglich.

Im Rahmen dieser Studie wird geschätzt, daß bis zum Jahre 2000 von etwa der Hälfte des auf Leuchtstofflampen entfallenden Strombedarfes (ca. 3 TWh) etwa 25 % (0,75 TWh) durch den Einsatz von Dreiband-Leuchtstofflampen und elektronischen Vorschaltgeräten eingespart werden. Dabei ist berücksichtigt, daß ein Teil der Standard-Leuchtstofflampen aus technischen Gründen nicht einem Ersatz durch energetisch günstigere Dreiband-Leuchtstofflampen zugänglich ist (z.B. Außenbeleuchtung)<sup>11</sup> sowie daß bereits ein Teil der herkömmlichen Leuchtstoffröhren auf Dreibandlampen überführt ist. Nach Angaben von OSRAM /49/ entfällt gegenwärtig ein Anteil von gut 20 % der Leuchtstofflampen-Nachfrage mit 26 mm Ø auf Dreiband-Leuchtstofflampen.

Durch den Einsatz von Kompakt-Leuchtstofflampen wird mit einer Reduzierung des spezifischen Strombedarfes gegenüber Glühlampen bei vergleichbarer Lichtleistung um 75 % gerechnet, wobei nahezu der gesamte auf Glühlampen entfallende Strombedarf (etwa 0,7 TWh, entsprechend 90 %) bis zum Jahre 2000 zur Disposition stehen dürfte. Kompakt-Leuchtstofflampen sind bislang nur in geringem Umfang eingeführt /49/. Die zu berücksichtigende Einsparung beläuft sich auf knapp 0,5 TWh.

Für den Einsatz von Spiegelreflektoren, organisatorischen Maßnahmen und die Substitution von Hochdrucklampen durch Halogen-Metalldampflampen wird die Stromeinsparung hier pauschal mit 0,15 TWh (ca. 2 % des Bedarfes an elektrischer Energie für Beleuchtung) abgeschätzt.

Insgesamt beläuft sich die erwartete Gesamteinsparung für künstliche Beleuchtung auf etwa 1,4 TWh oder größenordnungsmäßig auf 20 % des gegenwärtigen Bedarfes an elektrischer Energie für Beleuchtungszwecke.

---

<sup>11</sup> Bei der Sanierung der Gesamtanlage ist nach /49/ auch eine verstärkte Einführung von Kompakt-Leuchtstofflampen denkbar.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die erwartete Einsparrate von 20 % aufgrund der vorausgegangenen Überlegungen zum Arbeitsschutz und den Strukturänderungen der industriellen Fertigung im vollen Umfang nicht zu realisieren sein dürfte. Es wird in dieser Studie angenommen, daß sich eine realisierbare Einsparung in der Größenordnung um 15 % bewegt. Dies läßt eine Gesamteinsparung von etwa 1,1 TWh bezogen auf den Beleuchtungsstrombedarf des Jahres 1985 erwarten.

*Tab. 3.15* verdeutlicht abschließend, in welchen Industriezweigen aufgrund des bestehenden Bedarfes an elektrischer Energie für Beleuchtungszwecke die größten Einsparungen zu erwarten sind. Diese Abschätzung orientiert sich am Lichtstromverbrauch der Wirtschaftszweige gemäß *Tab. 2.1* in *Kap. 2.4* und den vorstehend begründeten Einsparraten.

1985		Stromverbrauch <sup>1)</sup>	Beleuchtungsanteil <sup>2) 3)</sup>		geschätztes wirtschaftlich-technisches Einsparpotential <sup>6)</sup>
Verbrauchergruppen			TWh	in TWh	
Sypro Nr.	<b>Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe</b> davon:	<b>101,34</b>	<b>2,43</b>	<b>2,4</b>	<b>0,29</b>
[40]	Chemische Industrie	42,88	1,11	2,6	0,13
	<b>Investitionsgütergewerbe</b> davon:	<b>29,46</b>	<b>4,36</b>	<b>14,8</b>	<b>0,52</b>
[33]	Straßenfahrzeugbau	9,84	1,48	15,0 <sup>4)</sup>	0,18
[32]	Maschinenbau	6,08	0,85	14,0 <sup>5)</sup>	0,10
[36]	Elektrotechnik	6,19	0,93	15,0 <sup>4)</sup>	0,11
	<b>Verbrauchsgütergewerbe</b> davon:	<b>16,69</b>	<b>1,85</b>	<b>11,1</b>	<b>0,22</b>
[63]	Textilgewerbe	4,20	0,42	10,0 <sup>4)</sup>	0,05
[58]	Herstellung von Kunststoffwaren	4,37	0,44	10,0 <sup>4)</sup>	0,05
	<b>Nahrungs- und Genußmittelgewerbe</b>	<b>8,08</b>	<b>0,73</b>	<b>9,0</b>	<b>0,09</b>
<b>Verarbeitendes Gewerbe</b> (inkl. Übriger Bergbau)		<b>156,77<sup>7)</sup></b>	<b>9,4</b>	<b>6,0 %</b>	<b>1,13</b>

1) Statistisches Bundesamt: Fachserie 4, Reihe 4.1.1; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen

2) prozentuale Anteile von 1982 nach /5/ für 1985 näherungsweise übernommen

3) inkl. Strombedarf für Kommunikations- und Nachrichtenübermittlungsanlagen

4) eigene Schätzung

5) nach Unterlagen des VDMA

6) ohne Anteil für Kommunikations- und Nachrichtenübermittlung

7) inkl. 1,20 TWh für Übriger Bergbau

Tab. 3.15: Geschätztes wirtschaftlich-technisches Stromeinsparpotential für industrielle Beleuchtung bis zum Jahre 2000

### 3.9 Zusammenfassung

Im folgenden sollen die Ergebnisse der zuvor diskutierten Entwicklungen bei ausgewählten branchenübergreifenden Stromanwendungen kurz zusammengefaßt erläutert werden. Bezogen auf den Stromverbrauch des Jahres 1985 sind bis zur Jahrhundertwende jeweils folgende Effekte zu erwarten (negative Zahlenwerte kennzeichnen Einsparungen bei vergleichbarer Dienstleistung, positive den Mehrbedarf der jeweiligen Anwendung):

o rationellere Nutzung der Antriebsenergie (verlustarme Drehzahlregelungen)	- 4,2 TWh
o stromsparende Beleuchtung	- 1,1 TWh
o Einsatz von Handhabungsautomaten (Roboter)	+ 1,1 TWh
o EDV-Anlagen	+ 4,8 TWh
o Anlagen zur Emissionsminderung (Luftreinhaltung)	+ 1,6 TWh
o Wärmerückgewinnung (elektromotorische Wärmepumpen)	+ 0,37 TWh

Tab. 3.16: Geschätzter Einfluß ausgewählter technischer Entwicklungen auf den industriellen Strombedarf bis zum Jahre 2000

Insgesamt sind die Auswirkungen dieser genannten Maßnahmen für das gesamte Stromwachstum der Industrie als gering und zudem als weitestgehend kompensatorisch anzusehen.

Für einzelne Industriezweige sind die Anteile teilweise unterschiedlich, so daß sich durchaus bedeutende sektorale Einflüsse auf den spezifischen Strombedarf ergeben können. Beispielsweise wird der Strombedarf zur Emissionsminderung schwerpunktmäßig in der Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie, insbesondere in der Eisenschaffenden Industrie liegen. Dagegen werden stromsteigernde Effekte des Robotereinsatzes (zu ca. 90 %) sowie der EDV-Anlagen (zu ca. 50 %) in der Investitionsgüterindustrie (Automobilindustrie, Maschinenbau, Elektrotechnik) wirksam.

Einsparungen in der Antriebstechnik und der Beleuchtung fallen in allen Branchen an. Beim Kraftstrombedarf liegen die größten Möglichkeiten des als realisierbar erwarteten Einsparpotentials in der Grundstoffindustrie (über 60 %) sowie der Investitionsgüterindustrie (ca. 20 %), bei der Beleuchtung liegt ein möglicher Einsparschwerpunkt mit rd. 50 % ebenfalls im Bereich der Investitionsgüterindustrie.

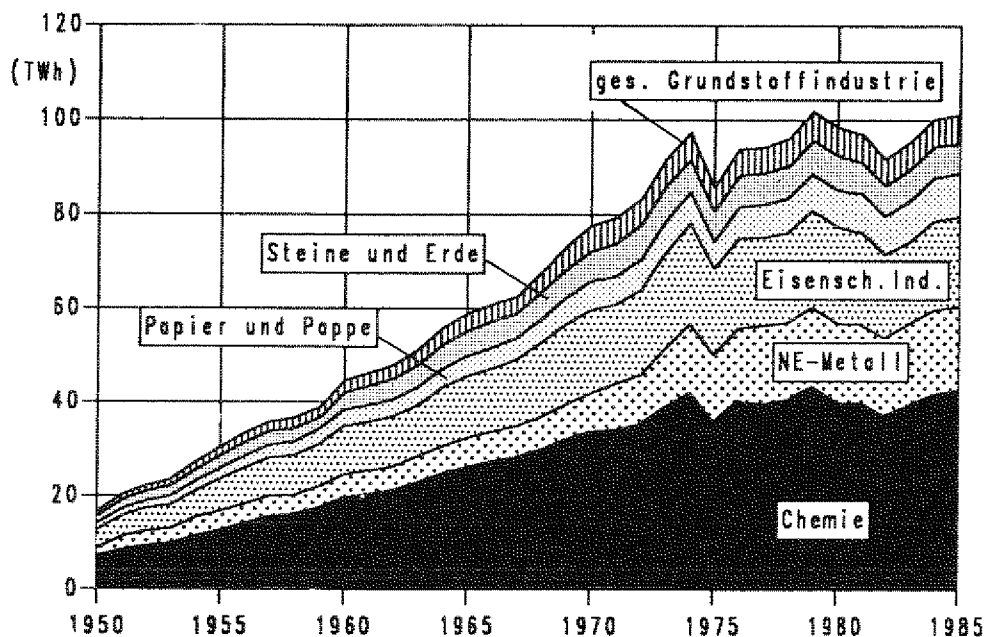
## 4. Sektorale Analyse und Projektion des Strombedarfes in der Industrie

### 4.1 Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie

#### 4.1.1 Übersicht

In dieser Hauptgruppe sind diejenigen Branchen zusammengefaßt, deren Produkte in vielen Fällen den nachgelagerten Industriegruppen (Investitions- und Verbrauchsgüterindustrie) als Rohmaterial dienen.

Die Herstellung von Grundstoffprodukten ist in einigen Bereichen äußerst energieintensiv. Elektrische Energie dient in dieser Hauptgruppe zunächst der Deckung des Kraftbedarfes (nach /5/ über 60 %). Des weiteren spielen Wärmestromanwendungen mit etwa 35 % eine bedeutende Rolle, hierbei steht der Elektrolysestromverbrauch für die Chlor- und Hüttenaluminiumproduktion im Vordergrund.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.1: Entwicklung des Stromverbrauches ausgewählter Branchen in der Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie von 1950 bis 1985

Der Anteil elektrischer Energie am Endenergieverbrauch der Grundstoffindustrie liegt mit 23 % unter dem industriellen Durchschnittswert (24,7 %) im Jahre 1985. Mit etwas über 100 TWh repräsentiert diese Hauptgruppe aber knapp zwei Drittel des industriellen Stromverbrauches. Wie in *Kap. 2.3* mit *Bild 2.3* bereits aufgezeigt, liegt die dominierende Rolle hinsichtlich des absoluten Stromverbrauches bei den Branchen Chemie, Eisenschaffende Industrie und NE-Metallerzeugung. Diese drei Branchen repräsentierten im Jahre 1985 mit 79,7 TWh fast 80 % des Elektrizitätseinsatzes der Grundstoffindustrie. Des weiteren sind die Wirtschaftszweige Papier und Pappe (9,3 TWh) sowie Steine und Erden (6,2 TWh) zu nennen, deren Anteile bei 9,2 % bzw. 6,1 % lagen.

<b>4.1.2 Industrie Steine und Erden .....</b>	<b>55</b>
1. Überblick.....	55
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	56
3. Strom Einsatz und Stromverbrauchsentwicklung .....	58
3.1 Überblick.....	58
3.2 Zement .....	59
3.3 Kalk.....	62
3.4 Ziegel.....	64
3.5 Naturstein.....	66
3.6 Sand und Kies.....	67
3.7 Sonstige Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden.....	68
4. Produktionsentwicklung .....	69
5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	71



## Industrie Steine und Erden

### 1. Überblick

Der Sektor befaßt sich mit der Gewinnung, Aufbereitung und Verarbeitung von Steinen und Erden. Der größte Anteil der Produktion entfällt auf die Herstellung von Baustoffen (Zement, z.T. Kalk, Ziegel etc.), kleinere Produktionsanteile dienen als Einsatz- bzw. Rohstoffe für die Stahlindustrie und die Chemische Industrie /50/.

Die Industrie Steine und Erden ist nach der Eisenschaffenden Industrie und der Chemie der drittgrößte industrielle Energieverbraucher. Im Vordergrund des Energieverbrauches stehen Brennstoffe zur Deckung des Bedarfes an Prozeßwärme. Mit 6,2 TWh im Jahre 1985 und mit einem Anteil von 4 % am gesamten Industriestromverbrauch zählt der Sektor zu den zehn bedeutendsten Stromverbrauchern innerhalb der Industrie.

Die drei energieintensivsten Fachzweige der Industrie Steine und Erden sind die Zement-, Kalk- und Ziegelindustrie. Sie beanspruchen rund zwei Drittel des Strom- und drei Viertel des Endenergieverbrauches. Diese drei Branchen zählen auch mit zu den am stärksten durch Energiekosten belasteten Wirtschaftszweigen innerhalb des Sektors.

#### Industrie Steine und Erden

[25]

Sektoren	Sypro-Nr.		
Hstg. v. Zement		[2531]	
Hstg. v. Kalk, Mörtel		[2535]	
Ziegelei		[2541]	
Sonstige Verarbeitung von Steinen und Erden (inkl. Gewinnung)		[25..]	
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	6,16		180,5
Strom	0,76	6,2	22,4
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		12,4 %	
Stromanteil am gesamten Industriestrom- verbrauch		4,0 %	

(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

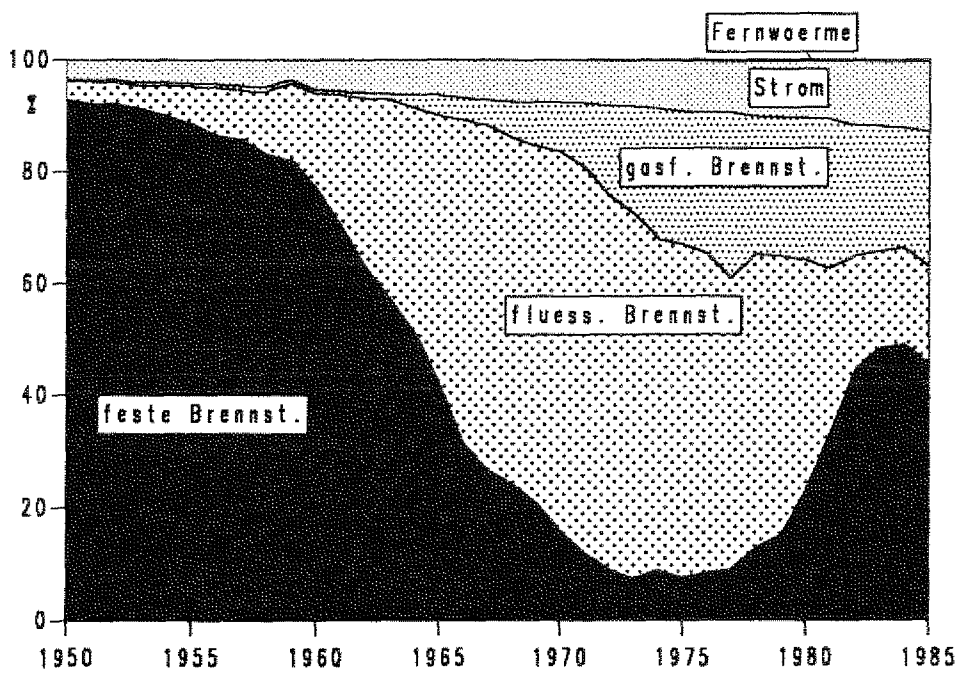
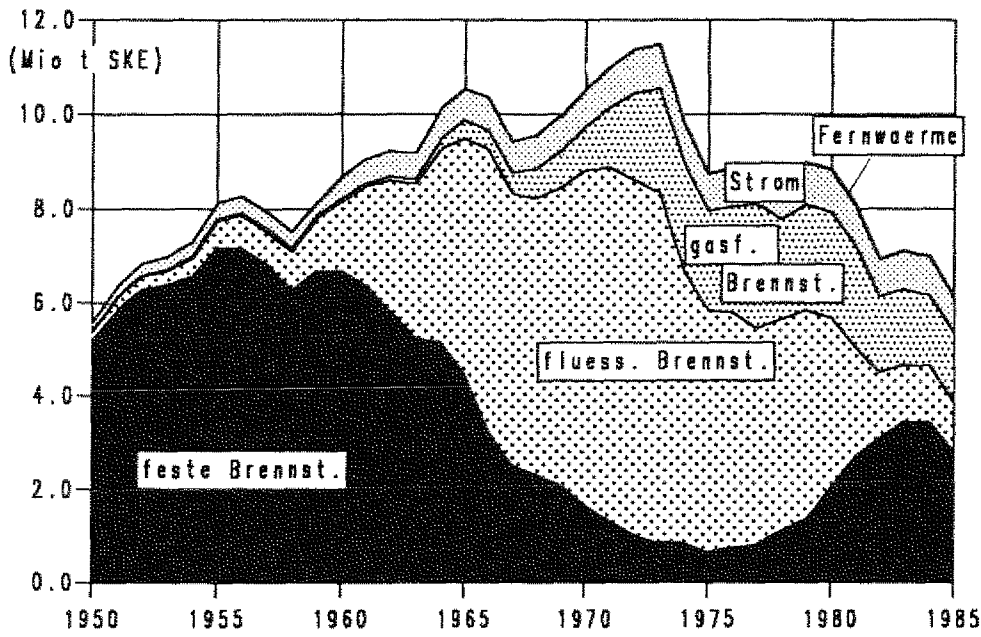
## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

Der Endenergieverbrauch dieser Branche hat sich nach kontinuierlichem Anstieg und Höchststand im Jahre 1973 (11,5 Mio t SKE) bis zum Jahre 1985 wieder auf das Niveau der späten fünfziger Jahre verringert (vgl. *Bild 4.2*). Der Endenergieverbrauch liegt gegenwärtig bei ca. 6,1 Mio t SKE. In diesen Zahlen ist wegen der Abgrenzungssystematik der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen der Anteil von energetisch verwerteten Abfallprodukten (z.B. Gummireifen) nicht berücksichtigt, die im letzten Jahrzehnt zunehmend zur Energieversorgung herangezogen wurden. Ihr Anteil betrug 1982 knapp 3 % des Energiebedarfes /5/.

Innerhalb der Brennstoffe zeichnet sich nach der ersten (1973) und vor allem nach der zweiten Ölpreiserhöhung (1979) beschleunigt eine Resubstitution der festen Brennstoffe ab. Insbesondere Heizöl und teilweise auch Gas wurden durch Stein- und Braunkohlenstaub ersetzt.

Aufgrund der hohen Energiekostenbelastung erfolgte die Umstellung der Brennstoffe vornehmlich aus preislichen Gründen. Insbesondere in der Zementindustrie lagen günstige Voraussetzungen vor, da die durch die Brennstoffumstellung hervorgerufenen Beeinträchtigungen im Hinblick auf Verfahrenstechnik und Produktqualität klein gehalten werden konnten. Dies steht im Gegensatz zur Umstellung bei Schachtöfen in der Kalkindustrie und bei den ausschließlich verwendeten Tunnelöfen in der Ziegelindustrie. Hier beeinflussen Umstellungen von Heizöl bzw. Gas auf Kohle die Verfahrenstechnik und Produktqualität erheblich. /51/

Hervorzuheben ist der in den letzten 25 Jahren zunehmende relative Anteil der elektrischen Energie, die etwa 12 % des Endenergieverbrauches der Industrie Steine und Erden im Jahre 1985 abdeckte. Hierin spiegelt sich zum einen die zunehmende Verarbeitungstiefe der Produkte infolge gesteigener Qualitätsanforderungen wider, zum anderen die zunehmende Mechanisierung und Automatisierung sowie verfahrenstechnische Anstrengungen zur Senkung des spezifischen Wärmeverbrauches bei Ofenanlagen, die in der Regel zu einem höheren Strombedarf führen /51/.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.2: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur in der Industrie Steine und Erden von 1950 - 1985

### 3. Stromeinsatz und Stromverbrauchsentwicklung

#### 3.1 Überblick

Die Industrie Steine und Erden gehört zu den typischen Kraftstromverbrauchern. Nach repräsentativen Untersuchungen des RWI /5/ entfielen im Jahre 1982 auf die Anwendung Kraft allein 94,5 % des Elektrizitätsbedarfes. Der Kraftbedarf ist vor allem durch Transportbänder, Mahl-, Zerkleinerungs- und Preßmaschinen geprägt. Obwohl in der Branche Energie hauptsächlich für Wärmeprozesse benötigt wird, ist Elektrizität für diesen Verwendungszweck von untergeordneter Bedeutung. Lediglich 3,2 % wurden im Jahre 1982 einer wärmetechnischen Verwendung zugeführt, der Anteil für Beleuchtung lag bei 2,3 % /5/.

In Bild 4.3 ist Entwicklung des Stromverbrauches der Industrie Steine und Erden nach ausgewählten Branchen seit 1960 aufgezeigt.

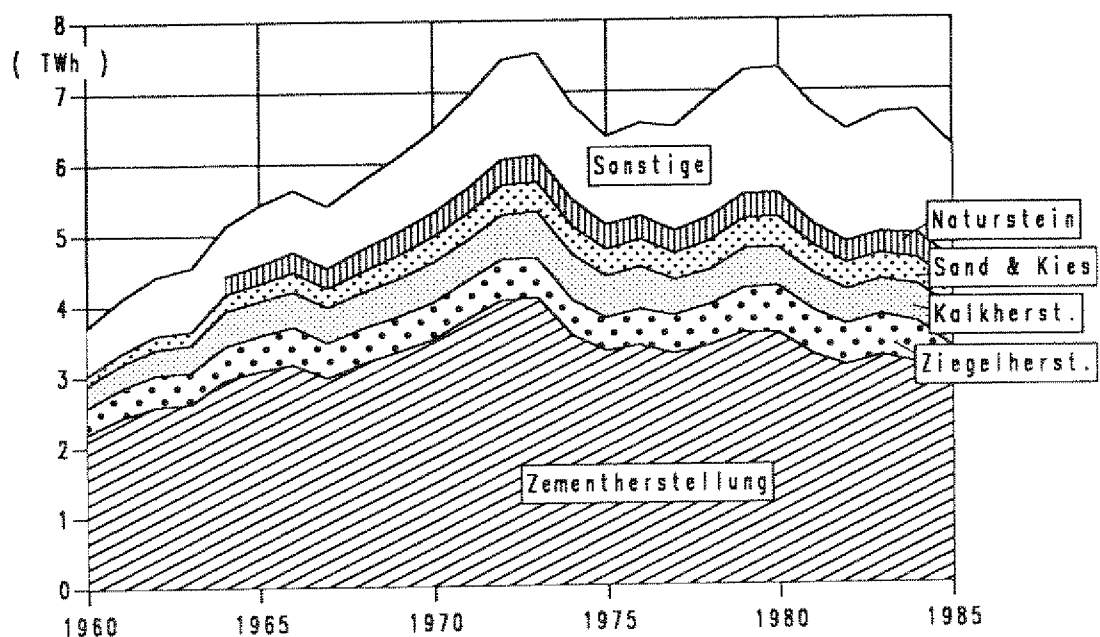


Bild 4.3: Entwicklung des Stromverbrauches in der Industrie Steine und Erden von 1960 - 1985 /1, 2/

Die Entwicklung des Stromverbrauches für den Gesamtsektor Steine und Erden zeigt nach deutlichen Zuwächsen in den '60er Jahren in der Folgezeit Sättigungstendenzen. Seit Anfang der '70er Jahre schwankt der Gesamtstrombedarf um 7 TWh pro Jahr (vgl. *Bild 4.3*). Herausragend ist der Strombedarf für die Zementherstellung, deren Anteil bei fast 50 % des gesamten Stromverbrauches der Branche liegt. Ein Viertel des Elektrizitätsverbrauches entfällt auf vier weitere Industriezweige: die Kalk-, Ziegel-, Naturstein- sowie Sand- und Kiesindustrie. Das restliche Viertel verteilt sich auf nahezu weitere 20 Industriezweige mit heterogener Produktionsstruktur.

Die nachfolgenden Betrachtungen zum Stromeinsatz beschränken sich auf die genannten fünf 'großen' Stromverbrauchsbereiche und daran anschließend auf eine knappe zusammengefaßte Betrachtung der sonstigen Wirtschaftszweige.

### 3.2 Zement

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es ca. 70 Zementwerke, die im Jahre 1985 ca. 26,3 Mio t Zement herstellten /52/. Seit den '70er Jahren ist die Produktion rückläufig.

Gemäß den unterschiedlichen Anforderungen für Bauzwecke unterscheidet man zwischen Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement. Wesentlicher Bestandteil aller Zementsorten ist Portlandzementklinker, der mit verschiedenen Zuschlagstoffen zu Zement vermahlen wird. Portlandzementklinker wird aus Kalkstein oder Kreide sowie Sand und Ton oder Kalkmergel durch Brennen in Drehrohröfen hergestellt. Früher wurden zum Brennprozeß Schachtöfen eingesetzt.

Als Brennstoff dient hauptsächlich Kohle, die an der gesamten Energiebedarfsdeckung der Zementindustrie im Jahre 1985 einen Anteil von 84 % hatte, 12 % entfielen auf Elektrizität, hauptsächlich für Kraftprozesse, der Rest auf sonstige fossile Energieträger /53/.

Als Richtwert für die Zementherstellung wird in der Literatur ein elektrischer Energiebedarf zwischen 90 und 110 kWh pro Tonne Zement genannt /54, 55/. Dieser Wert wird durch die statistisch ermittelten Werte bestätigt, wenn der Gesamtstromverbrauch (inkl. Nebenbetriebe und Verwaltung) dieses Industriezweiges auf die mengenmäßige Zementproduktion bezogen wird (im Jahre 1985: 108 kWh/t).

Die Aufteilung des mittleren spezifischen Stromverbrauches auf die einzelnen Produktionsstufen vermittelt *Tab. 4.1*. Der stromintensivste Verfahrensschritt ist der Mahlprozeß für den Rohstoff und die Zementklinker, der 60 bis 70 % des Gesamtstromverbrauches dieses Wirtschaftszweiges ausmachen kann /56, 57/.

Produktionsstufe	durchschnittlicher Anteil (%)	mittlerer spezifischer Stromverbrauch (kWh/t)
Abraumbeseitigung	0,5	0,5
Abbau, Vorzerkleinerung	1,7	1,5 - 2
Trocknen, Mahlen, Mischen	30	23 - 34
Brennen (inkl. Kühlen, Transport)	20	18 - 25
Mahlen des Klinkers	45	30 - 48 (100)*
Verladung	1,3	1 - 1,5
Allgemeines	1,5	1,5 - 2

\* bei sehr hohen Qualitäten

*Tab. 4.1:* Stromverbrauchsstruktur in der Zementindustrie /55/

Wie *Tab. 4.2* ausweist, ist der statistisch ermittelte spezifische Stromverbrauch in den letzten 25 Jahren von 85 kWh/t auf 108 kWh/t Zement angestiegen. Diese Zunahme wird u.a. auf Anstrengungen zur Verringerung des Wärmebedarfes (z.B. Einsatz neuer Ofentypen) zurückgeführt, die gleichzeitig mit einem zusätzlichen Kraftbedarf für den Betrieb verschiedener Nebenaggregate verbunden waren /55/. Daneben werden fortschreitende Mechanisierung, Verfahrensänderung (z.B. verbesserte Homogenisierung) und verstärkte Umweltschutzaufgaben (Entstaubung und Lärmschutz) als weitere Gründe genannt /54/.

	1960	1970	1980	1985
Zementproduktion <sup>1)</sup> in Mio t	25,8	40,7	35,9	26,3
<b>Stromverbrauch in TWh</b>	<b>2,20</b>	<b>3,51</b>	<b>3,57</b>	<b>2,83</b>
result. spez. Stromverbrauch in kWh/t	85	86	99 <sup>2)</sup>	108 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> inklusive Klinkeranteil

<sup>2)</sup> wegen statistischer Umstellung nur bedingt mit Angaben vor 1980 vergleichbar

Tab. 4.2: Zementproduktion und Stromverbrauch in der Zementindustrie [2531]  
von 1960 - 1985 /2, 52/

Die zukünftige Entwicklung des spezifischen Stromverbrauches in der Zementindustrie dürfte in erster Linie durch den Mahlprozeß bestimmt sein. Hier könnten energetisch günstigere Mahl-techniken durch den Einsatz von Walzenschüsselmühlen und Gutbett-Walzenmühlen zu Strom-einsparungen beitragen. Hierdurch werden im Mittel erreichbare Stromeinsparungen beim Mahlstromverbrauch von 25 % für die verschiedenen Zementsorten für möglich gehalten. Ange-sichts der noch nicht abgeschlossenen Entwicklung dieser Techniken wird bis zum Jahre 1995 nur ein Anwendungsgrad von 20 % geschätzt /6/.

Unter der Annahme, daß im Mittel ca. 60 % des Strombedarfes pro Tonne Zement anteilig auf die Mahlprozesse entfällt, dürften beim Einsatz neuer Mahltechniken theoretisch etwa 15 bis 20 kWh pro Tonne Zement (bezogen auf den 1985er Wert von 107 kWh pro Tonne) einer Einspa-rung zugänglich sein. Unterstellt man, daß der bis zum Jahre 1995 als möglich erachtete Anwen-dungsgrad von 20 % bis zum Jahre 2000 realisiert werden dürfte, so liegt die zu berücksichtigende Einsparung bei etwa 3 bis 5 kWh pro Tonne Zement. Gleichfalls ist eine Reduzierung des spe-zifischen Kraftbedarfes durch elektronische Leistungsanpassung bei Drehstromantrieben zu er-warten. Das abgeschätzte technisch-wirtschaftliche Einsparpotential beträgt etwa 4 % des Kraftstrombedarfes. Dies entspricht einer Reduzierung von etwa 4 bis 5 kWh/t Zement, wenn die Produktions- und Stromverbrauchswerte des Jahres 1985 sowie die Energieeinsparung gemäß Kap. 3.1 berücksichtigt werden.

Stromverbrauchssteigernde Effekte sind durch den zunehmenden Einsatz emissionsmindernder Anlagen zu erwarten /7/. Neben anderen Schadstoffemissionen fallen insbesondere bei der Zementherstellung auch Staub- und Stickoxidemissionen an. Die Staubauswürfe im Ofengas vieler Zementwerke überschreiten den geforderten Emissionsgrenzwert der TA-Luft '86 /27/, so daß eine Nachrüstung bzw. der Ersatz veralteter Filter durch moderne Abscheider notwendig wird. Die Stickoxidsminderung kann neben prozeßtechnischen Maßnahmen bei Abgaskonzentrationen zwischen 280 und 2000 mg/m<sup>3</sup> Rauchgas NO<sub>x</sub>-Abgasreinigungsverfahren erfordern. /7/

Der hierdurch ausgelöste Strommehrbedarf dürfte bezogen auf den Strombedarf der gesamten Zementindustrie allerdings gering sein. Unterstellt man, daß die zusätzlich anstehende Emissionsminderung der Industrie Steine und Erden bzgl. Staub, SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> nur durch die Zementindustrie zu erbringen wäre, so ist mit einem Strommehrbedarf von etwa 3 kWh/t Zement zu rechnen. Hierbei ist der in Kap. 3.5 berechnete Energiebedarf für die Emissionsminderung auf die jährliche Zementproduktion (1985 ca. 26 Mio t) bezogen. Da ein Großteil der Emissionen in anderen Industriezweigen der Industrie Steine und Erden anfällt, dürfte der stromerhöhende Effekt durch zusätzliche Luftreinhaltemaßnahmen deutlich unter den besagten 3 kWh/t Zement anzusetzen sein.

Insgesamt lassen die Entwicklungstendenzen des spezifischen Stromverbrauches bei der Zementherstellung längerfristig keine weitere Steigerung erkennen. Bei Realisierung der technischen Möglichkeiten zur Stromeinsparung dürfte der spezifische Verbrauchswert im Jahre 2000 eher bei 100 kWh/t Zement liegen.

### 3.3 Kalk

Kalk wird als Rohgestein im Steinbruch gebrochen und in einer ersten Verarbeitungsstufe mechanisch zu Rohmaterial (Kalksteinschotter, -splitt, -sand) sowie gegebenenfalls durch weiteres Vermahlen des Rohmaterials zu Kalksteinmehl verarbeitet. Ein Teil des aufbereiteten Rohgesteins wird in Brennaggregaten zu Kalk gebrannt. Dieser wird stückig oder in gemahlener Form (Feinkalk) oder nach Löschen mit Wasser (Kalkhydrat) verkauft.

Die Gewinnung von Rohgestein für die Kalkherstellung ist seit den '70er Jahren rückläufig. Sie betrug im Jahre 1985 etwa 41 Mio t Kalk und Dolomitstein (ohne Anteile für den Tief- und Straßenbau) und war damit um ein Drittel niedriger als im Jahre 1970 (63,4 Mio t).

In der Struktur der erzeugten Kalkprodukte zeigt sich ein Wandel. Der Zunahme an Kalksteinmehl steht eine rückläufige Entwicklung bei gebrannten Kalkerzeugnissen gegenüber. Im Jahre 1985 wurden rd. 5,1 Mio t an Kalksteinmehl und rd. 6,8 Mio t gebrannter Kalk produziert. Die restliche Kalk- und Dolomitsteinproduktion dürfte roh (gebrochen oder zerkleinert) in den Absatz für Industrie, Hochbau oder sonstige Weiterverarbeitung gelangen.

Die energieintensivste Verfahrensstufe der Kalkherstellung ist der Brennprozeß. Gemessen am Brennstoffeinsatz ist hierbei der Stromverbrauch von untergeordneter Bedeutung; dies unterstreicht der geringe Anteil der elektrischen Energie von nur 8 % am Endenergieverbrauch der Branche im Jahre 1985 /53/.

Der Stromverbrauchsschwerpunkt der Kalkindustrie liegt in der mechanischen Verarbeitung bzw. Aufbereitung (Brechen, Zerkleinern, Klassieren, Mahlen) des Kalkrohgesteins zu marktfähigen Produkten.

Die Gewinnung und Aufbereitung des Rohmaterials erfordert je nach Rohsteinqualität und Anforderungen an die Weiterverarbeitung einen Stromverbrauch von 2 bis 5 kWh pro Tonne . Für das Vermahlen ungebrannter Erzeugnisse zu Steinmehl wird je nach Körnung ein Strombedarf zwischen 4 und 40 kWh/t benötigt. Für die Verarbeitung des Branntkalkes zu Kalkhydrat ist für Löschaggregate und den Transport des Produktes mit einem zusätzlichen Strombedarf zwischen 10 und 30 kWh/t zu rechnen. Zudem ist bei der Herstellung von gebrannten Kalkerzeugnissen Elektrizität für Gebläse, Rauchgasfiltereinrichtungen und den Betrieb weiterer Hilfsaggregate erforderlich. /Vgl. 6 und die dort angegebenen Quellen/

In Tab. 4.3 ist der Stromverbrauch des Wirtschaftszweiges 'Hstg. v. Kalk, Mörtel' [2535] der Rohsteinförderung von Kalk und Dolomitsteinen gegenübergestellt, die für die Weiterverarbeitung und den Absatz an Industrie und Hochbau gewonnen wurden. Der aus beiden Größen gebildete spezifische Stromverbrauch kann als Anhaltswert für den Elektrizitätsbedarf der Kalkherstellung angesehen werden. Dieser Wert, der sich als Mittelwert aller Produkte und Verfahrensschritte (inkl. Verbrauch für Nebenbetriebe und Verwaltung) ergibt, lag im Jahre 1985 bei 13 kWh pro Tonne Rohgestein.

	1960 <sup>1)</sup>	1970	1980	1985
Rohsteinförderung <sup>2)</sup> in Mio t	44,8	63,4	50,1	41,6
<b>Stromverbrauch in TWh</b>	<b>0,328</b>	<b>0,567</b>	<b>0,541</b>	<b>0,542</b>
result. spez. Strom- verbrauch in kWh/t Rohgestein	7,3	8,9	10,8	13,0

<sup>1)</sup> Bundesgebiet ohne Berlin

<sup>2)</sup> Kalk- und Dolomitsteine (ohne Anteile für Tief- und Straßenbau)

Tab. 4.3: Produktionskennziffern und Stromverbrauch in der Kalkindustrie [2535]  
von 1960 - 1985 /2, 52/

Wie *Tab. 4.3* ausweist, ist der Stromverbrauch pro Tonne Rohgestein von rd. 7 kWh im Jahre 1960 auf 13 kWh zu Mitte der '80er Jahre angestiegen. Dieser Anstieg ist auf die Bemühungen der Kalkindustrie zur stärkeren Mechanisierung im gesamten Produktionsbereich (z.B. Automatisierung der Aufbereitung), den Ausbau von Umweltschutzeinrichtungen (z.B. Elektrofilter zur Entstaubung der Ofengase) und der Umstellung auf neue Ofentypen zurückzuführen, die mit einem zusätzlichen Strombedarf verbunden waren /55/. Darüber hinaus dürfte der Trend zur vermehrten Produktion höher veredelter Produkte (insbesondere Kalksteinmehl) zum Anstieg des spezifischen Stromeinsatzes beigetragen haben.

Bei Betrachtung der zukünftigen Entwicklung des spezifischen Strombedarfes sind ähnliche Einflußfaktoren wie in der Zementindustrie zu berücksichtigen. Zunehmenden Anforderungen zur Begrenzung von Emissionen (u.a. Staub, Stickoxide) stehen rationellere Stromnutzungstechnologien (z.B. frequenzgesteuerte Antriebe mit verringerten Stellverlusten) gegenüber. Auch bei den Mahlprozessen könnten sich Stromeinsparmöglichkeiten eröffnen, wenn sich der Einsatz der Gutbett-Walzenmühlen für die Kalkindustrie als günstig erweisen sollte. Derzeit befindet man sich hier noch im Versuchsstadium /6/. Wiederum stromsteigernd könnte sich ein ansteigender Anteil des Kalksteinmehls an der Gesamtproduktion auswirken. Geringe Auswirkungen auf den spezifischen Strombedarf sind beim Einsatz neuer Technologien zur rationellen Energieverwendung in Ofenanlagen zu erwarten /6/.

Insgesamt erscheint es angebracht, nur noch ein moderates Wachstum des spezifischen Strombedarfes zu erwarten. Für die Abschätzung des Strombedarfes in der Kalkindustrie wird ein Anstieg des spezifischen Anhaltswertes von gegenwärtig 13 kWh auf etwa 15 kWh pro Tonne Rohgestein bis zum Jahre 2000 vorausgesetzt.

### 3.4 Ziegel

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es etwa 220 Ziegeleien /52/, die im Jahre 1985 rd. 11 Mio t Ziegel herstellten. Gegenüber dem Jahre 1960 hat sich die Produktion damit etwa halbiert. Haupterzeugnisse der Ziegelindustrie sind Dach- und Mauerziegel. Mehr als 95 % der gewichtsmäßigen Produktion entfällt auf Mauerziegel.

Die zur Ziegelherstellung wichtigsten Verfahrensschritte sind Aufbereitung des Rohmaterials, Formgebung mit Preß- und Formmaschinen, Trocknen und Brennen der Ziegel. Der mittlere spezifische Stromverbrauch für die Rohmaterialaufbereitung und Formgebung liegt bei ca. 20 kWh pro Tonne, für Brenn- und Trocknungsprozesse sind weitere 20 kWh/t notwendig (vgl. *Tab. 4.4*).

Der weitaus größte Anteil des Energieverbrauches in der Ziegelindustrie dient zur Bereitstellung von Prozeßwärme in Trocken- und Ofenanlagen. Hierfür werden fossile Energieträger, überwiegend Gas und Heizöl, sowie in geringerem Umfang auch Kohle eingesetzt. Der Anteil der elektrischen Energie lag im Jahre 1985 bei 8 % /53/.

	Prozent	kWh/t
Aufbereitung	28	9,0 - 11,5
Formgebung	21	7,0 - 8,5
Trocknung	23	8,0 - 9,5
Brennen	23	8,0 - 9,5
Transport	5	1,5 - 2,0
Summe	100	33,5 - 41,0

Tab. 4.4: Struktur des Stromverbrauches bei der Ziegelherstellung /55/

Gegenüber dem in der Tab. 4.4 ausgewiesenen mittleren Stromeinsatz von 33 - 41 kWh pro Tonne Ziegel liegt der statistisch ermittelte Anhaltswert mit rd. 49 kWh/t (inkl. Nebenbetriebe und Verwaltung) für das Jahr 1985 höher. Allerdings repräsentieren die in Tab. 4.4 ausgewiesenen Werte etwa den Stand zu Ende der '70er Jahre; der vergleichbare statistisch ermittelte Wert lag im Jahre 1980 bei 40,5 kWh/t Ziegel (vgl. Tab. 4.5).

	1960 <sup>1)</sup>	1970	1980	1985
Produktion <sup>2)</sup> von Mauerziegel und Dachziegel in Mio t	22,5	17,4	16,2	10,7
<b>Stromverbrauch in TWh</b>	<b>0,37</b>	<b>0,52</b>	<b>0,66</b>	<b>0,52</b>
result. spez. Stromeinsatz in kWh/t	16,4	29,9	40,7 <sup>3)</sup>	48,6 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Bundesgebiet ohne Berlin

<sup>2)</sup> statistische Angaben umgerechnet mit 1,4 t/m<sup>3</sup> für Mauerziegel und 1,5 kg/Stck für Dachziegel

<sup>3)</sup> Werte wegen Änderung der statistischen Erfassung mit Werten vor 1980 nur bedingt vergleichbar

Tab. 4.5: Stromverbrauch und Ziegelproduktion in der Ziegelindustrie [2541] von 1960 - 1985 /2, 58/

Seit dem Jahre 1960 hat sich der spezifische Stromverbrauch der Ziegelherstellung nahezu verdreifacht. Nach /55/ ist dieser starke Anstieg mit verstärkter Mechanisierung des innerbetrieblichen Transportes, höheren Produkthanforderungen mit einem entsprechend höheren Aufbereitungs- und Formgebungsaufwand sowie durch die Einführung thermischer Trockner mit zusätzlichem Strombedarf für Ventilatoren und Brennern zu begründen.

Zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten des spezifischen Strombedarfes lassen sowohl Möglichkeiten der Stromeinsparung durch verlustarme Drehzahlregelung von Drehstrommotoren mittels elektronischer Stellglieder als auch einen Mehrbedarf an Strom für Umweltschutz und neue Technologien erkennen. Des weiteren besteht ein erheblicher Nachrüstbedarf im Ziegeleibereich zur Minderung gasförmiger Fluorverbindungen. Hier dürfte die Trockensorption (Kalkhydrateindüsung mit anschließender Abgasentstaubung in einem Gewebefilter) einen Zusatzbedarf an elektrischer Energie erfordern /7/.

Durch den Einsatz neuer Technologien dürfte sich der spezifische Strombedarf nur geringfügig erhöhen /6/. Dies betrifft sowohl den Einsatz rechnergesteuerter Trockner und Öfen, Abgaswärmetauscher als auch die Schwelgasnachverbrennung. Diese Technologien lassen bei einem geringen Strommehrbedarf eher deutliche Brennstoffeinsparungen erwarten.

Für das Jahr 2000 wird in dieser Studie ein Anstieg des spezifischen Strombedarfes von gegenwärtig 49 kWh/t auf rd. 55 kWh/t Ziegel angenommen.

### 3.5 Naturstein

Unter dem Begriff der Natursteinindustrie ist hier der Wirtschaftszweig 'Gewinnung von Natursteinen' [Sypro-Nr. 2512] abgegrenzt. Die Natursteinindustrie stellt hauptsächlich Produkte für den Tiefbau (Schotter, Splitt, Brechsand, geteertes und asphaltiertes Material) her. Das Produktionsvolumen der etwa 540 Betriebe dieser Branche lag im Jahre 1985 bei etwa 118 Mio t Natursteinen /52/.

Der Stromverbrauch lag im Jahre 1985 bei 0,35 TWh; dies entsprach etwa 17 % des gesamten Energieverbrauches der Natursteinindustrie /53/.

Elektrische Energie wird bei der Gewinnung von Natursteinen hauptsächlich für den Aufbereitungsprozeß (Vorbrechen, Entstauben, Nachbrechen und Sieben) sowie für Mischgutanlagen zur Herstellung von bituminösem Mischgut benötigt. Für den Aufbereitungsprozeß wird in der Literatur /55/ ein Strombedarf von 3,5 bis 4,5 kWh pro Tonne gewonnenen Naturstein angegeben, der spezifische Strombedarf von Mischgutanlagen liegt mit 3,5 bis 4,8 kWh pro Tonne Einsatzgut in der gleichen Größenordnung.

	1960 <sup>1)</sup>	1970	1980	1985
Produktion <sup>2)</sup> in Mio t	55,6	117,6	135,8	118,4
Stromverbrauch in TWh	0,181	0,342	0,343	0,353
result. spez. Strom- verbrauch in kWh/t Naturstein	3,26	2,91	2,53	2,98

<sup>1)</sup> Bundesgebiet ohne Berlin

<sup>2)</sup> Natursteine für den Wege-, Bahn- und Wasserbau

Tab. 4.6: Stromverbrauch und Natursteinproduktion in der Natursteinindustrie [2535]  
von 1960 - 1985 /2, 58/

Im Vergleich mit den Literaturangaben liegen die statistisch ermittelten Durchschnittswerte wesentlich niedriger. Sie schwankten in den letzten 25 Jahren um etwa 3 kWh pro Tonne Naturstein. (vgl. Tab. 4.6). Ein Abweichen des spezifischen Strombedarfes von dem langfristigen Trend ist für die Zukunft nicht erkennbar. Der Mechanisierungsprozeß in der Natursteinindustrie ist weitgehend abgeschlossen; neue Technologien mit stromsteigerndem Effekt sind nicht in Sicht. Nach Auskunft des Verbandes der Natursteinindustrie /59/ können höhere Qualitätsanforderungen an die Produkte (Trend zu feineren Körnungen) einen höheren spezifischen Strombedarf für die Aufbereitung erfordern. Demgegenüber müssen bei diesem kraftstrombetonten Industriezweig die prinzipiellen Möglichkeiten einer rationelleren Stromverwendung (z.B. frequenzgesteuerte Asynchronmotoren) berücksichtigt werden.

Für das Jahr 2000 wird innerhalb dieser Studie ein spezifischer Strombedarf von 3 kWh pro Tonne Naturstein berücksichtigt.

### 3.6 Sand und Kies

Hauptprodukte dieses Wirtschaftszweiges mit rund 500 Betrieben sind neben Sand und Kies auch bituminöses Mischgut auf Kiesbasis sowie Quarzsand. Seit Anfang der '80er Jahre ist die Produktion stark rückläufig; mit 143 Mio t im Jahre 1985 lag sie um etwa ein Viertel niedriger als im Jahre 1980 /52/.

Der Stromverbrauch der Sand- und Kiesindustrie ist mit 0,35 TWh (1985) vergleichsweise gering. Elektrische Energie wird hauptsächlich für Aufbereitungsprozesse (Entwässern, Brechen, Mahlen, Sieben) des gewonnenen Rohmaterials benötigt. Statistisch gesehen werden im Mittel gegenwärtig ca. 2,4 kWh pro Tonne Rohmaterial an elektrischer Energie eingesetzt. Dieser spezifische Stromverbrauch hat sich gegenüber Mitte der '60er Jahre (etwa 1,2 kWh/t /55/) verdoppelt. Die Gründe hierfür liegen in fortschreitender Mechanisierung, höherer Qualitätsanforderung und leistungsstärkeren Maschinen /55/. Es ist davon auszugehen, daß diese Entwicklung weitgehend abgeschlossen ist. Dies deutet auch die Trendabschwächung des spezifischen Verbrauches seit Anfang der achtziger Jahre an. Der spezifische Stromverbrauch schwankt seitdem zwischen 2,2 und 2,4 kWh pro Tonne Erzeugnis.

In dieser Studie wird erwartet, daß der spezifische Strombedarf der Sand- und Kiesindustrie im Jahre 2000 bei etwa 2,5 kWh pro Tonne Erzeugnis liegen wird.

### **3.7 Sonstige Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden**

Unter den sonstigen Industriezweigen der Industrie Steine und Erden sind eine Vielzahl von Wirtschaftszweigen subsummiert, die sich mit der Gewinnung, Verarbeitung und Herstellung von Steine-Erden-Produkten, wie Gips, Beton, Schleifmittel etc., beschäftigen. Auf diese Fachzweige kann im einzelnen hier nicht eingegangen werden; insgesamt entfällt auf diese Industriezweige gegenwärtig gut ein Viertel (etwa 1,6 TWh) des gesamten Stromverbrauches der Industrie Steine und Erden.

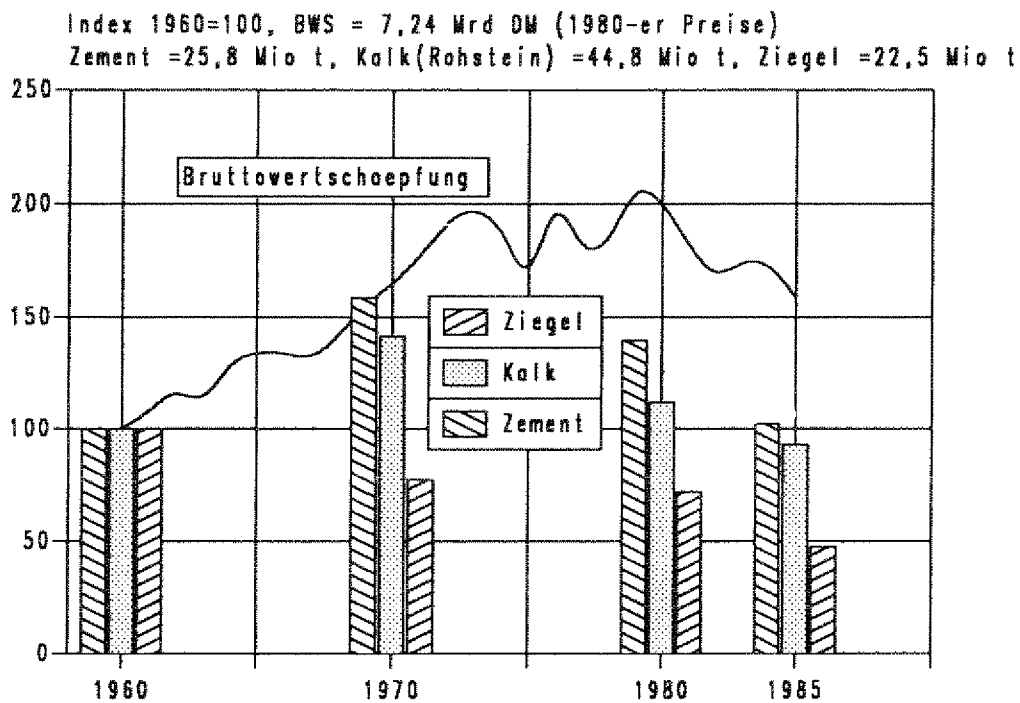
Ähnlich wie in den vorstehend diskutierten Zement-, Kalk- und Ziegelindustrien wird elektrische Energie hier hauptsächlich für Gewinnungs- und Aufbereitungsprozesse (Entwässern, Brechen, Mahlen, Sieben, Mischen etc.) sowie bei der Endproduktherstellung als Antriebsenergie für Formgebung, Transport, Nebenaggregate der Brennprozesse etc. eingesetzt. Diese Prozesse sind in den letzten 20 Jahren durch eine zunehmende Stromintensität infolge fortschreitender Mechanisierung, höherer Qualitätsanforderungen, leistungsstärkerer Maschinen und zunehmender Umweltschutzaufgaben gekennzeichnet.

Es gilt aber auch hier, daß der Mechanisierungs- und Rationalisierungsprozeß weit fortgeschritten ist. Neue stromsteigernde Technologien sind nach /6/ bis zum Jahre 1995 nicht zu erwarten. In dieser Studie werden für die sonstigen Industriezweige aus technischer Sicht kaum große Impulse für ein Wachstum des Strombedarfes gesehen.

#### 4. Produktionsentwicklung

Die wirtschaftliche Entwicklung der Industrie Steine und Erden ist stark vom Geschehen auf dem inländischen Bauproduktmarkt abhängig; ca. 90 % der Erzeugnisse gehen an das Baugewerbe /50/. Die Erwartungen an ein zukünftiges Wachstum dieser Branche sind somit eng verknüpft mit der Zukunft der Bauwirtschaft.

Hier sind die Aussichten aus gegenwärtiger Sicht eher zurückhaltend zu bewerten. Wie *Bild 4.4* anhand der Entwicklung der Bruttowertschöpfung dokumentiert, sind deutliche Abschwächungstendenzen der wirtschaftlichen Aktivität seit Mitte der '70er Jahre und besonders seit Anfang der '80er Jahre erkennbar. Das mengenmäßige Produktionswachstum wichtiger stromintensiver Produktionen (Ziegel, Kalk, Zement) folgt dieser Entwicklung tendenziell.



*Bild 4.4:* Entwicklung der Bruttowertschöpfung und ausgewählter Produktionen in der Industrie Steine und Erden von 1960 bis 1985 /3, 52, 58/

Dämpfende Einflüsse auf die Bauaktivitäten resultieren aus Sättigungserscheinungen im Wohnungsbau und im öffentlichen Hochbau, insbesondere vor dem Hintergrund einer stagnierenden bis rückläufigen Bevölkerungsentwicklung. Nach Untersuchungen des Ifo-Institutes /60/ ist zumindest bis Mitte der '90er Jahre mit einer Stagnation des gesamten Bauvolumens zu rechnen. Hierbei werden deutliche Strukturverschiebungen vor allem zu Lasten des Hochbaus erwartet (vgl. Tab. 4.7).

	1965 [in %]	1975 [in %]	1985 [in %]	1995 [in %]
<b>Öffentlicher und Verkehrsbau</b>	<b>27,7</b>	<b>26,3</b>	<b>24,7</b>	<b>23,4</b>
Öffentlicher Hochbau	(11,9)	(10,5)	( 9,8)	( 9,1)
Straßenbau	( 6,8)	( 7,1)	( 6,2)	( 5,6)
Sonst. Tiefbau	( 9,0)	( 8,7)	( 8,7)	( 8,7)
<b>Wirtschaftsbau</b>	<b>24,2</b>	<b>25,1</b>	<b>28,1</b>	<b>30,8</b>
Hochbau	(20,3)	(19,3)	(21,2)	(22,8)
Tiefbau	( 3,9)	( 5,8)	( 7,0)	( 8,0)
<b>Wohnungsbau</b>	<b>48,1</b>	<b>48,6</b>	<b>47,2</b>	<b>45,8</b>
<b>Bauvolumen insges.</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Hochbau	80,3	78,4	78,1	77,7
Tiefbau	19,7	21,6	21,9	22,3

(Quelle: Ifo - Bauvorausschätzung)

Tab. 4.7: Bauvolumen nach Sparten und Gebäudearten  
- Trend-Anteilswerte 1965 - 1995 in % - /60/

Die Erwartungen zur zukünftigen Produktionsentwicklung der Baustoffe (Zement, z.T. Kalk, Sand, Ziegel etc.) sind somit vor dem Hintergrund der Bauentwicklung zu sehen. Aufgrund der geschilderten Entwicklungen wird im Rahmen dieser Studie für Zement im Jahre 2000 eine geringere Verwendungsmöglichkeit als im Jahre 1985 geschätzt; es wird ein leichtes Absinken der Produktion von gegenwärtig 26,3 Mio t auf etwa 25 Mio t Zement (inkl. Zementklinker) angenommen. Diese mögliche Entwicklung der Zementproduktion ist im Zusammenhang mit Absatzeinbußen der Betonindustrie vor allem im Hochbau zu sehen. Ca. 80 % des Zementabsatzes geht an die Betonindustrie.

Angesichts eines Trendes zur Verwendung naturnaher Produkte wird für die Ziegelindustrie ein mengenmäßiges Produktionswachstum gesehen. Bis zum Jahre 2000 wird ein Anstieg um 1,4 Mio t auf etwa 12 Mio t Ziegelprodukte geschätzt.

Im Gegensatz zu den typischen Baustoffen Zement und Ziegel hat Kalk nicht nur als Baustoff, sondern auch als Zuschlagsstoff für eine Vielzahl von Prozessen in der Industrie, für die Landwirtschaft und zunehmend für den Umweltschutz Bedeutung. Beispielsweise betrug der Einsatz von Kalksteinmaterialien für die Roheisen- und Rohstahlerzeugung etwa 8,4 Mio Tonnen im Jahre 1985 /52/. Angesichts begrenzter Märkte für Kalkprodukte mit z.T. rückläufigen (Eisenschaffende Industrie, Bauwirtschaft etc.) und z.T. mit zunehmenden Absatzaussichten (Umweltschutz) ist mit einer eher stagnierenden Produktionstendenz zu rechnen, so daß die Rohsteinförderung (ohne Anteile für den Tief- und Straßenbau) für das Jahr 2000 auf etwa 42 Mio t geschätzt wird.

Von den Strukturverschiebungen zugunsten des Tiefbaus dürften sowohl die Naturstein- als auch die Sand- und Kiesindustrie profitieren. Für diese Wirtschaftszweige wird eine mengenmäßige Produktionsausweitung gegenüber dem Jahre 1985 von etwa 10 % bis zur Jahrhundertwende geschätzt.

Für die Sparte 'Restliche Sektoren' ist es nicht möglich, im Rahmen dieser Studie detaillierte Betrachtungen anzustellen; es wird entsprechend zu den Gesamtaussichten des Sektor eine stagnierende Produktionsentwicklung bis zum Jahre 2000 vorausgesetzt.

Generell gilt für die Industrie Steine und Erden, daß Wachstumsimpulse infolge einer veränderten Produktpalette nicht zu erwarten sind. Wegen der in der Industrie Steine und Erden vorherrschenden 'speziellen' Produktionstechniken ist eine Diversifizierung auf neue, nicht bauabhängige Erzeugnisse kaum möglich /50/.

## 5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Die Erwartungen hinsichtlich der Produktions- und Stromverbrauchsentwicklung in der Industrie Steine und Erden faßt *Tab. 4.8* zusammen. Danach wird der Gesamtstrombedarf im Jahre 2000 mit 6,2 TWh nicht vom gegenwärtigen Niveau abweichen. Zwischen den Wirtschaftszweigen wird es zu Strukturverschiebungen kommen. Im Gegensatz zur Zementindustrie könnten die Kalk-, Ziegel-, Naturstein- sowie die Sand- und Kiesindustrie ihren Stromverbrauch leicht steigern.

Für die restlichen Sektoren wird unterstellt, daß trotz der rückläufigen Entwicklung des Strombedarfes der letzten Jahre eine Stabilisierung auf dem gegenwärtigen Niveau möglich ist.

Steine und Erden [25]		1985		2000	
<b>1. Natursteinindustrie [2512]</b>					
Natursteine	Mio t	118		130	
spez. Stromverbrauch	kWh/t	3,0		3,0	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		0,35		0,39
<b>2. Sand- und Kiesindustrie [2516]</b>					
Bausand, Baukies, Wegekies	Mio t	143		160	
spez. Stromverbrauch	kWh/t	2,4		2,5	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		0,35		0,40
<b>3. Zementindustrie [2531]</b>					
Zement	Mio t	26,3 <sup>1)</sup>		25	
spez. Stromverbrauch	kWh/t	108		100	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		2,83		2,50
<b>4. Kalkindustrie [2535]</b>					
Rohsteinförderung <sup>2)</sup>	Mio t	41,6		42	
spez. Stromverbrauch	kWh/t	13,0		15	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		0,54		0,63
<b>5. Ziegelindustrie [2541]</b>					
Mauerziegel <sup>3)</sup>	Mio t	10,1		} 12	
Dachziegel <sup>4)</sup>	Mio t	0,59			} 55
spez. Stromverbrauch	kWh/t	48,6			
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		0,52		0,66
Summe 1. - 5.	TWh		4,59		4,58
Restliche Sektoren	TWh		1,61		1,62
<b>Gesamtstromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>6,20</b>		<b>6,20</b>

- 1) inkl. Zementklinker  
2) Kalk- und Dolomitsteine (ohne Anteile für Tief- und Straßenbau)  
3) umgerechnet mit 1,4 t/m<sup>3</sup> Mauerziegel  
4) umgerechnet mit 1,5 kg/Stück Dachziegel

Tab. 4.8: Produktion und Stromverbrauch der Industrie Steine und Erden für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

<b>4.1.3 Eisenschaffende Industrie .....</b>	<b>74</b>
1. Überblick.....	74
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	76
3. Stromeinsatz.....	78
3.1 Überblick.....	78
3.2 Oxygenstahl (Koksmetallurgie) .....	79
3.3 Elektrostahl.....	80
3.4 Weiterverarbeitung und Versorgungsanlagen .....	82
4. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung.....	84
5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	86

## Eisenschaffende Industrie

### 1. Überblick

Die Eisenschaffende Industrie ist mit Abstand der größte Endenergieverbraucher innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes. Im Jahre 1985 wurden in den Produktionsanlagen dieser Branche 22,4 Mio t SKE eingesetzt, das war über ein Viertel des gesamten industriellen Endenergieverbrauches. Mit einem Strombedarf von etwa 19 TWh zählt sie ebenfalls zu den industriellen Großabnehmern. Angesichts des herausragenden Anteils fossiler Energieträger für die Branche beträgt der Anteil elektrischer Energie an der Endenergiebedarfsdeckung nur ca. 10 %.

In der Wirtschaftsgruppe der Eisenschaffenden Industrie, des weiteren auch Eisen- und Stahlindustrie genannt, sind vier Wirtschaftszweige zusammengefaßt. Hierbei kommt den 'Hochofen-, Stahl- und Warmwalzwerken' [2711] hinsichtlich Energiebedarf und Produktion die größte Bedeutung bei.

Eisenschaffende Industrie		[27]	
Sektoren	Sypro-Nr.		
Hochofen-, Stahl- und Warmwalzwerke	[2711]		
Herstellung von Stahlrohren	[2715]		
Herstellung von Präzisionsstahlrohren	[2720]		
Schmiede-, Preß- und Hammerwerke	[2740]		
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	22,45		658,1
Strom	2,35	19,1	68,8
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors	10,5 %		
Stromanteil am gesamten Industriestromverbrauch	12,2 %		

(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Hauptprodukte der Eisen- und Stahlindustrie sind zunächst Roheisen und Rohstahl in unterschiedlichen Qualitäten. Der Rohstahl wird anschließend in nachgelagerten Verfahrensschritten zu Stahlhalbzeug und Warmbreitband, Walzstahlfertigerzeugnisse, Schmiedestücke, Stahlguß, Rohren etc. weiterverarbeitet.

Die Entwicklung der Eisenschaffenden Industrie war im Verlauf der letzten 10 Jahre durch Reduzierung der Produktionskapazitäten und Konzentration der Produktion auf die leistungsfähigsten Anlagen gekennzeichnet.

Nach dem Auslaufen des THOMAS- und des SIEMENS-MARTIN-Verfahrens beruht die Stahlerzeugung in der Bundesrepublik heute auf verschiedenen Varianten der Oxygenstahlerzeugung (81,5 %) und der Elektrostahlerzeugung (18,5 %). Im Jahre 1985 betrug die Stahlerzeugung rd. 40,5 Mio t, hiervon wurden 33 Mio t in Oxygenstahlwerken und 7,5 Mio t in Elektrostahlwerken erzeugt (Bild 4.5).

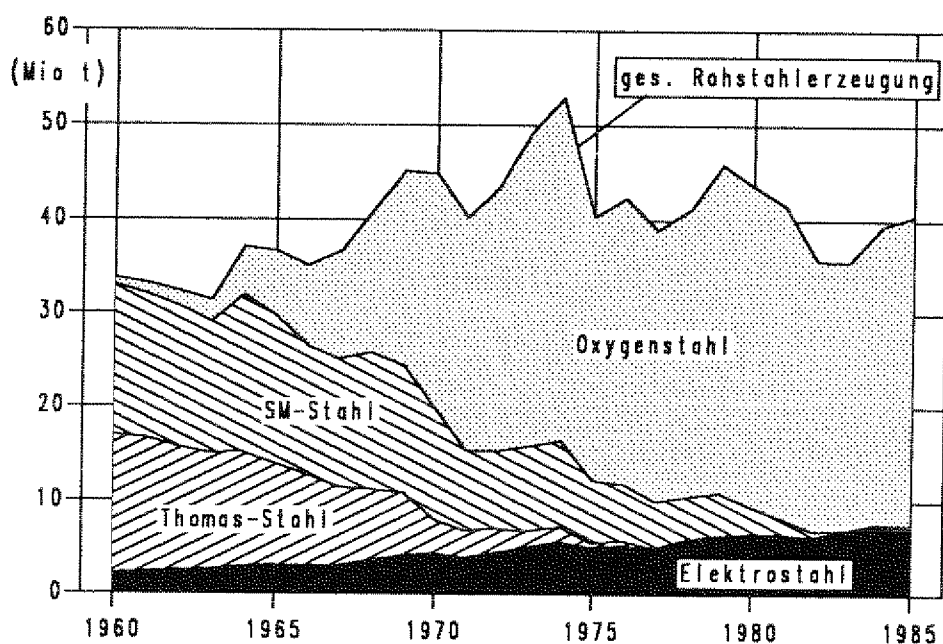


Bild 4.5: Entwicklung der Rohstahlerzeugung nach Verfahren von 1960 - 1985 /61, 62/

## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

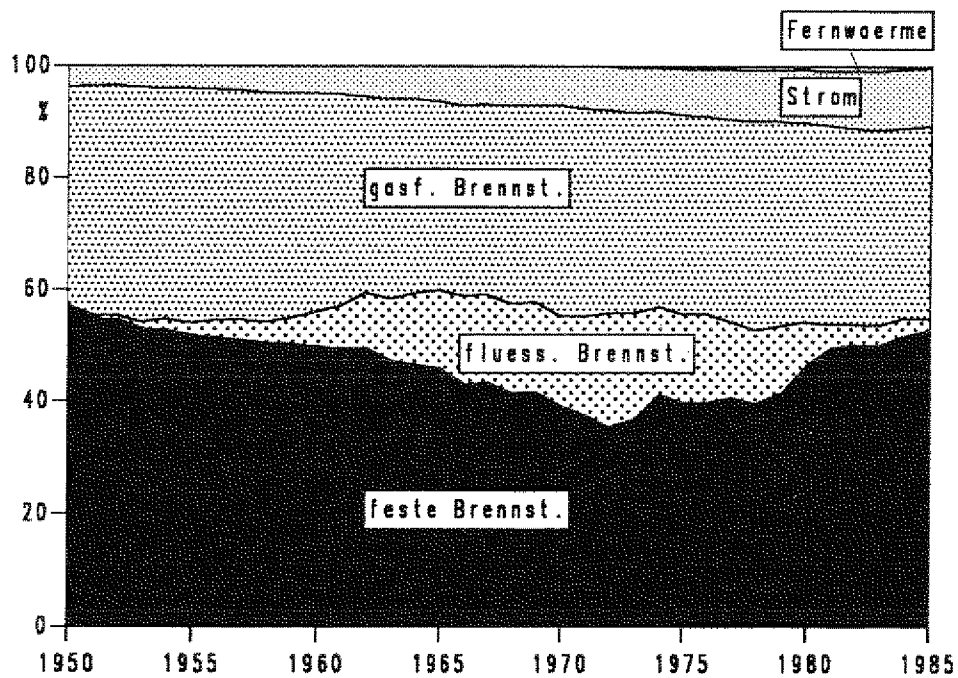
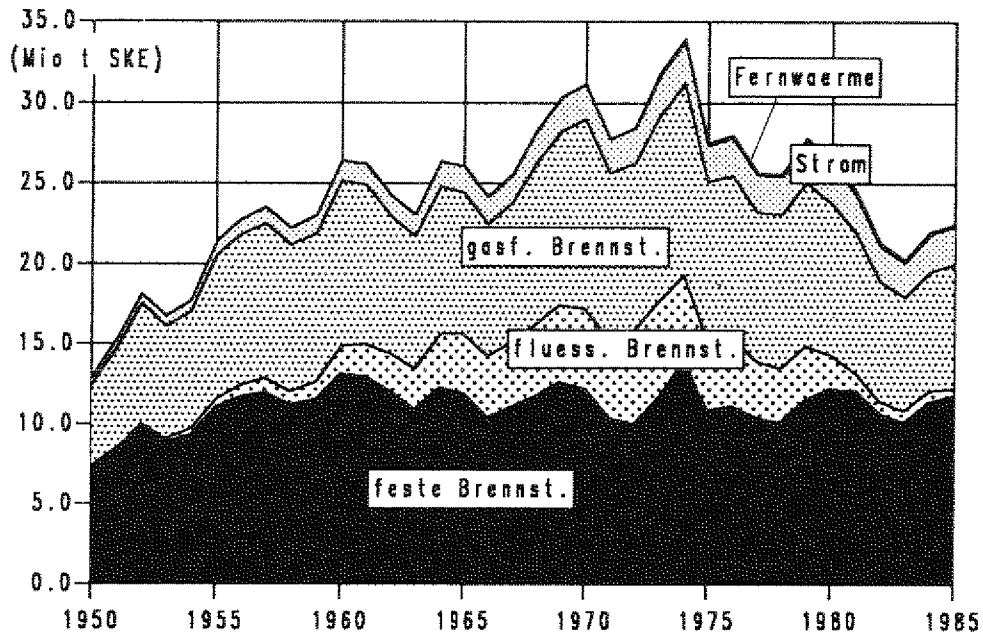
Die in *Bild 4.5* dargestellte Entwicklung der Rohstahlerzeugung und der Verfahrenssubstitutionen hat zu einem wesentlichen Teil die Energieträgerstruktur und den absoluten Endenergiebedarf in der Eisen- und Stahlindustrie geprägt.

Wie aus *Bild 4.6* hervorgeht, reagiert der Energieverbrauch in Abhängigkeit von der Produktion äußerst sensibel auf Schübe und Flauten der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, in die die Eisenschaffende Industrie relativ stark eingebunden ist. Von 1974, dem Jahr mit der bislang höchsten Rohstahlproduktion von 53,2 Mio t, bis 1985 ging der Endenergieverbrauch um über 11 Mio t SKE zurück. Dies entsprach in etwa dem gesamten Endenergiebedarf der Investitionsgüterindustrie und unterstreicht die Energieintensität und Bedeutung der Eisen- und Stahlindustrie.

Die festen Brennstoffe<sup>12</sup>, es handelt sich hierbei nahezu ausschließlich um Hochofenkoks, hatten im Jahre 1985 einen relativen Anteil von rd. 53 % (11,8 Mio t SKE). Während der Anteil der Mineralölprodukte nach den beiden Ölpreisverteuerungen auf einen unbedeutenden Wert zurückgegangen ist, hat sich die Bedeutung der gasförmigen Energieträger wieder erhöht. Die in den integrierten Hüttenwerken anfallenden Koppelprodukte Kokereigas, Gichtgas und Konvertergas spielen in der energiewirtschaftlichen Planung der Unternehmen eine große Rolle. Der Stromeinsatz zeigt seit dem Jahre 1950 einen stetigen relativen Anteilsgewinn auf derzeit über 10 %, der absolute Verbrauch stagniert aber seit Mitte der '70er Jahre in einem Bereich um etwa 18 bis 20 TWh.

---

<sup>12</sup> Der tatsächliche Koksverbrauch der Eisen- und Stahlindustrie lag im Jahre 1985 um etwa 6 Mio t SKE höher. Dies begründet sich in der Erfassungssystematik der Energiebilanz /1/. Hier wird das auf den Heizwert bezogene Koksäquivalent der Gichtgasmenge vom Koksverbrauch der Eisenschaffenden Industrie abgezogen und als Umwandlungseinsatz ausgewiesen.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.6: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergiesträgerstruktur in der Eisenschaffenden Industrie [27] von 1950 - 1985

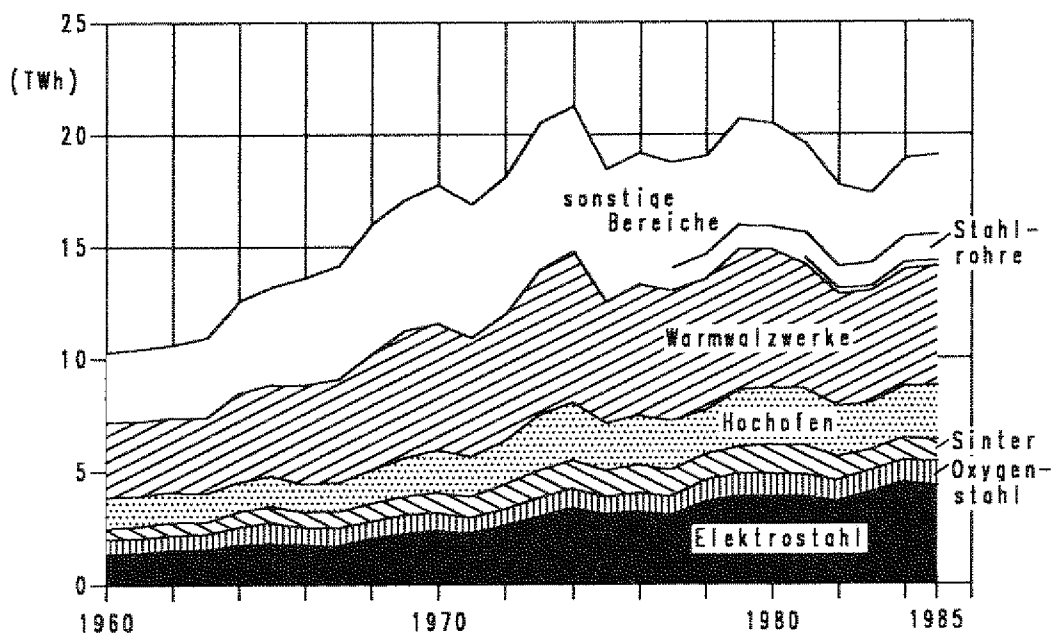
### 3. Stromeinsatz

#### 3.1 Überblick

In der Eisenschaffenden Industrie wird der überwiegende Anteil des Strombedarfes durch den Kraftbedarf bestimmt. Im Jahre 1982 entfielen auf diese Anwendung 79 %, rund 19 % auf Elektroprozeßenergie und knapp 2 % auf Licht /5/.

Der Kraftbedarf dient als Antriebsenergie für eine Vielzahl von Anwendungen vorwiegend im Bereich der klassischen Stahlroute 'Sinteranlage-Hochofen-Sauerstoffblasstahlwerk' und in der Weiterverarbeitung des Rohstahles in den Walzwerken. Schwerpunkt der Elektrowärmeanwendungen liegt bei der zweiten Verfahrenslinie, der Elektrostahlerzeugung im Lichtbogenofen.<sup>13</sup>

Einen Überblick über die Entwicklung des absoluten Stromverbrauches in den verschiedenen Verfahrensstufen bzw. Einsatzbereichen vermittelt *Bild 4.7*.



*Bild 4.7:* Entwicklung des Stromverbrauches in der Eisenschaffenden Industrie [27] von 1960 - 1985 /1, 61, 62/

<sup>13</sup> Die dritte Verfahrenslinie - die Eisenschwammerzeugung in Direktreduktionsanlagen mit anschließender Weiterverarbeitung im Elektrolichtbogenofen - findet in dieser Form in der Bundesrepublik derzeit kaum Anwendung.

Hauptstromverbraucher sind neben den Warmwalzwerken mit 5,3 TWh die Elektrostahlwerke und der Hochofenbereich. Unter 'Sonstige Bereiche' sind u.a. die Betriebe zur Medienversorgung (Sauerstofferzeugung, Wassergewinnung und -reinigung, Hochofenwind), einige spezielle Bereiche der Weiterverarbeitung der Walzstahlfertigerzeugnisse sowie die Herstellung von Präzisionsstahlrohren zusammengefaßt.

Im folgenden wird zunächst eine getrennte Betrachtung nach den beiden vorherrschenden Verfahrenslinien

- Sinteranlage/Hochofen/Oxygenstahlwerk (Koksmetallurgie)

und

- Elektrostahlwerk (Elektrostahl)

vorgenommen. Daran anschließend wird der Strombedarf für die Weiterverarbeitung, die Versorgungsanlagen etc. zusammengefaßt behandelt.

### 3.2 Oxygenstahl (Koksmetallurgie)

Die klassische Stahlroute der Koksmetallurgie umfaßt den Sinter-, Hochofen- und Konverterprozeß. Der Sinterprozeß dient zum Stückigmachen von feinkörnigen Einsatzmaterialien, insbesondere von Erzen. Im Hochofen werden die eingesetzten Eisenerze zu Roheisen reduziert. Als Rohstoffe dienen Stückerze, Sinter, Pellets, Koks sowie Zuschlagstoffe wie Kalk und Dolomit. In den Sauerstoffblaskonvertern wird flüssiges Roheisen in Stahl umgewandelt. Eingesetzt werden neben dem flüssigen Roheisen Schrott sowie Kalk, Dolomit und Ferrolegierungen.

In der Verfahrenslinie der Koksmetallurgie wird Elektrizität überwiegend zur Bereitstellung von Antriebskraft sowie für den Betrieb von Elektrofiltern für die Entstaubung benötigt. Als Überschlagsgröße kann für das Jahr 1985 im Bereich der Sinteranlagen, Hochofenbetriebe und Stahlwerke (ohne Elektrostahlwerke) zusammengefaßt ein durchschnittlicher Stromverbrauch von rd. 135 kWh/t Hochofenstahl<sup>14</sup> angegeben werden.

---

<sup>14</sup> Ohne Strombedarf für die Sauerstoffbereitstellung und unter Verwendung folgender durchschnittlicher spezifischer Verhältnisse: 1,1 t Sinter/t Roheisen; 0,9 t Roheisen/t Hochofenstahl

Dieser Wert teilt sich in etwa folgendermaßen auf:

<i>Sinteranlagen</i>	ca. 30 - 35 kWh/t Sinter	(u.a. für Förderbänder und Saugzugventilatoren)
<i>Hochofenbetrieb</i>	ca. 80 kWh/t Roheisen	(Antriebsenergie für Winderzeugungsgebläse, Gasreinigung, Kühlwasserumwälzung, Förder- einrichtungen)
<i>Oxygenstahlwerk</i>	ca. 30 kWh/t Rohstahl	(Antriebe und Begleiteinrichtungen des Konverter- betriebes, ohne Sauerstofferzeugung <sup>15</sup> )

Der berechnete spezifische Durchschnittsverbrauch von 135 kWh/t Hochofenstahl ist im Verlauf der letzten 10 Jahre um etwa 20 kWh/t gestiegen.<sup>16</sup>

Abgesehen von den Tendenzen bei den branchenübergreifenden Techniken, die in *Kap. 3.4* Berücksichtigung finden, erscheint zukünftig eine leichte Reduzierung des spezifischen Strombedarfes im Bereich der Hochofenbetriebe durch den Einsatz von Entspannungsturbinen möglich. Entspannungsturbinen im Gasreinigungssystem von Gegendrucköfen gehören zum Stand der Technik; es lassen sich ca. 30 % der für die Windverdichtung aufgewendeten elektrischen Energie zurückgewinnen. Es ist damit zu rechnen, daß die für den Einsatz dieser Technik in Frage kommenden Hochöfen in den nächsten Jahren mit Gichtgasentspannungsturbinen ausgerüstet werden. Unter der Voraussetzung, daß mittelfristig etwa die Hälfte der Roheisenerzeugung aus diesen umgerüsteten Hochöfen stammen wird /6/, könnte der spezifische Stromverbrauch im Bereich der Koksmetallurgie um durchschnittlich etwa 15 kWh/t Oxygenstahl gesenkt werden.

### 3.3 Elektrostahl

Bei der Elektrostahlherstellung wird Stahl im Elektrolichtbogenofen nach dem Herdschmelzverfahren hergestellt. Eingesetzt werden vorzugsweise Schrott und Zusätze, wie Eisenschwamm und Roheisen. Das Einschmelzen erfolgt mit Hilfe elektrischer Energie, die über Graphitelektroden dem Einsatzgut zugeführt wird. Neben dem Elektrolichtbogenofen werden ebenfalls Elektroschlacke-Umschmelzanlagen (ESU) zur Herstellung hochwertiger Stahlqualitäten (Werkzeugstähle, Schnellarbeitsstähle hochlegierte Stähle etc.) eingesetzt.

---

<sup>15</sup> Der Strombedarf für die notwendige Sauerstoffbereitstellung (etwa 50 Nm<sup>3</sup>) beträgt ca. 35 kWh/t Rohstahl. Der für die Sauerstoffeigenerzeugung zu berücksichtigende Stromverbrauch ist unter der Weiterverarbeitung bzw. bei den Versorgungsanlagen berücksichtigt, da zum Teil Fremdbezug vorliegt.

<sup>16</sup> Geringfügige Änderungen der unter Fußnote 14 angegebenen spezifischen Verhältnisse wirken sich nicht gravierend auf den berechneten spezifischen Stromverbrauch aus.

Im Jahre 1985 wurden rd. 7,5 Mio t Elektrostahl (EST) erzeugt. Hierzu waren 26 Lichtbogenöfen (größer 50 t Abstichgewicht) im Einsatz, daneben wurden 18 Elektroschlacke-Umschmelzanlagen betrieben /7/.

Die Elektrostahlerzeugung hat in den '60er und '70er Jahren stark an Bedeutung gewonnen (Bild 4.5) und den Einsatz elektrischer Energie in der Eisenschaffenden Industrie forciert. Größere Schwankungen des spezifischen Verbrauches (vgl. Bild 4.8) begründen sich hier sowohl in technischen Verbesserungen (steigende Ofengröße, verkürzte Chargenzeit) als auch in metallurgischen Anforderungen und Maßnahmen zur Reduzierung der Umweltbelastung. Seit Mitte der '70er Jahre ist wieder ein abfallender Trend bedingt durch Verfahrensoptimierung und teilweiser Stromsubstitution durch Gas- oder Öl-Sauerstoffbrenner zu erkennen /63/, so daß laut Statistik im Jahre 1985 ein kumulierter Verbrauch von rund 584 kWh<sup>17</sup> pro erzeugte Tonne Elektrostahl benötigt wurde (Bild 4.8).

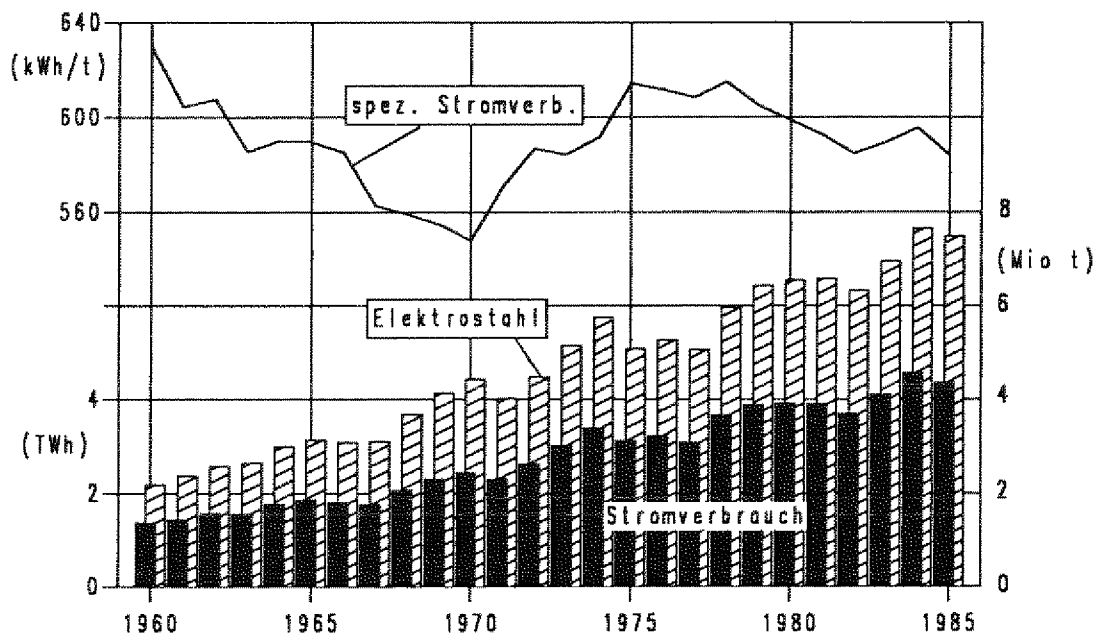


Bild 4.8: Entwicklung der Elektrostahlerzeugung und des zugehörigen Stromverbrauches von 1960 - 1985 /61/

<sup>17</sup> In diesem Wert ist sowohl der Elektrowärmeverbrauch als auch der Kraftstrombedarf kumuliert.

Die Ermittlung des zukünftigen spezifischen Stromverbrauches in der Elektrostahlerzeugung ist durch folgende Tendenzen gekennzeichnet:

Zum einen zielen neuere Entwicklungsrichtungen auf *Stromeinsparung* durch Schrottvorwärmung, den Einsatz von nachgeschalteten Pfannenöfen sowie verkürzte Schmelzzeiten bedingt durch höhere Transformatorleistungen. Diese Maßnahmen könnten eine weitere Verminderung um etwa 20 kWh/t Elektrostahl erzielen.

Zum anderen besteht die Möglichkeit einer verstärkten *Substitution* der elektrischen Energie durch Einsatz von fossilen Energieträgern. Untersuchungen in Japan lassen erkennen, daß als Stromersatz teilweise größere Kohlenstoffmengen in Zusammenhang mit Sauerstoff eingesetzt werden können /64/. Eine großtechnische Realisierung ist von vielerlei Randbedingungen abhängig. Neben der zukünftigen Schmelzstrompreisentwicklung dürfte die Nutzungsmöglichkeit des kohlenmonoxidreichen Abgases in der jeweils optimierten Gaswirtschaft der einzelnen Werke eine wesentliche Rolle spielen.

Da der mögliche Einsatz von kohlenstoffhaltigen Energieträgern zur verstärkten Stromsubstitution mit erheblichen Unsicherheiten behaftet ist, wird für die zukünftige Entwicklung des spezifischen Stromverbrauches in der Elektrostahlerzeugung eine moderate Reduzierung um rd. 20 kWh/t EST unterstellt. Unsicherheiten im Bereich um 50 kWh/t EST bedeuten bei einer Produktion von etwa 7 Mio t eine Abweichung von 0,35 TWh, so daß der zukünftige Stromverbrauch in erster Linie durch die Elektrostahlproduktion selbst bestimmt sein wird.

### 3.4 Weiterverarbeitung und Versorgungsanlagen

Nach Abzug des im Jahre 1985 für die Bereiche Koksmetallurgie (4,4 TWh) und Elektrostahlerzeugung (4,4 TWh) aufgewendeten Stromeinsatzes vom Gesamtverbrauch der Branche (19,1 TWh) ergibt sich ein 'restlicher Stromverbrauch' von rd. 10,3 TWh. Hierunter fällt die statistische Erfassung der Walzwerke, der Schmiede-, Preß- und Hammerwerke, der Betriebe zur Medienversorgung sowie weiterer nachgelagerter Verarbeitungsbereiche (z.B. Herstellung von Stahlrohren). Bezieht man diesen Reststromverbrauch auf die gesamte Rohstahlerzeugung, so erhält man für das Jahr 1985 einen *fiktiven* spezifischen Wert von 254 kWh/t Rohstahl.

Als Hauptstromverbraucher sind in diesem Bereich mit 5,3 TWh (1985) die Warmwalzwerke zu nennen. Hier ließen die höheren Anforderungen an den Walzstahl und die zunehmende Verarbeitungstiefe den Stromverbrauch in der Vergangenheit deutlich ansteigen. Es zeichnen sich aber auch in diesem, vom Kraftstromverbrauch gekennzeichneten Sektor deutliche Sättigungstendenzen ab.

Zukünftige Einsparungsmöglichkeiten liegen in der Weiterentwicklung des Stranggußverfahrens. Neben dem Heißverbund zwischen Stranggußanlagen und Walzwerken wird angestrebt, möglichst kleine Querschnitte zu gießen, um beim anschließenden Warmwalzen mit einem Minimum an Verformungsenergie auszukommen. Des weiteren wird auch bei großen Leistungen und hohen Anforderungen an die Regeldynamik der verstärkte Einsatz von frequenzgeregelten Drehstrommotoren erwartet.

In Anlehnung an die vorausgegangenen Überlegungen in *Kap. 3.1* wird für den Kraftstrombedarf der gesamten Eisen- und Stahlindustrie ein Einsparpotential gesehen, das bis zur Jahrhundertwende in etwa bei einer Größenordnung von 0,6 TWh (15 bis 20 kWh/t Rohstahl) liegen dürfte.

Demgegenüber wird zukünftig ein deutlicher Strommehrverbrauch zur weiteren Reduzierung der Umweltbelastung erwartet, insbesondere zur Einhaltung der verschärften Grenzwerte der TA Luft '86 mit Schwerpunkt in der Entstaubung.

Staubemissionen entstehen beim Sinterprozeß, beim Hochofenanstich, der Roheisenübergabe in der Hochofengießhalle und in besonders starkem Umfang beim Blasvorgang in den Oxygenstahlwerken. Bei Elektrostahlöfen entsteht Staub beim Chargieren, Einschmelzen, Frischen und Feinen /7/. Der für die Luftreinhaltung der Eisen- und Stahlindustrie überschlägig berechnete Strommehrbedarf - im wesentlichen für die Entstaubung - dürfte bis zu etwa 0,4 TWh ausmachen (vgl. Kap. 3.5) oder umgerechnet bis zu etwa 10 kWh pro Tonne Rohstahl betragen. Hierbei wurde ein durchschnittlicher Wert von 8 kWh pro kg zu reduzierenden Staubes berücksichtigt. Zu beachten ist, daß die Luftreinhaltetechnik mittels elektrostatischer Staubabscheider durch einen exponentiell steigenden Stromverbrauch bei wachsenden Emissionsanforderungen gekennzeichnet ist. Dies drückt sich besonders deutlich in Spitzenwerten von bis zu 12 kWh pro kg abgeschiedenen Staubes bei der Entstaubung von Sekundärquellen aus.

Zusammenfassend läßt die zukünftige Entwicklung in der Weiterverarbeitung und den Versorgungsanlagen insgesamt einen verhältnismäßig gleichbleibenden spezifischen Stromverbrauch erwarten. Einsparungen beim Kraftstrombedarf steht in erster Linie ein Mehrverbrauch zur Reduzierung der Umweltbelastungen gegenüber. Dementsprechend wird die Entwicklung der absoluten Verbrauchswerte maßgeblich von der Rohstahlproduktion und den erwarteten Verfahrensanteilen bestimmt.

#### 4. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung

In Bild 4.9 ist die Entwicklung des Stromverbrauches, der gesamten Rohstahlproduktion sowie der aus beiden beiden Größen resultierende spezifische Stromverbrauch aufgetragen.

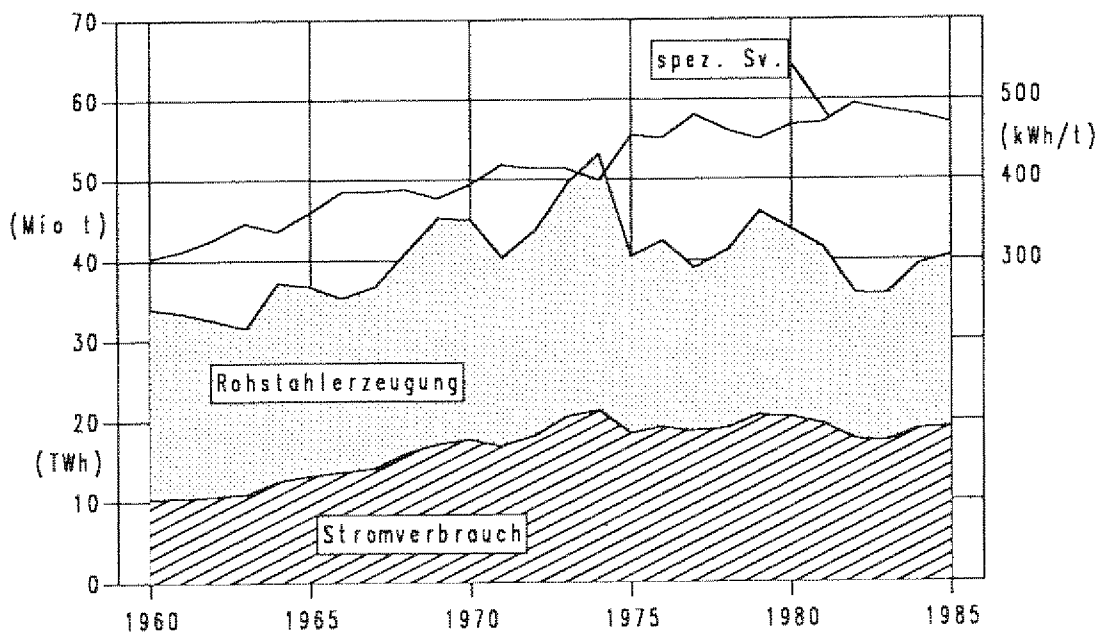


Bild 4.9: Entwicklung des Stromverbrauches und der Rohstahlproduktion in der Eisenschaffenden Industrie [27] von 1960 - 1985 /1, 61/

Die Rohstahlproduktion konnte bis 1974 einen von konjunkturellen Schwankungen begleiteten Anstieg auf 53,2 Mio t aufweisen. Danach wurde der Trend von tiefen Einbrüchen - verursacht durch Veränderungen der wirtschaftlichen, politischen und auch technischen Rahmenbedingungen - unterbrochen. Seit dem Jahre 1983 ist wieder ein Anstieg bis auf 40,5 Mio t (1985) zu verzeichnen. Die Entwicklung im Jahre 1986 ist demgegenüber wieder rückläufig.<sup>18</sup>

Der spezifische Stromverbrauch, kumuliert über alle Fertigungsstufen in kWh je Tonne Rohstahl, konnte von 1960 bis 1985 einen Anstieg von über 50 % verzeichnen. Dies ist im wesentlichen auf erhöhte Mechanisierung, steigende Elektrostahlerzeugung, zunehmende Verarbeitungstiefe im Weiterverarbeitungsbereich, verstärkte Umweltschutzmaßnahmen sowie den Ausbau der internen Gaswirtschaft zurückzuführen. Trotz rückläufiger Rohstahlproduktion verzeichnet der absolute Stromverbrauch somit seit Mitte der 70er Jahre eine Stagnation auf hohem Niveau.

<sup>18</sup> Im Jahre 1986 betrug die Rohstahlproduktion rd. 38 Mio t.

Die Betrachtung zur zukünftigen Entwicklung des Stromverbrauches in der Eisenschaffenden Industrie muß neben den möglichen Veränderungen der spezifischen Verbrauchswerte in den unterschiedlichen Erzeugungstufen vor allen Dingen auch Tendenzen der Rohstahlproduktion unter Berücksichtigung der Verfahrensanteile umfassen.

Zunächst sollte man davon ausgehen, daß auch im Verlauf der '90er Jahre die Hochofentechnologie das bedeutendste Stahlerzeugungsverfahren in der Bundesrepublik bleiben wird.

Während die Elektrostahlerzeugung in der Vergangenheit durch die positive Entwicklung ihrer Randbedingungen (begrenzter Schrotteinsatz im Konverter, erhöhte Schrottverfügbarkeit, Tendenz zu kleineren und flexiblen Stahlwerken, steigende Qualitätsanforderungen an den Stahl) begünstigt wurde, werden für die Zukunft keine wesentlichen Zuwachsraten für die mengenmäßige Elektrostahlproduktion erwartet. Sowohl technische Weiterentwicklungen hinsichtlich Erhöhung des Schrotteinsatzes im Konverter, Erprobung von Einschmelzaggregaten ohne Schmelzstrom auf Kohlebasis sowie die zu erwartende deutliche Anhebung der Wärme- und Schmelzstrompreise für industrielle Verbraucher dürften sich für den Standort Bundesrepublik hemmend auswirken.

Des weiteren ist zu beachten, daß heutzutage sowohl mit dem LD-Oxygenstahlverfahren als auch mit dem Lichtbogenofen - abgesehen von wenigen Ausnahmen - grundsätzlich gleiche Stahlqualitäten hergestellt werden können. Trotzdem wird der LD-Konverter in der Bundesrepublik derzeit meist zur Herstellung von Massenhählen eingesetzt, während in Lichtbogenöfen überwiegend Spezialstähle erschmolzen werden. Eine Ausnahme bilden die Mini-Stahlwerke, bei denen auch der Lichtbogenofen meist Massenhähle erzeugt /65/.

Nach /63/ zeichnet sich in der Bundesrepublik für das Elektrostahlverfahren unter den derzeit vorherrschenden Randbedingungen eine Sättigungsgrenze bei etwa 20 %-Anteilen ab. Andere Arbeiten /66/ erwarten einen Anteil von durchschnittlich 23 % zu Beginn der '90er Jahre mit weiterhin steigender Tendenz. Aufgrund vielfältiger Einflußfaktoren (zukünftige Schrottbilanz, Abnehmerstruktur etc.) sind diese Angaben mit deutlichen Unsicherheiten verbunden. Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Elektrostahlproduktion von etwa 7 Mio t zur Jahrhundertwende unterstellt.

Die Erwartungen hinsichtlich der gesamten zukünftigen Rohstahlproduktion sind von den zur Zeit vorherrschenden negativen Randbedingungen geprägt. Zum einen ist der internationale Stahlmarkt durch einen zunehmenden Konkurrenzdruck gekennzeichnet<sup>19</sup>, zum anderen ist fraglich, ob nachlassende Inlandsmärkte wie in der Vergangenheit durch zusätzliche Nachfrage in bestimmten Branchen kompensiert werden können. So konnte bei einem im Inland insgesamt stagnierenden Stahlverbrauch in den letzten Jahren der nachlassende Bedarf des Schiffbaus und der Ölindustrie durch den Mehrverbrauch bei den Kraftfahrzeugherstellern und im Maschinenbau im weitesten Sinne wieder ausgeglichen werden. Zudem ist zu berücksichtigen, daß bessere Rohstahlqualitäten (z.B. hochfeste Automobilstähle) zu Gewichtseinsparungen beitragen, die sich ebenfalls restriktiv auf die gewichtsbezogene Stahlproduktion auswirken. Ein großer Unsicherheitsfaktor ist schließlich in der unterschiedlichen staatlichen Stahlpolitik innerhalb und außerhalb der EG-Staaten zu sehen, die sich für den Bereich der Bundesrepublik negativ auf die Stahlerzeugung auswirken könnte.

---

<sup>19</sup> Als Anhaltswert für die bundesdeutsche Ausfuhr im Jahre 1985 lassen sich nach /62/ ca. 19,7 Mio t warmgewalzte und geschmiedete Stahlerzeugnisse angeben.

Unter diesen restriktiven Entwicklungsmöglichkeiten liegt der Erwartungswert für die Jahrhundertwende bei 35 Mio t Rohstahl. Andere Abschätzungen (wie z.B. /67/) schließen unter bestimmten Annahmen auch eine deutlich geringere Rohstahlproduktion von nur 30 Mio t im Jahre 2000 nicht aus.

### 5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Unter den in *Tab. 4.9* zusammengefaßt dargestellten Annahmen würde der Stromverbrauch in der Eisenschaffenden Industrie im Jahre 2000 bei etwa 16 TWh liegen. Da die Entwicklung des spezifischen Stromverbrauches in den untersuchten Bereichen zum Teil gegenläufige, sich kompensierende Entwicklungstendenzen erkennen läßt, wird der zukünftige Stromverbrauch hauptsächlich durch die Rohstahlproduktion bestimmt.

Produktionsschwankungen der Oxygenstahlerzeugung im Bereich von 2 Mio t sowie der Elektrostahlerzeugung im Bereich von 1 Mio t entsprechen in etwa einem rechnerischen Mehr- bzw. Minderverbrauch von 0,8 TWh.

Eisenschaffende Industrie [27]		1985		2000	
<b>Oxygenstahl</b>	10 <sup>6</sup> t	33,02		28	
Verfahrensanteil	Prozent	81,5 %		80 %	
spez. Stromverbrauch <sup>1)</sup>	kWh/t	135		120	
Stromverbrauch	TWh		4,45		3,36
<b>Elektrostahl</b>	10 <sup>6</sup> t	7,48		7,0	
Verfahrensanteil	Prozent	18,5 %		20 %	
spez. Stromverbrauch	kWh/t ESt	584		565	
Stromverbrauch	TWh		4,37		3,95
<b>'fiktiver' Reststrombedarf</b>					
<b>Rohstahl, gesamt</b>	10 <sup>6</sup> t	40,49		35	
spez. Stromverbrauch	kWh/t RSt	254		255	
Reststrombedarf	TWh		10,28		8,92
<b>Gesamtstromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>19,10</b>		<b>16,23</b>

1) ohne Strombedarf für die Sauerstoffbereitstellung und unter Verwendung folgender spezifischer Verhältnisse: 1,1 t Sinter/t Roheisen; 0,9 t Roheisen/t Hochofenstahl

*Tab. 4.9:* Produktion und Stromverbrauch in der Eisenschaffenden Industrie für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

<b>4.1.4 Eisen-, Stahl- und Tempergießereien .....</b>	<b>89</b>
1. Überblick.....	89
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	90
3. Stromeinsatz.....	92
4. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung.....	93
5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	95



# Eisen-, Stahl- und Tempergießereien

## 1. Überblick

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es ca. 350 Gießereien, die im Jahre 1985 etwa 3,5 Mio t Guß produzierten. Vorherrschende Produkte dieser Branche sind Stahlguß und Eisenguß. Letzterer kann nach der Form der Graphitkristalle weiter unterteilt werden in Gußeisen mit Lamellengraphit (GGL), Gußeisen mit Kugelgraphit (GGG oder Sphäroguß) und Temperguß (GT).

Die Bedeutung der Gießereiindustrie liegt in ihrer Funktion als Zulieferer für den Fahrzeugbau, den Maschinenbau, die Eisenschaffende Industrie sowie für die Bauwirtschaft.

Die Eisen-, Stahl und Tempergießereien waren im Jahre 1985 mit etwa 1 % am industriellen Gesamtenergieverbrauch und mit knapp 1,3 % (rd. 2 TWh) am industriellen Stromverbrauch beteiligt. Somit ist dieser Wirtschaftszweig zwar nicht zu den Energiegroßverbrauchern zu zählen, für die einzelnen Unternehmen stellt der Energie- bzw. Stromverbrauch aber eine nicht unbedeutende betriebswirtschaftliche Größe dar.

Eisen-, Stahl- und Tempergießereien

[2910]

1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	0,85		24,8
Strom	0,24	1,98	7,1
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		28,6 %	
Stromanteil am gesamten Industriestromverbrauch		1,3 %	

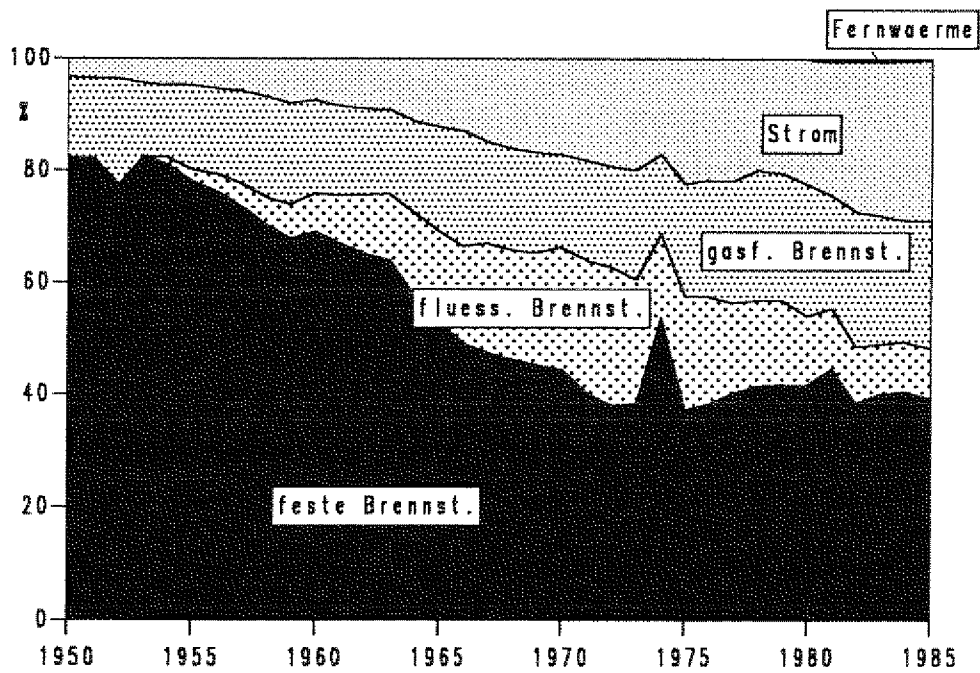
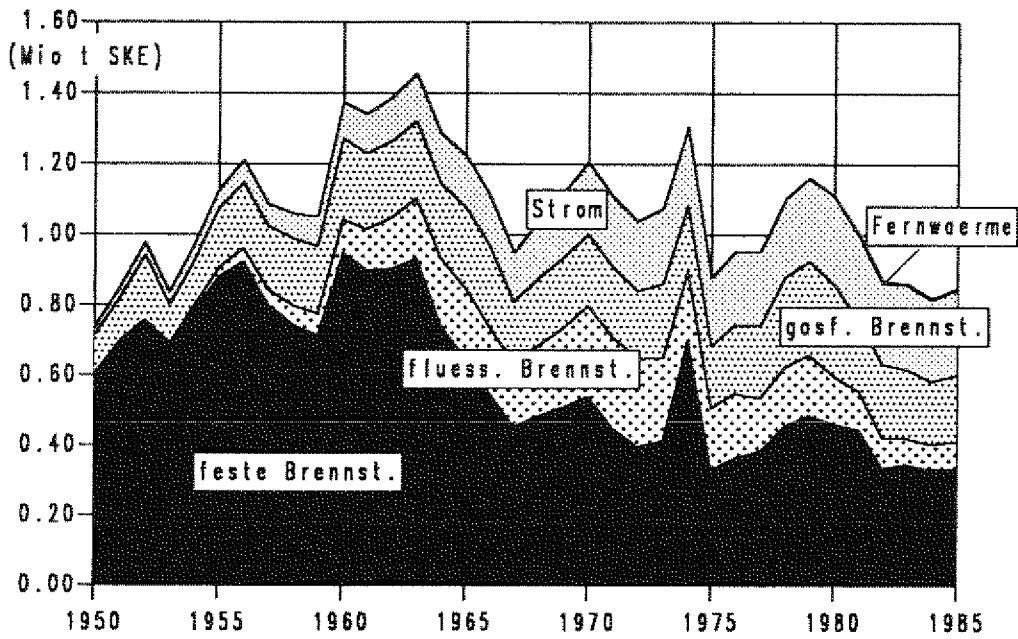
(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

Die Entwicklung des Endenergieverbrauches zeigt einen recht un stetigen Verlauf mit abnehmender Tendenz der absoluten Verbrauchswerte (*Bild 4.10*). Die Gründe dieser Entwicklung sind hauptsächlich in der stark schwankenden Beschäftigungslage dieser Branche und einem geringeren Gußbedarf zu finden.

Fester Brennstoff, überwiegend Gießereikoks für die Kupolöfen, war trotz rückläufiger Tendenz mit einem Anteil von etwa 36 % im Jahre 1985 der bedeutendste Endenergieträger. Der Heizölverbrauch stieg vergleichbar mit anderen Wirtschaftszweigen bis zu den Ölpreisverteuerungen an, danach erfolgte eine deutliche Einsparung bzw. Substitution. Erdgas konnte seinen Anteil in den letzten 20 Jahren halten und mit Beginn der '70er Jahre leicht ausbauen.

Eine deutliche Strukturverschiebung fand innerhalb der Endenergieträger zugunsten der Elektrizität statt. Der Stromverbrauch konnte sowohl absolut als auch relativ einen Anstieg verzeichnen; im Jahre 1985 trug die Elektrizität zu rd. einem Viertel an der Endenergiebedarfsdeckung bei.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.10: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur in den Eisen-, Stahl- und Tempergießereien [2910] von 1950 - 1985

### 3. Stromeinsatz

Die Verfahrensstufen der Gießerei umfassen vereinfacht dargestellt Schmelzen, Warmhalten, Gießen sowie die mechanische Nachbehandlung der Gußprodukte.

Der Elektrizitätsbedarf in den Eisen-, Stahl- und Tempergießereien wird zu einem großen Teil (ca. 40 - 50 %) durch den Einsatz stromintensiver Schmelzaggregate geprägt. Hier besteht ein Wettbewerb zwischen den brennstoffgefeuerten Kupolöfen einerseits und den elektrisch betriebenen Lichtbogen- und Induktionsöfen andererseits.

Je nach Gußsorte ist bei den Schmelzverfahren eine gewisse Bevorzugung zu erkennen. Stahlguß (1985: 0,12 Mio t) und Sphäroguß (0,8 Mio t) werden bevorzugt mit elektrischen Verfahren erschmolzen, während Gußeisen mit Lamellengraphit (2,3 Mio t) noch überwiegend in Kupolöfen erschmolzen wird. Vielfach ist aber dem Hauptschmelzaggreat Kupolofen ein Induktionsofen nachgeschaltet (Duplex-Betrieb), da der elektrische Ofen den gestiegenen Qualitätsanforderungen z.T. besser gerecht wird. Weitere Einsatzbereiche der Elektroprozesswärme finden sich beim Warmhalten bzw. Speichern in Induktionsöfen.

Elektromechanische Energie wird für die vielfältigen Prozeßanlagen, insbesondere im Gieß-, Kühl- und Transportbereich sowie in der Sandaufbereitung eingesetzt. Bei der mechanischen Nachbehandlung der Gußstücke wird elektrische Energie für Trenn- und Schleifeinrichtungen benötigt. Hier steht die Stromanwendung z.T. in Konkurrenz zu druckluftbetriebenen Maschinen, wobei die Druckluftherzeugung selbst wiederum mit elektrischen Kompressoren erfolgt. Begünstigt wird der Stromeinsatz bei Großserien, die weitgehend auf automatisierten Fertigungsabläufen beruhen.

Für die Diskussion des zukünftig erwarteten Stromverbrauches in den Eisen-, Stahl- und Tempergießereien ist es im Rahmen dieser Arbeit nicht notwendig, eine Detaillierung nach Gußsorten anzustreben, da eine gravierende Anteilsverschiebung bei den einzelnen Gußsorten bis zur Jahrhundertwende nicht erkennbar ist. Eine globale, auf die Gesamtbranche bezogene Betrachtung erscheint in diesem Falle ausreichend.

#### 4. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung

In Bild 4.11 ist die bisherige Entwicklung des Stromverbrauches, der Gesamtproduktion und des daraus resultierenden spezifischen Wertes im Verlauf der letzten 20 Jahre dargestellt.

Es zeigt sich ein deutlicher Rückgang der Gußproduktion von dem bisherigen Höchstwert von 4,87 Mio t im Jahre 1970 auf 3,5 Mio t im Jahre 1985. Dies begründet sich u.a. sowohl auf den teilweisen Ersatz von Gußstücken durch Kunststoffe oder geschmiedeten Blecherzeugnissen als auch auf den vorherrschenden Trend zu geringeren Wanddicken sowie reduzierten Dimensionen der Gußstücke selbst. Gerade die letzten beiden Punkte zeigen auf, daß die Produktionsmengen die eigentliche Produktionsleistung der Gießereien nur unvollkommen wiedergeben.

Der Stromverbrauch des Sektors lag in den vergangenen 15 Jahren in einem Bereich von etwa 1,5 bis 2 TWh; dementsprechend zeigt der resultierende spezifische Stromverbrauch einen deutlichen Anstieg von 340 kWh/t Guß auf 566 kWh/t Guß im Jahre 1985. Dieser rechnerische Wert (bezogen auf die Gesamtbranche) steht in keinem Zusammenhang mit den spezifischen Verbrauchswerten einzelner elektrischer Einschmelzaggregate. Hauptursache dieser Entwicklung liegt, neben der auch in diesem Sektor zunehmenden Mechanisierung und Automation, in dem gestiegenen Anteil der elektrischen Schmelz- und Warmhalteverfahren.

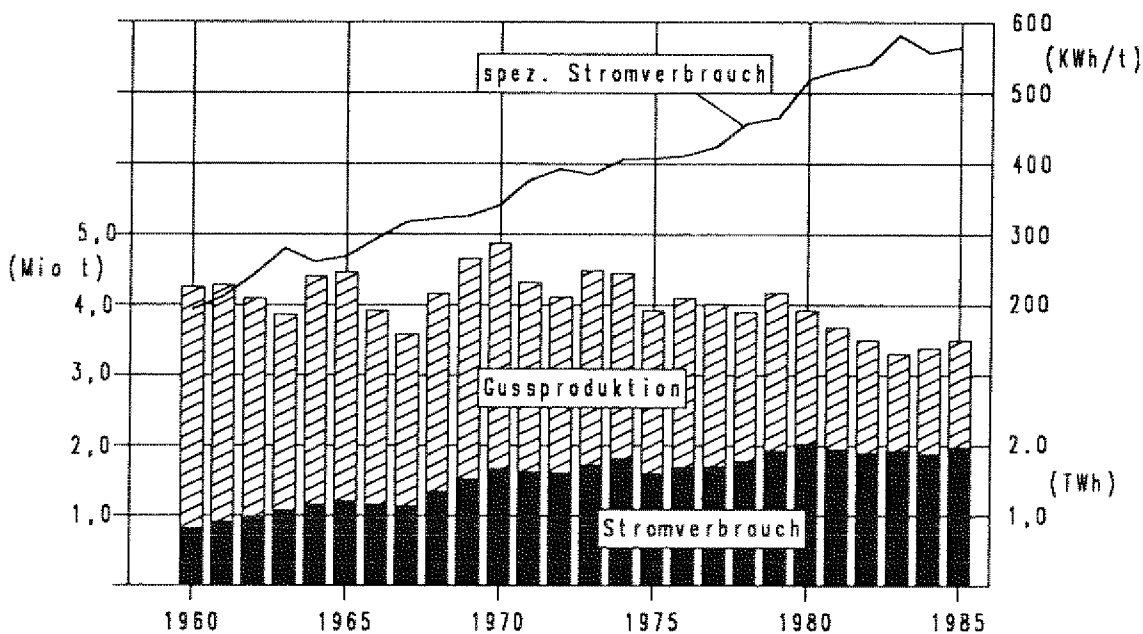


Bild 4.11: Stromverbrauch, Produktionsentwicklung und spezifischer Stromverbrauch in den Eisen-, Stahl- und Tempergießereien von 1965 - 1985 /1, 61/

Betrachtet man zunächst die mögliche Entwicklung des spezifischen Stromverbrauches, so ist auch in Zukunft ein leichter Anstieg zu erwarten, der sich aber nicht mit den bisherigen Wachstumsraten fortsetzen dürfte. Ausschlaggebend für diese Annahme sind fortschreitende Automatisierung sowie technische und metallurgische Vorteile des elektrischen Schmelzens. Zunehmende Bedeutung könnte die von elektrischen Öfen ausgehende geringere Umweltbelastung (insbesondere durch Staub) im Vergleich zu den Kupolöfen zukünftig einnehmen. Bei den meisten Gießereien ist infolge verschärfter Grenzwerte in der TA Luft '86 mit zusätzlichen Maßnahmen zur Entstaubung zu rechnen. Den Vorteilen des elektrischen Schmelzens steht der Abbau von Schmelzstromrabatten sowie eine allgemeine Industriestrompreiserhöhung gegenüber. Letztere, den Stromeinsatz hemmende Entwicklung könnte zum Teil durch veränderte Gestaltung der Schmelzzeiten beeinflusst werden. So ist z.B. ein Schmelzen in der Nacht (zu günstigeren Tarifen) und Warmhalten bis zum Morgen denkbar.

Die Entwicklung der Gußproduktion wird in starkem Maße von den zukünftigen Aussichten des Straßenfahrzeugbaus und des Maschinenbaus bestimmt, die derzeit etwa 40 % bzw. 30 % der gesamten Gußproduktion abnehmen. Aufgrund der in diesen Branchen erwarteten positiven wirtschaftlichen Entwicklung (vgl. Kap. 4.2.2 und Kap. 4.2.3) erscheint eine Stabilisierung der im Verlauf der letzten 15 Jahre insgesamt rückläufigen Produktion bei einer Bandbreite zwischen 3,0 und 3,5 Mio t Guß denkbar. Der Erwartungswert für das Jahr 2000 beträgt 3,25 Mio t. Es wird hierbei unterstellt, daß sich weitere Substitutionsprozesse zugunsten anderer Werkstoffe bzw. Materialeinsparungen bei gleicher technischer Funktion in Zukunft nicht mehr so stark auswirken werden.

## 5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Unter den beschriebenen Annahmen dürfte der resultierende Stromverbrauch in den Eisen-, Stahl- und Tempergießereien auch in Zukunft bei etwas über 2 TWh liegen (vgl. Tab. 4.10). Dies bedeutet gegenüber der Entwicklung seit Beginn der '80er Jahre keine wesentliche Veränderung. Schwankungen in der Gußproduktion von 0,5 Mio t sowie Unsicherheiten in der zukünftigen Entwicklung des spezifischen Stromverbrauches im Bereich von 100 kWh/t Guß entsprechen einer Veränderung des Stromverbrauches von jeweils rd. 0,3 TWh und stellen somit keine besonders sensitiven Größen dar.

Eisen-, Stahl und Tempergießereien [2910]		1985		2000	
		Produktion	Mio t	3,50	
Stromverbrauch	TWh		1,98		2,28
result. spez. Stromverbrauch	kWh/t Guß	566		700	

1) Mittelwert der erwarteten Bandbreite von 3,0 bis 3,5 Mio t Guß

Tab. 4.10: Produktion und Stromverbrauch in den Eisen-, Stahl- und Tempergießereien für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich



<b>4.1.5 Ziehereien und Kaltwalzwerke .....</b>	<b>99</b>
1. Überblick.....	99
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	100
3. Stromeinsatz und Produktionsentwicklung.....	102
4. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	103



## Ziehereien und Kaltwalzwerke

### 1. Überblick

Unter der Verbrauchergruppe Ziehereien und Kaltwalzwerke sind nach /1/ die Wirtschaftszweige Stabziehereien, Kaltwalzwerke und die Drahtziehereien zusammengefaßt. Der Endenergieverbrauch dieser Branchen ist mit 0,37 Mio t SKE (1985) bzw. einem relativen Anteil von 0,4 % am gesamten industriellen Energieverbrauch äußerst gering. Ebenfalls ohne wesentliche Bedeutung für die Gesamtindustrie ist der Stromverbrauch, im Jahre 1985 wurde rd. 1 TWh in den einzelnen Betrieben dieser Wirtschaftszweige eingesetzt.

Mengenmäßige Hauptprodukte der Ziehereien und Kaltwalzwerke sind kaltgezogener Draht, Blankstahl sowie kaltgewalzter Bandstahl. Diese Erzeugnisse teilen sich in weitere, zum Teil veredelte Produkte auf.

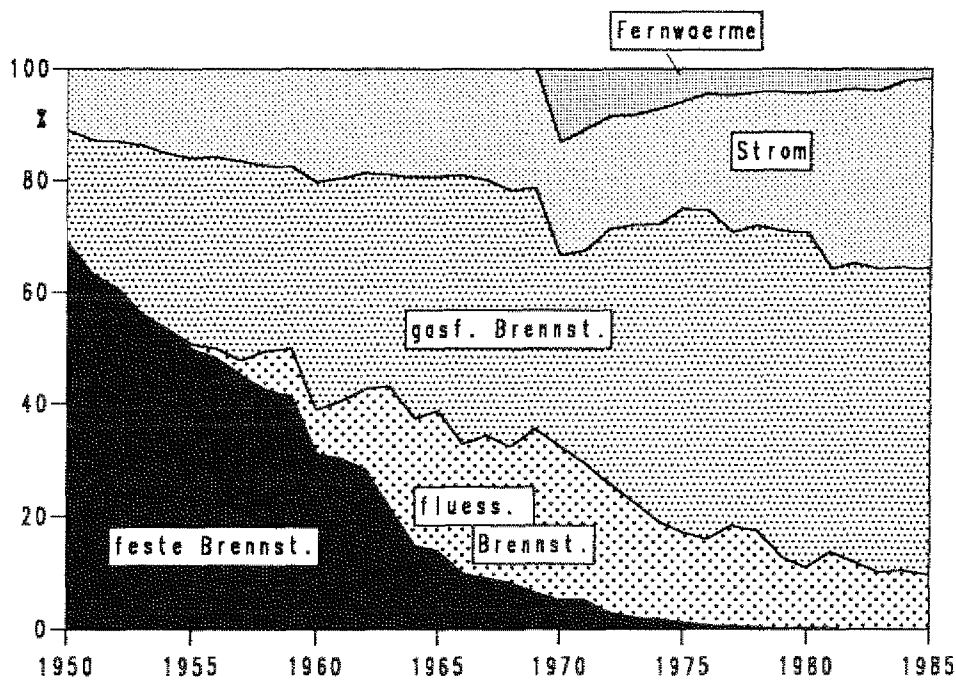
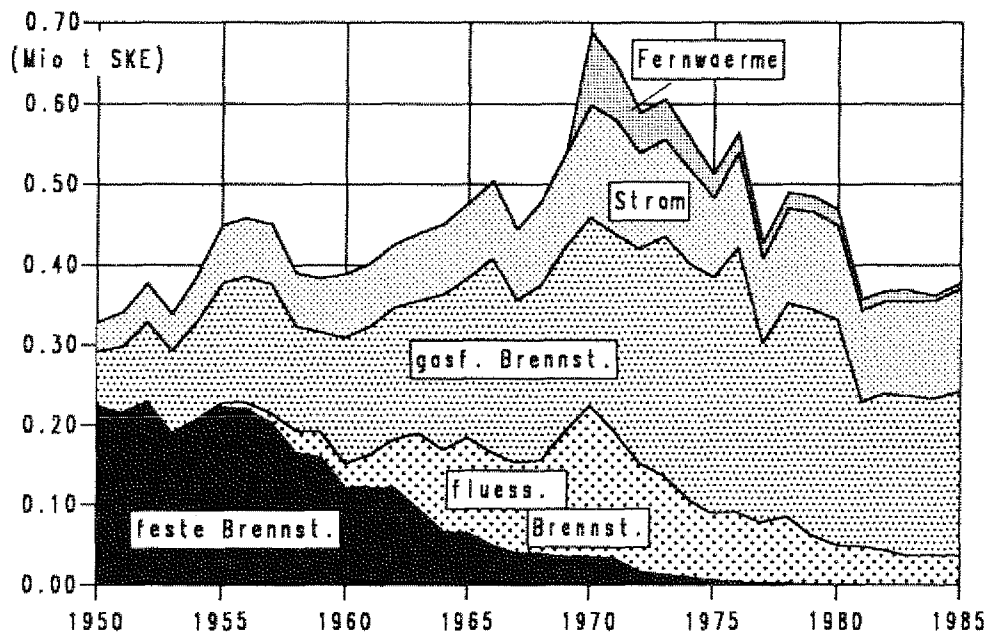
### Ziehereien und Kaltwalzwerke

Sektoren	Sypro-Nr.		
Stabziehereien, Kaltwalzwerke Drahtziehereien (einschl. Hstg. v. Drahterzeugnissen)	[3011] [3015]		
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	0,38		11,0
Strom	0,13	1,04	3,7
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors	33,6 %		
Stromanteil am gesamten Industriestrom- verbrauch	0,7 %		

(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

Die hinsichtlich des industriellen Endenergieverbrauches weniger bedeutende Branche der Ziehereien und Kaltwalzwerke wird im folgenden nur vollständigheitshalber in ihrer energetischen Entwicklung dargestellt, ohne auf weitere Einzelheiten näher einzugehen. *Bild 4.12* zeigt hierzu, daß nach einem deutlichen Anstieg des Endenergieverbrauches zu Beginn der '60er Jahre seit 1970 ein ebenso ausgeprägter Rückgang zu verzeichnen ist. Hauptenergieträger ist zur Zeit Erdgas, das seinen Verbrauchsanteil auf knapp 50 % zu Lasten der festen und flüssigen Energieträger ausweiten konnte. Elektrizität trägt mit rund einem Drittel zur Endenergiebedarfsdeckung dieses Sektors bei.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.12: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur in den Ziehereien und Kaltwalzwerken [3011, 3015] von 1950 - 1985

### 3. Stromeinsatz und Produktionsentwicklung

Betrachtet man zunächst die Entwicklung des absoluten Stromverbrauches, so zeigt die Statistik, daß sich der Elektrizitätseinsatz bis zum Ende der '60er Jahre von 0,57 TWh (1955) auf 1,13 TWh (1970) praktisch verdoppelt hat. Danach ist eine Stagnation im Bereich um 1 TWh zu verzeichnen.

Im Jahre 1985 wurden 1,04 TWh eingesetzt, die sich zu etwa 40 % auf die Stabziehereien bzw. Kaltwalzwerke und zu 60 % auf die Drahtziehereien aufteilen. Nach /12/ liegt der Elektroprozesswärmeanteil derzeit bei etwa 20 %; es überwiegen die Wärmebehandlungsprozesse.

Die in *Tab. 4.11* dargestellte Entwicklung der Hauptprodukte nach Produktionsmengen zeigt, daß sich der seit Beginn der '70er Jahre stagnierende Stromverbrauch zum Teil in der relativ konstanten mengenmäßigen Produktion von etwa 4,5 Mio t begründet. Der aus diesen Werten gebildete spezifische Stromverbrauch läßt dementsprechend nur einen geringfügigen Anstieg erkennen.

		1976	1977	1980	1981	1984	1985
<b>Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>	<b>0,95</b>	<b>0,85</b>	<b>0,95</b>	<b>0,92</b>	<b>0,99</b>	<b>1,04</b>
Kaltwalzwerks- u. Ziehereierzeugnisse (ohne Draht) (3011) <sup>1)</sup>	Mio t	2,77	2,90	2,91	2,65	2,74	2,69
kaltgezogener Draht (3015) <sup>1)</sup>	Mio t	1,85	1,78	1,99	1,85	1,67	1,80
<b>Summe Produktion</b>	<b>Mio t</b>	<b>4,62</b>	<b>4,69</b>	<b>4,91</b>	<b>4,50</b>	<b>4,41</b>	<b>4,50</b>
result. spez. Stromverbrauch	kWh/t	207	182	193	206	225	231

1) Melde - Nr. nach /4/

*Tab. 4.11:* Stromverbrauch und Produktion in den Ziehereien und Kaltwalzwerken für ausgewählte Jahre /1, 4/

#### 4. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Die Entwicklung des Strombedarfes im Verlauf der letzten 15 Jahre sowie die Erwartung einer auch zukünftig nicht wesentlich wachsenden Produktionsmenge lassen bis zur Jahrhundertwende einen signifikanten Zuwachs des Stromverbrauches nicht erkennen. Eine tiefergehende Analyse dieser Branchen erscheint bei der ohnehin geringen energie- und stromwirtschaftlichen Bedeutung nicht notwendig. In *Tab. 4.12* ist der in der Jahrhundertwende erwartete Strombedarf den Verbrauchswerten für das Jahr 1985 gegenübergestellt.

Ziehereien und Kaltwalzwerke [3011],[3015]		1985		2000	
Stabziehereien, Kaltwalzwerke [3011]	Mio t	2,69			
Kaltwalzwerks- u. Ziehereeierzeugnisse (ohne Draht)					
Drahtziehereien [3015]	Mio t	1,81			
kaltgezogener Draht					
Summe Produktion	Mio t	4,50		4,50	
res. spez. Stromverbrauch	kWh/t	231		250	
<b>Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>1,04</b>		<b>1,13</b>

*Tab. 4.12:* Produktion und Stromverbrauch der Ziehereien und Kaltwalzwerke für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich



<b>4.1.6 NE-Metallerzeugung, - halbzeugwerke, - gießereien .....</b>	<b>107</b>
1. Überblick.....	107
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	108
3. Stromeinsatz.....	110
3.1 Überblick.....	110
3.2 Entwicklung des Strombedarfes nach ausgewählten NE-Metallen und Wirtschaftszweigen .....	111
3.2.1 Hüttenaluminiumproduktion in den NE-Leichtmetallhütten .....	111
3.2.2 Kupfer- und Zinkproduktion in den NE-Schwermetallhütten.....	114
3.2.3 NE-Umschmelzmetall .....	116
3.2.4 NE-Metallhalbzeug.....	117
3.2.5 NE-Metallguß .....	118
4. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	119



## NE-Metallerzeugung, - halbzeugwerke, - gießereien

### I. Überblick

Die statistischen Daten weisen im Jahre 1985 für den NE-Metallsektor einen Endenergieverbrauch von 3,84 Mio t SKE aus. Dies entsprach einem Anteil von knapp 5 % am gesamten Industrieverbrauch. Mit 17,7 TWh zählt die NE-Metallbranche zu den ausgesprochenen Stromgroßverbrauchern, dementsprechend ist der Anteil am industriellen Gesamtstrombedarf mit über 11 % recht hoch. Die in der NE-Metallindustrie zusammengefaßten Wirtschaftszweige sind in der nachfolgenden Übersicht zusammengestellt.

#### NE-Metallerzeugung, -halbzeugwerke, -gießereien

[28],[2950]

Sektoren	Sypro-Nr.		
NE-Leichtmetallhütten	[2811]		
NE-Schwermetallhütten	[2813]		
NE-Metallumschmelzwerke	[2816]		
NE-Metallhalbzeugwerke	[2850]		
NE-Metallgießerei	[2950]		
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	3,84		112,7
Strom	2,18	17,7	63,7
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors	56,6 %		
Stromanteil am gesamten Industriestromverbrauch	11,3 %		

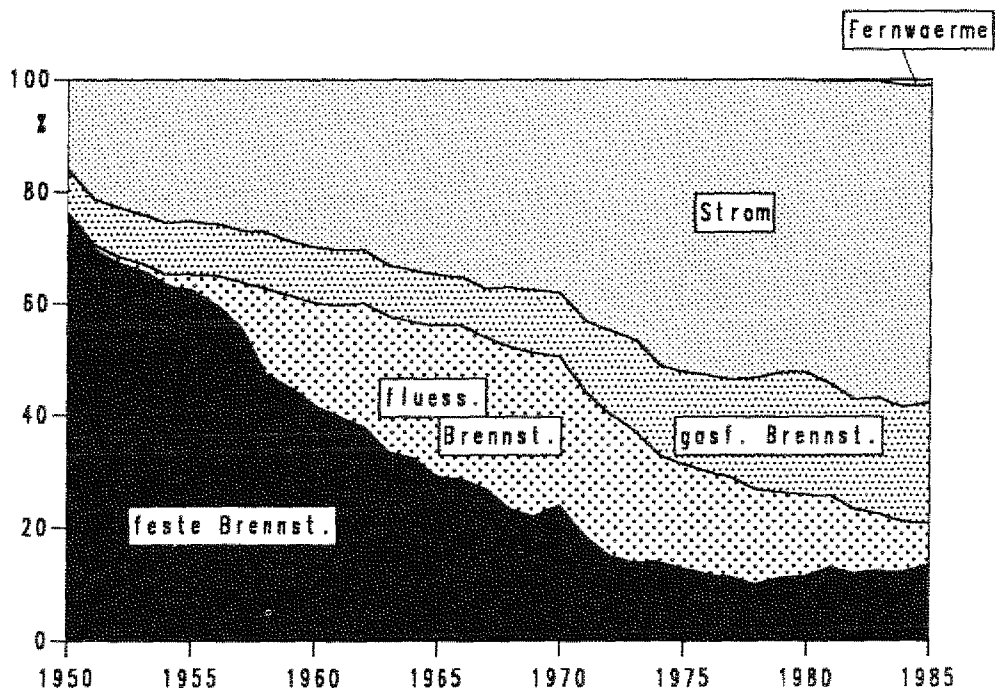
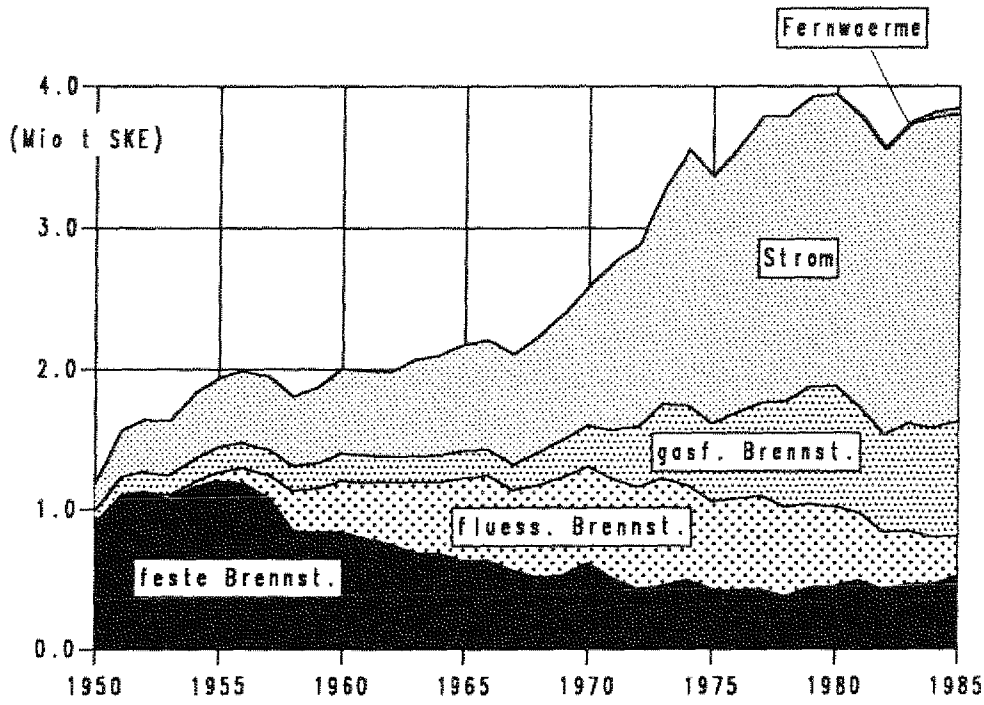
(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Die Produktion von Nichteisenmetallen (Aluminium, Kupfer, Zink, Blei, Cadmium, Zinn etc.) erfolgt in der Bundesrepublik Deutschland einerseits durch Verhüttung von Primärrohstoffen (Gewinnung) andererseits durch Umschmelzen von Sekundärrohstoffen (Recycling). Dementsprechend setzt sich die NE-Metallbranche aus mehreren Produktionsbereichen zusammen, deren unterschiedliche Produktionsverfahren und Beiträge zur Gesamtproduktion die Struktur des Stromverbrauches erheblich beeinflussen.

Aus energetischer Sicht wird der Sektor in erster Linie durch die Herstellung von Aluminium, Kupfer und Zink sowie deren Weiterverarbeitung in der Halbzeugindustrie bzw. Rückgewinnung in der Sekundärindustrie geprägt.

## **2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur**

Der Verbrauch fossiler Endenergieträger (Kohle, Öl, Gas) in der NE-Metallindustrie ist im Verlauf der letzten 30 Jahre durch eine relative Konstanz gekennzeichnet. Der Anstieg des gesamten Endenergieverbrauches ab dem Jahre 1967 ist fast ausschließlich auf die Zunahme des Stromverbrauches zurückzuführen, der seine Ursache vornehmlich in der Kapazitätsausweitung der stromintensiven Hüttenaluminiumindustrie zu Beginn der '70er Jahre hat. Im Jahre 1985 trug die Elektrizität zu über 56 % zur Endenergiebedarfsdeckung dieses Sektors bei.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.13: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur in der NE-Metallindustrie [28], [2950] von 1950 - 1985

### 3. Stromeinsatz

#### 3.1 Überblick

Die NE-Metallindustrie gehört zu den wenigen Branchen, in denen der Stromeinsatz für Antriebszwecke deutlich hinter anderen Verwendungszwecken zurückbleibt. Auf die Anwendung 'Kraft' entfiel nach /5/ im Jahre 1982 ein Anteil von rd. 13 % des gesamten Branchenstromverbrauches. Über 85 % wurde für elektrochemische Prozesse (Elektrolyse) und z.T. für elektrothermische Anwendungen (z.B. Schmelzprozesse) benötigt. Der Rest von etwa 2 % galt der Bereitstellung von Licht.

Der Schwerpunkt des Stromeinsatzes der NE-Metallindustrie liegt in der Herstellung von Aluminium. Allein die Produktion von Primäraluminium ohne Weiterverarbeitung beansprucht rund drei Viertel des Stromverbrauches in dieser Branche. Die Verbrauchswerte zur Erzeugung der NE-Schwermetalle (Kupfer, Zink etc.) sowie die gesamte Weiterverarbeitung haben eher eine untergeordnete Bedeutung (vgl. Bild 4.14).

Im folgenden wird zunächst auf ausgewählte stromintensive NE-Metalle und anschließend auf die weiterverarbeitenden Wirtschaftszweige näher eingegangen.

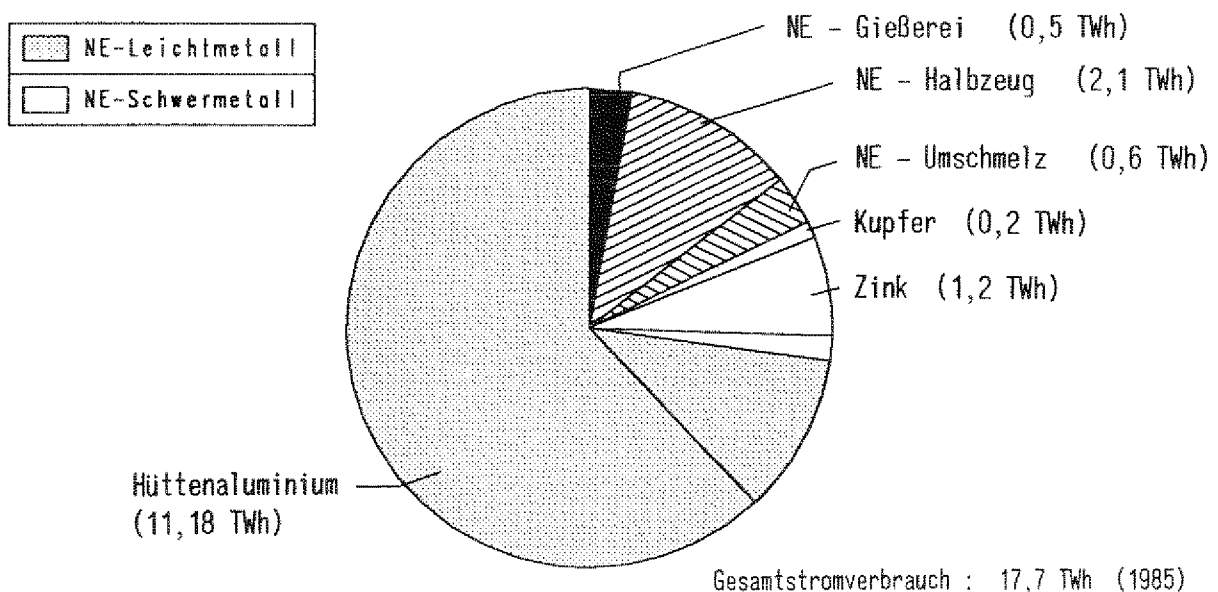


Bild 4.14: Detaillierung des Stromverbrauches in der NE-Metallindustrie [28], [2950] für das Jahr 1985

## 3.2. Entwicklung des Strombedarfes nach ausgewählten NE-Metallen und Wirtschaftszweigen

### 3.2.1 Hüttenaluminiumproduktion in den NE-Leichtmetallhütten

Von der gesamten bundesdeutschen Aluminiumproduktion (Hütten- und Umschmelzaluminium) von 1,2 Mio t im Jahre 1985 wurden rd. 745.000 Tonnen in den Leichtmetallhütten erzeugt. Die gesamte Jahreskapazität der acht Hüttenaluminiumwerke in der Bundesrepublik Deutschland beträgt zur Zeit etwa 760.000 t.

Die Produktion von Hüttenaluminium (H.Alu) findet in der Bundesrepublik nach dem Hall-Heroult-Verfahren statt. Dabei wird Aluminium auf elektrolytischem Wege aus Aluminiumoxid gewonnen. Die große Streubreite der sehr hohen spezifischen Stromverbrauchswerte im Bereich von 12 bis 19 MWh/t Hüttenaluminium ist durch Unterschiede in der Konstruktion der Elektrolyseöfen und Hilfseinrichtungen sowie dem Anlagenalter und der Betriebsführung bedingt. In der Bundesrepublik konnten die spezifischen Verbrauchswerte im Laufe der letzten Jahre deutlich reduziert werden; ein durchschnittlicher Wert um 15 MWh/t H.Alu erscheint zur Zeit realistisch.

Die überschlägige Rückrechnung mit der jährlichen Produktion zeigt, daß der zu Beginn der '70er Jahre im Gesamtsektor stark angestiegene Stromverbrauch in erster Linie auf die gestiegene Hüttenaluminiumproduktion zurückzuführen ist. In diesem Zeitraum fand eine erhebliche Kapazitätserweiterung statt (vgl. Bild 4.15).

Eine nennenswerte Substitution des vorherrschenden Produktionsprozesses durch andere technische Verfahren, wie z.B. durch die Aluminiumchlorid-Elektrolyse<sup>20</sup> (ALCOA-Prozeß), wird bis zur Jahrhundertwende für die Bundesrepublik nicht erwartet, so daß der zukünftige Stromverbrauch der NE-Leichtmetallhütten im wesentlichen von der Entwicklung des spezifischen Stromverbrauches des Hall-Heroult-Verfahrens und der Hüttenaluminiumproduktion bestimmt sein wird.

Die Mehrzahl der älteren bundesdeutschen Anlagen wurde in letzter Zeit überholt und auf einen neuen technischen Stand gebracht, so daß der - mittlerweile auch verfahrenstechnisch weitgehend fixierte - spezifische Stromverbrauch nur noch eine leichte Reduktion erwarten läßt. Bis zur Jahrhundertwende erscheint ein durchschnittlicher Wert von 14,5 MWh/t H.Alu erreichbar. Ein möglicher großtechnischer, den Verbrauch um ca. 20 % senkender Einsatz von Kathoden aus Titanborit ist aus heutiger Sicht bis zur Jahrhundertwende nicht zu erkennen.

---

<sup>20</sup> Die ALCOA hat ein Verfahren entwickelt, das statt Tonerde als Einsatzstoff Aluminiumchlorid verwendet. Der Stromverbrauch dieses Verfahrens soll um 30 % niedriger liegen. Das Verfahren hat bislang aber noch keine industrielle Anwendung gefunden /68/.

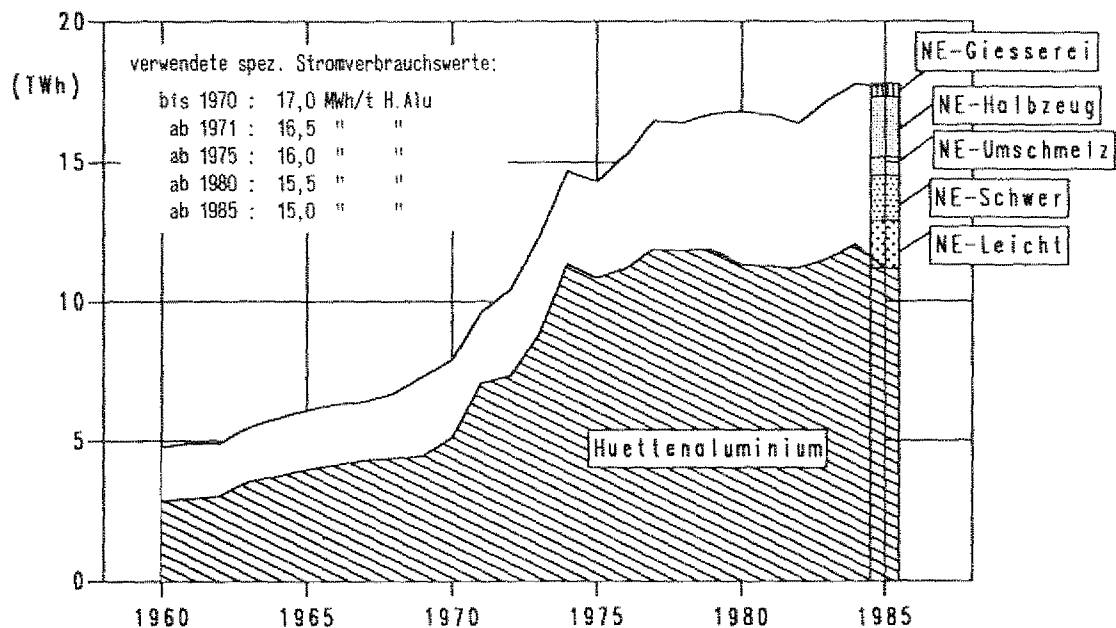


Bild 4.15: Entwicklung des Stromverbrauches für die Herstellung von Hüttenaluminium sowie im Gesamtsektor der NE-Metallindustrie von 1960 - 1985 /1, 2, 4/

Für den zukünftigen Strombedarf im Bereich der NE-Leichtmetallhütten ist somit die weitere Entwicklung der mengenmäßigen Hüttenaluminiumproduktion von ausschlaggebender Bedeutung.

Der Standort Bundesrepublik Deutschland weist deutliche Nachteile hinsichtlich der Rohstoffbereitstellung und zukünftig auch hinsichtlich der Strompreise aus. Bis Anfang der '90er Jahre laufen die gegenwärtigen Strombezugsverträge der Hüttenaluminiumwerke aus, so daß eine erhebliche Belastung dieser Branche durch Strompreisanhebungen erwartet werden kann. Eine Weitergabe dieser Energiekosten ist nicht möglich, da die Leichtmetallpreise weitgehend vom Weltmarkt vorgegeben werden. In Anlehnung an die Eisenschaffende Industrie zeigt sich bei der Hüttenaluminiumproduktion ebenfalls eine Tendenz zu Qualitätserzeugnissen (z.B. höchstreines Aluminium) und Spezialprodukten, während gleichzeitig bei den Massenprodukten die ehemals große Bedeutung der Marktnähe zwischen Produzent und Verbraucher weiter abnimmt.

Unter diesen negativen Randbedingungen ist zu erwarten, daß sich die bundesdeutsche Hüttenaluminiumproduktion bis zur Jahrhundertwende nicht auf dem derzeitigen Niveau halten kann. Eine mögliche Höhe der Produktions- bzw. Kapazitätsreduzierung ist aufgrund der vielfältigen - für die einzelnen Werke unterschiedlichen - Einflußgrößen äußerst schwierig anzugeben.

Eine strompreisbezogene Betrachtung nach /10/ errechnet eine Reduzierung der Hüttenkapazitäten um etwa 160.000 t, wohingegen nach Informationen des Umweltbundesamtes /69/ die Stilllegung von bis zu zwei Drittel der Kapazitäten möglich erscheint.

Nach Rücksprache mit verschiedenen Fachleuten wird im Rahmen dieser Arbeit unterstellt, daß die zukünftige Hüttenaluminiumproduktion von etwa 745.000 t im Jahre 1985 bis zur Jahrhundertwende auf etwa 600.000 t zurückgehen wird. Bei anhaltend schlechten Randbedingungen sind darüber hinausgehende Produktionsreduzierungen nicht auszuschließen. Der nicht durch die bundesdeutschen Hütten abgedeckte Aluminiumbedarf müßte somit über einen höheren Fertigmetallimport sowie einen verstärkten Sekundäraluminium Einsatz gedeckt werden.

### 3.2.2 Kupfer- und Zinkproduktion in den NE-Schwermetallhütten

Im Bereich der NE-Schwermetallhütten ist der Stromverbrauch im Verlauf der letzten 8 Jahre von 1,4 TWh (1977) auf rd. 1,7 TWh (1985) angestiegen. In diesem Wirtschaftszweig wird der Stromeinsatz in erster Linie durch die Herstellung der NE-Metalle Kupfer (ca. 0,2 TWh) und Zink (ca. 1,2 TWh) geprägt.

Bei der *Kupferherstellung* konnten sich die elektrischen Schmelz- und Raffinationsverfahren gegenüber den brennstofforientierten Flammöfen durchsetzen. Der überschlägig berechnete Stromverbrauch lag im Verlauf der letzten Jahre in einem Bereich zwischen 0,2 und 0,3 TWh (vgl. Tab. 4.13). Für die Zukunft werden aus technischer Sicht keine Verfahrensumstellungen (z.B. Übergang zur wesentlich stromintensiveren Gewinnungselektrolyse) erwartet.

Etwa die Hälfte der gesamten Kupfererzeugung wird in der Elektrotechnik verwendet. Gravierende Produktionsausweitungen sind hier nicht zu erwarten. Insbesondere in der Übertragungstechnik dürfte zukünftig mit der Glasfaser ein Konkurrent zum Kupfer erwachsen.

Bis zur Jahrhundertwende wird somit ein Stromverbrauch erwartet, der vom gegenwärtigen Niveau nicht wesentlich abweicht.

Kupfer	Anhaltswerte zum spez. Stromverbrauch (kWh/t Cu)		Produktion (1985) (t)	resultierender Stromverbrauch (1985) (TWh)
	Kraft	Wärme		
Aufbereiten der Erze	600		150.000	0,090
Rösten des Konzentrates	75			0,011
Schmelzen zu Kupferstein				
- Flammofen	200	400	75.000 <sup>1)</sup>	0,015
- Elektroofen			75.000	0,030
Verblasen im Konverter zu Rohkupfer				
Raffination des Rohkupfers				
- Schmelzfluß		250	84.566	
- Elektrolytisch			329.810	0,082
			<b>414.376 t<sup>2)</sup></b>	<b>0,228 TWh</b>

1) geschätzte Werte

2) Gesamtproduktion raff. Kupfer

Tab. 4.13: Anhaltswerte zum Stromverbrauch in der Kupferproduktion im Jahre 1985 /68, 70, 71, 72/

Auch bei der *Zinkherstellung* konnte das Elektrolyseverfahren gegenüber den brennstoffnutzenden Schmelzverfahren wesentliche Anteile gewinnen. Die Zinkherstellung auf Basis eines elektrolytischen Verfahrens erfolgt in zwei Betrieben mit einer Gesamtkapazität von 265.000 t und in einem Betrieb durch Schmelzgewinnung mit einer Kapazität von 85.000 t /7/. Derzeit dürften somit rd. 75 - 80 % des Hüttenzinks mit elektrischen Verfahren gewonnen werden.

Während der spezifische Strombedarf des brennstofforientierten Imperial-Smelting-Verfahrens (IS-Verfahren) mit rd. 600 kWh/t Zink angegeben wird, benötigt die Zinkgewinnungselektrolyse zwischen 4000 und 4500 kWh pro Tonne Zink. Mit diesen Werten und einer derzeitigen Produktion von etwa 368.000 t Hüttenroh-zink und Feinzink berechnet sich der Stromverbrauch für die Zinkherstellung im Jahre 1985 zu rd. 1,2 TWh.

Für die Zukunft erscheint eine Steigerung der inländischen Hüttenzinkproduktion bei ungefähr gleichbleibenden spezifischen Strombedarfswerten denkbar /66/. Dieses NE-Metall kommt zur Zeit verstärkt im Automobilbau als Korrosionsschutz zur Anwendung. Der Erwartungswert für das Jahr 2000 liegt bei 450.000 t (vgl. Tab. 4.14 ), der Strombedarf dementsprechend bei 1,75 TWh.

Zink		1985		2000	
Elektrolyseverfahren	%	75		90	
Produktion	t	275.822		405.000	
spez. Stromverbrauch	kWh/t Zink	4250 <sup>1)</sup>		4250	
result. Stromverbrauch	TWh		1,17		1,72
IS - Verfahren	%	25		10	
Produktion	t	91.941		45.000	
spez. Stromverbrauch	kWh/t Zink	600		600	
result. Stromverbrauch	TWh		0,055		0,03
<b>Gesamtproduktion</b>	<b>t</b>	<b>367.763</b>		<b>450.000</b>	
<b>berechneter Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>1,22</b>		<b>1,75</b>

1) gemittelter Wert einer Bandbreite von 4000 - 4500 kWh/t Zink

Tab. 4.14: Anhaltszahlen zum Stromverbrauch in der Zinkproduktion für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich /66, 68, 72/

### 3.2.3 NE-Umschmelzmetall

Die Umschmelzwerke der NE-Metallindustrie stellen entweder eigenständige Unternehmen dar oder sind direkt an die Verarbeitungsbetriebe angegliedert. Im Jahre 1985 betrug der Stromeinsatz in Form von Antriebsenergie und Einschmelzarbeit in elektrischen Herd- und Induktionsöfen nach Angaben der amtlichen Statistik /2/ rd. 0,6 TWh. In *Tab. 4.15* ist die Produktionsmenge von Umschmelzaluminium und Umschmelzzink auf den Strombedarf des gesamten Wirtschaftszweiges unter Vernachlässigung weiterer NE-Umschmelzmetalle bezogen. Der so berechnete Bedarf an elektrischer Energie ist als grober Anhaltswert für den Einsatz pro Tonne Umschmelzmaterial zu verstehen.

Angesichts des insgesamt geringen Stromverbrauches der Branche können sowohl Steigerungen der Produktion wie auch Veränderungen des spezifischen Stromeinsatzes den Gesamtbedarf nicht wesentlich beeinflussen. Die in *Tab. 4.15* aufgeführten möglichen Werte sind somit in weiten Grenzen belastbar, ohne zu gravierenden Fehleinschätzungen zu führen. Dementsprechend würde sich bis zur Jahrhundertwende bei steigender Sekundäraluminiumproduktion ein Strombedarf von rd. 0,85 TWh für den Sektor der Umschmelzwerke ergeben.

NE-Metallumschmelzwerke		1977	1980	1981	1983	1985	2000
Sekundäraluminium (leg. u. nicht leg.)	1000 t	390	405	398	425	457	
Umschmelzzink (u. andere Zinklegerungen)	1000 t	19	33	40	32	32	
Kumulierte Produktion	1000 t	409	438	438	457	489	650
<b>Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>	<b>0,353</b>	<b>0,374</b>	<b>0,650</b>	<b>0,571</b>	<b>0,625</b>	<b>0,854</b>
result. spez. Stromverbrauch	kWh/t	863	853	1381	1249	1278	1300

*Tab. 4.15:* Produktion und Stromverbrauch im Wirtschaftszweig der NE-Metallumschmelzwerke für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich /2, 72/

### 3.2.4 NE-Metallhalbzeug

NE-Metallhalbzeug kennzeichnet die Weiterverarbeitung des in Hütten oder Umschmelzwerken gewonnenen Rohmaterials. Die Halbzeugproduktion aus Leichtmetall (1,15 Mio t), Kupfer (1,13 Mio t), Blei und Zink betrug im Jahre 1985 etwa 2,4 Mio t. Die beiden letztgenannten NE-Metalle spielen mengenmäßig nur eine untergeordnete Rolle (vgl. Tab. 4.16).

Die Halbzeugproduktion aus Kupfer erreichte ihr gegenwärtiges Niveau von etwa 1 Mio t schon etwa zu Anfang der '70er Jahre, während das Leichtmetallhalbzeug seinen stärksten Anstieg zwischen den Jahren 1975 und 1980 zu verzeichnen hatte.

Mit der beschriebenen Ausweitung der Hüttenaluminiumproduktion konnte der Wirtschaftszweig der NE-Metallhalbzeugwerke im Verlauf der letzten 15 Jahre einen Anstieg des Stromverbrauches um etwa 0,6 TWh auf rd. 2,2 TWh (1985) verzeichnen. Elektrizität kommt hier in vielfältiger Weise als Antriebsenergie und zur Wärmebehandlung in den unterschiedlichsten Ofenbauformen zum Einsatz. Der rechnerische spezifische Stromverbrauch - bezogen auf die Gesamtproduktion der Halbzeugwerke - ging von 962 kWh/t Halbzeug im Jahre 1970 auf rd. 900 kWh/t Halbzeug im Jahre 1985 zurück.

Insbesondere für die Halbzeugproduktion aus Leichtmetall und Kupfer bestehen aufgrund der derzeit vorherrschenden Verbrauchszunahme bei den Endprodukten weitere Wachstumschancen /66/. Mögliche Entwicklungen sind in Tab. 4.16 eingetragen. Unter diesen Annahmen würde sich für das Jahr 2000 ein Stromverbrauch von 2,55 TWh und somit eine leichte weitere Steigerung ergeben.

NE-Metallhalbzeug		1970	1975	1980	1985	2000
Aluminium u. Legierungen	10 <sup>6</sup> t	0,554	0,665	1,017	1,156	
Kupfer u. Legierungen	10 <sup>6</sup> t	0,912	0,780	1,119	1,130	
Blei u. Legierungen	10 <sup>6</sup> t	0,044	0,037	0,044	0,042	
Zink u. Legierungen	10 <sup>6</sup> t	0,072	0,048	0,063	0,063	
Metallhalbzeug insgesamt <sup>1)</sup>	10 <sup>6</sup> t	1,612	1,560	2,268	2,416	3,0
<b>Stromverbrauch</b>	TWh	<b>1,551</b>	<b>1,531</b>	<b>1,951</b>	<b>2,173</b>	<b>2,55</b>
result. spez. Stromverbrauch	kWh/t	962	981	860	899	850

1) inkl. Magnesium und -Legierungen sowie sonst. Metalle

Tab. 4.16: Produktion und Stromverbrauch im Wirtschaftszweig der NE-Metallhalbzeugwerke [2850] /2,72/

### 3.2.5 NE-Metallguß

NE-Metallguß wird in der Bundesrepublik in ca. 250 Betrieben hergestellt [7], die im Jahre 1985 ca. 0,5 Mio t produzierten. Die Prozeßtechnik und Betriebsweise der Branche ist den Eisen-, Stahl- und Tempergießereien ähnlich. Der Stromverbrauch ist mit ca. 0,5 TWh im Jahre 1985 vergleichsweise gering.

Im Gießereibereich der NE-Metalle wird elektrische Energie wie in den Eisengießereien zur Deckung des Kraftbedarfes und für Elektrowärmezwecke (Schmelzen und Warmhalten) eingesetzt. Die Entwicklung des Stromverbrauches, der Gesamtproduktion und des daraus resultierenden spezifischen Wertes auf dem Niveau der Gesamtbranche ist in *Tab. 4.17* dargestellt.

Die Produktion von NE-Metallguß ist in den letzten 15 Jahren leicht angestiegen. Unter den Gußwerkstoffen haben die Legierungen auf der Basis von Aluminium (0,365 Mio t) und Kupfer (0,073 Mio t) gegenüber Zink und Magnesium die größere Bedeutung. Der Stromverbrauch zeigt einen deutlichen Anstieg auf knapp 0,5 TWh. Der resultierende spezifische Stromverbrauch erhöhte sich seit 1970 um über 50 %; dies ist in erster Linie mit einer Zunahme der Elektrowärmeanwendungen zu begründen.

Dieser Trend dürfte zukünftig auch weiterhin anhalten. Bei nur noch erwartet leicht ansteigender Gußproduktion wird für die NE-Metallgießereien ein geringfügiger Anstieg des Stromverbrauches zu verzeichnen sein, der aufgrund seiner mengenmäßigen Bedeutung für den gesamten NE-Metallbereich aber keine wesentliche Rolle spielen kann.

NE - Metallgießereien		1970	1975	1980	1985	2000
Stromverbrauch	TWh	0,212	0,214	0,349	0,487	0,605
Metallguß insgesamt	1000 t	454	357	476	500	550
result. spez. Stromverbrauch	kWh/t	467	675	733	974	1100

*Tab. 4.17:* Produktion und Stromverbrauch der NE-Metallgießereien [2950] /2, 72/

#### 4. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

In nachfolgender *Tab. 4.18* sind die wesentlichen, den zukünftigen Stromverbrauch in der NE-Metallindustrie bestimmenden Annahmen für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich zusammengefaßt dargestellt. Neben den über einzelne Produkte erklärbaren Anteil des Stromverbrauches (produktbezogener Stromverbrauch) ist in *Tab. 4.18* der 'nichtproduktbezogene' Stromverbrauch mit 1,82 TWh für das Jahr 1985 ausgewiesen. Diese Größe kennzeichnet im wesentlichen den nicht weiter spezifizierbaren Stromeinsatz für Nebenbetriebe, Hilfseinrichtungen, Verwaltung und wurde als rechnerische 'Restgröße' ermittelt. In Anlehnung an die für die Branchen unterstellte stagnierende bzw. nur noch leicht wachsende Produktionsentwicklung wird dieser Wert mit 1,8 TWh fortgeschrieben.

Möglichen, wenngleich geringen Stromeinsparpotentialen im Bereich der Antriebstechnik steht in der NE-Metallindustrie etwa ein gleich großer Zusatzbedarf für Umweltschutzaufgaben (insbesondere zur Entstaubung und SO<sub>2</sub>-Minderung) entgegen, so daß diese Einflüsse sich etwa kompensieren dürften.

Insgesamt wird für die Jahrhundertwende mit einem rückläufigen Stromverbrauch von 17,7 TWh (1985) auf 16,5 TWh gerechnet. Der in der Hüttenaluminiumproduktion abnehmende Verbrauch kann durch einen leichten Anstieg in den übrigen Branchen nur geringfügig ausgeglichen werden.

Wie schon mehrfach angesprochen, erweist sich für diesen Sektor die zukünftige Entwicklung des inländisch gewonnenen Primäraluminiums als besonders sensitiv. Dies wird durch die derzeitige Produktionskonzentration auf acht Hüttenwerke unterstrichen. Einer Stilllegung von bis zu 2/3 der Hüttenkapazitäten würde einer bundesdeutschen Produktionskapazität von nur noch etwa 250.000 t Hüttenaluminium entsprechen. Unter dieser pessimistischen Annahme würde sich der Strombedarf der NE-Metallindustrie um weitere 5 TWh auf etwa 11,5 TWh reduzieren.

NE-Metallindustrie [28][2950]		1985		2000	
<b>Hüttenaluminium</b> spez. Stromverbrauch result. Stromverbrauch	10 <sup>6</sup> t kWh/t H.Alu TWh	0,745 15.000	11,18	0,600 14.500	8,70
<b>Kupferproduktion</b> berechneter Stromverbrauch	10 <sup>6</sup> t TWh	0,414	0,22	0,450	0,25
<b>Zinkproduktion</b> berechneter Stromverbrauch	10 <sup>6</sup> t TWh	0,367	1,22	0,450	1,75
<b>NE-Metallumschmelzwerke</b> [2816]					
Sekundäraluminium und Umschmelzzink Stromverbrauch result. spez. Stromverbrauch	10 <sup>6</sup> t  TWh kWh/t	0,489  1278	0,62	0,650  1300	0,85
<b>NE-Metallhalbzeugwerke</b> [2850]					
ges. Halbzeugproduktion Stromverbrauch result. spez. Stromverbrauch	10 <sup>6</sup> t TWh kWh/t	2,41  899	2,17	3,0  850	2,55
<b>NE-Metallgießereien</b> [2950]					
Produktion Stromverbrauch result. spez. Stromverbrauch	10 <sup>6</sup> t TWh kWh/t	0,50  974	0,48	0,55  1100	0,60
<b>produktbezogener Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>15,89</b>		<b>14,70</b>
<b>nichtproduktbezogener Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>1,82</b>		<b>1,80</b>
<b>Gesamtstromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>17,72</b>		<b>16,50</b>

Tab. 4.18: Produktion und Stromverbrauch der NE-Metallindustrie [28], [2950]  
für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

<b>4.1.7 Chemische Industrie .....</b>	<b>123</b>
1. Überblick.....	123
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	124
3. Stromeinsatz.....	126
3.1 Überblick.....	126
3.2 Entwicklung des Strombedarfes für ausgewählte stromintensive chemische Produkte .....	127
3.2.1 Chlor.....	128
3.2.2 Phosphor.....	131
3.2.3 Calciumcarbid.....	131
3.2.4 Sauerstoff.....	132
3.2.5 Acetylen.....	132
3.2.6 Ethylen, Ammoniak, Methanol .....	133
3.2.7 Chemiefasern.....	133
3.2.8 Zusammenfassung der produktspezifischen Betrachtung .....	135
3.3 'nichtproduktbezogener' Stromverbrauch .....	135
4. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung.....	136
5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	137



# Chemische Industrie

## 1. Überblick

Nach der Eisenschaffenden Industrie war die Chemie mit 15,6 Mio t SKE im Jahre 1985 der zweitgrößte industrielle Endenergieverbraucher.

Neben der Deckung des energetischen Bedarfes werden die Energieträger Öl, Erdgas und Kohle zusätzlich als Rohstoffbasis für die verschiedensten Produkte herangezogen. Gemäß der Erfassungssystematik der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen /1/ ist dieser Einsatz dem nichtenergetischen Verbrauch zuzuordnen und wird infolgedessen nicht weiter berücksichtigt.

### Chemische Industrie

[40]

Sektoren		Sypro-Nr.	
Hstg.v. chemischen Grundstoffen		[4031]	
Hstg.v. chem. Erzeugnissen für Gewerbe, Landwirtschaft		[4034]	
Hstg.v. pharmazeutischen Erzeugnissen		[4035]	
Hstg.v. Seifen, Wasch- und Körperpflegemittel		[4036]	
Hstg.v. fotochemischen Erzeugnissen		[4037]	
Hstg.v. sonst. chemischen Erzeugnissen		[4039]	
Hstg.v. Chemiefasern		[4090]	
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	15,65		458,7
Strom	5,27	42,88	154,4
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		33,7 %	
Stromanteil am gesamten Industriestromverbrauch		27,4 %	

(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Mit einem Stromeinsatz von 42,8 TWh<sup>21</sup> war die Chemie zu etwa einem Viertel am industriellen Gesamtstromverbrauch beteiligt und somit mit weitem Abstand der bedeutendste industrielle Stromverbraucher.

Die Statistik /2, 4/ unterteilt die Chemische Industrie in 7 Wirtschaftszweige. In einer äußerst breiten und sowohl mengen- als auch wertmäßig sehr heterogenen Produktpalette werden organische und anorganische Grundchemikalien, Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, chemische Spezialerzeugnisse, wie z.B. Harze und Lacke, Kunststoffe, Chemiefasern, pharmazeutische Erzeugnisse etc., hergestellt.

Hinsichtlich des Energie- bzw. Stromverbrauches kommt der Herstellung von chemischen Grundstoffen [4031] überragende Bedeutung bei.

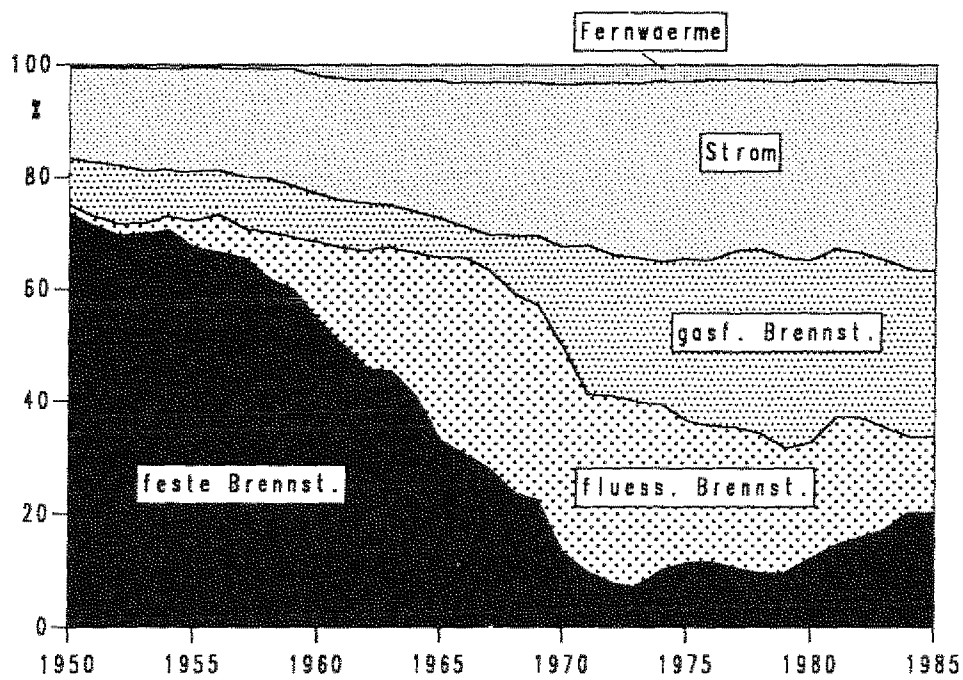
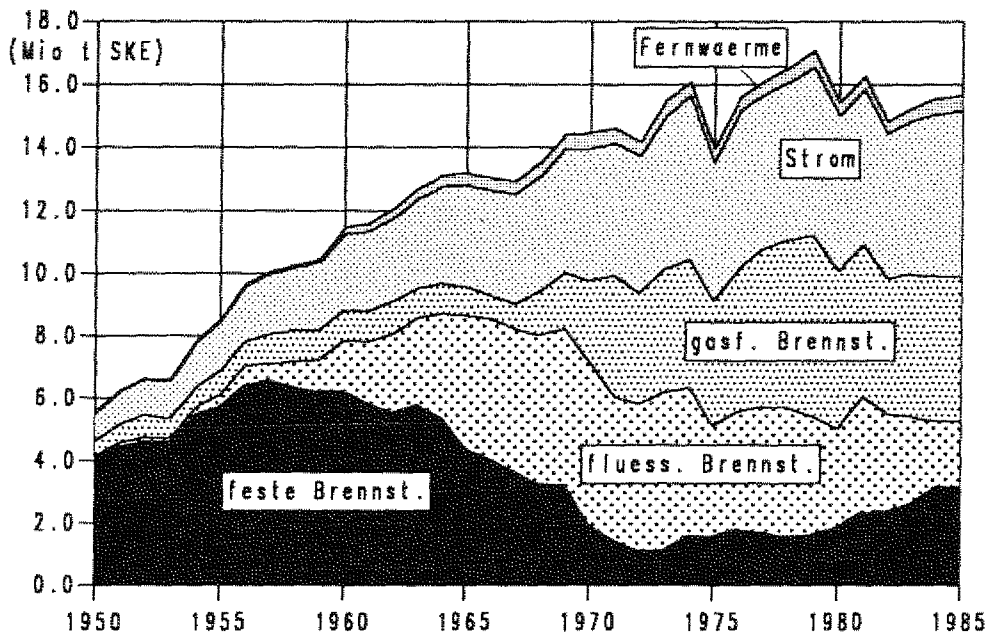
## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

Die Entwicklung des Endenergieverbrauches in der Gesamtheit (*Bild 4.16*) zeigt bis Ende der '70er Jahre einen relativ kontinuierlichen Anstieg auf den bislang höchsten Stand von rd. 17 Mio t SKE im Jahre 1979. Seit der zweiten Ölpreisverteuerung liegt der Endenergieverbrauch in einer Bandbreite zwischen 15 und 16 Mio t SKE. Im Zuge der für die chemische Branche derzeit günstigen wirtschaftlichen Entwicklung konnte der Energieverbrauch im Jahre 1985 wieder einen leichten Anstieg auf 15,6 Mio t SKE verzeichnen. Es bleibt anzumerken, daß ein nicht unerheblicher Teil des Energiebedarfes der Chemie durch die Nutzung von energetischen Restprodukten gedeckt wird, der in der Energiebilanz nicht erfaßt ist.

Die Entwicklung der einzelnen Endenergieträger zeigt auch in der Chemie den für andere Wirtschaftszweige typischen Substitutionsverlauf innerhalb der fossilen Energieträger. Auffallend ist der hohe und bislang kontinuierlich angestiegene Verbrauchsanteil des elektrischen Stromes von 21 % im Jahre 1960 auf über 33 % im Jahre 1985. Ergänzend soll darauf hingewiesen werden, daß diese Anteilsgewinne der Elektrizität seit Beginn der '80er Jahre auch auf den teilweise rückläufigen Endenergieverbrauch der Branche zurückzuführen sind.

---

<sup>21</sup> Die Differenz der statistischen Stromverbrauchsangaben seitens der Energiebilanz /1/ (1985: 42,88 TWh) und des Statistischen Bundesamtes /2/ (1985: 43,7 TWh) von rd. 0,8 TWh erklärt sich durch die Bedeutung der industriellen Eigenstromerzeugung in der Chemie. Im Jahre 1985 wurden etwa 36 % des benötigten Stromes in chemieeigenen Kraftwerken erzeugt. Der Eigenstromverbrauch dieser industriellen Anlagen wird bei der Energiebilanz nicht zum industriellen Stromverbrauch gezählt.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.16: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur in der Chemischen Industrie [40] von 1950 - 1985

### 3. Stromeinsatz

#### 3.1 Überblick

Der überwiegende Anteil des Strombedarfes der Chemischen Industrie entfällt auf die Anwendung 'Kraft'. Im Jahre 1982 wurden nach den Erhebungen des RWI /5/ etwa 61 % für diesen Anwendungszweck eingesetzt. Elektrowärmeverfahren und elektrochemische Anwendungen beanspruchten zusammen 36 %, während der Rest von knapp 3 % im wesentlichen für Beleuchtungszwecke verbraucht wurde.

Verbrauchsschwerpunkte für die Elektroprozeßenergie liegen in der Produktion von Chlor, Phosphor, Calciumcarbid und Acetylen (Bild 4.17). Eine typische großtechnische Anwendung für Kraftprozesse findet sich in der Erzeugung von Sauerstoff. Insgesamt kommt der Herstellung von chemischen Grundstoffen mit einem Anteil von über 80 % am gesamten Strombedarf der Chemie eine überragende Bedeutung zu.

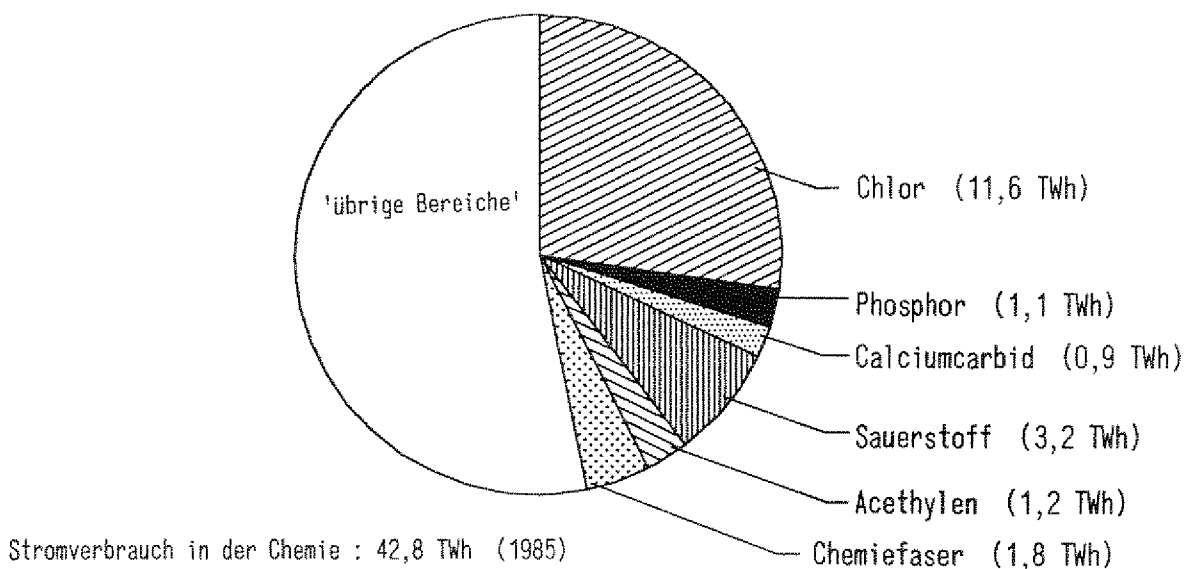
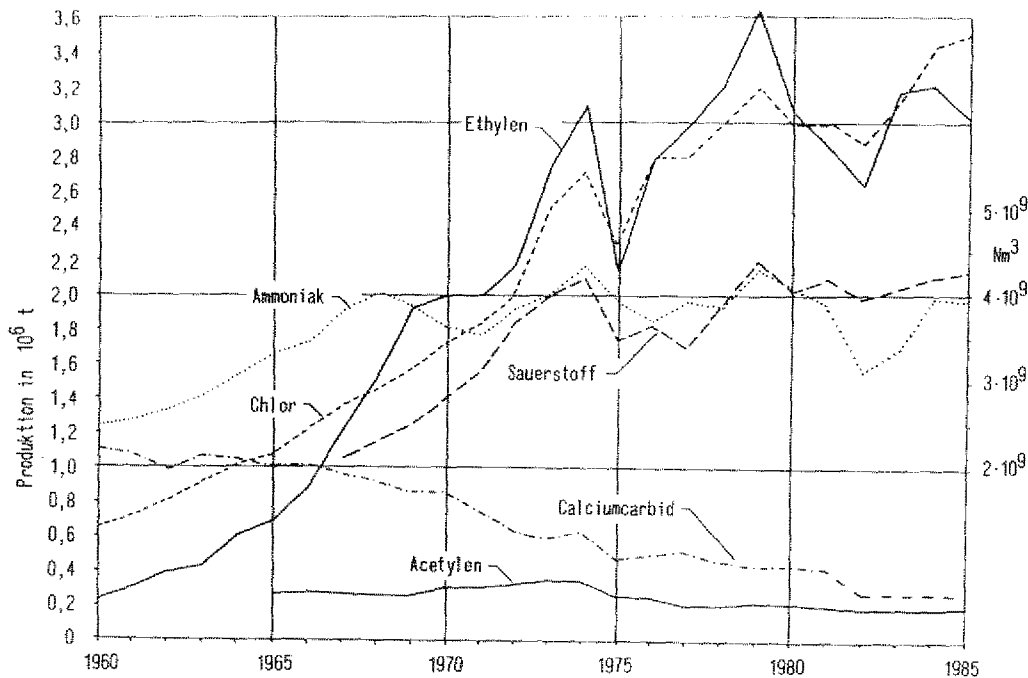


Bild 4.17: Detaillierung des Stromeinsatzes in der Chemischen Industrie für das Jahr 1985  
/1, 2, eigene Berechnungen/

### 3.2 Entwicklung des Strombedarfes für ausgewählte stromintensive chemische Produkte

Die amtliche Statistik erlaubt keine Aufteilung des Stromverbrauches der Chemie nach Produkten. Zur Detaillierung des Stromverbrauches ist somit eine Rekonstruktion mit den jeweiligen spezifischen Stromverbrauchswerten und Produktionsangaben notwendig. Aufgrund der Produktvielfalt und der heterogenen Produktionsstruktur ist dieses Vorgehen im Rahmen dieser Arbeit nur für chemische Grundprodukte möglich, die in einem nennenswerten Umfang am Stromverbrauch der Branche beteiligt sind. Im folgenden wird näher auf die vier anorganischen Grundstoffe Chlor, Phosphor, Calciumcarbid und Sauerstoff, sowie im Bereich der Organica auf Acetylen und Ethylen, des weiteren auf die Ammoniak- und Methanolerzeugung sowie die Herstellung von Chemiefasern eingegangen. *Bild 4.18* zeigt hierzu die Produktionsentwicklung für ausgewählte chemische Erzeugnisse.



*Bild 4.18:* Produktionsentwicklung ausgewählter chemischer Erzeugnisse von 1960 - 1985 /73/

### 3.2.1 Chlor

Die installierte Kapazität zur Herstellung von Chlor lag in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1985 bei etwa 3,6 Mio t /7/. Die Chlorproduktion selbst betrug im Jahre 1985 rd. 3,5 Mio t.

Als Ausgangsprodukt für eine Vielzahl von Zwischen- und Endprodukten kommt der Chlorproduktion eine bedeutende Stellung in der Grundstoffchemie zu. Aufgrund der mengenmäßigen Bedeutung und derzeit konkurrenzloser elektrischer Verfahrenstechnologie, die mit hohen spezifischen Verbrauchswerten verbunden ist, stellt die Chloralkali-Elektrolyse den größten Stromverbraucher im Bereich der Chemischen Industrie dar. Derzeit sind das Amalgam- und das Diaphragmaverfahren mit etwa 65 % bzw. 35 % Marktanteilen die bestimmenden Technologien der Chlorelektrolyse. Das Membranverfahren, welches aus wirtschaftlichen, ökologischen und energetischen Gesichtspunkten von besonderem Interesse ist, wurde bislang in der Bundesrepublik Deutschland noch nicht eingeführt.

Neben unterschiedlicher technischer Auslegung sind differenzierende spezifische Stromverbrauchswerte kennzeichnend für diese drei Verfahren. Für das *Amalgamverfahren* wird derzeit ein mittlerer Strombedarf von 3550 kWh/t Chlor<sup>22</sup>, für das *Diaphragmaverfahren* von 3000 kWh/t Chlor (inkl. Nebenbetriebe) und für das *Membranverfahren* von etwa 2300 kWh/t Chlor angegeben /6/. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Verfahrensanteile von Diaphragma- und Amalgamverfahren ergibt sich für das Jahr 1985 bei einer Produktion von 3,49 Mio t Chlor ein Strombedarf von rd. 11,7 TWh (inkl. Nebenbetriebe). Dies entsprach ca. 27 % des gesamten Elektrizitätsbedarfes der Chemischen Industrie.

Da sich geringfügige Änderungen bei den jeweiligen spezifischen Verbrauchswerten nicht gravierend auswirken, wird der zukünftige Strombedarf für die Chloralkali-Elektrolyse entscheidend durch die künftige Produktion und auch durch die Entwicklung der Verfahrensanteile zueinander bestimmt.

Aufgrund wirtschaftlicher Vorteile und aus Umweltgesichtspunkten dürften potentielle Neuanlagen auf Basis des Membranverfahrens ausgeführt werden /7/. In Anlehnung an /6/ wird für das Membranverfahren im Jahre 2000 ein Anteil von 20 % an der gesamten Chlorproduktion unterstellt.

---

<sup>22</sup> Unter Verwendung dimensionsstabiler Titananoden (DSA) verringert sich der spezifische Stromverbrauch von etwa 3700 auf 3400 kWh/t Chlor. Es wird geschätzt, daß z.Z. etwa 50 % der Amalgamkapazitäten mit DSA ausgerüstet sind (Tab. 4.19)

Für die zukünftige Chlorproduktion in der Bundesrepublik Deutschland wird unterstellt, daß sich die in den '70er Jahren vollzogenen Wachstumsraten (vgl. Bild 4.18) nicht fortsetzen werden. Dies ist zu begründen zum einen in dem erwarteten Anstieg der Industriestrompreise und zunehmender gesetzlicher Reglementierung<sup>23</sup>, zum anderen durch Sättigungserscheinungen in den Industrieländern sowie teilweiser Substitution der Folgeprodukte. Diese grundsätzlichen Tendenzen dürften sich als hemmende Faktoren für die Chloralkali-Elektrolyse in der Bundesrepublik erweisen, so daß *mittelfristig* ein leichter Rückgang der inländischen Produktion denkbar erscheint. Ein potentieller Mehrbedarf würde in diesem Fall über den Import chlorierter Produkte gedeckt werden.

Die *langfristige* Situation für die stromintensive Chlorproduktion wird in starkem Maße von der zukünftigen Entwicklung des Strompreisgefälles zu anderen Standorten bestimmt sein. Bei einer weiteren Verschärfung der Standortnachteile in der Bundesrepublik Deutschland dürfte die Attraktivität einer Produktionsverlagerung ins Ausland zunehmen. Aufgrund der engen verbundwirtschaftlichen Zusammenhänge wäre in diesem Fall damit zu rechnen, daß ein Teil der nachgelagerten Produktherstellung ebenfalls den bisherigen Produktionsstandort verlassen würde /74/.

Der Erwartungswert für die Chlorproduktion im Jahre 2000 liegt bei insgesamt 3 Mio t. Unter Berücksichtigung der in Tab. 4.19 angegebenen Verfahrensanteile dürfte der Strombedarf für die Chlorerzeugung im Jahre 2000 somit um rd. 3 TWh niedriger liegen als 1985 mit 11,7 TWh.

Es bleibt anzumerken, daß sich bei den stromintensiven Elektrolyseprozessen Veränderungen in der Jahresproduktion sehr stark auf den Gesamtstromverbrauch der Chemie auswirken. Unterschiede von 300.000 t Chlor pro Jahr bedeuten schon einen Mehr- bzw. Minderverbrauch von rd. 1 TWh. Diese kurzfristigen Schwankungen sind von einem längerfristigen Trend zu unterscheiden.

---

<sup>23</sup> Nachschubprobleme für das Diaphragmenmaterial Asbest (Kanzergenität des Asbeststaubes), legislative Einschränkungen gegenüber dem Einsatz von Quecksilber beim Amalgamverfahren (wie z.B. in Japan) /6/.

Chemische Industrie Chlorelektrolyse		1985		2000	
<b>Chlorproduktion</b>	Mio t	3,49		3,0	
<b>Diaphragmaverfahren</b>					
Anteil	Prozent	35		40	
Produktion	Mio t	1,22		1,2	
spez. Stromverbrauch	kWh/tCl <sub>2</sub>	3000		2700	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		3,66		3,24
<b>Amalgamverfahren (ohne DSA)</b>					
Anteil	Prozent	30		-	
Produktion	Mio t	1,05		-	
spez. Stromverbrauch	kWh/tCl <sub>2</sub>	3700		-	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		3,87		-
<b>Amalgamverfahren (mit DSA)</b>					
Anteil	Prozent	35		40	
Produktion	Mio t	1,22		1,2	
spez. Stromverbrauch	kWh/tCl <sub>2</sub>	3400		3400	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		4,15		4,08
<b>Membranverfahren</b>					
Anteil	Prozent	-		20 <sup>1)</sup>	
Produktion	Mio t			0,6	
spez. Stromverbrauch	kWh/tCl <sub>2</sub>	2300		2300	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		-		1,38
<b>Gesamtstromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>11,68</b>		<b>8,70</b>

1) in Anlehnung an /6/

Tab. 4.19: Beschreibende Kenngrößen zur Chloralkali-Elektrolyse für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

### 3.2.2 Phosphor

Die Phosphorerzeugung findet in der Bundesrepublik nur noch bei einem Hersteller statt. Aufgrund fehlender statistischer Daten wird die Produktion elementaren Phosphors in Anlehnung an /75/ auf ca. 80.000 t für das Jahr 1985 geschätzt; der Bedarf an elektrischer Energie beträgt etwa 1,1 TWh.

Die Erzeugung von Phosphor im elektrischen Reduktionsofen ist ebenfalls ein sehr stromintensiver Prozeß. Nach /6/ wird dieses Verfahren heute nur noch angewandt, um elementaren Phosphor und daraus weitere Phosphorverbindungen zu erzeugen. Zur Herstellung von Phosphorsäure wird heutzutage der energetisch günstigere Weg über den nassen Aufschluß von Rohphosphaten mittels Schwefelsäure gewählt.

Die spezifischen Verbrauchswerte der elektrischen Reduktionsöfen (ca. 14.100 kWh/t Phosphor) sind verfahrenstechnisch relativ fixiert, so daß sich der zukünftige Stromverbrauch an der Produktion orientieren wird.

Ein Großteil der Phosphorproduktion wurde bisher zur Herstellung von Waschmitteln verwendet. Darüber hinaus wird Phosphor zur Herstellung von Back- und Futtermittel, Düngemittel, Insektiziden und Kosmetika benötigt. Aus Gründen der Abwasserbelastung sollen zukünftig verstärkt phosphatfreie Waschmittel auf den Markt gebracht werden, so daß mittelfristig ein Produktionsrückgang auf hier geschätzte 60.000 t erwartet wird. Dies ist mit einem entsprechenden Rückgang des Bedarfes an elektrischer Energie auf etwa 0,8 TWh verbunden.

### 3.2.3 Calciumcarbid

Calciumcarbid wird in der Bundesrepublik derzeit ebenfalls nur noch in einem Werk (Jahreskapazität 288.000 t, /75/) produziert. Der spezifische Stromverbrauch der elektrischen Reduktionsöfen liegt bei etwa 3200 kWh/t  $\text{CaC}_2$ . Verschiedene technische Möglichkeiten gestatten eine geringfügige Reduzierung des spezifischen Wertes, der absolute Stromverbrauch wird aber auch hier entscheidend von der Produktion bestimmt.

Die Carbidindustrie in der Bundesrepublik Deutschland befindet sich seit über 20 Jahren in einem Strukturwandel. Die Carbidproduktion hat kontinuierlich abgenommen. Wurden zu Beginn der '60er Jahre im Durchschnitt noch 1 Mio t  $\text{CaC}_2$  mit einem Stromverbrauch von über 3 TWh hergestellt, so liegen die geschätzten Werte im Jahre 1985 nur noch bei etwa 0,28 Mio t  $\text{CaC}_2$  und rd. 0,9 TWh. Die rückläufige Produktion ist größtenteils auf die Umstellung (carbid)acetylenabhängiger Verfahren auf Prozesse mit Ethylen als Ausgangsstoff zurückzuführen. Für die Zukunft erwartet man eine Fortsetzung dieses Trends, so daß Calciumcarbid bzw. dessen Folgeprodukte nur noch für nichtsubstituierbare Produkte verwendet werden. Der Erwartungswert für das Jahr 2000 liegt bei 200.000 t, der Strombedarf dementsprechend bei 0,6 TWh.

### 3.2.4 Sauerstoff

Die Produktion von Sauerstoff erreichte im Jahre 1985 einen Umfang von rd. 4,3 Mrd Nm<sup>3</sup>. Seit etwa Mitte der '70er Jahre liegt die Produktion in einem Bereich um 4 Mrd Nm<sup>3</sup>.

Bei den bisher beschriebenen anorganischen Produkten findet Strom überwiegend für Elektroöfen bzw. Elektrolyseprozesse Verwendung. Dagegen ist der Elektrizitätseinsatz zur Sauerstofferzeugung den großmotorischen Antrieben zuzuordnen. Für die Sauerstofferzeugung gibt es eine Vielzahl von Verfahren, wobei sich die LINDE-Luftverflüssigung durchgesetzt hat. Der Gesamtstrombedarf liegt je nach Anlagengröße und Auslastungsgrad zwischen 0,55 und 0,77 kWh/Nm<sup>3</sup> Sauerstoff (Reinheit 99,5 %) /76/. Zur Verflüssigung des erzeugten Sauerstoffes wird nochmals etwa eine zusätzliche Energiemenge wie zur Erzeugung benötigt.

Änderungen in der Verfahrenstechnik sind vorerst nicht zu erwarten, so daß auch hier der absolute Stromverbrauch weitestgehend von der Entwicklung der Sauerstoffproduktion abhängig ist.

Als größter Sauerstoffverbraucher sind die Stahlindustrie (Sauerstoffzusatz beim Hochofen, Oxygenstahlwerk) und die Chemie selbst zu nennen. Da für diese Sektoren keine nennenswerte Ausweitung des Sauerstoffeinsatzes gesehen wird, wird für die Zukunft eine Stagnation in etwa auf dem derzeit erreichten Niveau unterstellt. Der Erwartungswert für das Jahr 2000 liegt bei 4 Mrd Nm<sup>3</sup>, der Strombedarf bei 3 TWh gegenüber 3,25 TWh im Jahre 1985.

### 3.2.5 Acetylen

Die Produktion von Acetylen schwankt in der Bundesrepublik Deutschland seit ca. 2 Jahrzehnten um 200.000 t pro Jahr. Im Gegensatz zu den bislang angesprochenen Produkten geschieht die Acetylenproduktion nach verschiedenen, sowohl strom- als auch brennstofforientierten Verfahrenswegen. Aufgrund der hohen Stromintensität ist für den Strombedarf der Acetylenherzeugung die Produktion nach dem Lichtbogenverfahren der Chemischen Werke Hüls entscheidend.

Der spezifische Stromverbrauch liegt bei diesem Verfahren mit ca. 12.400 kWh/t deutlich über dem konkurrierenden Verfahrensweg der partiellen Oxydation. Es wird erwartet, daß bei insgesamt stagnierender Acetylenproduktion das CWH-Lichtbogenverfahren langfristig an Bedeutung verlieren wird. Der Erwartungswert für die Acetylenproduktion auf Basis des Lichtbogenverfahrens liegt für das Jahr 2000 bei 60.000 t, der Strombedarf errechnet sich somit zu 0,74 TWh.

### 3.2.6 Ethylen, Ammoniak, Methanol

Während die bisher aufgeführten fünf Grundstoffprodukte auch in Zukunft den Stromverbrauch der Chemischen Industrie beeinflussen, stehen Ethylen und Ammoniak als Beispiel für den bereits früh einsetzenden Trend zur Einsparung elektrischer Energie bei einzelnen Großverbrauchern, ohne daß der Weg einer Produktionsverlagerung in das Ausland (wie z.B. bei der Ferrosilicium- und Siliciumproduktion) gewählt wurde.

Dem schnellen Anstieg der *Ethylenproduktion* im Verlauf der '60er und '70er Jahre (vgl. *Bild 4.18*) stand eine überproportionale Reduzierung der spezifischen Stromverbrauchswerte gegenüber. Während der Stromverbrauch alter, teilweise noch mit Kolbenkompressoren ausgestatteter Olefin-Cracker bis zu 1800 kWh/t Ethylen betrug, konnte mit dem Zubau von dampfintegrierten Anlagen (der Antrieb erfolgt über Abhitzeverwertung) der spezifische Verbrauch auf einen Restbedarf von 50 - 150 kWh/t Ethylen verringert werden.

Ähnliche Entwicklungsrichtungen finden sich bei der *Ammoniakproduktion*, so daß sich bei diesen beiden, ehemals sehr stromintensiven Produkten selbst größere Verschiebungen der Produktionsmenge zukünftig nicht wesentlich auf den Gesamtstromverbrauch in der Chemischen Industrie auswirken können.

Auch die *Methanolherstellung* ist gekennzeichnet durch die Abkehr von stromintensiven Verfahrenstechniken. Mit dem Übergang von Hochdruckanlagen (450 - 1080 kWh/t Methanol) zu Niederdruckanlagen (ca. 75 kWh/t Methanol) unter Verwendung kupferhaltiger Katalysatoren war eine deutliche Reduzierung des Kraftstrombedarfes verbunden, der somit nur noch untergeordnete Bedeutung hat.

### 3.2.7 Chemiefasern

Im Rahmen der produktbezogenen Analyse bietet es sich weiterhin an, die Produktion von Chemiefasern mit dem vom Statistischen Bundesamt für den Wirtschaftszweig [4090] - Hstg. v. Chemiefasern - ausgewiesenen Stromverbrauch (1,84 TWh im Jahre 1985) zu verbinden. Unter dem Begriff Chemiefasern sind Fasern und Fäden zusammengefaßt, die aus vollsynthetischen Rohstoffen und aus natürlichen Rohstoffen künstlich hergestellt werden [77].

Nachdem sich die Produktion von Chemiefasern in der Bundesrepublik bis Mitte der '70er Jahre kontinuierlich erhöht hat, ist seit 1974 eine anhaltende Stagnation festzustellen. Erst im Jahre 1984 wurde in etwa das Produktionsniveau von 1974 (rd. 0,9 Mio t Chemiefasern) wieder erreicht (*Bild 4.19*). Im Laufe dieser Zeit sind in ganz Westeuropa infolge einer zu optimistischen Markteinschätzung Überkapazitäten entstanden.

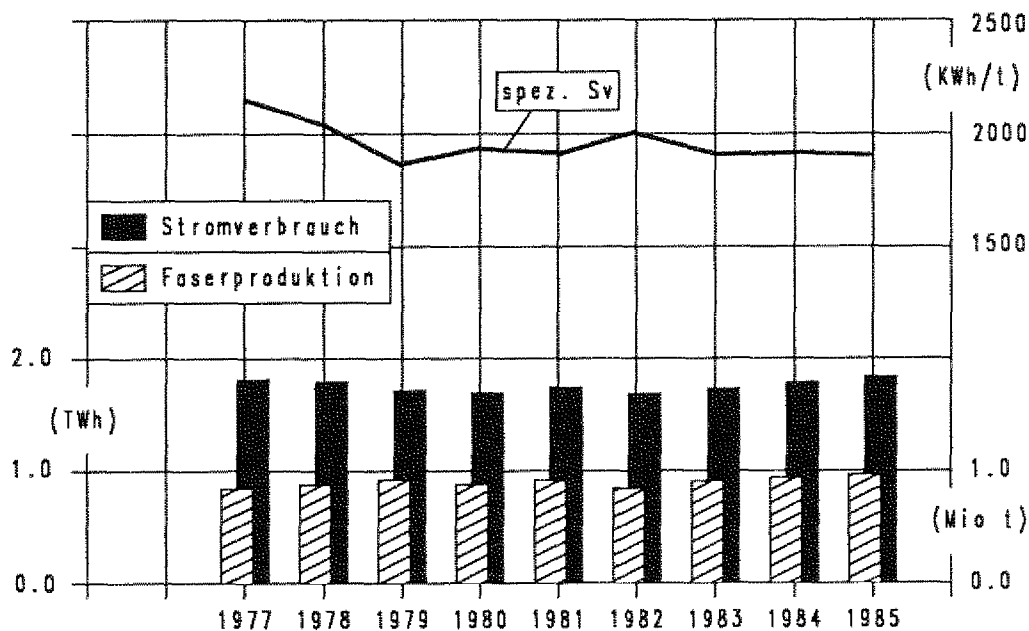


Bild 4.19: Chemiefaserproduktion und Stromverbrauch von 1977 - 1985 [2, 73/

Der spezifische Stromverbrauch - bezogen auf die kumulierte Gesamtproduktion von Chemiefasern - lag im Verlauf der letzten 9 Jahre bedingt durch schwankende Auslastung der Betriebe in einem Bereich von 1900 bis 2000 kWh/t Chemiefasern.

Durch den weltweiten Ausbau der Textilfaserkapazitäten ist damit zu rechnen, daß diese neuen Kapazitäten mittelfristig die bundesdeutschen Exportmöglichkeiten einschränken. Langfristig ist zusätzlich mit einem stärkeren Importdruck zu rechnen.

Insgesamt ist nach [78/ durch eine Orientierung auf höhere Qualitäten zwar eine Beibehaltung des Produktionswertes zu erreichen, die mengenmäßige Produktion dürfte aber eher rückläufig sein. In Anlehnung an [77/ wird dementsprechend für die Chemiefaserproduktion in der Bundesrepublik bis zur Jahrhundertwende ein Rückgang auf etwa 0,75 Mio t erwartet. Der Strombedarf dürfte demnach im Jahre 2000 bei rd. 1,4 TWh liegen.

### 3.2.8 Zusammenfassung der produktspezifischen Betrachtung

Die vorstehend angesprochenen Produkte Chlor, Phosphor, Calciumcarbid, Sauerstoff, Acetylen sowie die kumulierte Chemiefaserproduktion erklären den Stromverbrauch der Chemischen Industrie im Jahre 1985 fast zur Hälfte (vgl. Bild 4.17). Eine weitere Detaillierung des Stromverbrauches auf Basis einzelner Produkte oder Produktgruppen ist aufgrund der Vielfalt und der heterogenen Produktionsstruktur der Chemie im Rahmen dieser Studie nicht sinnvoll, zumal der Beitrag weiterer Produkte jeweils nur geringe Anteile des 'Reststrombedarfes' erklären kann.

Bei weitgehend fixierten spezifischen Stromverbrauchswerten ist der absolute Stromverbrauch zukünftig bei allen beschriebenen Erzeugnissen von der mengenmäßigen Produktionsentwicklung abhängig. Hier ist generell bei allen Produkten eine Stagnation bzw. ein leichter Rückgang von dem Mitte der '80er Jahre erreichten Produktionsniveau zu erwarten. Unter den in Tab. 4.20 nochmals zusammengefaßten Annahmen ist für den produktbezogenen Stromverbrauch bis zur Jahrhundertwende ein Rückgang von rd. 20 TWh (1985) auf etwa 15,3 TWh (2000) möglich.

Als sehr sensitiv erweist sich die Herstellung von Chlor, die unter den angegebenen Voraussetzungen zu über 60 % den erwarteten Stromverbrauchsrückgang bestimmt.

### 3.3 'nichtproduktbezogener' Stromverbrauch

Die wesentlichen elektrischen Prozeßwärme- bzw. Elektrolysestromverbraucher werden mit Ausnahme der Sauerstofferzeugung und Chemiefaserproduktion von den beschriebenen Produkten repräsentiert. Die Differenz zwischen produktbezogenem Stromverbrauch und Gesamtstromverbrauch von 22,8 TWh diente im Jahre 1985 überwiegend zur Bereitstellung von Antriebskraft. Licht und weitere, mit geringeren spezifischen Stromverbrauchswerten verbundene elektrotechnologische Verfahren dürften hiervon nur einen Anteil von ca. 10 % ausmachen (vgl. /5/).

Die zukünftige Entwicklung des unter 'nichtproduktbezogen' zusammengefaßten Stromverbrauches (22,8 TWh im Jahre 1985) ist mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Die erkennbaren Tendenzen zu veredelten Produkten, Restproduktaufarbeitung sowie verstärkte innerbetriebliche Recyclingbemühungen und erhöhte Umweltschutzaufgaben lassen ein weiteres Ansteigen des Kraftstrombedarfes erwarten. Nach Einschätzung von Energiefachleuten aus der Chemischen Industrie wird als mögliche Größenordnung eine Steigerung des Kraftstrombedarfes um insgesamt etwa 15 % bis zum Jahre 2000 erachtet. Hierbei ist berücksichtigt, daß nach den in dieser Studie vorgenommenen Abschätzungen beim Kraftstrombedarf ein Einsparpotential durch verstärkten Einsatz frequenzgesteuerter Antriebe von etwa 1 TWh zu erwarten ist (vgl. Kap. 3.1).

Neue Anwendungen der Elektroprozeßenergie, die mit hohen spezifischen Stromverbrauchswerten und großem Produktionsvolumen verbunden wären, sind derzeit nicht zu erkennen.

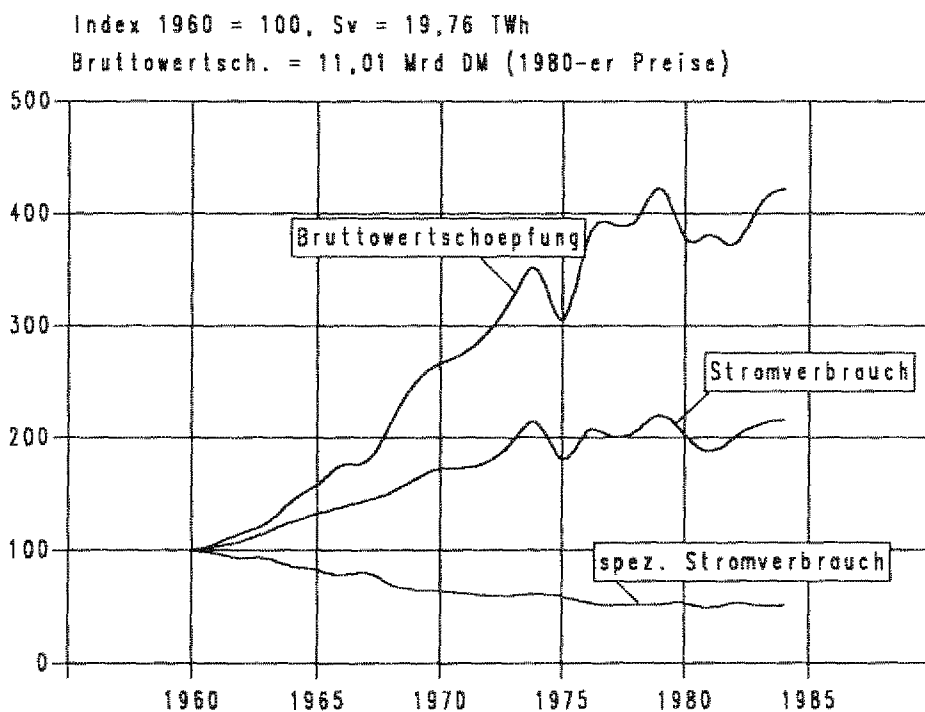
Als denkbare Größenordnung für die zukünftige Entwicklung des 'nichtproduktbezogenen' Stromverbrauches wird in dieser Studie somit eine Steigerung um insgesamt 15 % bis zum Jahre 2000 unterstellt. Dies würde bei diesem Stromanteil einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von weniger als 1 % auf etwa 26 TWh entsprechen.

#### 4. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung

Der Stromverbrauch zur Herstellung chemischer Produkte hat sich seit 1960 mehr als verdoppelt. Er ist von 1960 (etwa 20 TWh) bis 1974 um durchschnittlich etwa 5,5 % pro Jahr auf 42,2 TWh angewachsen. Maßgeblich hierfür waren im wesentlichen die gestiegene Nachfrage nach chemischen Grundstoffprodukten und der gestiegene Automatisierungsgrad der Produktion.

Seit dem Jahre 1974 ist der Strombedarf in der Chemischen Industrie deutlich von konjunkturellen Schwankungen geprägt (*Bild 4.20*). Zusätzlich spielen Sättigungserscheinungen bei der Nachfrage nach einigen chemischen Grundstoffprodukten und verstärkte Bemühungen zur Strom einsparung eine Rolle. Mit der gesamtwirtschaftlichen Belebung seit dem Jahre 1982 ist für die Chemie wieder ein Stromverbrauchsanstieg von 37,4 TWh (1982) auf 42,8 TWh (1985) zu verzeichnen.

Der spezifische Stromeininsatz (hier bezogen auf die Bruttowertschöpfung) zeigt eine kontinuierlich abnehmende Tendenz. Dies verdeutlicht die zunehmende Entkopplung von Strom- und Wirtschaftswachstum in dieser Branche.



*Bild 4.20:* Entwicklung des Stromverbrauches und der Bruttowertschöpfung in der Chemie von 1960 - 1985 /1, 3/

## 5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Unter den beschriebenen Annahmen und Voraussetzungen ergibt sich bis zum Ende dieses Jahrhunderts in der Chemischen Industrie ein Strombedarfsniveau von rd. 41,6 TWh, das somit leicht unterhalb des derzeitigen Stromverbrauches von 42,9 TWh liegen wird. In der nachfolgenden *Tab. 4.20* sind die Erwartungen hinsichtlich der Produktions- und Strombedarfsentwicklung für das Jahr 2000 im Vergleich zu 1985 gegenübergestellt.

Es zeigt sich, daß der erwartete Rückgang des Elektrizitätseinsatzes für stromintensive Produkte durch einen Anstieg des 'nichtproduktbezogenen' Stromverbrauches (überwiegend Kraftstrombedarf) in etwa kompensiert werden könnte.

Chemische Industrie [40]		1985		2000	
Chlor Produktion berechneter Stromverbrauch <sup>1,2)</sup>	10 <sup>6</sup> t	3,493		3,0	
	TWh		11,68		8,70
Phosphor Produktion spez. Stromverbrauch result. Stromverbrauch	10 <sup>6</sup> t	0,080		0,060	
	kWh/t TWh	14.100	1,13	14.100	0,85
Calciumcarbid Produktion spez. Stromverbrauch result. Stromverbrauch	10 <sup>6</sup> t	0,280 <sup>2)</sup>		0,200	
	kWh/t CaC <sub>2</sub> TWh	3.200	0,89	3.000	0,6
Sauerstoff Produktion spez. Stromverbrauch result. Stromverbrauch <sup>3)</sup>	10 <sup>9</sup> Nm <sup>3</sup>	4,347		4,0	
	kWh/Nm <sup>3</sup> TWh	0,65	3,25	0,65	3,0
Acetylen Produktion Produktion CWH <sup>4)</sup> spez. Stromverbrauch result. Stromverbrauch	10 <sup>6</sup> t	0,208		0,150	
	10 <sup>6</sup> t kWh/t C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> TWh	0,100 <sup>5)</sup> 12.400	1,24	0,06 12.400	0,74
Chemiefasern Produktion Stromverbrauch res. spez. Stromverbrauch	10 <sup>6</sup> t	0,966		0,750	
	TWh kWh/t	1.909	1,84	1.900	1,42
produktbezogener Stromverbrauch	TWh		20,03		15,31
nichtproduktbezogener Stromverbrauch	TWh		22,85		26,28
Gesamtstromverbrauch	TWh		42,88		41,59

1) Bandbreite des spez. Stromverbrauches je nach Verfahren 2400 - 3700 kWh/t Chlor

2) geschätzt bei einer Kapazität von 0,288 Mio t Calciumcarbid

3) davon 15 Prozent verflüssigt mit rd. 1,3 kWh/Nm<sup>3</sup>

4) Chemische Werke Hüls, Lichtbogenverfahren

5) nach Auskunft Chemische Werke Hüls

Tab. 4.20: Produktion und Stromverbrauch in der Chemie für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

<b>4.1.8 Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung.....</b>	<b>141</b>
1. Überblick.....	141
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	142
3. Stromeinsatz.....	144
3.1 Detaillierung nach Hauptpapiersorten.....	144
3.2 Spezifischer Stromverbrauch.....	147
4. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung.....	149
5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	150



## Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung

### 1. Überblick

Die Zellstoff-, Papier- und Pappeindustrie kann als zweistufige Branche angesehen werden. Sie umfaßt sowohl die Herstellung der Ausgangsstoffe (Zellstoff, Holzschliff) als auch die eigentliche Weiterverarbeitung dieser Vorprodukte zu Papier und Pappe. Dies geschieht zum Teil im Produktionsverbund, man spricht dann von integrierten Betrieben.

Die überaus starke Nachfrage nach Papier- und Pappprodukten hat den Endenergiebedarf der Zellstoff-, Holzschliff-, Papier- und Pappeerzeugung - im folgenden vereinfachend Papiererzeugung genannt - bis gegen Ende der '70er Jahre deutlich ansteigen lassen. Mit rund 3,6 Mio t SKE zählte diese Branche im Jahre 1985 zu den bedeutenden industriellen Endenergieverbrauchern. Der Strombedarf lag bei 9,3 TWh, das entsprach knapp 6 % des gesamten Industriestromverbrauches. Der relative Anteil der Elektrizität am brancheninternen Endenergieeinsatz beträgt knapp ein Drittel, dies unterstreicht die Bedeutung dieses Energieträgers für die einzelnen Betriebe.

Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung

[55]

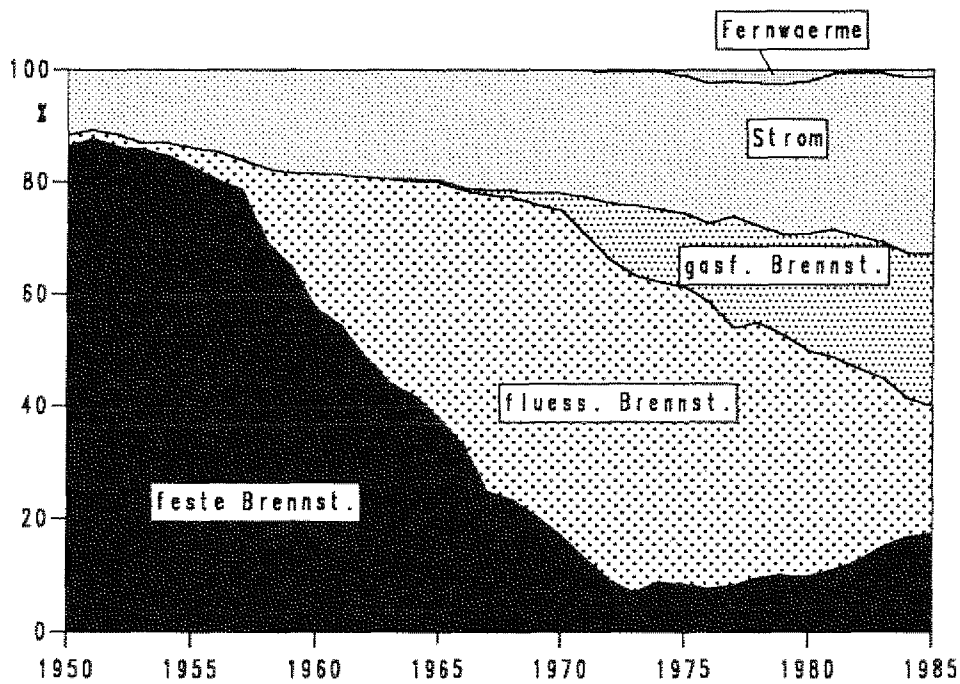
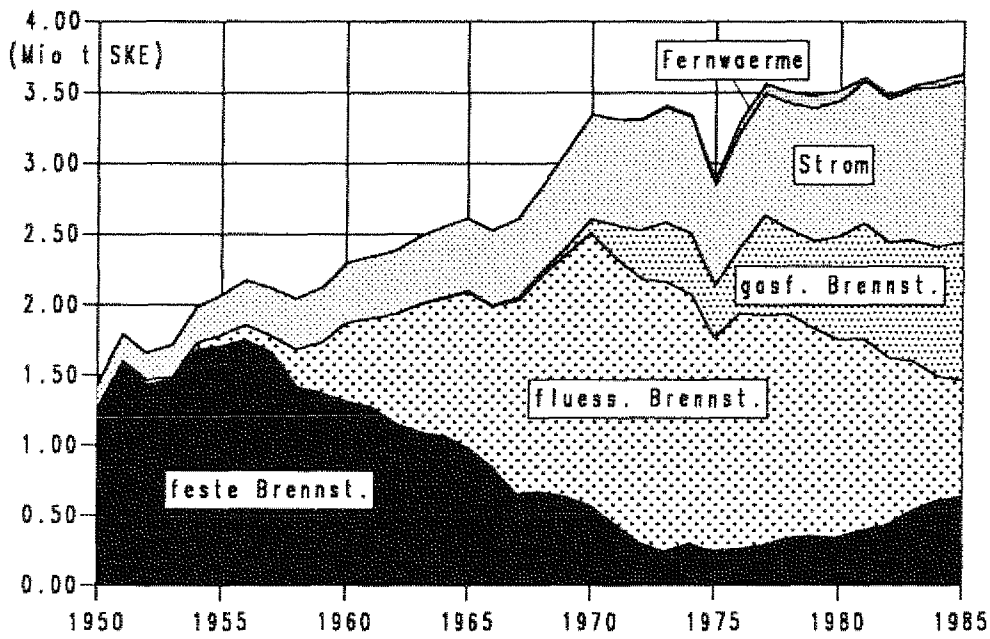
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	3,63		106,4
Stromverbrauch	1,14	9,3	33,5
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		31,5 %	
Stromanteil am gesamten Industriestrom- verbrauch		5,9 %	

(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

Die Papiererzeugung benötigt als Prozeßenergie hauptsächlich Heißluft, Dampf und Strom. Während Elektrizität in erster Linie den Kraft- bzw. Lichtbedarf abdeckt, dienen die fossilen Energieträger überwiegend zur Dampferzeugung. In den letzten Jahren ist zusätzlich eine verstärkte Nutzung von Abfällen aus der Produktion, wie Laugen, Rinden und Schlämme zu verzeichnen, die in *Bild 4.21* aufgrund der Erfassungssystematik der Energiebilanz nicht berücksichtigt werden. Die verstärkte Restproduktnutzung dürfte u.a. auch ausschlaggebend dafür sein, daß sich der im nachstehenden *Bild 4.21* dargestellte Endenergieverbrauch der Branche seit dem Einbruch im Jahre 1975 im Gegensatz zur Papier- und Pappeproduktion nicht mehr wesentlich erhöht hat. Seit den letzten Jahren ist eine Stagnation des Endenergieverbrauches im Bereich um 3,5 Mio t SKE erkennbar.

Seit 1955 haben sich erhebliche Anteilsverschiebungen innerhalb der Endenergieträger vollzogen. Steinkohle wurde durch schweres Heizöl und dieses wiederum durch Erdgas substituiert. Gleichzeitig konnte die Elektrizität sowohl ihren Marktanteil als auch den absoluten Verbrauch stetig ausweiten.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.21: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur in der Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung [55] von 1950 - 1985

### 3. Stromeinsatz

Bei der Zellstoff, Papier und Pappe erzeugenden Industrie handelt es sich um einen ausgesprochenen Kraftstromverbraucher. Im Jahre 1982 entfielen nach repräsentativen Erhebungen /5/ 96,7 % des gesamten Stromverbrauches auf diese Anwendung. In der Zellstoff- und Holzschliffherstellung liegen verfahrenstechnische Schwerpunkte für den Stromeinsatz bei den Stoffförderungs-, Zerkleinerungs- und Schleifprozessen. Bei der Papier- und Pappeherstellung wird elektrische Energie zur Stoffaufbereitung (Mahlen, Zerkleinern, Mischen, Pressen), zum Antrieb der eigentlichen Papiermaschinen sowie für Transport- und Lüftungszwecke benötigt.

#### 3.1 Detaillierung nach Hauptpapiersorten

Der Ausgangsstoff für die Papier- und Pappeherstellung setzt sich aus den drei Basiskomponenten Zellstoff, Holzschliff, Altpapier sowie Lumpen und Füllstoff zusammen. Die Gesamtproduktion der Papier- und Pappeindustrie läßt sich nach der statistischen Erfassung des Verbandes der deutschen Papierfabriken, VDP /79/ in sechs Hauptpapiersorten unterteilen, die ihrerseits weiter aufgefächert sind. Hauptpapiersorten sind:

- graphische Papiere
- Papier für Verpackungszwecke
- Karton und Pappe für Verpackungszwecke
- Hygiene-Papiere
- Technische und Spezial-Papiere
- Technische und Spezial-Pappen

Je nach Funktion und Qualität des zu produzierenden Papiers unterscheidet sich die Zusammensetzung und Behandlung für die sechs Hauptpapiersorten und dementsprechend auch die rechnerische Kombination der spezifischen Stromverbrauchswerte bis zum Endprodukt. Die energetische Statistik unterteilt nicht nach Sparten bzw. Papiersorten, so daß zur Detaillierung des Stromverbrauches eine Rekonstruktion mit den jeweiligen spezifischen Stromverbrauchswerten und den Produktionsangaben des VDP erforderlich ist.

In Anlehnung an die ausführlichen Arbeiten von /6, 80/ sind in *Bild 4.22* repräsentative spezifische Verbrauchswerte zur Stoffbereitstellung (ohne Zellstoffproduktion) und zur eigentlichen Papier- und Pappeerzeugung für die sechs Hauptpapiersorten dargestellt.

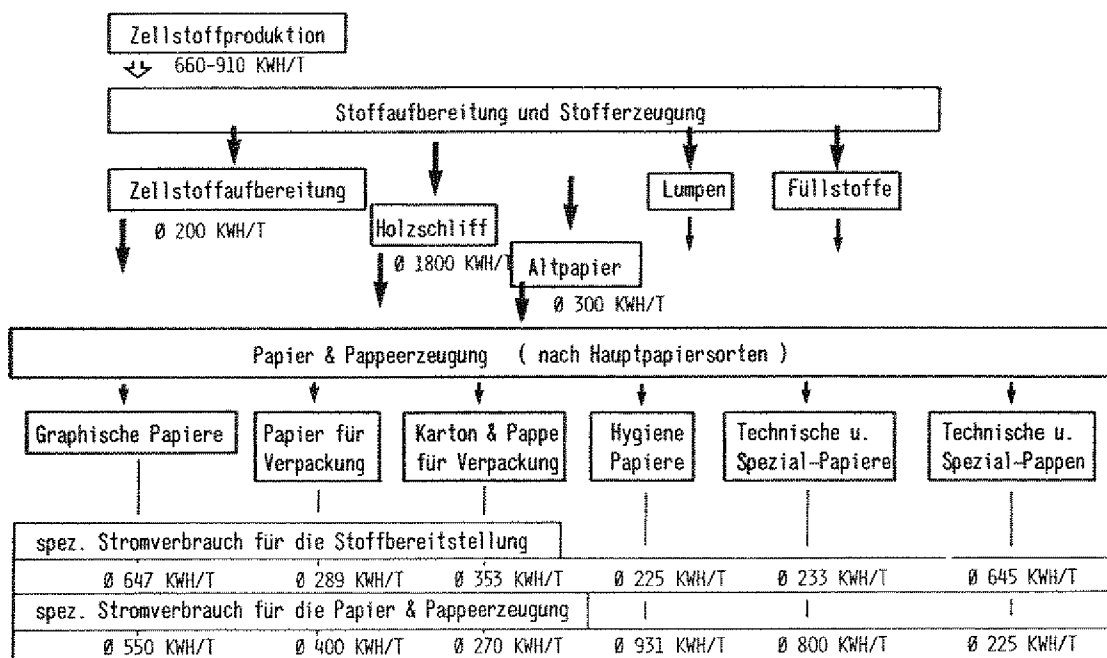


Bild 4.22: Produktionsstruktur und spezifische Stromverbrauchswerte in der Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung /in Anlehnungen an 6, 80/

Die Hochrechnung der spezifischen Stromverbräuche unter Berücksichtigung der jeweils produzierten Papier- und Pappemengen zeigt eine hinreichende Genauigkeit mit dem für die Gesamtbranche ausgewiesenen statistischen Stromverbrauch. Die entsprechenden Werte für das Jahr 1984<sup>24</sup> sind in Tab. 4.21 dargestellt. Mit den hier verwendeten spezifischen Stromverbrauchswerten errechnet sich ein Gesamtstromverbrauch von rd. 9 TWh für Stoffbereitstellung und Papiererzeugung, wobei ein deutlicher Schwerpunkt bei der Herstellung von graphischen Papieren mit etwa 5,5 TWh liegt. Unter Berücksichtigung der heimischen Zellstoffproduktion von 0,66 Mio t und den entsprechenden spezifischen Verbrauchswerten (vgl. Tab. 4.22) ergibt sich ein zusätzlicher Stromeinsatz von rd. 0,6 TWh, der schließlich zu einem berechneten Gesamtstromverbrauch von etwa 9,5 TWh für die Papierindustrie führt. Dieser Wert weicht nur um 0,3 TWh von der statistischen Angabe für das Jahr 1984 (9,2 TWh) ab.

<sup>24</sup> Aufgrund der geänderten statistischen Erfassung seitens des VDP im Jahre 1985, wird hier beispielhaft die Detaillierung des Stromverbrauches für das Jahr 1984 angegeben.

	spez. Sv. für Stoffbereit- stellung	spez. Sv. für Papier- u. Pappeprod.	Papier- u. Pappe- produktion 1984	result. Stromver- brauch
	[kWh/t]	[kWh/t]	[Mio t]	[TWh]
Graphische Papiere	647	550	4,58	5,48
Papiere für Verpackung	289	400	2,13	1,47
Kartons für Verpackung	353	270	1,33	0,82
Hygiene-Papiere	225	931	0,61	0,70
Spezial-Papiere	233	800	0,39	0,40
Spezial-Pappen	645	225	0,09	0,08
Teilsomme			9,14	8,98
Papierzellstoff <sup>1)</sup>			(0,66)	(0,58)
<b>Gesamtstromverbrauch</b>				<b>9,56</b>

1) vgl. Tab. 4.22 zu der Papierzellstofferzeugung

Tab. 4.21: Detaillierung des Stromverbrauches in der Papier- und Pappeproduktion nach Hauptsorten für das Jahr 1984 /79, 80/

Papierzellstoff- erzeugung	Produktion 1984 [1000 t]	spez. Sv [kWh/t]	Strombedarf [TWh]
Halbzellstoff	77,4	660	0,051
Sulfitzellstoff, ungebleicht	6,4	810	0,005
„ „ , angebleicht	62,9	860	0,054
„ „ , gebleicht	513,4	910	0,467
<b>Papierzellstoff insges.</b>	<b>660,2</b>	<b>φ 810</b>	<b>0,577</b>

Tab. 4.22: Detaillierung des Stromverbrauches in der Papierzellstofferzeugung für das Jahr 1984 /79, 80/

### 3.2 Spezifischer Stromverbrauch

Der spezifische Stromverbrauch, kumuliert über alle Fertigungsstufen und Produkte, lag 1985 bei etwa 1020 kWh pro Tonne Papier und Pappe. Er schwankte zwischen den Jahren 1960 und 1985 in einem Bereich zwischen 1000 kWh/t und 1100 kWh/t (Bild 4.23). In der Entwicklung verzeichnete der spezifische Stromverbrauch bis zum Jahre 1971 einen trendmäßigen Anstieg, der sich u.a. durch leistungsstärkere Papiermaschinen, zunehmende Mechanisierung sowie verstärkten Umweltschutz erklärt. Danach ist wieder eine abfallende Tendenz zu erkennen, die wesentlich auf verbesserter Steuerung der Papiermaschinen und teilweise auch schon auf effizientere Nutzung der Antriebstechnik zurückzuführen ist.

Auffallend ist die Schwankungsbreite der spezifischen Stromverbrauchswerte, die sich hauptsächlich in der unterschiedlichen Kapazitätsauslastung der Betriebe begründet. Jährliche sprunghafte Veränderungen des spezifischen Verbrauches im Bereich von 30 - 60 kWh/t Papier und Pappe sind nicht unüblich.

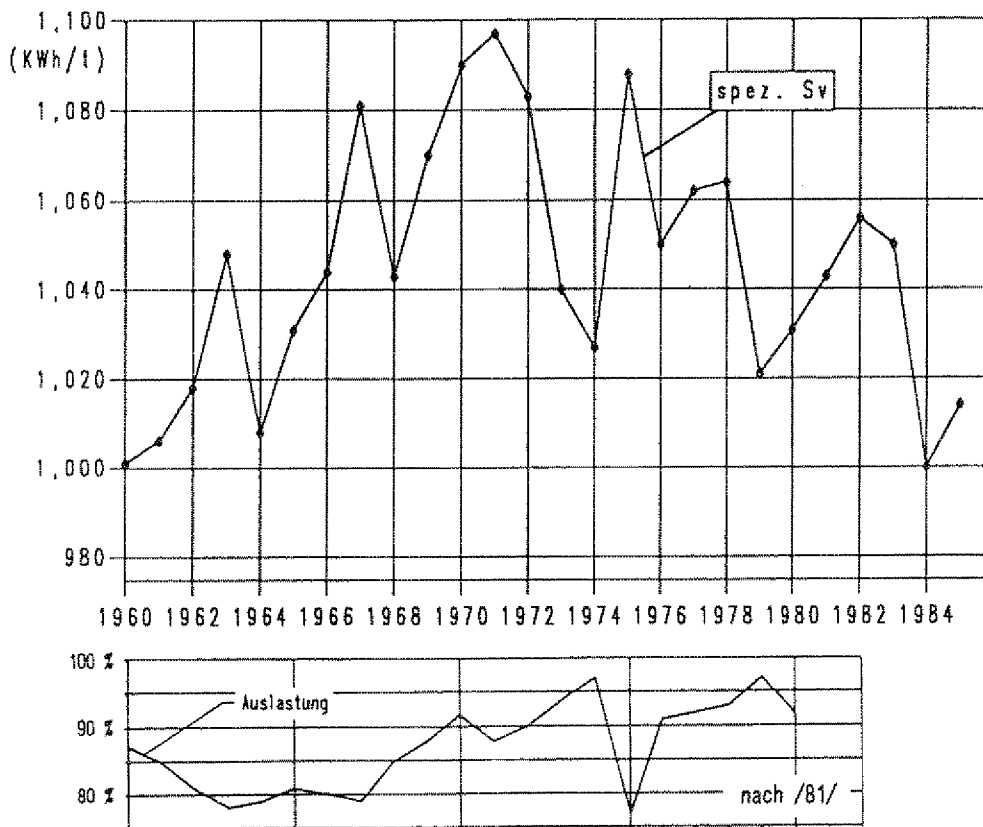


Bild 4.23: Entwicklung des spezifischen Stromverbrauches in der Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung von 1960 - 1985 /1, 79, 81/

Vor diesem Hintergrund zeigt sich, daß die zukünftige Entwicklung des spezifischen Stromverbrauches in der Papierindustrie hinreichend genau auf dem Niveau der Gesamtbranche abgeschätzt werden kann. Allerdings sollten Aussagen zum erwarteten spezifischen Stromverbrauch auch Verschiebungen der Produktionsstruktur sowie Änderungen der jeweiligen spezifischen Verbrauchswerte berücksichtigen. Im folgenden werden die Ergebnisse einer detaillierten Darstellung /nach 80/ diskutiert.

Betrachtet man zunächst die bisherige Entwicklung der Hauptpapiersorten, so zeigt sich ein konstanter Trend zu steigenden Anteilen der Graphischen-, Hygiene- und Spezial-Papiere. Man erwartet, daß dieser als Spezialisierung auf höhere Qualitäten zu interpretierende Trend auch zukünftig anhalten wird. Eine mögliche Änderung der Produktionsstruktur würde bis Mitte der '90er Jahre eine Erhöhung des durchschnittlichen spezifischen Stromverbrauches zur Papier- und Pappeerzeugung von rd. 15 kWh/t Papier und Pappe nach sich ziehen /6, 80/. Der dieser veränderten Struktur entsprechende Stoffeinsatz würde eine weitere Erhöhung um ca. 10 kWh/t Papier und Pappe bedingen. Hierbei geht man u.a. davon aus, daß zukünftig der Holzstoff- und Altpapieranteil gegenüber dem Zellstoffanteil leicht zunehmen wird.

Für die heimische Zellstoffproduktion - nur rd. ein Drittel der benötigten Menge wird in der Bundesrepublik produziert - wird kein bedeutender Produktionsanstieg gesehen.

Seitens der Technik sind keine fundamentalen Änderungen zu erwarten. Zukünftig dürfte eher ein verstärktes Bemühen zur Modifizierung und Verbesserung vorhandener Produktionstechniken vorherrschen. Mögliche spezifische Einsparungen an elektrischer Energie könnten sich beispielsweise bei Umrüstung der Holzschliffverfahren sowie generell bei den Mahlverfahren (durchschnittlich ca. 30 kWh/t Papier) ergeben, wobei jeweils mit unterschiedlichen Marktdurchdringungspotentialen zu rechnen ist. Des weiteren besteht nach den Ausführungen von *Kap. 3.1* ein zusätzliches Einsparpotential im Bereich der Antriebstechnik, das rein rechnerisch bei bis zu etwa 40 kWh/t Papier und Pappe liegen dürfte.

Zusammenfassend läßt sich für die mögliche Entwicklung der spezifischen Stromverbrauchswerte sagen, daß einer leichten Erhöhung aufgrund von Produktionsstruktureffekten ein verstärkter Rückgang aufgrund technischer Einsparmaßnahmen gegenübersteht. Nach den vorangestellten Überlegungen wird bis zur Jahrhundertwende ein durchschnittlicher Wert von etwa 1000 kWh/t Papier und Pappe unterstellt.

#### 4. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung

In Bild 4.24 ist die Entwicklung des Stromverbrauches und der Produktion von Papier und Pappe dargestellt. Mit Ausnahme zum Zeitpunkt der ersten Ölpreisverteuerung zeigt sich ein äußerst kontinuierlicher Anstieg der kumulierten Papier- und Pappeproduktion auf 9,17 Mio t im Jahre 1985. Der absolute Stromverbrauch folgt dieser Entwicklung, wobei die enge Anbindung des Stromverbrauches an die Produktionsmenge deutlich wird.

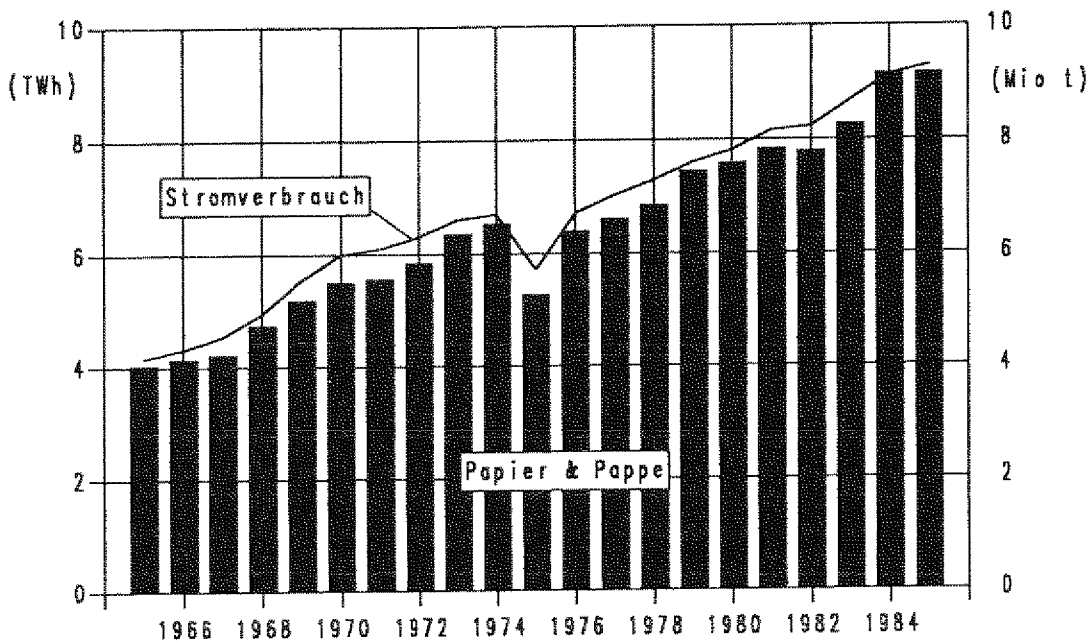


Bild 4.24: Stromverbrauch, Papier- und Pappeproduktion in der Zellstoff-, Papier- und Pappeerzeugung [55] von 1950 - 1985 /1, 79/

Es gibt Anzeichen dafür, daß die zukünftige längerfristige Wachstumsentwicklung der in Gewichtseinheiten erfaßten Produktion nicht die Dynamik der Vergangenheit beibehält, sondern sich eher ein leichtes Wachstum auf hohem Produktionsniveau ergeben könnte.

Die europaweite Entstehung von Überkapazitäten in bestimmten Sortenbereichen läßt bei einer ausgeprägten Außenhandelsverflechtung zunehmenden Konkurrenzdruck erwarten. Schon 1985 überstieg die Einfuhr von Papier und Pappe mit 4,3 Mio t den Export von 2,9 Mio t Papier und Pappe deutlich. Im Inlandsmarkt sind die Entwicklungen in den der Papier und Pappe nachgelagerten *erzeugenden* Wirtschaftszweigen, insbesondere der Papier- und Pappe *verarbeitenden* Industrie, sowie im Bereich der Druckerzeugnisse zu beachten. Hier sind Tendenzen zu erkennen, die die längerfristigen Produktionsausweitungen der Papierindustrie gedämpft erscheinen lassen. Restriktiv auf Produktionsausweitungen werden sich weitgehend gesättigte Märkte der privaten

Nachfrage, eine leicht rückläufige Bevölkerungsentwicklung sowie das Vordringen elektronischer Kommunikations- und Informationsmittel auswirken. Letzteres dürfte besonders den Papierkonsum im Geschäftsbereich zurückdrängen. Einen positiven Einfluß auf die Papiererzeugung dürfte die Ausweitung von Verpackungsmaterial in den Wachstumsbranchen vor allem des Investitionsgütergewerbes (z.B. Elektrotechnik, EDV-Anlagen) nehmen.

Insgesamt wird im Jahre 2000 für Papier und Pappe ein Produktionsvolumen in der Bandbreite zwischen 9 und 10 Mio t geschätzt, die erwartete Produktionsmenge beträgt 9,5 Mio t.

### 5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Unter den beschriebenen Voraussetzungen würde sich für die Papierindustrie bis zur Jahrhundertwende ein Strombedarf im Bereich um 9,5 TWh ergeben. Dies würde nur geringfügig über dem derzeitigen Verbrauch liegen. Hauptgründe für die erwartete Entwicklung liegen in einem leicht rückläufigen spezifischen Stromverbrauch bei mittelfristig nur geringer Produktionsausweitung.

Es bleibt anzumerken, daß bei diesem hohen Produktionsniveau Schwankungen im Bereich von 0,5 Mio t Papier und Pappe sowie im Bereich des spezifischen Verbrauches von 50 kWh/t Papier und Pappe schon einen Mehr- bzw. Minderverbrauch von etwa 0,5 TWh entsprechen.

Zellstoff-, Holzschliff-, Papier- und Pappeerzeugung [55]		1985		2000	
		Papier und Pappe- erzeugung	Mio t	9,17	
result. spez. Stromverbrauch	kWh/t	1014		1000	
<b>Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>9,3</b>		<b>9,5</b>

1) Mittelwert der erwarteten Bandbreite von 9,0 - 10,0 Mio t

Tab. 4.23: Produktion und Stromverbrauch der Zellstoff-, Papier und Pappeerzeugung [55] für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

<b>4.1.9 Gummiverarbeitung .....</b>	<b>153</b>
1. Überblick.....	153
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	154
3. Stromeinsatz und Produktionsentwicklung.....	156
4. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	157



# Gummiverarbeitung

## 1. Überblick

Die Gummiverarbeitung gehört aus energetischer Sicht zu den kleineren Branchen des Verarbeitenden Gewerbes. Der Energieverbrauch betrug im Jahre 1985 etwa 0,78 Mio t SKE, dies entsprach einem Anteil von rd. 1 % am gesamten industriellen Endenergieverbrauch. Mit 1,7 TWh lag der sektorale Stromverbrauch ebenfalls in dieser prozentualen Größenordnung zum Gesamtstromverbrauch.

Obgleich Zulieferer für fast alle anderen Industriezweige, ist der wesentliche Einsatzbereich für Gummierzeugnisse das Kraftfahrzeug. Schwerpunkt bilden hier bei einer Betrachtung auf Gewichtsbasis die Erstausrüstungs- und Ersatzreifen. Neben Reifen sind weitere Produkte der Elastomerverarbeitung Weich- und Hartgummiwaren, Beschhlmaterial etc., die nach /82/ unter dem Begriff der *technischen* und *sonstigen Gummierzeugung (TSG)* zusammengefaßt werden.

### Gummiverarbeitung

[59]

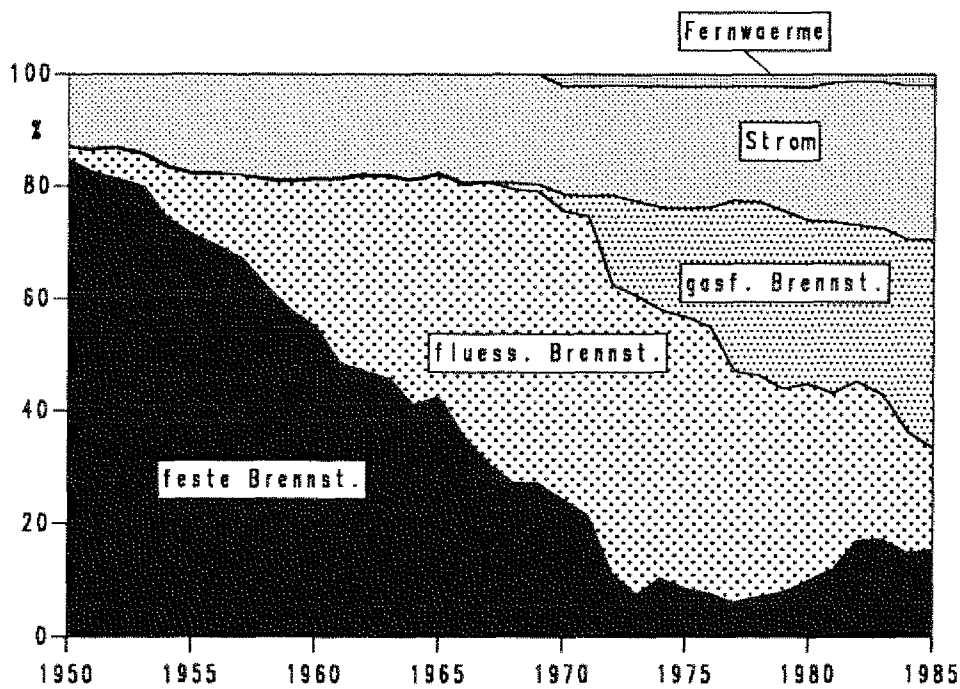
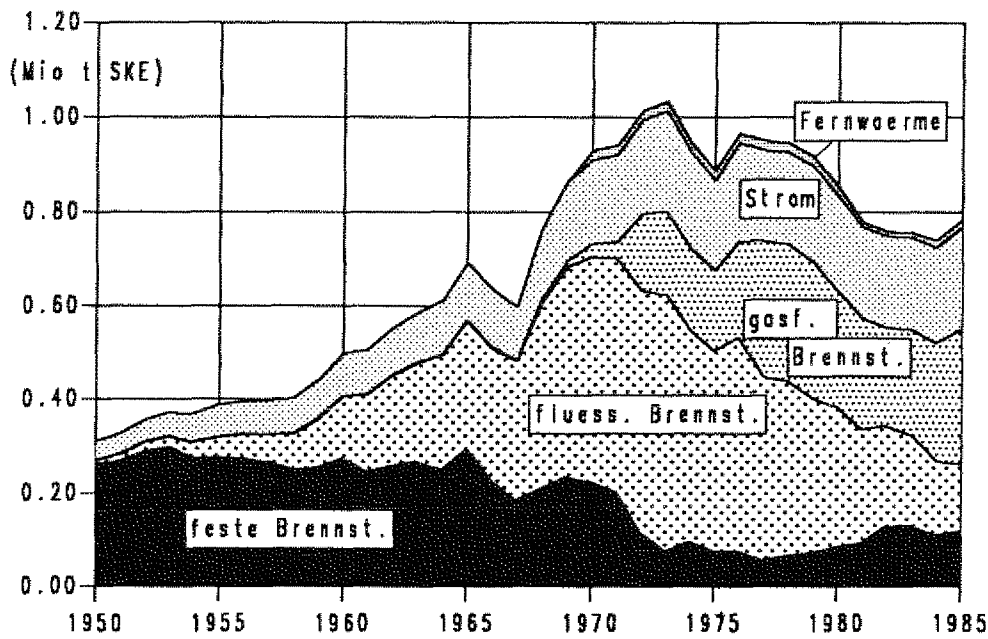
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	0,78		22,9
Strom	0,22	1,76	6,3
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		27,5 %	
Stromanteil am gesamten Industriestromverbrauch		1,1 %	

(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

In *Bild 4.25* ist die Entwicklung des Endenergieverbrauches nach Energieträgern im Verlauf der letzten 35 Jahre dargestellt. Die Gummiverarbeitung konnte bis zur ersten Ölpreiserhöhung einen deutlichen Anstieg des Energieeinsatzes auf knapp über 1 Mio t SKE verzeichnen. Danach ist wieder eine abfallende Tendenz zu erkennen, die sich bei in etwa konstanter Produktion hauptsächlich in Rationalisierungsanstrengungen und somit erhöhter Produktivität begründen dürfte. Die Entwicklung der einzelnen Endenergieträger zeigt auch in dieser Branche den für den überwiegenden Teil der Industrie typischen Substitutionsverlauf.

Bei kontinuierlichem Anstieg des relativen Stromanteiles (1985: über 25 %), dessen Anteilsgewinn seit Mitte der '70er Jahre aber vornehmlich auf den insgesamt rückläufigen Endenergieverbrauch zurückzuführen ist, konnte der absolute Stromverbrauch im Jahre 1985 mit 1,75 TWh erstmals wieder den bisherigen Höchststand aus dem Jahre 1973 (1,73 TWh) erreichen.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.25: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur in der Gummiverarbeitung [59] von 1950 - 1985

### 3. Stromeinsatz und Produktionsentwicklung

Der Stromeinsatz in der Gummiverarbeitung dient in erster Linie zur Deckung des Kraftbedarfes, hierbei sind die Gummimischanlagen mit relativ hohen Anschlußleistungen als Hauptverbraucher zu nennen. Elektrische Erwärmungs- bzw. Schmelzverfahren haben, wie der Strombedarf für Beleuchtungszwecke, nur untergeordnete Bedeutung (nach /12/ zusammen etwa 10 %).

Zur Bildung eines spezifischen Stromverbrauchswertes bietet es sich an, als Referenzgröße die vom Wirtschaftsverband der deutschen Kautschukindustrie /82/ gewichtsmäßig ausgewiesene Produktion von Bereifungen und TSG zu wählen. Die kumulierte Produktionsmenge dieser beiden Größen stieg von etwa 0,5 Mio t (1960) auf rd. 1 Mio t im Jahre 1985. Hierbei lag der Wachstumsschwerpunkt der Produktion im Verlauf der '60er Jahre. Danach machte sich sowohl die Substitutionskonkurrenz von seiten der Kunststoffe bemerkbar, als auch das ständige Bemühen der Branche, die verwendeten Werkstoffmengen zu reduzieren.<sup>25</sup>

Der mit der kumulierten Gummiproduktion gebildete spezifische Stromverbrauchswert hat sich seit 1978 um etwa 10 % erhöht und liegt derzeit bei 1767 kWh/t.

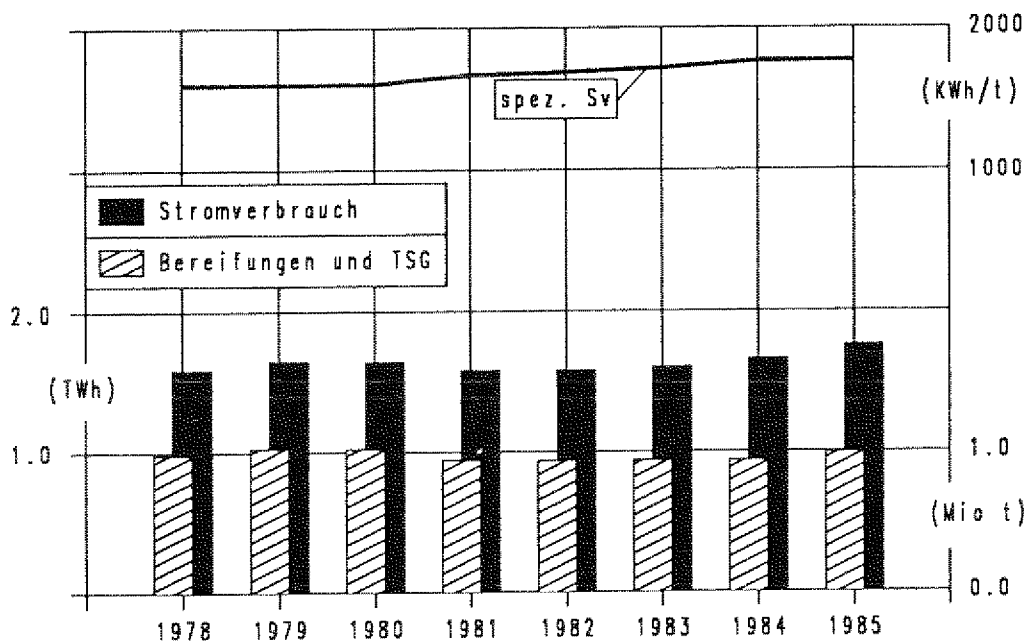


Bild 4.26: Entwicklung des Stromverbrauches und der Gummiproduktion in der Gummiverarbeitung [59] von 1978 - 1985 /1, 82/

<sup>25</sup> Hier sind deutliche Parallelen zum Bereich der Gießereiindustrie zu erkennen.

Für die Zukunft deutet nichts auf eine gravierende Veränderung des bisherigen Trends hin. Nach /83/ besteht ein geringfügiges Einsparpotential im Bereich des in dieser Branche dominierenden Kraftbedarfes, dies deckt sich mit den Ausführungen zu den Entwicklungsmöglichkeiten in der Antriebstechnik (vgl. Kap. 3.1). Der zukünftige Strombedarf wird somit auch in dieser Branche entscheidend durch die Produktion bestimmt.

Die mengenmäßigen Wachstumsaussichten der Gummiverarbeitenden Industrie werden hauptsächlich durch die Nachfrage nach Reifen und TSG seitens der Kraftfahrzeugindustrie geprägt. Im Bereich der Bereifungen wird bis zur Jahrhundertwende eine stagnierende bzw. nur noch leicht steigende Produktionsentwicklung unterstellt (vgl. /84/). Für den Bereich der technischen und sonstigen Elastomererzeugnisse wird ebenfalls keine wesentliche Produktionsausweitung erwartet.

#### 4. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Unter den beschriebenen Annahmen würde sich der Stromverbrauch in der Gummiverarbeitung bis zur Jahrhundertwende nur unwesentlich von 1,76 TWh (1985) auf rd. 2 TWh erhöhen. Insgesamt werden keine bedeutenden Abweichungen von der seit etwa 10 Jahren relativ gleichgebliebenen Entwicklung erwartet. Die entsprechenden Werte für die Jahre 1985 und 2000 sind in Tab. 4.24 im Vergleich gegenübergestellt.

Schwankungen in der Elastomerproduktion von 0,1 Mio t sowie Unsicherheiten in der zukünftigen Entwicklung des spezifischen Stromverbrauches im Bereich um 200 kWh/t entsprechen einer Veränderung des Stromverbrauches von etwa 0,2 TWh und stellen somit keine besonders sensitiven Größen dar.

Gummiverarbeitung [59]		1985		2000	
		Bereifungen	Mio t	0,56	
TSG	Mio t	0,43		0,47	
Gesamtproduktion	Mio t	0,99		1,07 <sup>1)</sup>	
spez. Stromverbrauch	kWh/t	1.767		1.900 <sup>1)</sup>	
<b>Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>1,76</b>		<b>2,03</b>

1) bei einer unterstellten jährlichen Wachstumsrate von 0,5 %

Tab. 4.24: Produktion und Stromverbrauch in der Gummiverarbeitung [59]  
für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

### 3. Stromeinsatz, Produktion, Entwicklungstendenzen

Die Entwicklung des absoluten Stromverbrauches zeigt in enger Anlehnung an die Entwicklung des gesamten Endenergieverbrauches einen Anstieg auf etwa 1,5 TWh im Jahre 1979. Danach ist der Elektrizitätseinsatz wieder leicht rückläufig.

Eine produktspezifische Betrachtung gestaltet sich für die den Stromverbrauch bestimmende Wirtschaftsgruppe der Holzbearbeitung schwierig, da sich deren Erzeugnisse in eine Vielzahl von Zwischen- und Endprodukte aufteilen. Zur Bildung eines spezifischen Anhaltswertes werden die Produktgruppen Furniere (5351)<sup>26</sup>, Sperrholz (5361) und Holzspanplatten (5381) zusammengefaßt. Sie repräsentieren den mengenmäßig bedeutendsten Produktionsanteil innerhalb der Holzbearbeitung. Bild 4.28 zeigt hierzu eine kumulierte Produktion zwischen 6 und 7 Mio m<sup>3</sup> im Verlauf der letzten 10 Jahre. Der so gebildet spezifische Stromverbrauch läßt keine gravierenden Schwankungen erkennen und liegt als Anhaltswert in einem Bereich von etwa 200 kWh/m<sup>3</sup> Holzprodukt.

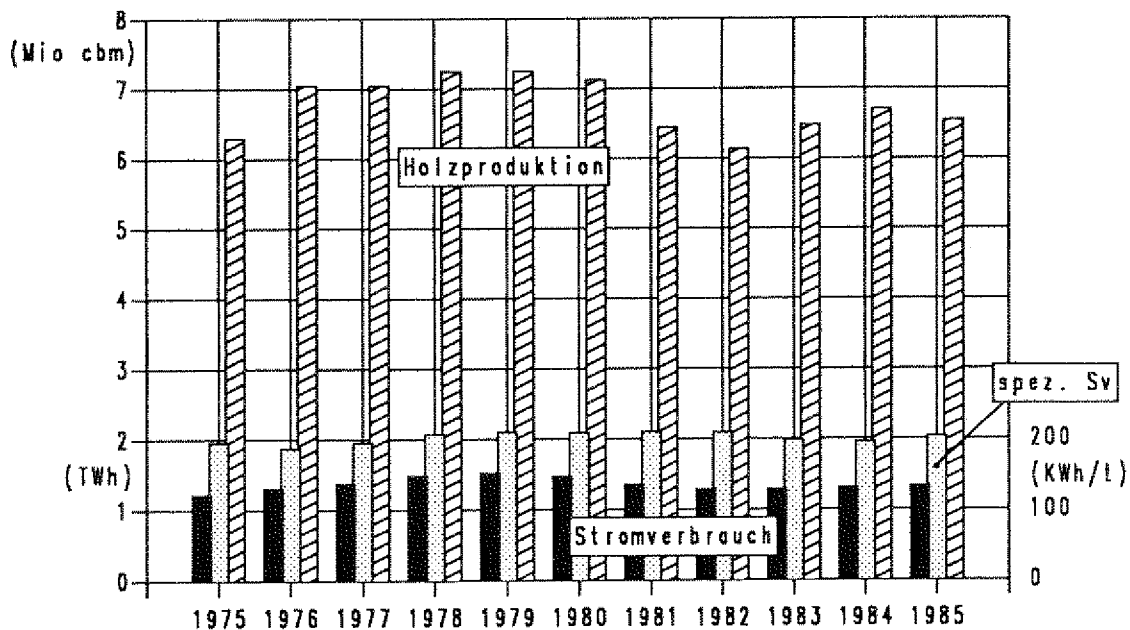


Bild 4.28: Stromverbrauch und Holzproduktion in der Holzbearbeitung [53] von 1975 - 1985 /1, 4/

<sup>26</sup> Die Klammerwerte bezeichnen die Melde-Nr. der Erzeugnisse nach /4/

Für die Zukunft werden keine wesentlichen Veränderungen der beiden Kenngrößen mengenmäßige Produktion und spezifischer Stromverbrauch erwartet, so daß der resultierende Gesamtstromverbrauch im Sektor der Holzbearbeitung auch weiterhin in der derzeitigen Größenordnung liegen dürfte.

In nachfolgender *Tab. 4.25* sind die Kenngrößen für das Jahr 1985 und die Erwartungswerte für die Jahrhundertwende im Vergleich zusammengestellt. Unter den gemachten Voraussetzungen zeigt sich keine signifikante Veränderung des Strombedarfes in den Branchen Mechanik und Holzbearbeitung bis zum Jahr 2000.

Übriges Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe [3030] u. [53]		1985		2000	
Mechanik a.n.g. [3030] Stromverbrauch	TWh		0,025		0,025
Holzbearbeitung [53] Stromverbrauch Produktion <sup>1)</sup> res. spez. Stromverbrauch	TWh Mio m <sup>3</sup> kWh/m <sup>3</sup>	6,54 203	1,330	6,50 210	1,365
Gesamtstromverbrauch	TWh		1,35		1,39

1) Furniere (5351), Sperrholz (5361), Holzspanplatten (5381) nach /4/

*Tab. 4.25:* Produktion und Stromverbrauch im Übrigen Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

## 4.2 Investitionsgüterindustrie

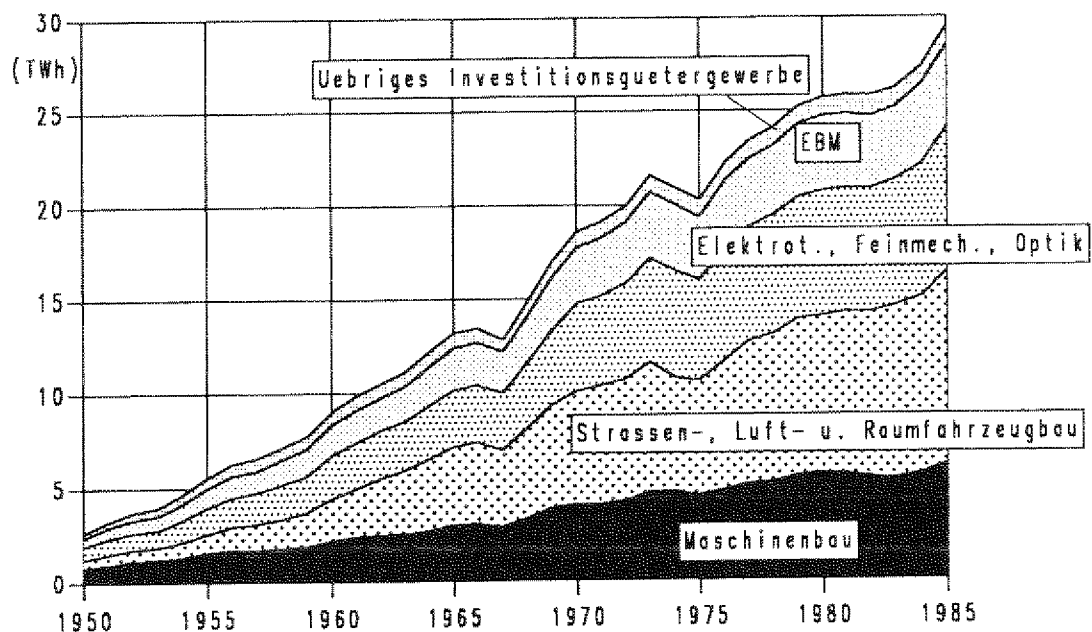
### 4.2.1 Übersicht

In dieser Hauptgruppe sind solche Industriezweige zusammengefaßt, die schwerpunktmäßig Produktionsgüter (Motoren, Maschinen, Fahrzeuge, Werkzeuge etc.) für die gesamte Industrie herstellen. Es handelt sich um einen sehr heterogenen Produktionsbereich, auf den im Jahre 1985 etwa ein Fünftel (rd. 29 TWh) des Gesamtstromverbrauches der Industrie entfiel.

In der von Mechanisierung und Automatisierung geprägten Investitionsgüterindustrie wird elektrische Energie überwiegend zur Deckung des Kraftstrombedarfes benötigt (nach /5/ über 66 %). Daneben sind die Wärmestromanwendungen bzw. der Strombedarf für künstliche Beleuchtung mit Anteilen von etwa 19 % bzw. 15 % von Bedeutung /5/.

An der gesamten Endenergieversorgung der Investitionsgüterindustrie hat die elektrische Energie einen Anteil von etwa 35 %. Er liegt damit deutlich über dem industriellen Durchschnitt (1985 24,7 %).

Die Entwicklung des Stromverbrauches in *Bild 4.29* zeigt, daß im Jahre 1985 der Sektor Fahrzeugbau mit 10,3 TWh der größte Stromverbraucher innerhalb der Investitionsgüterindustrie war. Mit Abstand folgten die 'Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik' (7,7 TWh), der Maschinenbau (6,1 TWh) und die Eisen-Blech-Metallwarenindustrie (4,4 TWh). Der Rest entfiel auf das Übrige Investitionsgütergewerbe (1 TWh).



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

*Bild 4.29:* Entwicklung des Stromverbrauches in der Investitionsgüterindustrie von 1950 bis 1985

<b>4.2.2 Maschinenbau.....</b>	<b>167</b>
1. Überblick.....	167
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur.....	168
3. Stromeinsatz.....	170
4. Stromverbrauch.....	170
5. Produktionsentwicklung.....	173
6. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen.....	174



# Maschinenbau

## 1. Überblick

Beim Maschinenbau handelt es sich um einen Industriezweig mit sehr heterogener Produktionsstruktur. Die Produktpalette reicht von Lokomotiven, Turbinen, Metallbearbeitungsmaschinen über Wälzlager bis hin zu Armaturen. Die Branche wird zu den zukunftsträchtigen Wirtschaftszweigen gezählt.

Die Statistik weist für den Maschinenbau im Jahre 1985 einen Stromverbrauch von rd. 6,1 TWh aus; das entspricht einem Anteil von 3,9 % am gesamten industriellen Stromverbrauch. Die zunehmende Bedeutung der elektrischen Energie innerhalb der Branche zeigt sich am gestiegenen Anteil der Elektrizität zur Deckung des Endenergiebedarfes. So entfielen im Jahre 1960 17 % und 1985 schon rd. 30 % der Endenergiebedarfsdeckung auf Strom.

### Maschinenbau

[32]

1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	2,48		72,70
Strom	0,75	6,08	21,90
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		30,1 %	
Stromanteil am gesamten Industriestrom- verbrauch		3,9 %	

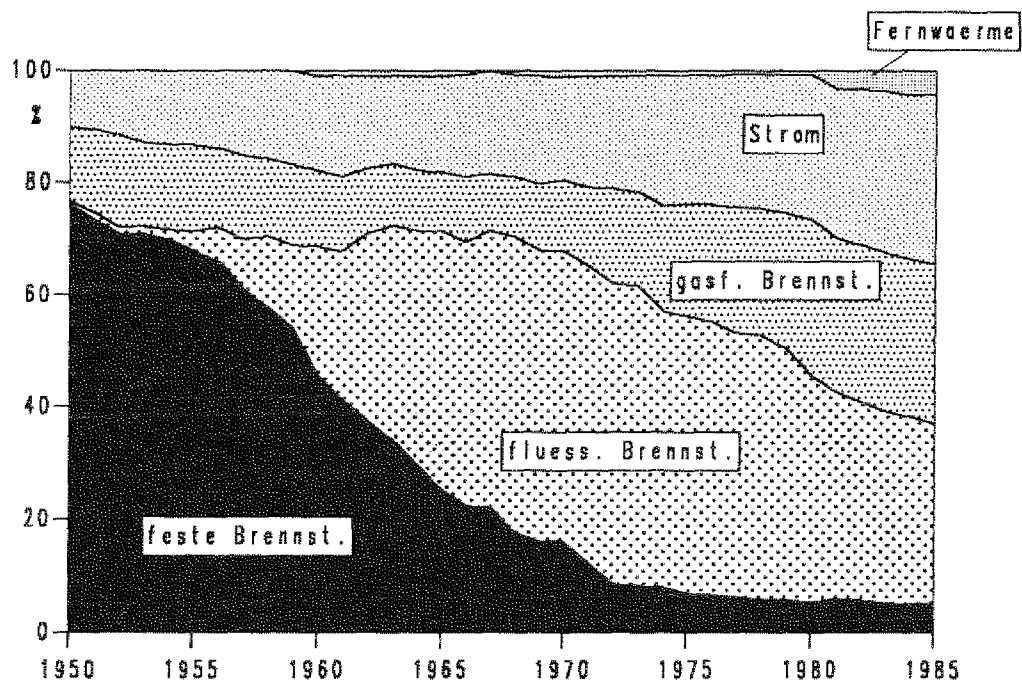
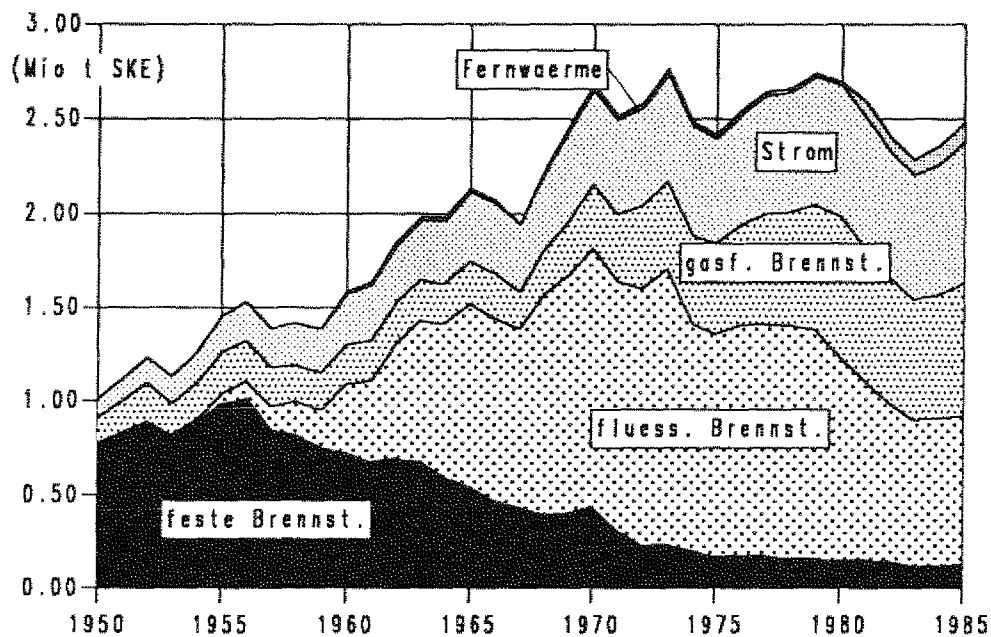
(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

Der Endenergieverbrauch im Maschinenbau erreichte nach unruhigem, aber tendenziell steigendem Verlauf im Jahre 1973 seinen Höchststand mit rd. 2,7 Mio t SKE (*Bild 4.30*). Nach der ersten Ölpreiskrise erholte sich der Energieverbrauch zwischenzeitlich; jedoch Ende der '70er Jahre sank er infolge der zweiten Ölpreisverteuerung erneut auf 2,3 Mio t SKE ab. Trotz der ansteigenden Entwicklung seit 1983 liegt der Endenergieverbrauch des Jahres 1985 noch um etwa 10 % unter dem Höchststand von 1973.

Die Gründe für diese Verbrauchsentwicklung sind zum einen auf rationelleren Energieeinsatz, zum anderen auf die wirtschaftliche Beschäftigungslage dieser Branche zurückzuführen, die nach der Wachstumsphase der '60er Jahre in der Folgezeit deutlich abschwächte.

'In den letzten 15 Jahren hat sich hat sich die Endenergieträgerstruktur zugunsten des Erdgases und des Stromes verschoben. Die Energieträger Mineralöl, Gas und Elektrizität haben gegenwärtig in etwa gleiche Anteile von rd. 30 %. Auch in dieser Branche dominiert die wärmetechnische Verwendung der Brennstoffe, während der Strom überwiegend zur Bereitstellung von Kraft benötigt wird.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.30: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur im Maschinenbau von 1950 bis 1985

### 3. Stromeinsatz

Der Stromeinsatz im Maschinenbau dient überwiegend zur Deckung des Kraftbedarfes. Mit einem Anteil von etwa 75 % am Gesamtstrombedarf ist diese Verwendung herausragend /86, 88/. Kraftstrom wird zum Betrieb von Arbeitsmaschinen benötigt, die der mechanischen Be- und Verarbeitung von Werkstücken dienen. Hierzu gehören aus dem Bereich der spangebenden Bearbeitung z.B. Drehbänke, Bohrmaschinen, Fräsmaschinen und aus dem Bereich der spanlos bzw. trennenden Fertigung z.B. Biege-, Preß- und Schneidmaschinen. Darüber hinaus dient Strom als Antriebsenergie für Anlagen des innerbetrieblichen Transportes, der Montage sowie der Drucklufterzeugung und der Klimatisierung /88/.

Im Gegensatz zum Kraftbedarf, der mit nahezu 100 % durch elektrische Energie abgedeckt wird, hat Strom bei thermischen Prozessen sowie Raum- und Gebäudeheizung nur eine untergeordnete Bedeutung. Lediglich 10 % des Strombedarfes sind nach Anfrage beim Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) dieser Verwendung zuzurechnen. Auch in Zukunft wird von Fachleuten des VDMA /86/ keine gravierende Änderung des Anteils für die vielfältigen elektrowärmetechnischen Anwendungsmöglichkeiten (z.B. Härten, Nitrieren und Auskohlen von Stählen mit widerstandsbeheizten Öfen, induktive Erwärmung von Eisenwerkstoffen etc. /87/) gesehen.

Ein relativ großer Anteil mit 14 % des Stromverbrauches (rd. 1 TWh) entfällt auf die Beleuchtung /88/. Aus Sicht der Investitionsgüterindustrie ist dieser Anteil als branchentypisch anzusehen.

### 4. Stromverbrauch

Der Stromverbrauch im Maschinenbau hat sich im Verlauf der letzten 25 Jahre fast verdreifacht. Er ist von ca. 2,2 TWh auf rd. 6,1 TWh angestiegen. Diese Entwicklung haben eine Vielzahl von Größen beeinflusst. Mechanisierung und Automation, Transferstraßenfertigung, NC-Technik, Produktionsausweitungen, Veränderung der Produktionsstruktur sind nur einige Stichworte. Eine detaillierte Analyse des Einflusses dieser und anderer Faktoren auf die Stromverbrauchsentwicklung im Maschinenbau kann im Rahmen dieser Studie nicht geleistet werden. Dies schließen die Heterogenität und Vielzahl der maschinenbaulichen Erzeugnisse sowie der eingesetzten Fertigungsverfahren bei der derzeitigen Datenlage aus.

Als Bezugsgröße für den absoluten Stromverbrauch und zur Bildung eines spezifischen Stromverbrauchswertes wird hier auf die vom Statistischen Bundesamt gewichtsmäßig ausgewiesene Produktion von Maschinenbauerzeugnissen zurückgegriffen. Diese über alles Produkte des Maschinenbaus kumulierte Produktionsmenge stieg von rd. 3,9 Mio t (1960) auf 6,56 Mio t im Jahre 1985 (vgl. Tab. 4.26). Seit Anfang der '80er Jahre ist die Produktion in der Tendenz stagnierend.

Wie Tab. 4.26 zeigt, erklären die Produktionsausweitungen den Stromverbrauchsanstieg der letzten 25 Jahre nur zum Teil. Zusätzlich hat sich der mit der kumulierten Produktionsmenge gebildete spezifische Stromverbrauch stetig erhöht. Er lag im Jahre 1985 bei 927 kWh/t, d.h. um rd. 64 % höher als im Jahre 1960.

	1960	1970	1975	1980	1985
Produktion in Mio t	3,87 <sup>1)</sup>	5,72	5,96	6,70	6,56
Stromverbrauch in TWh	2,19	4,02	4,52	5,67	6,08
result. spezifischer Stromverbrauch in kWh/t	566	703	758	846	927

<sup>1)</sup> Angabe nach VDMA wegen unterschiedlicher Abgrenzung nur bedingt mit Nachfolgewerten vergleichbar

Tab. 4.26: Entwicklung des Stromverbrauches und der Produktion im Maschinenbau [32]  
von 1960 - 1985 /1, 85/

Hinsichtlich des spezifischen Strombedarfes deutet für die Zukunft nichts auf eine gravierende Abkehr vom bisherigen Trend hin. Auch in Zukunft wird die Automation im Maschinenbau einen strombedarfssteigernden Effekt haben, deren Umfang allein durch den Einsatz von flexiblen Handhabungsautomaten und EDV einen Mehrbedarf an elektrischer Energie von rd. 1,2 TWh im Jahre 2000 annehmen kann. (vgl. Kap. 3.3 und 3.4). Dies entspricht einem zusätzlichem Bedarf von rd. 180 kWh pro Tonne Erzeugnis bezogen auf die Produktion des Jahres 1985.

Auch im Maschinenbau zielen zukünftige Entwicklungen aufgrund der Losgrößen- und Stückzahlfrage darauf, die Flexibilität der Fertigung zu erhöhen. Hierzu sind Möglichkeiten durch den Einsatz sog. flexibler Transferstraßen und der NC-Technik (vor allem im Bereich der spanenden Metallverarbeitung) geboten. Insgesamt wird heute - wenn auch nicht branchendeckend - eine rechnergesteuerte Fertigung mit einem Informationsnetz, welches das gesamte Geschehen einer Fabrik umfassen kann, als richtungweisend für den Maschinenbau angesehen /89/.

Nicht zu unterschätzen sind für diesen Industriezweig technisch-wirtschaftliche Stromeinsparmöglichkeiten. Eine empirische Erhebung des Maschinenbauverbandes (VDMA) bei 120 Maschinenbaubetrieben stellt heraus, daß sich bei den Antrieben 5 bis 7 % und bei der Beleuchtung bzw. Klimatisierung 20 % an elektrischer Energie wirtschaftlich einsparen lassen (vgl. Tab. 4.27). Obwohl die Übertragung dieser Einsparraten auf die Gesamtbranche nach Auskunft des VDMA /86/ wegen der fehlenden Repräsentanz der Erhebung nicht möglich ist, bestätigt diese Untersuchung die im Rahmen dieser Studie getroffenen globalen Überlegungen für mögliche Stromeinsparungen (siehe Kap. 3.1 und Kap. 3.8). Bei der Beleuchtung und Antriebstechnik wird eine Einsparung von zusammen rd. 0,3 TWh für die Gesamtbranche bis zum Jahre 2000 für möglich gehalten; dies entspricht einer Einsparung von etwa 45 kWh pro Tonne Maschinenbauerzeugnis, wenn die Produktion des Jahres 1985 zugrunde gelegt wird.

In dieser Studie wird nach Abwägung der vorstehend diskutierten Entwicklungen von einem weiteren Anstieg des spezifischen Strombedarfes im Maschinenbau ausgegangen. Es wird ein Anstieg von gegenwärtig rd. 930 kWh/t auf 1100 kWh pro Tonne Maschinenbauerzeugnis bis zum Jahre 2000 angenommen.

Anteile im Betrieb		
ca. 50 %	Antriebe (Motoren, Regelungstechnik)	5 - 7 %
	durch	- Leistungsabhängige Regelung
		- Minderung der Reibung
		- Systemgerechte Auslegung der Motoren (Neukauf)
ca. 30/40 %	Prozeßwärme	10 - 15 %
		- Verb. Isolation
		- Wärmerückgewinnung
		- Strahlungsheizung
ca. 10/20 %	Licht bzw. Klimatisierung	20 %
		- Verbesserte Lampen
		- Raumtemperatur zweckentsprechend anpassen

Tab. 4.27: Wirtschaftliches Energieeinsparpotential im Maschinenbau  
- Ergebnisse einer Untersuchung bei 120 Maschinenbaubetrieben - /88/

## 5. Produktionsentwicklung

In Bild 4.31 ist die Produktionsentwicklung von Maschinenbauerzeugnissen in Gewichtseinheiten (Tonnen) und in wertmäßigen Größen (Bruttowertschöpfung in Mrd DM) dargestellt. Der Maschinenbau kann nach der Wachstumsphase der '60er Jahre kaum Aufwärtstendenzen der wirtschaftlichen Aktivität aufweisen. Die Bruttowertschöpfung der frühen '80er Jahre liegt auf dem Niveau des Jahres 1970. Dieser Entwicklung folgt das Produktionsgewicht mit einer leichten Entkopplung von der Bruttowertschöpfung. Maßgeblich für die zurückhaltende Produktionsentwicklung in den '70er Jahren waren nach /90/ die Investitionsschwäche im warenproduzierenden Gewerbe im In- und Ausland und die Überbewertung der D-Mark.

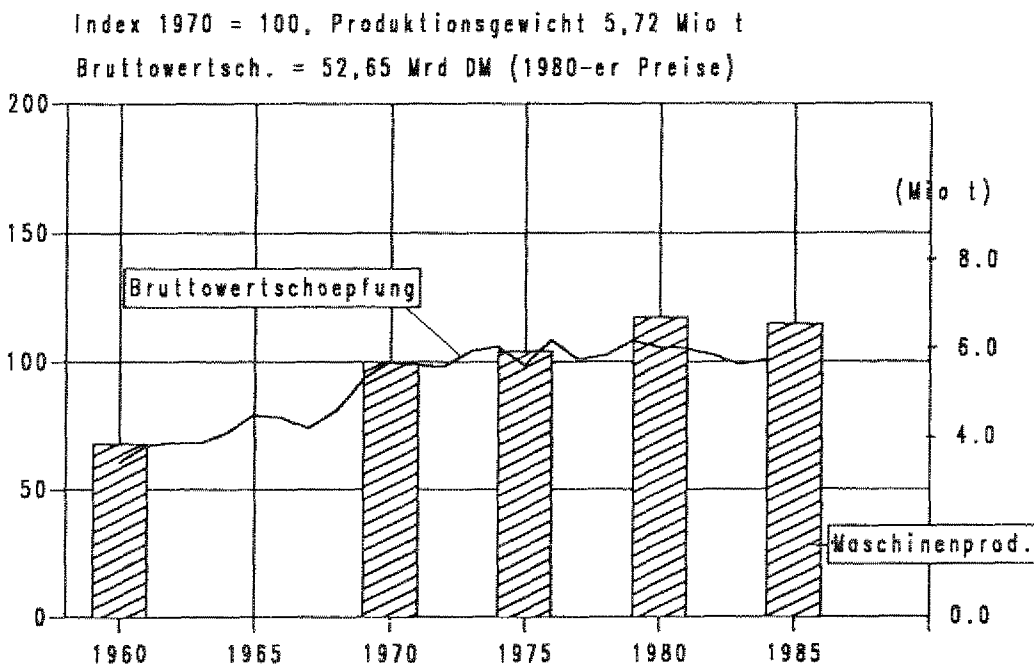


Bild 4.31: Entwicklung des Produktionsgewichtes und der Bruttowertschöpfung im Maschinenbau von 1960 bis 1985 /3, 85/

Die zukünftige Entwicklung der Produktion von Maschinenbauerzeugnissen wird maßgeblich von den Investitionsaktivitäten der Käufer im In- und Ausland bestimmt. Mit einem Anteil von 60 - 65 % am Produktionswert ist der Export der tragende Pfeiler des Maschinenbaus. Bei den Auslandsmärkten dominieren die westeuropäischen Märkte, die rund ein Drittel der gesamten Produktion abnehmen. Wichtigster inländischer Abnehmer von Maschinenbauerzeugnissen ist das Verarbeitende Gewerbe (ca. 60 %), mit Abstand folgen die Energiewirtschaft sowie die Land- und Forstwirtschaft (zusammen weniger als 30 %). /90/

Die mittelfristige Entwicklung des Maschinenbaus wird optimistisch beurteilt /90/. Insbesondere in der Verbindung von Elektronik und Maschinenbauerzeugnissen liegt für die Branche ein innovatives und wachstumsträchtiges wirtschaftliches Potential. Dadurch erscheint zukünftig ein leicht stärkeres Wachstum der Produktionsmengen als im Vergleichszeitraum 1970 bis 1985 (durchschnittlich 0,9 % pro Jahr) möglich. Für die Projektion des Strombedarfes wird für den Zeitraum 1986 bis 2000 mit einem Anstieg der Produktion in Gewichtseinheiten von durchschnittlich rd. 1 % pro Jahr gerechnet. Dementsprechend könnte die Produktion auf etwa 7,7 Mio t Maschinenbauerzeugnisse bis zum Jahre 2000 anwachsen.

Faßt man die Überlegungen zum spezifischen Stromeinsatz und zur Produktionsentwicklung zusammen, so ist rein rechnerisch bis zur Jahrhundertwende für den Maschinenbau ein um rd. 2,4 TWh höherer Strombedarf zu veranschlagen. Der Strombedarf würde von 6,1 TWh (1985) auf rd. 8,5 TWh ansteigen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß Schwankungen in der Produktion von 1 Mio t Maschinenbauerzeugnissen ( $\pm 15\%$ ) bzw. Änderungen des spezifischen Stromverbrauches von etwa 150 kWh/t einem Mehr- oder Minderbedarf in der Größenordnung von 1 TWh bedeuten.

## 6. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Der Maschinenbau läßt nach den vorstehenden Überlegungen bis zum Jahre 2000 einen Anstieg des Stromverbrauches von 2,4 TWh erwarten. Dafür sind vorausgesetzt gute Produktionsmöglichkeiten sowie ein weiter ansteigender spezifischer Strombedarf maßgeblich (Tab. 4.28). Das durchschnittliche jährliche Stromwachstum errechnet sich zu rd. 2,2 %. Dieses Ergebnis deckt sich mit Überlegungen im VDMA /86/, wonach aufgrund von verbandsinternen Umfragen und Analysen bei Maschinenbaubetrieben der jährliche Stromzuwachs im Durchschnitt mit 2 % bis zur Jahrhundertwende abgeschätzt wurde.

Maschinenbau [32]		1985		2000	
Produktion	Mio t	6,56		7,7	
spez. Stromverbrauch	kWh/t	927		1100	
<b>Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>6,08</b>		<b>8,47</b>

Tab. 4.28: Produktion und Stromverbrauch des Maschinenbaus für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

<b>4.2.3 Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbau</b> .....	<b>177</b>
1. Überblick.....	177
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Energieträgerstruktur.....	178
3. Stromeinsatz.....	180
4. Stromverbrauch.....	181
5. Produktionsentwicklung.....	183
6. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen.....	185



## Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbau

### 1. Überblick

Der Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbau war im Jahre 1985 mit etwa 4,5 % (3,5 Mio t SKE) am Endenergieverbrauch und mit 6,6 % (10,3 TWh) am Stromverbrauch der gesamten Industrie beteiligt. Der Sektor wird wirtschaftlich und energetisch zu über 90 % vom Straßenfahrzeugbau, d.h. von der Automobilindustrie<sup>27</sup> geprägt, so daß hier der Schwerpunkt der folgenden Betrachtungen liegt. Der Stromverbrauch des Luft- und Raumfahrzeugbaus lag im Jahre 1985 bei nur etwa 0,4 TWh.

### Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbau

[33] [35]

Sektoren		Sypro-Nr.	
Straßenfahrzeugbau		[33]	
Luft- und Raumfahrzeugbau		[35]	
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	3,51		103,00
Strom	1,26	10,3	37,10
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		36,0 %	
Stromanteil am gesamten Industriestromverbrauch		6,6 %	

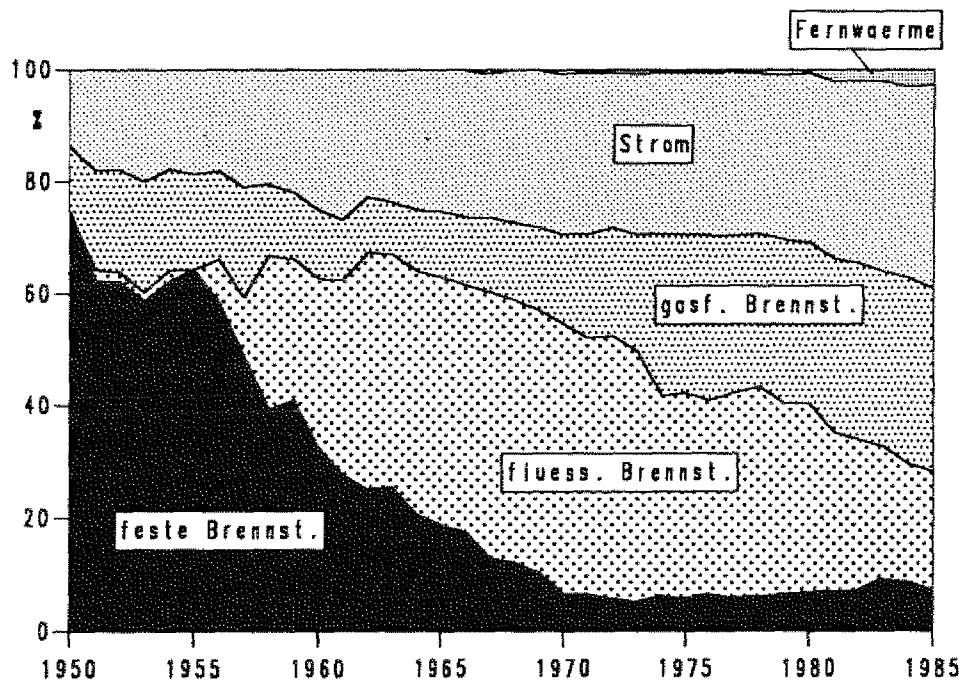
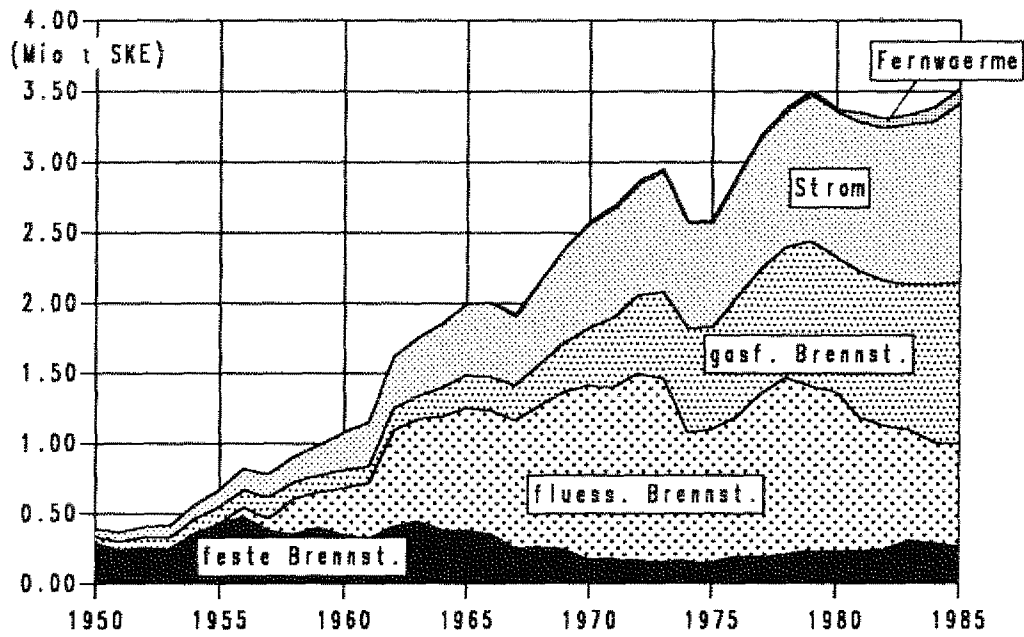
(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

<sup>27</sup> In der statistischen Abgrenzung umfaßt der Straßenfahrzeugbau neben der Automobilindustrie (inkl. Herstellung von Einzelteilen) weitere nicht der Automobilindustrie zuzurechnende Wirtschaftszweige (u.a. die Herstellung von Motor- und Fahrrädern). Der auf diese Branchen entfallende Stromverbrauchsanteil war im Jahre 1985 mit etwa 1 % vernachlässigbar gering und wird im folgenden nicht weiter berücksichtigt.

## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

Der Endenergieverbrauch des Sektors Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbau erreichte im Jahre 1985 mit rd. 3,5 Mio t SKE den bisherigen Höchststand (*Bild 4.32*). Trotz der deutlichen Reaktionen auf die Ölpreissprünge in den Jahren 1973 und 1979 ist eine kontinuierliche Aufwärtsentwicklung erkennbar, die allerdings seit Ende der '70er Jahre eine abflachende Tendenz aufweist.

In der Endenergieträgerstruktur wird ein Substitutionsprozeß zugunsten der elektrischen Energie und des Erdgases und zulasten von Kohle und Mineralöl deutlich. Der Bedarf an elektrischer Energie ist stetig angestiegen. Sie deckt gegenwärtig den Endenergiebedarf des Sektors zu 36 %. Neben Strom ist Gas der anteilmäßig wichtigste Energieträger, dessen Verwendung für Prozeß- und Raumwärmezwecke von Bedeutung ist.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.32: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur im Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbau von 1950 bis 1985

### 3. Stromeinsatz

Die Automobilindustrie produziert Kraftfahrzeuge bzw. Nutzfahrzeuge aller Art, dazu gehören Personen- und Lastkraftwagen, Straßenzugmaschinen und Kraftomnibusse.

Im Jahre 1985 wurden für die Kraftfahrzeugproduktion rd. 9,8 TWh an elektrischer Energie benötigt; davon entfiel der überwiegende Teil (ca. 65 - 70 %) auf den Kraftstrombedarf für Antriebsmaschinen.

Kraftstrom dient in der Automobilfertigung vielfältigen Anwendungen, wie der mechanischen Bearbeitung und Verarbeitung der Werkstoffe (Drehen, Pressen, Stanzen, Fräsen, Bohren etc.), dem Transport (Produktionsstraßen, Aufzüge, Pumpen) sowie der Montage und Verdichtungsprozessen (z.B. für Druckluftkompressoren).

Bild 4.33 zeigt die Aufteilung des Stromverbrauches nach Anwendungsbereichen eines großen hier nicht genannten Automobilherstellers in der Bundesrepublik Deutschland. Die Schwerpunkte des Stromverbrauches liegen in den Bereichen Lackiererei, Gießerei sowie Montage; daneben sind die mechanische Fertigung und das Preßwerk Bereiche mit hohem Kraftbedarf. Auf Neben- und Hilfsbetriebe entfällt mit nahezu 30 % gleichfalls ein gewichtiger Anteil.

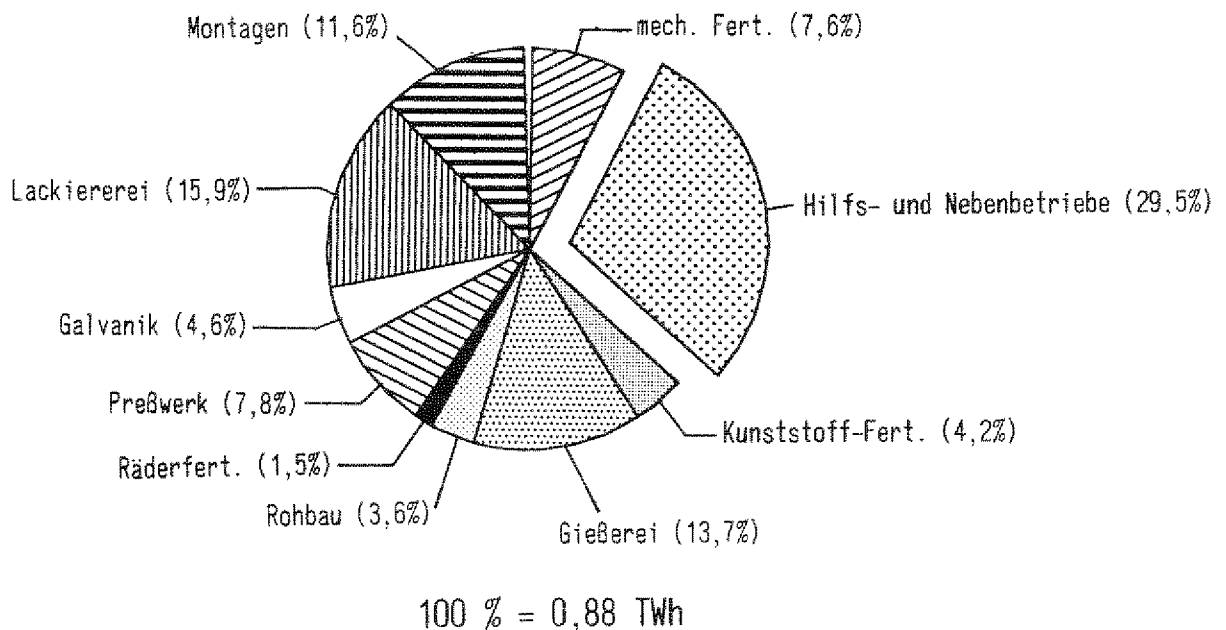


Bild 4.33: Struktur des Stromverbrauches eines Automobilherstellers nach Anwendungsbereichen im Jahre 1985

Die Elektrische Energie hat in der Automobilindustrie die Mechanisierung und Automatisierung der Produktionsprozesse begünstigt. Dafür sind Entwicklungen aus der Fertigung der Volkswagen AG sind beispielhaft, wie der Einsatz von Robotern im Preßwerk und Rohbau, bei der Kunststoffteilefertigung und in der Lackierei /17/. Besondere Mechanisierungsbestrebungen betreffen bei der Volkswagen AG in jünster Zeit den Bereich der Fahrzeugmontage, nachdem für die Bereiche Preßwerk und Rohbau aufgrund des erreichten hohen Mechanisierungsgrades keine erheblichen Steigerungen mehr gesehen werden.

Im Gegensatz zum Kraftbedarf und zur Beleuchtung, bei denen elektrische Energie quasi konkurrenzlos ist, besteht bei elektrowärmetechnischen Anwendungen der Wettbewerb mit brennstoffbeheizten Verfahren. Wie in *Kap. 3.7, Tab. 3.11* gezeigt, sind in der Automobilindustrie eine Vielzahl von Elektroprozeßwärmeverfahren bereits eingeführt. Auf die wärmetechnische Verwendung entfällt schätzungsweise ein Anteil von 15 % des Branchenstromverbrauches; in der gleichen Größenordnung dürfte sich auch der Anteil für Licht bewegen.

#### 4. Stromverbrauch

Der Stromverbrauch der gesamten Automobilindustrie (inkl. Teilefertigung) hat sich seit 1960 mehr als vervierfacht; er ist von 2,1 TWh auf rd. 9,8 TWh im Jahre 1985 angewachsen.

Ein wesentlicher Indikator dieser Entwicklung ist die Kraftfahrzeugproduktion, die sich in den letzten 25 Jahren von rd. 2 Mio Fahrzeuge auf 4,44 Mio Fahrzeuge mehr als verdoppelt hat. Daneben ist die Verdoppelung des im Durchschnitt auf jedes Fahrzeug bezogenen spezifischen Stromeinsatzes von rd. 1020 kWh auf ca. 2220<sup>28</sup> kWh pro Fahrzeug von nicht minderer Bedeutung (vgl. *Tab. 4.29*).

---

<sup>28</sup> Der stückzahlbezogene Stromverbrauch eines großen deutschen Automobilherstellers lag in den letzten 10 Jahren zwischen 900 und 1300 kWh pro Fahrzeug. Diese Herstellerangabe korrespondiert mit den Angaben in der amtlichen Statistik des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden, wenn die Gesamtproduktion an Fahrzeugen auf den Stromverbrauch des Wirtschaftszweiges 'Herstellung von Kraftwagen und Motoren' [Sypro-Nr. 3311] bezogen wird (1985 ca. 1350 kWh pro Fahrzeug). Um den Gesamtbedarf an elektrischer Energie abzuschätzen, empfiehlt es sich, den gesamten Stromverbrauch aller Wirtschaftszweige des Straßenfahrzeugbaus zu berücksichtigen, da wesentliche Anteile der Kraftfahrzeugproduktion als Vorerzeugnisse in anderen Wirtschaftszweigen (z.B. Herstellung von Teilen für Kraftwagen und Motoren [Sypro-Nr. 3314]) produziert werden und dort elektrische Energie benötigen.

	1960	1970	1975	1980	1985
Kraftfahrzeugproduktion in Mio Stück	2,05	3,84	3,18	3,87	4,44
<b>Stromverbrauch in TWh</b>	<b>2,10</b>	<b>5,85</b>	<b>5,82</b>	<b>7,96</b>	<b>9,84</b>
result. spez. Stromverbrauch in kWh/Fahrzeug	1024	1523	1830	2057	2216

Tab. 4.29: Entwicklung der Kraftfahrzeugproduktion und des Stromverbrauches im Straßenfahrzeugbau [33] von 1960 - 1985 /2, 91, 92/

Nach Angaben aus der Automobilindustrie sind zukünftig neben Erweiterungs- und Automatisierungsmaßnahmen auch Energiesparmaßnahmen geplant, die aber keine gravierenden Verschiebungen des spezifischen Stromverbrauches erwarten lassen.

Es lassen sich folgende für den Strombedarf relevante Entwicklungen feststellen:

- *Fortschreitende Mechanisierung und Automatisierung der Produktionsprozesse, hauptsächlich durch den Einsatz von Industrierobotern und EDV-Anlagen :*

Allein der Strombedarf für den Robotereinsatz wird in der Größenordnung um 0,43 TWh im Jahre 2000 liegen; in der gleichen Größenordnung (0,5 TWh) wird auch der zusätzliche Strombedarf für rechnergestützte Prozeßsteuerung und -regelung und zur EDV-gestützten Informationsverarbeitung zu veranschlagen sein (vgl. Kap. 3.3 und Kap. 3.4). Bezogen auf die gegenwärtige Produktion von ca. 4,4 Mio Kraftfahrzeugen wird dies den spezifischen Strom-einsatz um durchschnittlich 210 kWh pro Fahrzeug erhöhen.

- *Zunehmende Verarbeitungstiefe bei den Fahrzeugen :*

Zukünftig produzierte Fahrzeuge werden im Vergleich zu heute aufwendiger ausgestattet sein (elektronische Einspritzung, Antiblockiersysteme etc.), so daß auf der einen Seite die Verarbeitungsstufen und einhergehend der spezifische Elektrizitätseinsatz steigen; auf der anderen Seite führt mehr Elektronik auch zu Einsparung von mechanischen Bauteilen, was wiederum Stromeinsparungen bei der Montage durch wegfallende Arbeitsschritte impliziert.

- *Zunehmender Anteil eigenproduzierter 'neuer' Werkstoffe im Herstellungsprozeß :*

Die Automobilbranche integriert zunehmend Produkte von Zulieferindustrien in die eigene Fertigung (z.B. Kunststoffteile sowie Gießereiprodukte). Statistisch gesehen wird dies zu einem Anstieg des Strombedarfes pro Fahrzeug beitragen.<sup>29</sup>

- *Rationeller Stromeinsatz in der Antriebstechnik :*

Angesichts des hohen Anteils elektrischer Energie für Kraftanwendungen (rd. 7 TWh im Jahre 1985) sind nach den Berechnungen in *Kap. 3.1* Einsparungen durch den Einsatz von verlustarmen elektronischen Stellgliedern bei Drehstrommotoren um 0,3 TWh oder umgerechnet ca. 60 kWh pro Fahrzeug (Basis 1985) zu veranschlagen.

- *Neue Lampen- und Leuchtentechnik :*

Aufgrund des hohen Anteils elektrischer Energie für die Beleuchtung (ca. 1,5 TWh im Jahre 1985) können durch den Einsatz neuer Leuchten- und Lampentechnik, falls das geschätzte Einsparpotential von 15 % (*Kap. 3.8*) ausgeschöpft wird, bis zu 0,18 TWh oder umgerechnet auf die im Jahre 1985 produzierte Fahrzeuganzahl ca. 40 kWh pro Fahrzeug eingespart werden.

Im Rahmen dieser Studie wird erwartet, daß das Wachstum des spezifischen Stromeinsatzes in der Automobilindustrie die Sättigungsgrenze noch nicht erreicht hat. Nach Abwägung der erkennbaren Entwicklungen wird bis zur Jahrhundertwende mit einem weiteren Anstieg des spezifischen Stromeinsatzes pro Fahrzeug von zur Zeit rd. 2220 kWh/Fahrzeug auf etwa 2400 kWh/Fahrzeug gerechnet.

## 5. Produktionsentwicklung

Mit einer Produktion von 4,44 Mio Fahrzeugen im Jahre 1985 hat die Automobilindustrie ihr bis dahin höchstes Produktionsergebnis erreicht. Damit hat sich die Produktionsmenge seit 1960 (ca. 2 Mio Fahrzeuge) mehr als verdoppelt (*Bild 4.34*). Mehr als die Hälfte (2,6 Mio Stück) der im Jahre 1985 produzierten Fahrzeuge wurden im Ausland abgesetzt (*siehe Tab. 4.30 und /93/*). Ein zunehmender Anteil von Kraftfahrzeugen wird von deutschen Herstellern auch im Ausland produziert. Dieser Anteil lag im Jahre 1960 bei 2,8 %, im Jahre 1984 dagegen schon bei etwa 32 % bezogen auf die Kraftwagenproduktion im Inland /91/.

*Bild 4.34* verdeutlicht, daß in der Vergangenheit die Bruttowertschöpfung des Straßenfahrzeugbaus wesentlich stärker gewachsen ist als die produzierte Fahrzeuganzahl. Dies zeigt die zunehmende Tendenz zum qualitativen Wachstum, indem statt erhöhter Produktionsmengen qualitativ verbesserte und damit wertschöpfungsintensivere Produkte hergestellt werden.

---

<sup>29</sup> Diese Produktionsverlagerungen dürften sich bei den Zulieferindustrien negativ auf die Wachstumsaussichten der Produktion und in einem entsprechend verringerten Strombedarf auswirken.

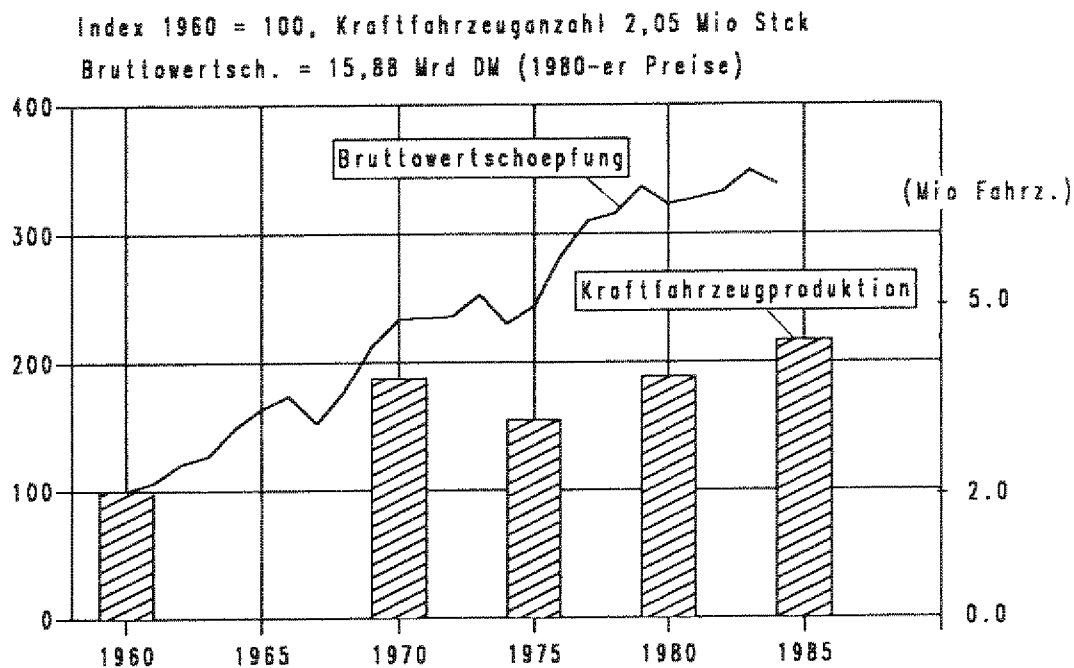


Bild 4.34: Entwicklung der Kraftfahrzeugproduktion und der Bruttowertschoepfung im Straßenfahrzeugbau [33] von 1960 bis 1985 /3, 91/

Unternehmen	Produktion Pkw u. Nfz.	Exportanteil %
Volkswagen-Konzern	2.398.196	a)
davon:		
Volkswagen AG	1.457.272	-
Adam Opel AG	938.071	61,2
Ford-Werke AG	771.962	67,5
Daimler-Benz-Konzern	761.252	a)
davon:		
Daimler-Benz AG	684.426	52,3
BMW-Konzern (Welt)		
davon:		
Bayerische Motoren Werke AG	455.223	64,4
Porsche AG b)	50.000	75,0

a) Ermittlung aufgrund der Konzernproduktion im Ausland nicht sinnvoll

b) Schätzwerte durch Umrechnung des am 31. Juli endenden Geschäftsjahres auf das Kalenderjahr 1985

Tab. 4.30: Kennziffern deutscher Automobilunternehmen für das Jahr 1985 /93/

Angesichts des erreichten hohen Produktionsniveaus von über 4,4 Mio Fahrzeugen wird, wie aus der Branche verlautet, bis zur Jahrhundertwende günstigenfalls nur noch ein Anwachsen der Inlandsproduktion auf rd. 5 Mio Fahrzeuge erwartet. Die Gründe liegen in den sich abzeichnenden Sättigungstendenzen im Inlandsmarkt und der zunehmenden Konkurrenz auf dem Weltmarkt. Für die Projektion des Strombedarfes im Jahre 2000 wird diese Einschätzung zugrunde gelegt, d.h. es wird von einer Bandbreite der Inlandsproduktion von 4,5 bis 5 Mio Fahrzeugen ausgegangen; der Erwartungswert liegt bei 5 Mio Fahrzeugen.

## 6. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Der in dieser Studie vorausgesetzte weitere Anstieg des spezifischen Stromverbrauches von derzeit rd. 2220 kWh auf 2400 kWh pro Fahrzeug sowie eine auf hohem Niveau noch wachsende Fahrzeugproduktion von ca. 4,4 auf 5 Mio Fahrzeuge lassen einen Anstieg des Stromverbrauches des Straßenfahrzeugbaus auf 12 TWh im Jahre 2000 erwarten. Das entspricht einem Zuwachs von rd. 2.2 TWh gegenüber 1985 (vgl. Tab. 4.31). Es bleibt anzumerken, daß Schwankungen der Straßenfahrzeugproduktion sowie des spezifischen Stromverbrauches von etwa 10 % (0,5 Mio Fahrzeuge bzw. 200 kWh pro Fahrzeug) jeweils einem Mehr- bzw. Minderverbrauch von größenordnungsmäßig 1 TWh entsprechen.

Zusammen mit dem Luft- und Raumfahrzeugbau, für den ein weiterhin ansteigender Strombedarf unterstellt wird, ergibt sich im Rahmen dieser Abschätzung für den gesamten Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbau ein Zuwachs von 2,3 TWh. Diese Erhöhung entspricht einem durchschnittlichen Anstieg für den Gesamtsektor von 1,5 % pro Jahr bis zur Jahrhundertwende.

Straßen - Luft und Raumfahrzeugbau		1985		2000	
1. Straßenfahrzeugbau [33]	Kraftfahrzeuge	Mio Stck	4,44	5	
	spez. Stromverbrauch	kWh/Stck	2216	2400	
	Stromverbrauch	TWh		9,84	12
2. Luft und Raumfahrzeugbau [35]	Stromverbrauch	TWh		0,46	0,6
Gesamtstromverbrauch	TWh		10,30		12,6

Tab. 4.31: Produktion und Stromverbrauch des Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbaus [33],[35] für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich



<b>4.2.4 Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik.....</b>	<b>189</b>
1. Überblick.....	189
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	190
3. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung.....	192
3.1 Übersicht .....	192
3.2 Elektrotechnische Erzeugnisse .....	193
3.3 EDV-Anlagen und Büromaschinen.....	197
3.4 Feinmechanik, Optik, Uhren.....	199
4. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	200



## Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik

### 1. Überblick

Die Wirtschaftsgruppe 'Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik' gehörte im Jahre 1985 mit einem Anteil von 2,8 % (2,2 Mio t SKE) am industriellen Endenergieverbrauch zu den kleineren Energieverbrauchern. Allerdings war mit über 42 % der Anteil des Stromes am Endenergieverbrauch vergleichsweise zu anderen Industriezweigen hoch, so daß die für 1985 ausgewiesenen knapp 7,7 TWh die Branche als einen bedeutenden industriellen Stromverbraucher ausweisen. Der Anteil am gesamten Industriestromverbrauch lag bei knapp 5 %.

Die in der nachfolgenden Übersicht aufgeführten Wirtschaftszweige sind gemäß der statistischen Abgrenzung der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen in der Wirtschaftsgruppe der 'Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik' zusammengefaßt. Hinsichtlich des Stromverbrauches kommt der Elektrotechnischen Industrie mit einem Anteil von etwa 80 % am Gesamtstromverbrauch der Wirtschaftsgruppe die größte Bedeutung zu.

### Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik

[36,37,50]

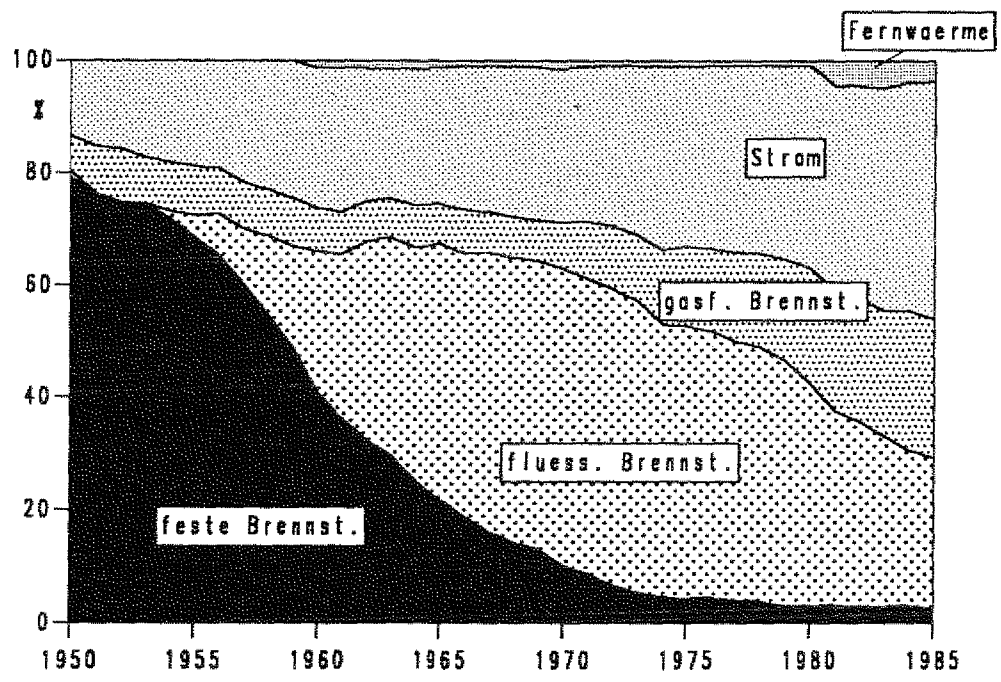
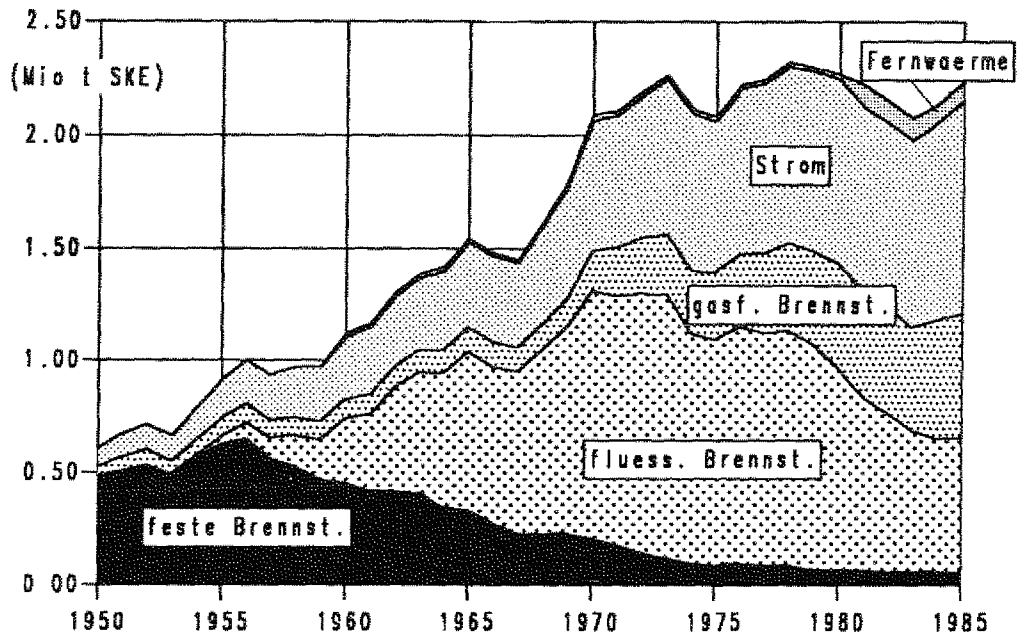
Sektoren		Sypro-Nr.	
Elektrotechnik		[36]	
Feinmechanik, Optik, Uhren		[37]	
Hstg. v. Büromaschinen, ADV-Anlagen		[50]	
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	2,23		65,50
Strom	0,94	7,68	27,70
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		42,2 %	
Stromanteil am gesamten Industriestromverbrauch		4,9 %	

(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

*Bild 4.35* zeigt die Entwicklung des Endenergieverbrauches des Gesamtsektors 'Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik'. Danach ist ein bis zum Ende der '60er Jahre stetig ansteigender Verlauf des Verbrauches festzustellen. Die Branche erreichte im Jahre 1978 mit 2,3 Mio t SKE ihren Höchststand; in der Tendenz befand sich die Verbrauchskurve aber schon im Stadium der Stagnation, die etwa mit Beginn der ersten Ölpreisverteuerung im Jahre 1973 einsetzte. Diese Entwicklung zeigt deutlich, daß es bei anhaltend guter wirtschaftlicher Aufwärtsentwicklung gelungen sein muß, den spezifischen Brennstoffverbrauch gravierend zu senken. Das hauptsächlich im Bereich der Raumheizung, auf die in den Wirtschaftszweigen der Investitionsgüterindustrie zu Anfang der '80er Jahre ein hoher Anteil von etwa 40 % des gesamten Endenergieverbrauches entfiel /5/.

Die Struktur des Endenergieverbrauches zeigt die zunehmende Bedeutung der elektrischen Energie, deren Anteil auf über 42 % bis zum Jahre 1985 angestiegen ist. Der Substitutionsprozeß verlief bei den Energieträgern, wie in anderen Industriezweigen auch, zulasten der flüssigen Kohlenwasserstoffe und zugunsten des Erdgases und der elektrischen Energie.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

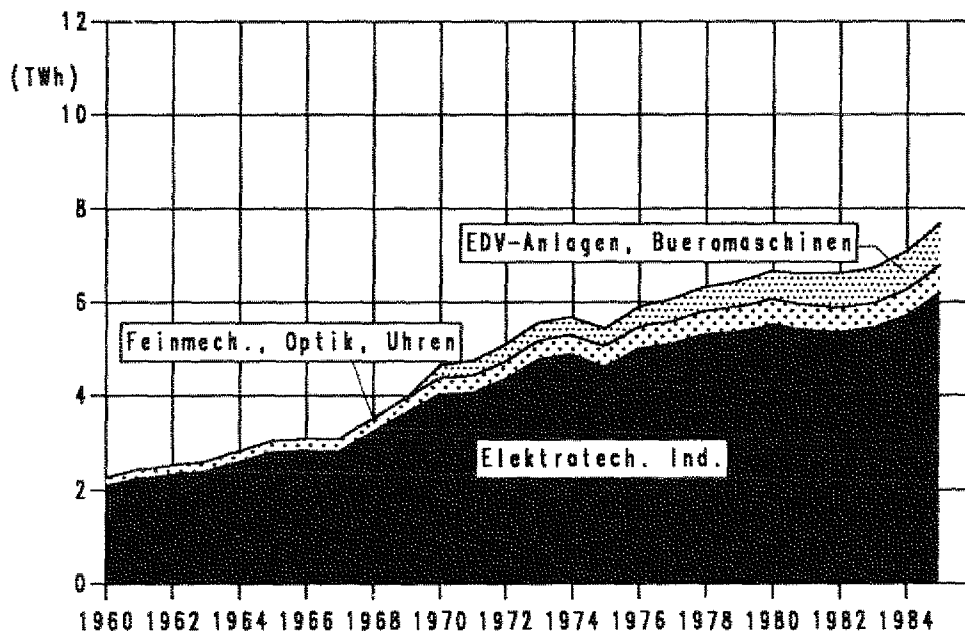
Bild 4.35: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur in der 'Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik' von 1950 - 1985

### 3. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung

#### 3.1 Übersicht

Die Entwicklung des Stromverbrauches in den letzten 25 Jahren (*Bild 4.36*) zeigt für den Gesamtsektor einen von Schwankungen abgesehen stetigen Anstieg. Der Stromverbrauch erreichte mit 7,7 TWh im Jahre 1985 einen Höchststand. Diese Entwicklung wurde im wesentlichen durch die Elektrotechnische Industrie geprägt, auf die rd. 80 % des gegenwärtigen Stromverbrauches entfällt. Der in den letzten Jahren sprunghaft zunehmende Einsatz von EDV-Anlagen im Gewerbe und privaten Bereich war für den steigenden Anteil dieses Industriezweiges maßgeblich, der im Jahre 1985 bei knapp 12 % lag. Der Bedarf der restlichen Industriezweige 'Feinmechanik, Optik, Uhrenherstellung' zeigte für die Vergangenheit eine nur mäßig zunehmende Bedeutung. Ihr Anteil am sektoralen Stromverbrauch betrug im Jahre 1985 etwa 8 %.

Für diese Industriegruppe liegen hinsichtlich der Verwendung elektrischer Energie keine detaillierten Informationen vor. Es dürften aber ähnliche Verhältnisse wie für den Durchschnitt der Investitionsgüterindustrie bestehen. Danach dominiert der Kraftbedarf (65 - 70 %) vor dem Elektrowärmeeinsatz (15 - 20 %) und dem Strombedarf für künstliche Beleuchtung (15 %).



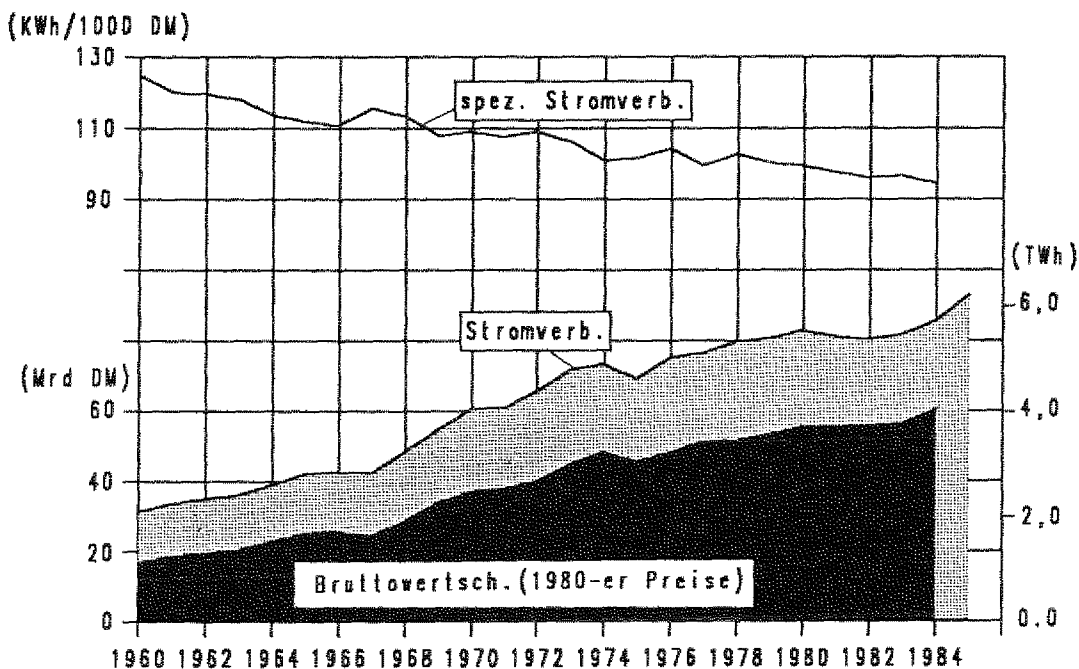
*Bild 4.36:* Entwicklung des Stromverbrauches in der 'Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik' von 1950 bis 1985 /1, 2/

Die genannten Branchen produzieren eine Vielzahl von sehr unterschiedlichen Erzeugnissen, die teils als Investitionsgüter (Motoren, Transformatoren, EDV-Anlagen etc.), teils als Gebrauchsgüter (Fernseher, Kühlschränke, Lampen) oder als Vorerzeugnisse (z.B. mikroelektronische Bauelemente) Verwendung finden. Für diese Industriezweige läßt sich aufgrund dieser Vielfalt und heterogenen Produktionsstruktur (allein die Elektrotechnische Industrie unterscheidet ca. 500 Warengruppen) keine einheitliche gewichts- oder stückzahlbezogene Produktionsgröße angeben. Zur Kennzeichnung der wirtschaftlichen Aktivität und als Referenzgröße zur Bildung eines spezifischen Stromverbrauches wird auf die Bruttowertschöpfung zurückgegriffen.

### 3.2 Elektrotechnische Erzeugnisse

In *Bild 4.37* ist die bisherige Entwicklung des Stromverbrauches, der Gesamtproduktion (Bruttowertschöpfung) sowie des aus beiden Größen gebildeten spezifischen Stromverbrauches für die Elektrotechnische Industrie über die letzten 25 Jahre dargestellt.

Die Branche ist gekennzeichnet durch eine seit den '60er Jahren anhaltende stetige wirtschaftliche Aufwärtsentwicklung, die einherging mit einem zunehmenden Bedarf an elektrischer Energie. Der Stromverbrauch hat sich von 2,1 TWh (1960) auf rd. 6,2 TWh im Jahre 1985 nahezu verdreifacht. Das Wachstum des Stromverbrauches blieb in diesem Zeitraum mit durchschnittlich 4,2 % pro Jahr hinter der Produktionsentwicklung mit 5,5 % pro Jahr zurück. Das zeigt ein gesunkener spezifischer Stromverbrauch in *Bild 4.37*.



*Bild 4.37:* Stromverbrauch, Produktion und spezifischer Stromverbrauch der Elektrotechnischen Industrie von 1960 bis 1985 /2, 3/

Betrachtet man zunächst die weitere, mögliche Entwicklung des spezifischen Stromverbrauches, so ist für die die Zukunft mit einer Fortsetzung der Vergangenheitentwicklung zu rechnen. Dies hat produktionstechnische Gründe und Verschiebungen der Produktionsstruktur zum Hintergrund.

Erzeugnisbereiche	Bruttoproduktionswert <sup>1)</sup>		Stromverbrauch		Spezifischer Stromverbrauch kWh/1000 DM
	in Mrd DM	in %	in GWh	in %	
Geräte der Elektrizitäts- erzeugung, -umwandlung und -verteilung [3620]	22,4	26,2	2.724	49,3	122
Leuchten und Lampen [3640]	1,9	2,2	224	4,0	118
Haushaltsgeräte [3650]	10,0	11,7	550	10,0	55
Geräte der Nachrichten- Meß- u. Regeitechnik [3660]	17,4	20,4	1.231	22,3	70
Geräte der Unterhaltungs- elektronik [3670]	8,6	10,1	583	10,6	58
Übrige (inkl. elektr. Kfz- Ausrüstungen, Bauelemente der Elektronik)	25,1	29,4	213	3,8	8,5
<b>Elektrotechnische Industrie</b>	<b>85,4<sup>2) 3)</sup></b>	<b>100 %</b>	<b>5.525</b>	<b>100 %</b>	<b>65</b>

1) in Preisen von 1980

2) ohne Geräte und Einrichtungen für die elektronische Datenverarbeitung

3) Die Bruttowertschöpfung (in Preisen von 1980) lag im Jahre 1980 bei 55,45 Mrd DM /3/.

Tab. 4.32: Bruttoproduktionswert, Stromverbrauch und spezifischer Stromverbrauch in ausgewählten Erzeugnisbereichen der Elektrotechnischen Industrie im Jahre 1980 /2, 96/

Nach Tab. 4.32 ist der spezifische Stromverbrauch<sup>30</sup> in den verschiedenen Erzeugnisbereichen der Elektrotechnischen Industrie unterschiedlich hoch. Im Produktionsbereich 'Herstellung von Geräten für die Elektrizitätsversorgung' [3620], dem mit Abstand größten Stromverbrauchsbereich mit einem Anteil von fast 50 %, wird zur Erwirtschaftung eines gleich hohen Bruttoproduktionswertes ein bis zu 15-facher höherer Strombedarf wie in den anderen Bereichen benötigt. Diesem Erzeugnisbereich, gleichfalls wie für die Bereiche Leuchten und Lampen, elektrische Haushaltsgeräte und Unterhaltungselektronik, wird eine im Vergleich zur Gesamtbranche nur unterdurchschnittliche Wachstumsaussicht vorausgesagt /94/. Dagegen werden für die Bereiche Nachrichten-, Meß- und Regeltechnik und Übrige (Kfz-Ausrüstungen, elektronische Bauelemente) überdurchschnittlich gute Wachstumschancen gesehen. Diese Strukturverschiebungen signalisieren eine Verlagerung des Produktionwachstums in weniger stromintensivere Produk-

<sup>30</sup> Eine Aufteilung der Bruttowertschöpfung nach Erzeugnisbereichen der Elektrotechnischen Industrie liegt nicht vor, so daß zur Verdeutlichung der Zusammenhänge auf den Bruttoproduktionswert zurückgegriffen wird.

tionsbereiche. Dieser Struktureffekt läßt nach überschlägigen Berechnungen eine Verminderung des spezifischen Strombedarfes von insgesamt etwa 15 % bis zum Jahre 2000 gegenüber dem Jahre 1985 erwarten.

Der Verminderung des spezifischen Strombedarfes werden allerdings aus produktionstechnischer Sicht Grenzen gesetzt. So ist nach Auskunft von Fachleuten /95/ im Zentralverband der Elektrotechnischen Industrie (ZVEI) mit einem zunehmenden Grad an Mechanisierung und Automation in der Branche zu rechnen. Ein zunehmender Mechanisierungsbedarf wird vor allem in der Großserienfertigung (Haushaltsgeräte, elektrische Meß- und Regelgeräte, phonotechnische Geräte, Bauelemente der elektronischen Schaltungstechnik) gesehen /95/. Dadurch wird die Stromintensität in den Anwendungsbereichen Montage, Pressen und Werkzeugmaschineneneinsatz zunehmen; Bereiche, in denen zukünftig auch große Anwendungsmöglichkeiten für Handhabungssysteme (Roboter) gesehen werden /21/. Im Rahmen der Automatisierung kommt neben dem Robotereinsatz auch dem rechnergestützten Informations- und Materialfluß zunehmende Bedeutung zu.

In dieser Studie wird der zu erwartende Strommehrbedarf für Roboter und EDV mit 1,2 TWh (ca. 20 % des derzeitigen Branchenstromverbrauches) für das Jahr 2000 abgeschätzt (Kap. 3.3 und Kap. 3.4). Zur Verminderung können potentielle Stromeinsparmöglichkeiten beitragen, die für die Antriebstechnik und bei der Beleuchtung in der Größenordnung von zusammen 0,3 TWh im Jahre 2000 liegen (Kap. 3.1 und Kap. 3.8). Darüber hinaus kann die Entwicklung zu mehr Elektronik anstelle mechanischer Bauteile bei der Montage von elektrotechnischen Produkten zu einen verminderten Strombedarf durch wegfällende Arbeitsschritte beitragen. Die in Richtung Gewichtsreduzierung bzw. Optimierung der Fertigung (z.B. weniger Zerspanungsprozesse) zielenden Entwicklungen lassen ebenfalls einen strombedarfsreduzierenden Effekt erwarten.

Alle erkennbaren technischen Entwicklungen werden entsprechend zur Aussage beim Struktureffekt den spezifische Strombedarf, überschlägig berechnet, um etwa 7 - 8 % (technischer Effekt) anheben.

In dieser Studie wird aufgrund der diskutierten Entwicklungen mit einem spezifischen Strombedarf zur Jahrhundertwende gerechnet, der netto um etwa 8 % unter dem statistisch ermittelten Wert für das Jahr 1984 liegt (vgl. Tab. 4.36).

Die Elektrotechnische Industrie zählt nach vorliegenden Analysen /94/ zu den Branchen mit weiterhin überdurchschnittlich guten Wachstumsaussichten. In den einzelnen Teilmärkten sind allerdings, wie angedeutet, die Aussichten unterschiedlich gut. Darüber hinaus ist dieser Industriezweig mit einem Exportanteil von 45 % sehr stark vom Auslandsgeschäft abhängig. Das Ifo-Institut /94/ hat unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge analysiert, daß der Nettoproduktionswert dieser Branche bis Anfang der '90er Jahre um real 3 % pro Jahr wachsen könnte. Für die Abschätzung der zukünftigen Produktionsentwicklung der Elektrotechnischen Industrie werden diese Projektionen des Ifo-Institutes zugrunde gelegt und näherungsweise auf die Entwicklung der Bruttowertschöpfung übertragen. Die vorausgesagten Steigerungsraten werden bis zum Jahre 2000 fortgeschrieben.

Unter diesen Annahmen kann für die Elektrotechnischen Industrie ein Strombedarf von etwa 8,4 TWh im Jahre 2000 erwartet werden. Gegenüber dem Jahre 1985 bedeutet das ein Zuwachs von rd. 2,2 TWh; das entspricht einem durchschnittlichen Wachstum von rd. 2 % pro Jahr.

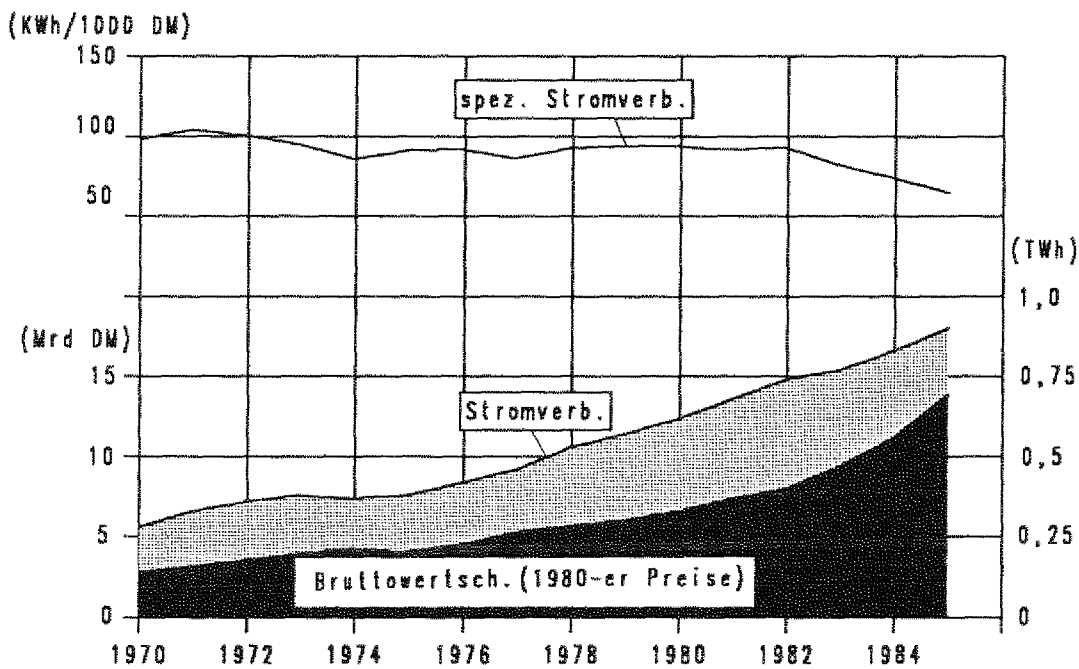
In Tab. 4.33 ist abschließend der Versuch unternommen, den Strombedarf des Jahres 2000 auf die einzelnen Erzeugnisbereiche der Elektrotechnischen Industrie zu verteilen.

Elektrotechnik [36]		1985	2000
1. Geräte der Elektrizitätserzeugung, Verteilung u. ähnliches [3620] Produktionserwartungen: unterdurchschnittlich <i>Stromverbrauch</i>	TWh	3,0	3,5
2. Leuchten und Lampen [3640] Produktionserwartungen: unterdurchschnittlich <i>Stromverbrauch</i>	TWh	0,25	0,3
3. Haushaltsgeräte [3650] Produktionserwartungen: unterdurchschnittlich <i>Stromverbrauch</i>	TWh	0,55	0,7
4. Zähler, Fernmelde-, Meß- u. Regelgeräte [3660] Produktionserwartungen: überdurchschnittlich <i>Stromverbrauch</i>	TWh	1,53	2,5
5. Rundfunk-, Fernseh- u. phonotechnische Geräte [3670] Produktionserwartungen: unterdurchschnittlich <i>Stromverbrauch</i>	TWh	0,59	0,7
6. Restliche (inkl. Hstg. v. Bauelementen der elektronischen Schaltungstechnik) Produktionserwartungen: überdurchschnittlich, starkes Wachstum <i>Stromverbrauch</i>	TWh	0,27	0,7
<b>Gesamtstromverbrauch</b>	<b>TWh</b>	<b>6,19</b>	<b>8,4</b>

Tab. 4.33: Stromverbrauch in der Elektrotechnischen Industrie nach Erzeugnisbereichen für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich /2, eigene Abschätzung/

### 3.3 EDV-Anlagen und Büromaschinen

Die Herstellung von EDV-Anlagen und -Einrichtungen hat im letzten Jahrzehnt eine dynamische Aufwärtsentwicklung zu verzeichnen. Der Stromverbrauch im Wirtschaftszweig Herstellung von Büromaschinen, Allgemeine Datenverarbeitungsgeräte und -einrichtungen (ADV) hat sich mit Zuwachsraten von durchschnittlich rd. 8 % pro Jahr seit 1970 mehr als verdreifacht. Er lag im Jahre 1985 bei rd. 0,9 TWh. Das Wachstum des Stromverbrauches konnte allerdings nicht Schritthalten mit der Entwicklung der Produktion. Wie *Bild 4.38* zeigt, hat sich die Bruttowertschöpfung in den letzten 15 Jahren verfünffacht. Dies hat zu einer deutlichen Verminderung des spezifischen Stromverbrauches, insbesondere in den letzten Jahren, beigetragen.



*Bild 4.38:* Entwicklung des Stromverbrauches und der Bruttowertschöpfung im Wirtschaftszweig Hstg. v. Büromaschinen, ADV-Anlagen [50] von 1975 bis 1985 /2, 3/

Die zukünftigen Aussichten dieser Branche hängen weitgehend von der steigenden Bedeutung der EDV-Einrichtungen ab. Innerhalb des Computermarktes haben sich Teilmärkte gebildet, die sich aufgrund der unterschiedlichen Größenklassen und Einsatzgebiete voneinander weitgehend unabhängig entwickeln. Die wichtigsten, heute üblicherweise unterschiedenen Produktgruppen sind Standardcomputer, Bürocomputer, professionelle Mikrocomputer (Personalcomputer) und Heimcomputer (vgl. Tab. 4.34). Für einzelne Teilbereiche, wie z.B. Heimcomputer, signalisieren Branchenkenner bis 1990 merklich zurückgehende Absatzaussichten infolge sich abzeichnender Sättigungstendenzen /25/.

Produktkategorie	Durchschnittliche Kaufpreise DM	Bestand am 01.01.1985 Mrd. DM	Anteil %
Standardcomputer	über 250.000	34,3	58
Bürocomputer	25.000 - 250.000	12,0	20
Professionelle Mikrocomputer (PC)	1.500 - 25.000	4,1	7
Heimcomputer	unter 1.500	0,8	1
Sonstige (z.B. Prozeßrechner, Minicomputer für Prozeßsteuerung und technisch-wissenschaftliche Zwecke, Terminal Systeme)	1.500 bis 4 Mio	8,3	14
<b>Gesamtmarkt</b>		<b>59,5</b>	<b>100</b>

Tab. 4.34: Struktur des Computermarktes nach Wert der installierten Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1985 /24/

Für die Projektion des Strombedarfes wird hier unterstellt, daß der Markt das derzeit hohe Wachstumsniveau noch mindestens bis Anfang der '90er Jahre beibehält und sich anschließend auf hohem Niveau stabilisiert. Es wird ein auch von Branchenkennern erwartetes durchschnittliches Wachstum der Bruttowertschöpfung von rd. 9 % pro Jahr bis zum Jahre 2000 zugrunde gelegt. Unter diesen Voraussetzungen und der Annahme eines weiterhin sinkenden spezifischen Stromeinsatzes wird die Branche ihren Stromverbrauch mit etwa 2,5 TWh bis zum Jahre 2000 mehr als verdoppelt haben (vgl. Tab. 4.36).

### 3.4 Feinmechanik, Optik, Uhrenherstellung

In der Wirtschaftsgruppe der 'Feinmechanik, Optik und Uhrenherstellung' zeigt die Entwicklung des Stromverbrauches Umstrukturierungsprozesse zwischen den einzelnen Wirtschaftszweigen (Tab 4.35).

Für diese Wirtschaftsgruppe wird ein weiterer Anstieg des gegenwärtig vergleichsweise niedrigen Beitrages zum industriellen Stromverbrauch von rd. 0,6 TWh auf 0,8 TWh im Jahre 2000 unterstellt. Der Zuwachs könnte bei der Feinmechanischen Industrie und der Optischen Industrie liegen. Als wachstumsteigernd für den Strombedarf werden dabei gute Produktionsaussichten feinmechanischer sowie optisch-elektronischer Instrumente, hauptsächlich für die Meß-, Prüf- und Regeltechnik, angesehen.

		1970	1977	1980	1985
Feinmechanik [3751, 3760]	TWh	-	0,21	0,24	0,28
Foto-, Film- und Projektionsgeräte [3721]	TWh	-	0,11	0,11	0,09
Uhrenherstellung [3771]	TWh	-	0,05	0,05	0,04
Restliche (inkl. Optik)	TWh	-	0,12	0,13	0,18
<b>Gesamtstromverbrauch</b>	<b>TWh</b>	<b>0,34</b>	<b>0,49</b>	<b>0,53</b>	<b>0,59</b>

Tab. 4.35: Entwicklung des Stromverbrauches in der Feinmechanik, Optik, Uhrenherstellung [37] für ausgewählte Jahre /2/

#### 4. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Unter den in Tab. 4.36 zusammengefaßten Annahmen und Voraussetzungen wird der Strombedarf in der Wirtschaftsgruppe 'Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik' durch gute wirtschaftliche Entwicklungsmöglichkeiten weiter zunehmen. Aus diesen Entwicklungen resultiert ein Stromzuwachs von etwa 4 TWh bis zum Jahre 2000; das entspricht einem durchschnittlichen, jährlichen Wachstum von 2,9 % in den nächsten 15 Jahren. Für die EDV-Branche wird, gemessen am Durchschnitt der Gruppe, ein überproportionales Stromwachstum erwartet (7,2 % p.a.). Dagegen liegt trotz guter wirtschaftlicher Entwicklungsaussichten der Stromzuwachs für die Elektrotechnische Industrie nur bei durchschnittlich 2,0 % pro Jahr. Dies hat zum Hintergrund, daß das Produktionswachstum dieser Branche in Zukunft verstärkt durch bislang weniger stromintensive Erzeugnisbereiche getragen wird.

Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik		1985		2000	
1. Elektrotechnik [36]	Produktion <sup>2)</sup> (Bruttowertschöpfung)	Mrd DM	60,38 <sup>1)</sup>	96,9	
	spez. Stromverbrauch	kWh/1000DM	94,5 <sup>1)</sup>	87	
	<i>Stromverbrauch</i>	TWh		6,19	8,4
2. Datenverarbeitungsgeräte Büromaschinenherstellung [50]	Produktion <sup>2)</sup> (Bruttowertschöpfung)	Mrd DM	11,19 <sup>1)</sup>	44,43	
	spez. Stromverbrauch	kWh/1000DM	74 <sup>1)</sup>	57	
	<i>Stromverbrauch</i>	TWh		0,9	2,55
3. Feinmechanik, Optik, Uhrenherstellung [37]	<i>Stromverbrauch</i>	TWh		0,59	0,8
<b>Gesamter Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>			<b>7,68</b>	<b>11,75</b>

<sup>1)</sup> Wert gilt für 1984

<sup>2)</sup> in Preisen von 1980

Tab. 4.36: Produktion und Stromverbrauch in der 'Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik' [36, 37, 50] für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

**4.2.5 Eisen-, Blech- und Metallverarbeitende Industrie (EBM-Ind.).....203**

1. Überblick.....	203
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	204
3. Herstellung von EBM-Waren .....	206
3.1 Allgemeines .....	206
3.2 Stromeinsatz.....	206
3.3 Produktionsentwicklung und Stromverbrauch.....	206
4. Ziehereien, Kaltwalzwerke, Stahlverformung.....	209
5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen.....	211



## Eisen-, Blech- und Metallverarbeitende Industrie (EBM-Industrie)

### 1. Überblick

Der Sektor EBM-Industrie setzt sich aus dem Industriezweig 'Herstellung von Eisen-, Blech- und Metallwaren' und einer Wirtschaftsgruppe mit mehreren kleineren Branchen<sup>31</sup>, im folgenden auch kurz 'Stahlverformung' genannt, zusammen. Der Stromverbrauch beider Branchen betrug im Jahre 1985 zusammen etwa 4,4 TWh. Davon entfielen auf die Herstellung von EBM-Waren rd. 2,5 TWh und auf die Stahlverformung ca. 1,9 TWh.

#### Eisen-, Blech- und Metallwaren (EBM)

[38]

Sektoren		Sypro-Nr.	
Hstg. v. Eisen-, Blech- und Metallwaren		[38]	
Ziehereien, Kaltwalzwerke, Stahlverformung		[3021, 3025]	
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	1,75		51,10
Strom	0,54	4,38	15,80
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		30,9 %	
Stromanteil am gesamten Industriestromverbrauch		2,8 %	

(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

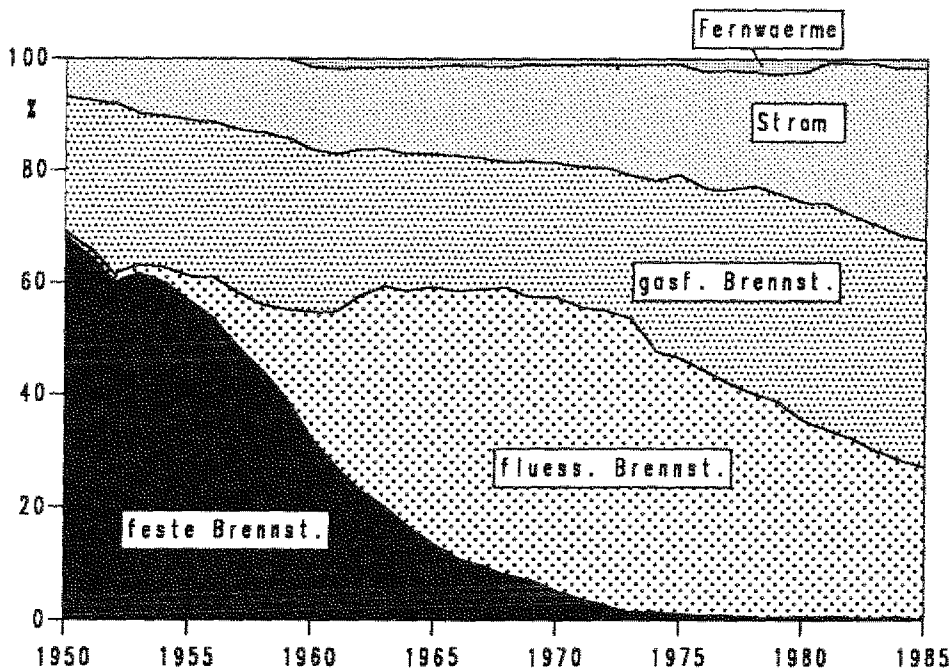
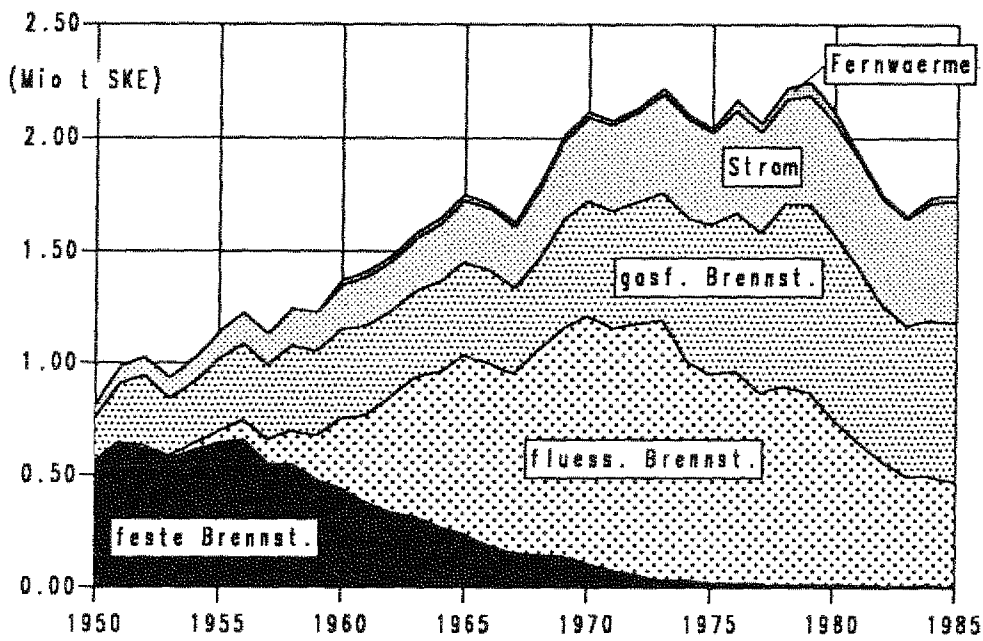
<sup>31</sup> Zu den Wirtschaftszweigen der hier betrachteten Investitionsgüterindustrie gehören gemäß der Abgrenzung der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen die Industriezweige 'Hstg. v. von Gesenk- und leichten Freiformschmiedestücken, schweren Preß-, Zieh- und Stanzteilen' [3021] und 'Stahlverformung, a.n.g. Oberflächenveredelung, Härtung' [3025]. Dagegen sind die 'Stabziehereien, Kaltwalzwerke' [3011] und die 'Drahtziehereien' [3015] der Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie zugeordnet (siehe Kap. 4.1.5).

## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

Die Entwicklung des Endenergieverbrauches dieses Sektors zeigt deutliche Reaktionen auf die Ölpreisverteuerungen der Jahre 1973 und 1979 (vgl. Bild 4.39). Der Endenergieverbrauch entwickelte sich bis zum Jahre 1973 stetig ansteigend, wobei Mineralöl seinen Anteil auf fast 60 % erhöhte. Danach hat der Verbrauch kaum zugenommen; er war nach dem im Jahre 1979 erreichten Höchststand von 2,2 Mio t SKE sogar rückläufig. Zur Zeit deutet sich wieder eine Stabilisierung an.

Die Ölpreisentwicklung bewirkte beträchtliche Veränderungen in der Energieträgerstruktur. Das Mineralöl büßte seine dominierende Rolle weitgehend ein und sank bis Mitte der '80er Jahre auf einen Anteil von unter 30 % ab. Im Gegensatz zum Öl nahmen elektrische Energie und Erdgas in ihrer Bedeutung zu.

Der Stromverbrauch in der EBM-Industrie ist seit dem Jahre 1960 von ca. 1,6 TWh relativ kontinuierlich auf 4,4 TWh (1985) angestiegen. Mit diesem Anstieg war auch eine Verdopplung der Anteile dieses Energieträgers auf zur Zeit etwa 30 % verbunden; dieser Sachverhalt unterstreicht die zunehmende Bedeutung der elektrischen Energie in der Eisen-, Blech- und Metallverarbeitung.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.39: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergiesträgerstruktur in der EBM-Industrie von 1950 - 1985

### 3. Herstellung von EBM-Waren

#### 3.1 Allgemeines

Bei diesem Industriezweig handelt es sich um eine außerordentlich heterogene Branche mit typisch mittelständischem Charakter und einer Vielzahl kleinerer und mittlerer Unternehmen.

Das Produktionsprogramm ist mit ca. 200.000 Erzeugnissen sehr breit gefächert und differenziert. Es werden sowohl Konsumgüter als auch Investitionsgüter und Zuliefererzeugnisse für die gesamte Industrie hergestellt. Die Palette der Produkte reicht von Stecknadeln und Reißverschlüssen über Herde, Küchen- und Haushaltsgeräten sowie Bestecke bis hin zu Leitplanken und Druckbehältern für die Energieerzeugung.

Der Wirtschaftszweig Hstg. v. EBM-Waren ist aufgrund der benötigten Vormaterialien stark abhängig von der Eisenschaffenden Industrie. Etwa 80 % der Vormaterialien entfallen auf Stahl, der Rest von etwa 20 % auf NE-Metalle und Kunststoffe.

Die Bedeutung der Branche liegt in ihrer Funktion als Zulieferer für die Bau-, Automobil- und Ernährungsindustrie, obwohl ein Großteil der Produkte über den Handel direkt an den Verbraucher geht. /97/

#### 3.2 Stromeinsatz

Der Elektrizitätsbedarf der Branche ist zum größten Teil durch Kraftprozesse geprägt. Der Anteil für Kraft und Licht liegt bei ca. 80 %, etwa 20 % sind der Elektroprozeßenergie zuzurechnen /12/. Elektrische Energie wird in der Verformungstechnik (Biegen, Schneiden, Lochen, Walzen etc.), zur Oberflächenveredelung (galvanotechnische Verfahren) sowie für Wärmebehandlungsverfahren zur Werkstoffgefügeänderung eingesetzt /54/. Die bisher eingeführten Elektrowärmeverfahren reichen vom Lichtbogenschweißen über induktive Verfahren bis hin zur direkten Widerstandserwärmung der Produkte /12/.

#### 3.3 Stromverbrauch und Produktionsentwicklung

Der Stromverbrauch dieses Wirtschaftszweiges hat sich von etwa 1 TWh (1960) auf rd. 2,5 TWh im Jahre 1985 mehr als verdoppelt. Wie *Bild 4.40* zeigt, hat hierzu die gute Produktionsentwicklung<sup>32</sup> besonders in der Aufschwungphase, die bis in die frühen '70er Jahre reichte, beigetragen. Danach ist eine stagnierende Tendenz der Produktion zu beobachten, so daß der Anstieg des Stromverbrauches im wesentlichen auf den gestiegenen spezifischen Stromverbrauch zurückzuführen ist.

---

<sup>32</sup> Die Vielzahl der Erzeugnisse erlaubt keine Angabe der Produktion in einer einheitlichen, mengenbezogenen Größe, die als Bezugsgröße für den Stromverbrauch dienen könnte, so daß hier auf die Bruttowertschöpfung zurückgegriffen wird.

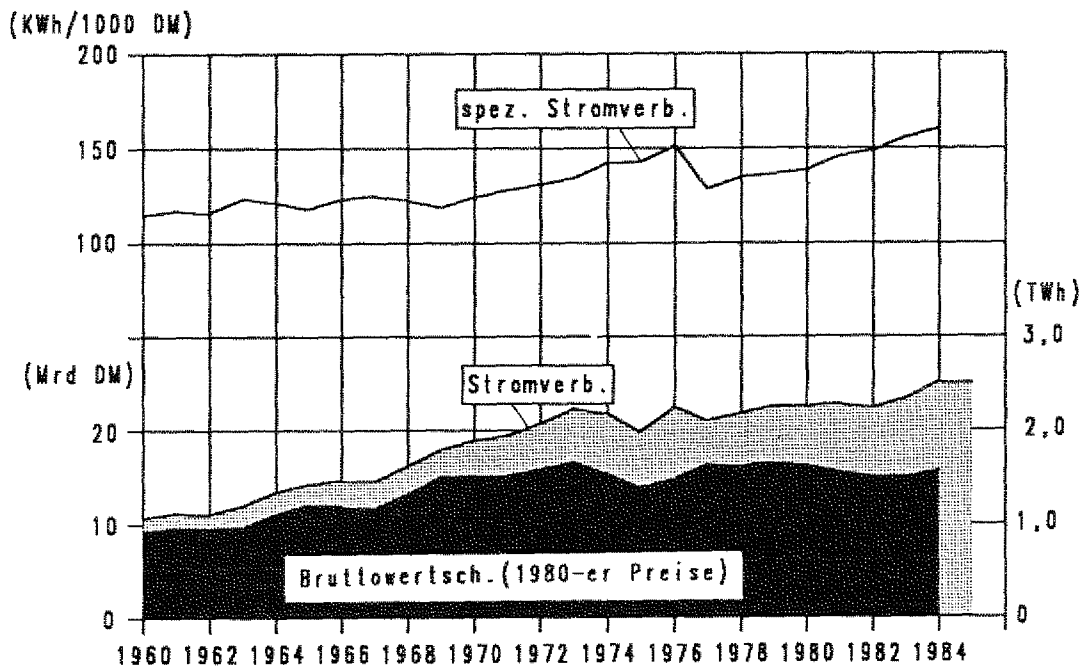


Bild 4.40: Stromverbrauch und Bruttowertschöpfung des Wirtschaftszweiges Herstellung von EBM-Waren [38] von 1960 bis 1985 /2, 3/

Für die Zukunft deutet nichts auf eine gravierende Veränderung des bisherigen Trends hin. Die Möglichkeiten eines verstärkten Stromeinsatzes in der EBM-Industrie sind bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Dazu gehören die Automatisierung der Büro- und Organisationstechnik sowie des Transports und der Lagertechnik, der Einsatz von Robotern, Computern und Mikroprozessoren zur Steuerung von Maschinen und Apparaten sowie zur Montage und zur Qualitätskontrolle /97, 98/. Das wirtschaftliche Wachstum dieser Branche hängt, wie von Branchenexperten /97/ betont wird, weitgehend von technologischen Anpassungsprozessen ab. Deshalb ist bis zur Jahrhundertwende mit einer zunehmenden Bedeutung von Mechanisierung und Automation und mit einem weiteren Anstieg des spezifischen Strombedarfes zu rechnen. Die technologischen Anpassungsvorgänge werden bei zunehmendem Rationalisierungsbewußtsein mit der Ausnutzung von Stromeinsparmöglichkeiten begleitet sein (z.B. Einsatz thyristorgesteuerter Käfigläufermotoren). Die in dieser Studie dafür ermittelte Stromeinsparung kann in der gleichen Größenordnung liegen, wie durch den Robotereinsatz (ca. 0,1 TWh) an Stromzuwachs gemäß Kap. 3.3 erwartet wird.

Für den spezifischen Stromverbrauch wird angesichts der ausstehenden technologischen Anpassungsprozesse ein weiterer Anstieg in dieser Studie vorausgesetzt, der in der Größenordnung des Zuwachses der letzten 15 Jahre (etwa 30 kWh/1000 DM Bruttowertschöpfung) liegt. Danach wird im Jahre 2000 mit einem spezifischen Strombedarf von rd. 190 kWh/1000 DM Bruttowertschöpfung gerechnet.

Die zukünftige Produktionsentwicklung der Branche ist auf Stabilisierung des Erreichten ausgerichtet. Angesichts der rasch fortschreitenden Industrialisierung der Schwellenländer wird mit einem steigenden Konkurrenzdruck auf den internationalen Märkten gerechnet (ca. 30 % der Produktion wird exportiert). Eine langfristige Absicherung des Absatzes wird durch technologischen Vorsprung (Zielrichtung ist die Verlagerung der Produktionsstruktur auf Erzeugnisse mit höheren Wertschöpfungs- und Spezialisierungsgrad) erwartet /99/.

Bei der Inlandsnachfrage (30 % Bauwirtschaft, 15 % Automobilindustrie, 40 % Endverbraucher) ist die zukünftige Situation gleichfalls nicht unproblematisch. Nach der im Rahmen dieser Studie vorgenommenen Einschätzung hat die Branche mit einer rückläufigen Bevölkerungsentwicklung und mit teilweise nachlassenden Wachstumschancen der von ihr belieferten Industriezweige, insbesondere bei der der Bauwirtschaft und dem Nahrungs- und Genußmittelgewerbe, zu rechnen. Für die Branche könnten sich nach /97/ neue Märkte im Bereich 'Freizeitgüter' sowie bei umweltschonenden Geräten (energie- und rohstoffsparend) eröffnen.

Zusammenfassend wird für die Abschätzung des zukünftigen Strombedarfes der Branche eine langfristige Stabilisierung der Produktion auf gegenwärtigem Niveau erwartet (vgl. Tab. 4.37)

In Anbetracht der beschriebenen Annahmen wird der Strombedarf des Wirtschaftszweiges 'Herstellung von EBM-Waren' für das Jahr 2000 bei etwa 3 TWh liegen. Das entspricht einem Zuwachs von 20 % (0,5 TWh) gegenüber dem Jahre 1985.

### 3.2 Ziehereien, Kaltwalzwerke, Stahlverformung

Hauptprodukte dieser Branche sind Schmiedestücke, Preß-, Zieh- und Stanzteile sowie Federn, Ketten und Schrauben aus Stahl und NE-Metallen. Die Branche zählt zu den sogenannten Zulieferindustrien, vor allem für das Investitionsgütergewerbe.

Der Stromverbrauch dieses Wirtschaftszweiges lag im Jahre 1985 bei 1,9 TWh; das bedeutet gegenüber dem Stand von 1960 (0,6 TWh) eine Verdreifachung.

Zur Bildung des spezifischen Stromverbrauchswertes bietet sich als Referenzgröße die gewichtsmäßig kumulierte Produktion der Hauptprodukte dieser Branche an. Diese werden einzelnen mit Mengenangaben vom Statistischen Bundesamt ausgewiesen. Die kumulierte Produktionsmenge ist für ausgewählte Eckjahre in *Bild 4.41* aufgezeigt. Danach lag der Wachstumsschwerpunkt der Produktion eindeutig in den '60er Jahren. Seit Anfang der '70er Jahre weist die Produktionsentwicklung Sättigungstendenzen um 2,4 Mio Tonnen (Schwankungsbreite  $\pm 10\%$ ) auf.

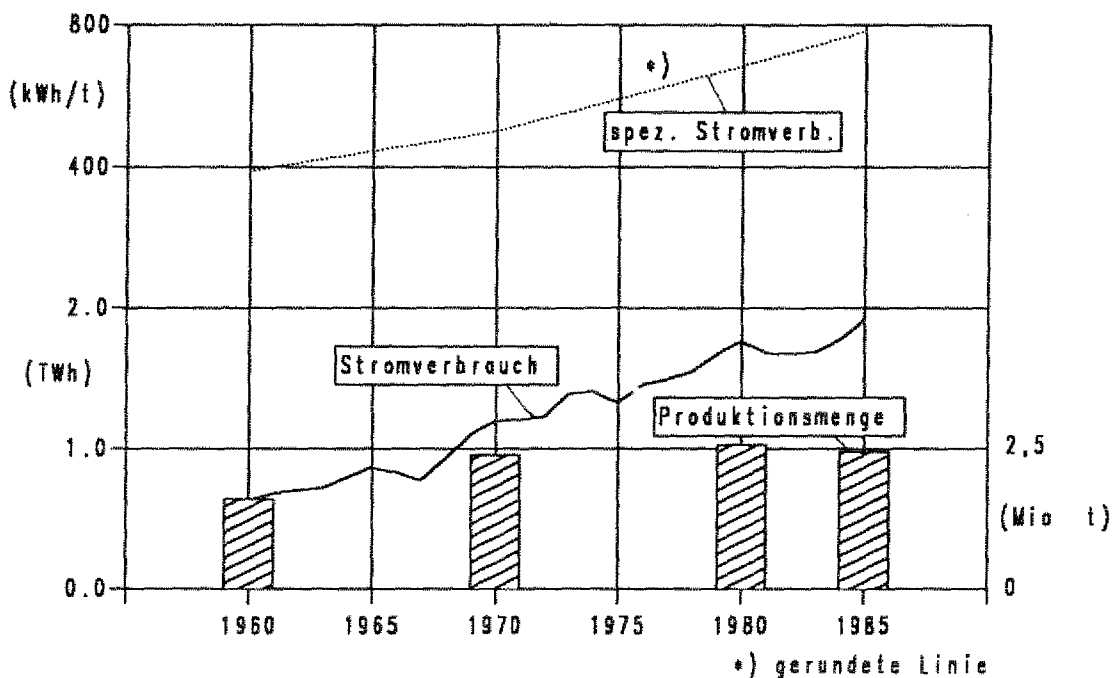


Bild 4.41: Entwicklung des Stromverbrauches und der kumulierten Produktionsmenge der Ziehereien, Kaltwalzwerke, Stahlverformung von 1960 - 1985 /2, 58/

Der mit der kumulierten Produktion ermittelte spezifische Stromverbrauch lag im Jahre 1985 bei rd. 800 kWh/t; er war damit etwa doppelt so groß wie im Jahre 1960 (vgl. Bild 4.41).

Eine Abkehr vom bisherigen Trend ist nicht erkennbar. Für die Abschätzung wird in Anlehnung an Entwicklungen in anderen metallverarbeitenden Industriezweigen unterstellt, daß die Aufwärtsentwicklung des spezifischen Stromeinsatzes noch anhält. Gegenüber der Entwicklung in den letzten 15 Jahren wird aber ein Abflachen des Wachstums von rd. 3 % auf knapp 2 % pro Jahr unterstellt, so daß der spezifische Einsatz im Jahre 2000 bei etwa 1040 kWh/t Erzeugnis liegen kann. Hierbei wird vorausgesetzt, daß Stromeinsparmöglichkeiten, z.B. in der Antriebstechnik und bei der Beleuchtung, verstärkt genutzt werden.

In bezug auf die Produktionsentwicklung wird die Branche trotz der engen Anbindung an das Investitionsgütergewerbe zukünftig nur partiell von den guten Wachstumsaussichten einiger Investitionsgüterindustrien profitieren. Ursächlich hierfür sind u.a. folgende Entwicklungen in den Abnehmerbereichen:

- zunehmende Substitutionsmöglichkeiten im Materialbereich (z.B. Kunststoffe) oder im Bereich der Fertigungstechnik (z.B. Kleben statt Schrauben oder Nieten, Gußteile statt gedrehter Teile)
- Materialeinsparung (Gewichtsreduzierung bei gleicher Festigkeit)
- mehr Elektronik (weniger mechanische Bauteile)

In dieser Studie wird eine Produktion erwartet, die dem Trend der letzten 15 Jahre folgt und im Jahre 2000 weiterhin bei 2,4 Mio t liegt. Eine solche Produktionsentwicklung wird bei einem weiter ansteigend vorausgesetzten spezifischen Stromeinsatz zu einem Strombedarf von etwa 2,5 TWh im Jahre 2000 führen. Das bedeutet einen Zuwachs von 0,6 TWh gegenüber dem Jahre 1985.

## 5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Nach den beschriebenen und in *Tab. 4.37* zusammengefaßten Annahmen wird der Strombedarf in der EBM-Industrie zur Jahrhundertwende bei etwa 5,5 TWh liegen; daraus folgt ein Zuwachs von rd. 1,1 TWh gegenüber 1985. Bei der Produktion wird eine Stabilisierung auf dem gegenwärtigem Stand, dagegen beim spezifischen Strombedarf ein weiterer Anstieg vorausgesetzt.

EBM - Industrie		1985		2000	
1. Hstg.v. Eisen-, Blech- und Metallwaren [38]	Produktion <sup>2)</sup> (Bruttowertschöpfung)	Mrd DM	15,7 <sup>1)</sup>	16	
	spez. Stromverbrauch	kWh/1000 DM	158 <sup>1)</sup>	188	
	<i>Stromverbrauch</i>	TWh		2,48	3,0
2. Ziehereien, Kaltwalzwerke, Stahlverformung [hier 3021,3025]	Produktion	Mio t	2,4	2,4	
	spez. Stromverbrauch	kWh/t	791	1040	
	<i>Stromverbrauch</i>	TWh		1,90	2,5
<b>Gesamtstromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>4,38</b>		<b>5,5</b>

<sup>1)</sup> Wert gilt für 1984

<sup>2)</sup> in Preisen von 1980

*Tab. 4.37:* Produktion und Stromverbrauch der EBM-Industrie für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

## 4.2.6 Übriges Investitionsgütergewerbe

Unter den Begriff Übriges Investitionsgütergewerbe sind die Branchen 'Stahl- und Leichtmetallbau, Schienenfahrzeugbau' und der 'Schiffbau' zusammengefaßt. Der Stromverbrauch dieser Branchen betrug im Jahre 1985 zusammengenommen 1 TWh, d.h. deutlich weniger als 1 % des gesamten Industriestromverbrauches.

Die Entwicklung des Stromverbrauches in den letzten 25 Jahren zeigt (vgl. Bild 4.42), daß mit einer signifikanten Steigerung des Strombedarfes zukünftig kaum zu rechnen ist.

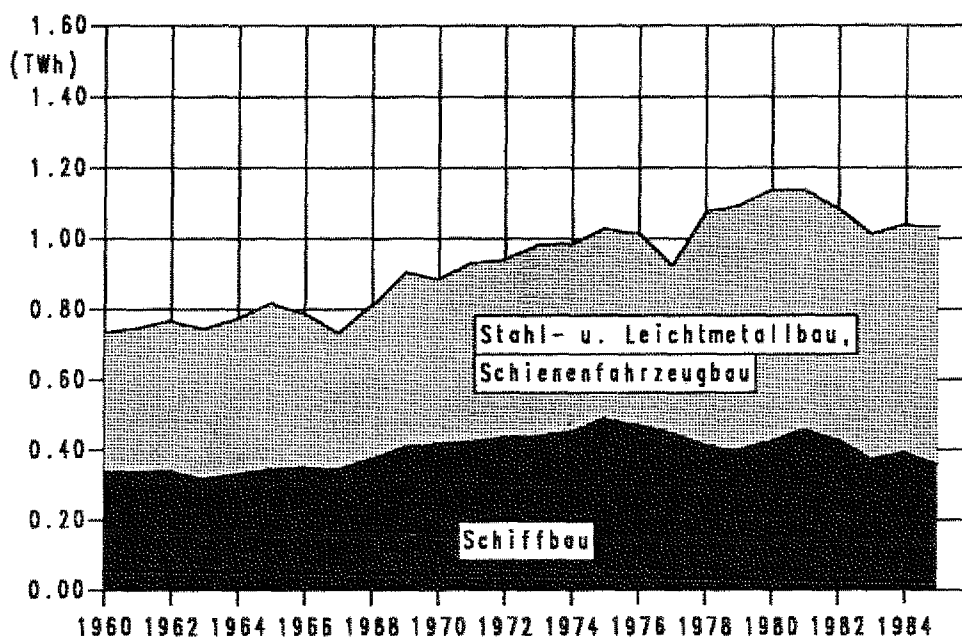


Bild 4.42: Stromverbrauch im Übrigen Investitionsgütergewerbe von 1960 - 1985 /1, 2/

In der Werftindustrie spricht die gegenwärtige EG-Politik, die Beihilfenregelung für die notleidende europäische Schiffbauindustrie mit strengen Auflagen zur Verringerung der Kapazitäten zu koppeln, für einen rückläufigen Strombedarf. Der Grund liegt im starken asiatischen Wettbewerbsdruck im Bereich der Großtanker und Schüttgutfrachter /100/. Von dieser Entwicklung ist auch die bundesdeutsche Schiffbauindustrie betroffen. Auf den Absatz stabilisierend kann sich zukünftig der Trend zum Bau kleinerer spitzentechnologisch ausgestatteter Schiffe auswirken.

Für den Stahl- und Leichtmetallbau wird eine günstigere wirtschaftliche Entwicklung erwartet (gute Absatzmöglichkeiten im Wirtschaftsbau), die einen zusätzlichen Strombedarf der Branche bewirken kann.

In der nachfolgenden *Tab. 4.38* sind die quantifizierten Stromverbrauchswerte für die Jahre 1985 und 2000 zusammengefaßt.

Übriges Investitionsgüter- gewerbe	1985 TWh	2000 TWh
1. Stahl- und Leichtmetallbau, Schienenfahrzeugbau [31]	0,67	0,8
2. Schiffbau [34]	0,35	0,3
<b>Gesamtstromverbrauch</b>	<b>1,02</b>	<b>1,1</b>

*Tab. 4.38:* Stromverbrauch im Übrigen Investitionsgütergewerbe für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

## 4.3 Verbrauchsgüterindustrie

### 4.3.1 Übersicht

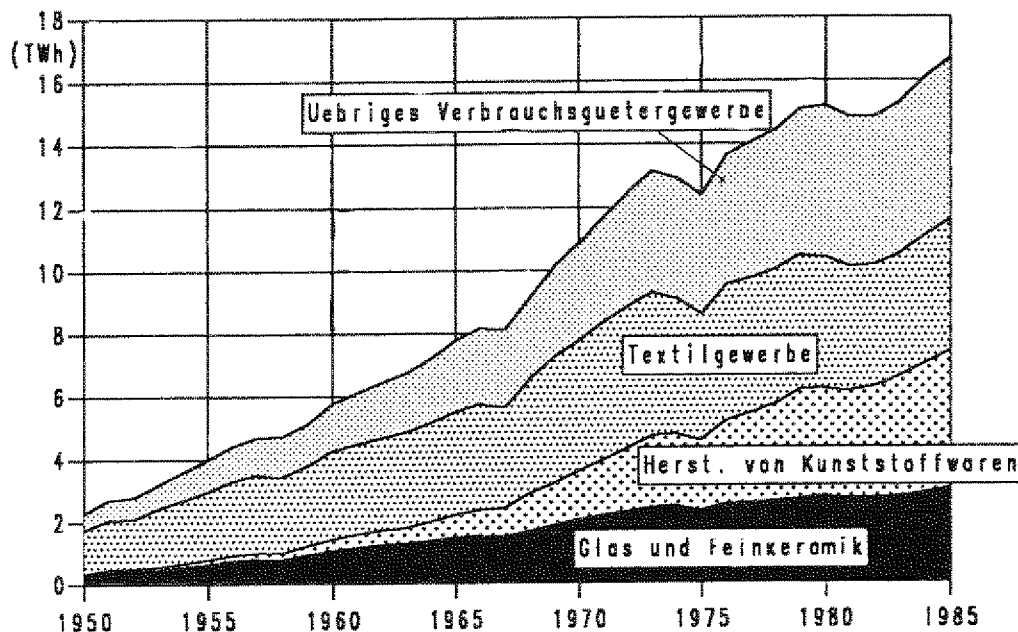
Die Verbrauchsgüterindustrie umfaßt die Wirtschaftszweige

- Glas und Feinkeramik
- Kunststoffverarbeitung (Herstellung von Kunststoffwaren)
- Textilgewerbe
- Übriges Verbrauchsgütergewerbe

Der Stromverbrauch der Verbrauchsgüterindustrie hat sich in den letzten 25 Jahren weit mehr als verdoppelt; er erreichte mit über 16 TWh einen Höchststand im Jahre 1985. Die Entwicklung des Stromverbrauches wurde in dieser Hauptgruppe von den Subsektoren unterschiedlich bestimmt. Als wachstumsträchtig erwiesen sich bisher die Wirtschaftszweige Glas und Feinkeramik, Kunststoffverarbeitung sowie das Übrige Verbrauchsgütergewerbe; dagegen weist das Textilgewerbe seit Anfang der '70er Jahre deutliche Stagnationstendenzen auf (Bild 4.43).

Der Anteil der Verbrauchsgüterindustrie am gesamten Industriestromverbrauch beträgt gegenwärtig rd. 10 %.

Bei den Stromanwendungen dominiert der Einsatz für Antriebszwecke. Im Jahre 1982 entfielen rd. 78 % auf diese Anwendung, der Rest verteilte sich zu etwa gleichen Anteilen auf Licht und elektrowärmetechnische Anwendungen /5/.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.43: Entwicklung des Stromverbrauches in der Verbrauchsgüterindustrie von 1950 - 1985

<b>4.3.2 Glas und Feinkeramik .....</b>	<b>217</b>
1. Überblick .....	217
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	218
3. Glas .....	220
3.1 Allgemeines .....	220
3.2 Stromeinsatz .....	220
3.3 Stromverbrauch und Produktionsentwicklung .....	222
4. Feinkeramik .....	227
4.1 Allgemeines .....	227
4.2 Stromverbrauch und Produktionsentwicklung .....	227
5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	230



## Glas und Feinkeramik

### 1. Überblick

Im Sektor Glas und Feinkeramik dominiert wirtschaftlich und energetisch die Glasindustrie. Auf sie entfällt ca. vier Fünftel des Energie- und Stromeinsatzes. Sowohl die Glasindustrie als auch die Feinkeramische Industrie lassen einen zunehmenden Bedarf an elektrischer Energie erkennen. Der Gesamtstromverbrauch beider Branchen war mit 3 TWh im Jahre 1985 im Vergleich zu anderen Branchen gering und entsprach einem Anteil von weniger als 2 % des gesamten Industrie-stromverbrauches.

#### Glas und Feinkeramik

[51]

Sektoren		Sypro-Nr.	
Hstg. v. Glas		[52]	
Feinkeramische Industrie		[51]	
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	2,47		72,50
Strom	0,37	3,01	10,80
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		14,9 %	
Stromanteil am gesamten Industriestrom- verbrauch		1,9 %	

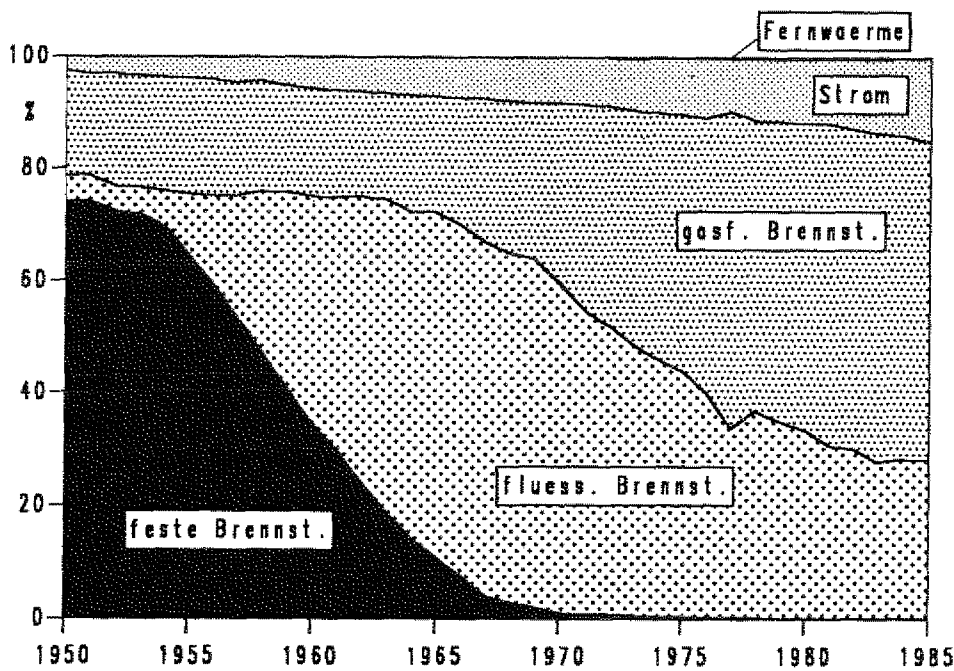
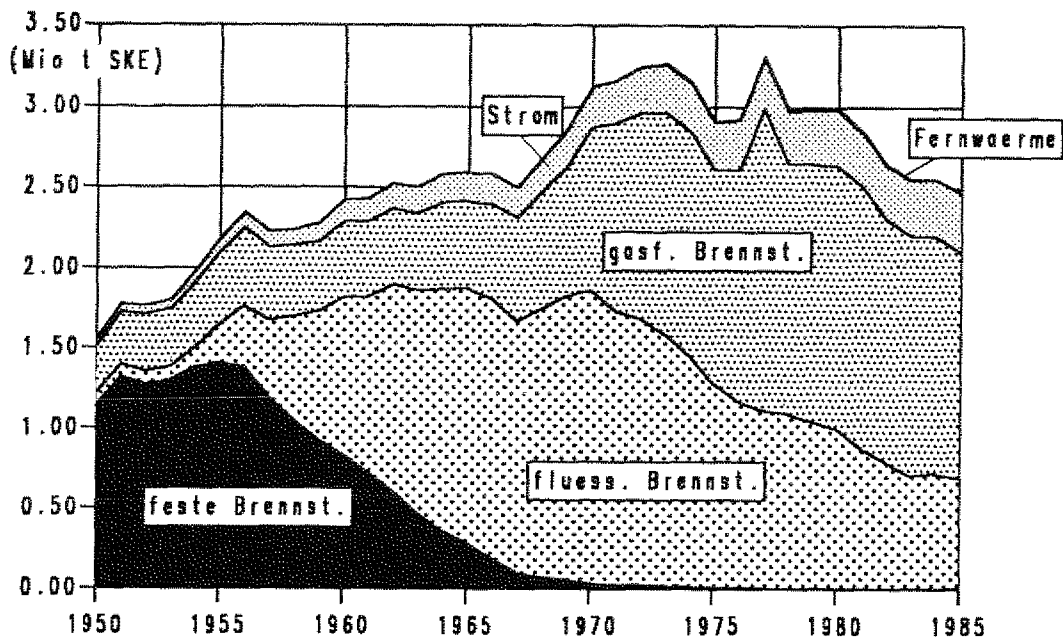
(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

Die Entwicklung des Endenergieverbrauches des Sektors Glas und Feinkeramik in *Bild 4.44* zeigt, ähnlich dem Verlauf in anderen Sektoren, einen stetigen Anstieg bis zum Jahre 1973 (3,2 Mio t SKE). Nach einer kurzen Phase der Stabilisierung bis Anfang der '80er Jahre erfolgte ein Rückgang des Energieverbrauches bis auf 2,5 Mio t SKE im Jahre 1985.

Die größte Bedeutung kommt der Energieversorgung bei der Deckung des Prozeßwärmebedarfes für Schmelzprozesse zu, auf die über 80 % des Energieeinsatzes entfallen. Der Bedarf an Prozeßwärme wird zunehmend durch Erdgas gedeckt; die daraus folgenden Strukturverschiebungen des Endenergieverbrauches werden in *Bild 4.44* deutlich.

Der Anteil des Stromes an der Energieversorgung ist steigend, dennoch mit gegenwärtig etwa 15 % gegenüber den anderen Energieträgern gering. Der Einsatz der elektrischen Energie wurde in der Glasindustrie in der Vergangenheit vor allem aus Kostengründen niedrig gehalten, jedoch durch das steigende Preisniveau der Konkurrenzenergien Erdgas und Öl sowie durch Umweltschutzauflagen für fossile Energieträger stieg auch sein Anteil an der Energieversorgung /101/.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.44: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur im Wirtschaftszweig Glas und Feinkeramik von 1950 bis 1985

### 3. Glas

#### 3.1. Allgemeines

In der Bundesrepublik Deutschland wurden im Jahre 1985 etwa 4,6 Mio Tonnen Glas erschmolzen. Dazu wurden neben Brennstoffenergie rd. 2,4 TWh elektrischer Energie benötigt. Ausgangsstoffe der Glasherstellung sind Sand, Soda, Kalk und diverse andere Rohstoffe; dabei ist seit 1974 ist eine zunehmende Verwendung von Altglas festzustellen.

Die in der Glasindustrie produzierten Erzeugnisse lassen sich einteilen in die Hauptgruppen

- Flachglas,
- Hohlglas,
- Glasfaser,
- Beleuchtungs- und Spezialglas, technisches Glas.

Mengenmäßig überwiegt die Herstellung von Hohl- und Flachglas bei weitem; diese Glasarten werden wegen ihres großen Anteils an der Produktion auch als 'Massenglas' bezeichnet. Die wichtigsten Produktgruppen sind bei Hohlglas Flaschen und Verpackungsgefäße, bei Flachglas Fenster-, Spiegel- und Gußglas und bei Glasfaser Isolier- und Verstärkungsfasern /102/.

Hohl- und Flachglas wird in der Bundesrepublik in etwa 35 Hütten geschmolzen, während die Produktion von Spezial- und Sondergläsern in zahlreichen, meist kleineren Betrieben erfolgt /7/.

#### 3.2 Stromeinsatz

Die Herstellung von Glas umfaßt im wesentlichen die Produktionsstufen Rohstoffaufbereitung und Gemengeherstellung, Schmelzen und Läuterung, Formgebung und Weiterverarbeitung (z.B. Verspiegeln).

Das Einschmelzen und die Läuterung sind die wichtigsten und energieintensivsten Verfahrensschritte der Glasherstellung; sie verbrauchen ca. 80 % der eingesetzten Energie. Als Brennstoffe dienen in erster Linie Heizöl und Gas; elektrische Energie findet auf dieser Fertigungsstufe hauptsächlich in Form der elektrischen Zusatzheizung Anwendung. Die Zusatzheizung dient zur Erhöhung der Schmelzleistung und der Verbesserung der Glasqualität, hauptsächlich bei der Herstellung von buntem Behälterglas mit hohem Recycling-Scherbenglasanteil.

Das Einschmelzen von Glas erfolgt mit diskontinuierlichen und kontinuierlichen Verfahren. Für das diskontinuierliche Verfahren werden zumeist Herdöfen, zum kontinuierlichen Schmelzen Schmelzwannen verwendet. In elektrisch beheizten Wannen wird der Schmelze Energie über Elektroden zugeführt. Hierbei dient die Schmelze selbst als Widerstand /103/.

Die Anwendung vollelektrisch beheizter Schmelzöfen ist bislang nur vereinzelt gegeben. Diese Anlagen finden in der Regel nur bei der Herstellung von Spezialgläsern Anwendung, obwohl sie Stand der Technik sind und etwa 40 % weniger Energie als vergleichbare, mit Erdgas oder Heizöl beheizte Schmelzwannen verbrauchen. Als Gründe hierfür werden die hohen Kosten der elektrischen Energie und die bislang niedrige Schmelzleistung von 250 t/Tag angegeben (Schmelzleistung von Floatwannen 800 t/Tag) /102/.

Abgesehen von der thermischen Verwendung wird elektrische Energie als Antriebsenergie bei allen anderen Verfahrensschritten (z.B. für Scherbenbrechen, Mischen, Transportieren, Formgebungsprozesse) benötigt.

Schwerpunkte des Strombedarfes liegen mit Anteilen von nahezu 40 % bei der Formgebung und Weiterverarbeitung sowie im Bereich der Neben- und Hilfsbetriebe (Tab. 4.39). Dagegen entfallen auf die Rohstoffaufbereitung und Gemengeherstellung nur rd. 2 %. Die Schmelze und Läuterung benötigen etwa 21 %.

Rohstoffe und Gemenge	2,3 %
Schmelze und Läuterung	21,4 %
Entnahme und Verarbeitung	39,3 %
Neben- und Hilfsbetriebe (inkl. Verwaltung)	37,0 %
	100 %

Tab. 4.39: Struktur des Stromverbrauches bei der Glasherstellung  
- Ergebnisse einer Branchenuntersuchung für das Jahr 1980 /152/

### 3.3 Stromverbrauch und Produktionsentwicklung

In *Tab. 4.40* ist die Entwicklung des Stromverbrauches und der kumulierten Glasproduktion in Tonnen sowie des aus beiden Größen gebildeten spezifischen Stromverbrauchswertes für ausgewählte Eckjahre seit 1965 erfaßt.

Der Stromverbrauch zur Herstellung von Glas ist von 1 TWh (1965) auf etwa 2,4 TWh (1985) um etwa das Zweieinhalbfache angestiegen. Diese Entwicklung ist im engen Zusammenhang mit Ausweitungen der Glasproduktion von rd. 2,4 Mio t auf über 4,6 Mio t zu sehen. Darüber hinaus ist auch der Anstieg des spezifischen Stromeinsatzes von 424 Wh/kg auf rd. 530 Wh/kg erschmolzenen Glases in demselben Zeitraum von Bedeutung (*vgl. Tab. 4.40*).

	Einheit	1965	1970	1980	1985
Glasproduktion <sup>1)</sup>	Mio t	2,38	3,29	3,78	4,66
<b>Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>	<b>1,01</b>	<b>1,47</b>	<b>1,77</b>	<b>2,46</b>
resultierender spez. Stromver- brauch	Wh/kg	424	447	468	528

<sup>1)</sup> Hohl-, Flachglas und Glasfaser (ohne Produkte der Glasverarbeitung und Veredelung)

*Tab. 4.40:* Stromverbrauch und Glasproduktion der Glasindustrie [52]  
von 1965 - 1985 /2, 105/

Ergänzend zu *Tab. 4.40* ist in *Bild 4.45* die Entwicklung der spezifischen Brennstoff- und Stromverbrauchswerte in der Glasindustrie von 1955 bis Anfang der '80er Jahre dargestellt. Es zeigt sich, daß der starken Verminderung des spezifischen Brennstoffeinsatzes eine langsame und kontinuierliche Zunahme des spezifischen Stromverbrauches gegenübersteht. Die Hauptursache dieser Entwicklung liegt in der zunehmenden Mechanisierung und Automation, insbesondere der Formgebungsprozesse und deren nachgelagerten Produktionsstufen, sowie im verstärkten Einsatz der elektrischen Zusatzheizung bei den Schmelzprozessen. Durch den Einsatz der elektrischen Zusatzheizung für mittlere und große Schmelzwannen konnten die Schmelzleistung und der Einsatz des Scherbenanteiles in der Schmelze erheblich gesteigert werden. Beispielsweise schmolz die Behälterglasindustrie im Jahre 1985 1 Mio t Fremdscherben ein; das entspricht fast 47 % der im selben Jahr in der Bundesrepublik abgesetzten Behälterglasproduktion /107/; im Jahre 1974 wurden erst 300.000 t Altglas wiederverwertet /7/.

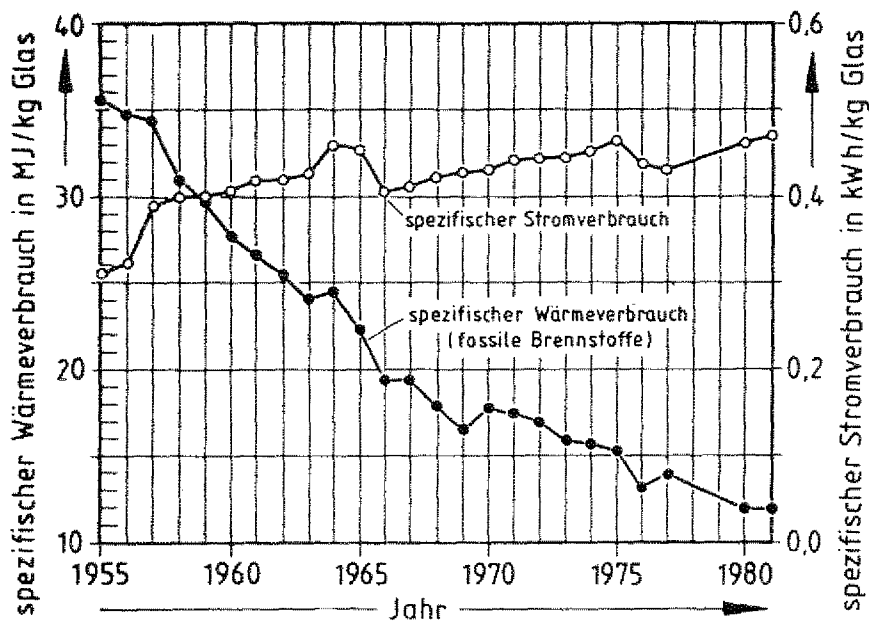


Bild 4.45: Entwicklung des spezifischen Brennstoff- und Stromverbrauches in der Glasindustrie seit 1955 /106/

Der statistisch ermittelte, spezifische Stromverbrauch bezogen auf die kumulierte Gesamtproduktion von Glas (einschließlich Weiterverarbeitung) betrug im Jahre 1985 etwa 530 Wh pro Kilogramm erschmolzenen Glases.

Im Vergleich zu dem statistisch ermittelten Wert liegen typische Werte für verkaufsfähiges Behälterglas, das etwa drei Viertel der Produktion der Glasindustrie einnimmt, bei Weißglas mit etwa 260 Wh/kg und bei Grünglas mit 320 Wh/kg erschmolzenen Glases /104/ deutlich unter dem errechneten Durchschnittswert. Diese Differenz kann z.T. damit begründet werden, daß ein Großteil des Strombedarfes bei der Weiterverarbeitung und Veredelung von Glasprodukten anfällt.

In dieser Studie wird mit einem weiteren Anstieg des spezifischen Strombedarfes für die kumulierte Glasproduktion über die '90er Jahre hinaus gerechnet, da der zunehmende Einsatz von Elektrowärmeverfahren, der zusätzliche Betrieb von Umweltschutzanlagen sowie zunehmende Automatisierung den Bedarf erhöhen werden.

Bei den Elektrowärmeverfahren wird die elektrische Zusatzheizung durch erwartet steigende Mengen von Recyclingglas in der Produktgruppe Behälterglas weiter an Bedeutung zunehmen. Einen gravierenden Anstieg des spezifischen Stromeinsatzes kann die Verwendung der vollelektrischen Glasschmelze bewirken, die üblicherweise zwischen 800 und 950 kWh/t erschmolzenen Glases benötigt /102/. Zwar wird gegenwärtig die vollständige Elektroschmelze für Flachglas und Behälterglas als kaum oder nicht rentabel angesehen, trotzdem wird ein Anwachsen der Elektroschmelze von heute etwa 3 % auf 10 % der Kapazität der Schmelzwannen für den Bereich der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft bis 1990 erwartet /102/.

Für diesen Wirtschaftszweig sind mögliche Maßnahmen zur rationellen Verwendung elektrischer Energie nicht zu unterschätzen. In *Tab. 4.41* sind einige potentielle Maßnahmen aufgelistet, die sich dämpfend auf einen Anstieg des spezifischen Stromverbrauches auswirken können. Eine Verallgemeinerung der Einsparpotentiale für die gesamte Glasindustrie ist nur eingeschränkt möglich, da die Maßnahmen zum Teil von einigen Unternehmen bereits realisiert wurden bzw. aus technischen, qualitativen und wirtschaftlichen Gründen nicht in jedem Betrieb der Glasindustrie anwendbar sind /102/.

Nach Abwägung der oben genannten Faktoren wird in dieser Studie ein Anstieg des durchschnittlichen spezifischen Stromverbrauches von gegenwärtig ca. 530 kWh/t Glas auf 650 kWh/t im Jahre 2000 angenommen. Das entspricht einem vergleichbaren Anstieg der letzten 15 Jahre.

Art	Maßnahme	Potentielle Einsparung bis zu
Antriebsenergie	Einsatz von Permanentmotoren statt z.B. elektrischer Wellen bei der Formgebung	50 % (Energie)
Drucklufterzeugung	Reduzierung der Leistungsaufnahme der Verdichter um 10 - 15 % durch Erwärmung der Arbeitsdruckluft	10-15 % (Leistung)
Formenkühlluft	Verringerung der Antriebsenergie bei Kühlluftventilatoren durch strömungsgünstige Kühlluftkanäle und Kühlkörper  Dralldrossel auf der Saugseite der Kühlluftventilatoren gegenüber der Drosselung auf der Druckseite	Keine Angabe  20-30 % (Energie)
Abkühlung mit Flüssigkeiten	Wegfall der Antriebsenergie bei der Luftkühlung der Fertigformen	16 % (Leistung) bei einer IS-Maschine mit 8 Sektionen

*Tab. 4.41:* Einsparmöglichkeiten an elektromechanischer Energie bei der Glasherstellung /102/

Die Entwicklung der Glasproduktion wurde in der Vergangenheit in starkem Maße von der zunehmenden Bedeutung der Hohlglasprodukte bestimmt, deren Produktion sich von rd. 1,7 Mio t auf 3,38 Mio t in den letzten zwanzig Jahren verdoppelt hat (Tab. 4.42). Die Produktion von Flachglaserzeugnissen hatte im Jahre 1980 mit rd. 1,2 Mio t Glasprodukten ihren Höchststand; sie liegt gegenwärtig bei etwa 1,1 Mio t. Im Vergleich zu Hohl- und Flachglas ist die Glasfaserproduktion mit Anteilen von 0,1 bis 0,2 Mio t pro Jahr von bislang quantitativ untergeordneter Bedeutung. Von der gesamten Glasproduktion werden gegenwärtig etwa 30 % exportiert /107/.

1000 t	1965	1970	1975	1980	1985
Hohlglas	1728	2480	2940	3260	3382
Flachglas	576	729	775	1216	1131
Glasfaser <sup>1)</sup>	74	83	67	180	147

<sup>1)</sup> Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes

Tab. 4.42: Entwicklung der Glasproduktion nach Hauptgruppen in der Bundesrepublik Deutschland von 1965 bis 1985 /105/

Für die zukünftige Produktionsentwicklung wird bis zur Jahrhundertwende folgendes Produktionsbild erwartet:

- Bei *Behälterglas* hängt die Nachfrage sowohl von der Industrie (hauptsächlich Ernährungsgewerbe, pharmazeutische und kosmetische Industrie) als auch vom privaten Verbrauch ab. Im Rahmen dieser Studie wird mit einem leichten Produktionsrückgang infolge sinkender Bevölkerungsanzahl und einem scharfen Wettbewerb durch Substitutionsverpackungen (Kunststoff, Metall, Karton etc.) gerechnet.
- Für den Absatz von *Flachglasprodukten* sind die Entwicklungen auf dem Baumarkt und bei der Kraftfahrzeugproduktion entscheidende Einflußgrößen. In diesem Bereich kann mit leichten Wachstumsimpulsen der Nachfrage aus der Automobilindustrie (Anstieg der Kraftfahrzeugproduktion) gerechnet werden. Produktionsausweitungen infolge zunehmender Doppelverglasung in Gebäuden zur Wärmedämmung sind nach dem Auslaufen finanzieller staatlicher Unterstützungsmaßnahmen in weniger großem Umfang zu erwarten.

- Bei den *Glasfaserprodukten* sind die Absatzaussichten unterschiedlich. Die überwiegend von der Bauwirtschaft eingesetzte Isolierfaser kann bei stagnierender Neubautätigkeit auf Wachstumsgrenzen stoßen. Die Entwicklung eines Spezialzweiges der Glasfaserproduktion, die Erzeugung von Lichtwellenleitern für die Kommunikationstechnik, ist als günstig anzusehen /108/, obwohl mit einem nennenswerten Einfluß auf die Höhe der Gesamtproduktion an Glas ist hierdurch nicht zu rechnen ist /109/. In der Sparte Verstärkungsfaser sollte aufgrund der Diversifizierung in vielen Industriezweigen eine Stabilisierung der Nachfrage und damit der Produktion möglich sein.

Insgesamt wird in dieser Studie geschätzt, daß sich die Glasproduktion im Jahre 2000 zwischen 4,2 Mio und 4,8 Mio t bewegt; die erwartete Produktionsmenge wird mit 4,4 Mio t um rd. 5 % unter dem gegenwärtigen Produktionsvolumen angenommen. Hierbei sind nicht nur die Entwicklungen der Inlandsnachfrage, sondern auch die zunehmend schwierigere Lage auf dem internationalen Markt sowie der Trend zur Gewichtsverringering, insbesondere bei Hohlglasprodukten, berücksichtigt.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß unter den diskutierten Annahmen der Strombedarf der Glasindustrie im Jahre 2000 mit 2,86 TWh um 0,4 TWh (+ 16 %) höher ausfallen wird als im Jahre 1985. Es muß an dieser Stelle betont werden, daß Produktionsschwankungen von 1 Mio t Glas (rd. 20 % der gegenwärtigen Produktion) nur zu einem rechnerischen Mehr- bzw. Minderverbrauch bis zu etwa 0,6 TWh beitragen und somit für die Gesamtstromentwicklung der Industrie keine besonders sensitive Größe darstellen.

## 4. Feinkeramik

### 4.1 Allgemeines

Die Feinkeramische Industrie<sup>33</sup> produziert Güter, die sich nach dem Hauptverwendungszweck in folgende Gruppen einteilen lassen:

- Erzeugnisse des privaten Bedarfs
- Baukeramische Erzeugnisse
- Technische Keramik

Dazu gehören Porzellan jeder Art, Tonwaren, Fliesen, sanitäre und Installationskeramik, Isolatoren, Schleifmittel und andere mehr.

Die Branche gehörte mit nur 0,55 TWh im Jahre 1985 zu den stromwirtschaftlich weniger bedeutenden Wirtschaftszweigen. Am gesamten Endenergiebedarf dieser Branche hat die elektrische Energie einen Anteil von ca. 10 - 15 %; dies unterstreicht die überragende Bedeutung fossiler Energieträger für die energieintensiven Brennprozesse feinkeramische Erzeugnisse; vor allem Erdgas kommt in der Feinkeramischen Industrie zunehmend zum Einsatz.

### 4.2 Stromverbrauch und Produktionsentwicklung

Der Stromverbrauch zur Herstellung feinkeramischer Erzeugnisse hat sich in den letzten 15 Jahren kaum verändert; er schwankte um 0,5 bis 0,6 TWh. Über die Hälfte des gesamten Stromverbrauches entfällt gegenwärtig auf die Herstellung von baukeramischen Erzeugnissen (1985: rd. 0,3 TWh), der Rest (rd. 0,2 TWh) auf die Herstellung von Erzeugnissen des privaten Bedarfs sowie der Technischen Keramik /2/.

Produktionstechnisch gesehen sind die einzelnen Verfahrensschritte zur Herstellung feinkeramischer Produkte trotz ihrer Vielfältigkeit grundsätzlich gleich. Sie umfassen /110/:

- die Aufbereitung der Rohstoffe durch Mahlen und Mischen
- die Formgebung der Rohmassen durch Pressen
- die Trocknung
- das Brennen und die Nachbearbeitung (z.B. Glasieren)

---

<sup>33</sup> Unter Feinkeramik werden alle Industriezweige, die keramische Erzeugnisse produzieren, erfaßt, die nicht unter die Industrie Steine und Erden (Baukeramik, feuerfeste Steine, etc.) fallen.

Elektrische Energie wird bei allen Verfahrensschritten, abgesehen von den Trocknungsprozessen, die meist mit Abluft oder Abdampf aus den Brennöfen beheizt werden, eingesetzt. Bei den energieintensiven Brennvorgängen haben sich nach /111/ Elektroöfen nur da durchsetzen können, wo variable Ofentypen gefordert sind, z.B. bei der Fertigung von Spezialteilen oder Kleinserien. Entsprechend des geringen Produktionsanteiles dieser Serien ist auch der Anteil des Stromes am Endenergieverbrauch der Branche gering; bei Großserien haben sich fossil beheizte Tunnelöfen durchgesetzt.

Die zukünftige Entwicklung favorisiert Schnellbrandöfen, die auf verringerte Durchlaufzeiten ausgelegt sind /111/. Da diese Öfen in der Regel fossil beheizt werden und größere Leistungen angestrebt werden, ist mit einer Zunahme der Stromintensität nicht zu rechnen. Zusätzliche Impulse für den Elektroofeneinsatz können sich durch Umweltschutzauflagen für die fossilen Brennvorgänge ergeben; hierbei müssen allerdings weitere Rahmenbedingungen (z.B. Wirtschaftlichkeit der Anlagen) erfüllt sein /111/.

Die zukünftige Entwicklung des Strombedarfes dieser Branche wird wesentlich durch wirtschaftliche Faktoren geprägt sein. Seit den '80er Jahren und zum Teil auch früher ist die Produktionsentwicklung baukeramischer sowie feinkeramischer Erzeugnisse für den privaten Bedarf tendenziell rückläufig (vgl. Tab. 4.43); diese traditionellen Produkte bestimmen auch weiterhin die Produktion. Dem Werkstoff Keramik werden auch gute Anwendungschancen im Bereich der Technik eingeräumt, obwohl ein Durchbruch auf diesem Gebiet bislang noch nicht zu verzeichnen ist /112/.

In dieser Studie wird geschätzt, daß eine Expansion der quantitativen Produktion allenfalls in Teilbereichen bei insgesamt eher stagnierender Produktion zukünftig möglich ist. Dafür sprechen zum einen weitgehend gesättigte Märkte für feinkeramische Produkte, rückläufige Bevölkerungsentwicklung und stagnierende bis rückläufige Wohnungsbautätigkeit. Die Feinkeramische Industrie sieht sich zudem einer starken ausländischen Konkurrenz gegenüber, der zum Teil spürbare Standortvorteile bescheinigt werden /112/. Von diesen Entwicklungen werden hauptsächlich der konsumorientierte Erzeugnisbereich und sowie die Herstellung von baukeramischen Erzeugnissen betroffen sein.

Eine Produktionsausweitung, wenn auch nur maßvoll erwartet, betrifft die Erzeugung technischer Keramik. Abgesehen von den traditionellen Einsatzbereichen als Isolationsmaterial eröffnen sich nach /113/ Anwendungsmöglichkeiten für neue keramische Werkstoffe auf einer breiten Ebene, z.B. dort, wo Metalle die Grenzen ihrer Belastbarkeit erreichen. Weitere Möglichkeiten können sich durch die sog. keramischen Verbundwerkstoffe (z.B. Keramik-Metallverbund) ergeben. Keramische Verbundwerkstoffe besitzen Vorteile, wo hohe Festigkeit bei gleichzeitig niedrigem Gewicht (Luft- und Raumfahrttechnik), Korrosionsbeständigkeit (Chemie und Apparatebau), hohe Temperatur- und Verschleißfestigkeit (Motor- und Turbinenbau) gefordert sind /114/.

	Einheit	1960 <sup>1)</sup>	1970	1980	1985
Erzeugnisse des privaten Bedarfs <sup>2)</sup>	1000 t	182	212	153	131
Baukeramische Erzeugnisse					
- Installationsgegenstände <sup>3)</sup>	1000 t	91	88	86	59
- Fliesen <sup>4)</sup>	Mio m <sup>2</sup>	33,5	30,6	40,3	36
Technische Keramik					
- Isolationsmaterial <sup>5)</sup>	1000 t	42	44	32	29
- Sonstiges <sup>6)</sup>	1000 t	10	28	32	37

<sup>1)</sup> ohne Berlin (West)

<sup>2)</sup> Haushalts-, Wirtschafts- und Ziergegenstände

<sup>3)</sup> Keramische Erzeugnisse für sanitäre und hyg. Zwecke

<sup>4)</sup> Wand- und Bodenfliesen (glasiert)

<sup>5)</sup> Isolatoren und Isolierteile

<sup>6)</sup> Erzeugnisse für chem. und techn. Zwecke

Tab. 4.43: Produktionsentwicklung ausgewählter Erzeugnisse der Feinkeramischen Industrie für die Jahre von 1960 - 1985 /58/

Die neuen keramischen Werkstoffe befinden sich zum Teil noch im Stadium der Erforschung und Erprobung; in einigen Bereichen der Technik haben sie bereits Eingang gefunden (z.B. als Verschleißschutz bei Nockenwellen und zur Brennraumisolierung bei Motoren /115/). Die breite Anwendung keramischer Werkstoffe bzw. Verbundwerkstoffe in Technikbereichen ist bislang noch erschwert. Es werden Wettbewerbsnachteile gegenüber konventionellen Konstruktionswerkstoffen und ein weiter bestehender Forschungsbedarf in Fertigung, Konstruktion und Materialeigenschaften dieser Werkstoffe genannt /113, 114/.

Insgesamt läßt der Stromverbrauch der Feinkeramischen Industrie für die Zukunft kaum gravierende Veränderungen erwarten. Bis zum Jahre 2000 wird ein Anstieg des Strombedarfes um 10 % (0,05 TWh) auf 0,6 TWh geschätzt.

## 5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Der Stromverbrauch der Glas und Feinkeramik wird nach den vorstehend diskutierten Entwicklungen auf rd. 3,5 TWh im Jahre 2000 ansteigen und damit um etwa 0,5 TWh höher ausfallen als im Jahre 1985 (vgl. Tab. 4.44).

In der Glasindustrie wird ein leichter Produktionsrückgang vorausgesetzt. Der hierdurch verminderte Strombedarf wird durch den Anstieg des spezifischen Stromeinsatzes überkompensiert werden, so daß sich ein Zuwachs von 0,4 TWh bis zum Jahre 2000 errechnet.

Der Stromverbrauch der Feinkeramik läßt kaum gravierende Veränderungen bis zur Jahrhundertwende erwarten. In dieser Studie wird bei einer eher stagnierenden Produktionsmenge nur ein geringer Zuwachs von 0,05 TWh bis zum Jahre 2000 zugrunde gelegt.

Glas und Feinkeramik [52, 51]		1985		2000	
<b>1. Glasindustrie [52]</b>					
Basisglasproduktion	Mio t	4,66		4,4	
spez. Stromverbrauch	kWh/t	528		650	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		2,46		2,86
<b>2. Feinkeramik [51]</b>					
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		0,55		0,60
<b>Gesamtstromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>3,01</b>		<b>3,46</b>

Tab. 4.44: Produktion und Stromverbrauch der Glas und Feinkeramik für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

**4.3.3 Kunststoffverarbeitung (Herstellung von Kunststoffwaren) .....232**

1. Überblick.....	232
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	233
3. Stromeinsatz.....	234
4. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung.....	236
5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	239

## Kunststoffverarbeitung

### 1. Überblick

Die Kunststoffverarbeitende Industrie gehört zu den Industriezweigen, die in den letzten Jahrzehnten eine stürmische Aufwärtsentwicklung genommen haben. Dies wurde durch die zunehmende Bedeutung von Kunststoffprodukten für Gewerbe und Haushalt ermöglicht.

Das Produktionsprogramm der Kunststoffverarbeitenden Industrie umfaßt Artikel des täglichen Bedarfs, Halbzeug (Folien, Rohre etc.), Verpackungsartikel und technische Einzelteile für Verbrauchs- und Investitionsgüter /116/.

Für die Kunststoffverarbeitung sind verschiedene Kunststoffarten vornehmlich aus der Chemischen Industrie der Hauptrohstoff; daneben werden eine Reihe weiterer Materialien, wie z.B. Textilien, Papier und Pappe, verarbeitet.

Die Absatzmärkte der Kunststoffverarbeitung gliedern sich im wesentlichen in die Teilmärkte Bauwirtschaft, Verarbeitendes Gewerbe und Konsum. Größte Bedeutung besitzt das Verarbeitende Gewerbe, auf das etwa drei Fünftel des Inlandsabsatzes der Kunststoffverarbeitung entfallen. Weniger als ein Fünftel der Produktion wandert ins Ausland /116, 117/.

Die Kunststoffverarbeitung ist der größte Stromverbraucher innerhalb der Verbrauchsgüterindustrie. Am gesamten Industriestromverbrauch war sie mit etwa 4,4 TWh (2,8 %) im Jahre 1985 beteiligt.

### Kunststoffverarbeitung

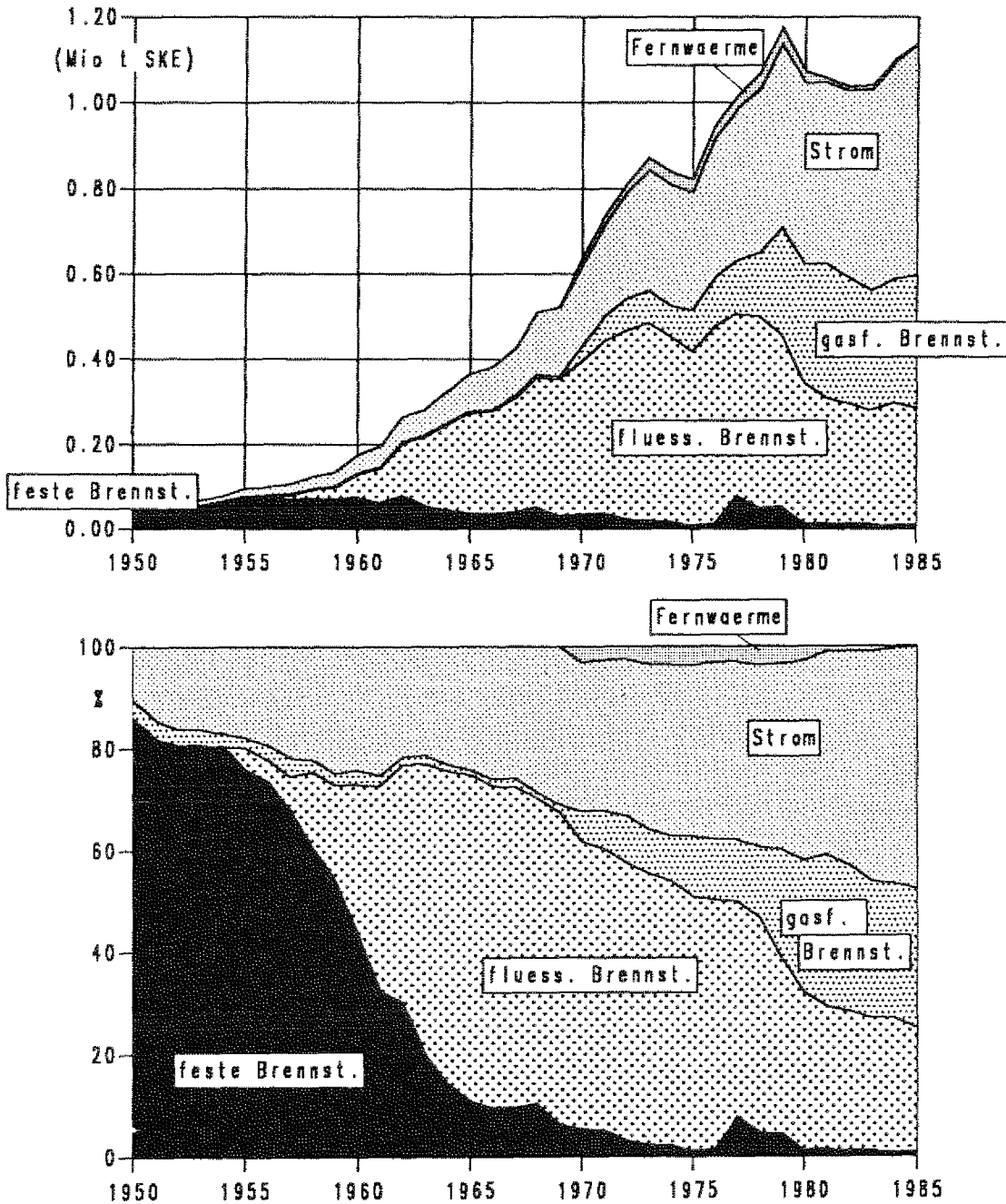
[58]

1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	1,14		33,30
Strom	0,54	4,37	15,70
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		47,13 %	
Stromanteil am gesamten Industriestrom- verbrauch		2,8 %	

(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

Der Energieverbrauch der Kunststoffverarbeitenden Industrie expandierte in den '60er und '70er Jahren überproportional; er erreichte mit fast 1,2 Mio t SKE zu Ende der '70er Jahre einen Höchststand (vgl. Bild 4.46). Diese Entwicklung wurde begleitet von einer zunehmenden Bedeutung der elektrischen Energie, deren Anteil an der Energiedeckung sich bis 1985 auf bemerkenswerte 47 % vergrößerte.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.46: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur in der Kunststoffverarbeitenden Industrie von 1950 - 1985

### 3. Stromeinsatz

Die Herstellung von Kunststoffwaren erfolgt auf der Basis von flüssigen (z.B. Lösungen, Emulsionen) oder festen Ausgangsmaterialien (Pasten, Pulver, Granulaten, plastizierbare Kunststoffmassen etc.). Vereinfacht lassen sich die Verarbeitungsstufen wie folgt darstellen /118/:

- Vorbereitung des Ausgangsmaterials (Mischen, Kneten, Walzen etc.)
- Aufheizen bzw. Aufschmelzen der Kunststoffe (je nach Kunststoffart)
- Formen der Kunststoffe (Gießen, Pressen, Tauchen etc.)
- Abkühlen und Nachbearbeiten der Kunststoffprodukte (spanlos durch Umformung oder spanabhebend durch Fräsen, Schneiden, Bohren etc.)

Bei der Herstellung von Kunststoffwaren findet elektrische Energie sowohl als elektromechanische als auch elektrothermische Energie Verwendung; der Stromverbrauchsschwerpunkt liegt jedoch mit etwa 60 - 70 % beim Kraftbedarf. Auf die elektrischen Wärmeanwendungen, in erster Linie für Aufheiz- und Aufschmelzprozesse der Kunststoffe, entfällt ein Anteil von 20 bis 30 % am gesamten Branchenstromverbrauch /119/.

Die beiden wichtigsten Verarbeitungsverfahren zur Herstellung von Thermoplasten sind Extrudieren und Spritzgießen, wobei elektrische Energie hauptsächlich zum Aufschmelzen und Formen der Kunststoffe benötigt wird /120/.

Beim Spritzgießen wird elektrische Energie überwiegend für Pumpen- und Antriebsmaschinen, Heizbänder, Werkzeugtemperiergeräte sowie für Steuerungszwecke gebraucht. Der Verarbeitungsprozeß ist dadurch gekennzeichnet, daß Energie nur sehr kurzfristig zum Aufschmelzen und Formen zugeführt und ebenso kurzfristig aus dem Werkstoff wieder abgeführt werden muß.

Beim Extrudieren handelt es sich im Gegensatz zum Spritzgießen um ein kontinuierlich arbeitendes Verfahren, bei dem größere Mengen pro Zeiteinheit verarbeitet werden. Elektrische Energie dient hier in erster Linie zur Deckung des Kraftbedarfes für Antriebszwecke.

Die beiden Verfahren unterscheiden sich hinsichtlich des Strombedarfes pro Gewichtseinheit erheblich. Beim Spritzgußverfahren liegen Praxiswerte etwa zwischen 0,4 und 2,5 kWh/kg, bei im Extruder hergestellten Kunststoffwaren zwischen 0,3 und 0,6 kWh/kg /120/. Die Größenunterschiede zeigen, daß im diskontinuierlichen Spritzprozeß ständige Anfahrvorgänge und Spitzenbelastungen einen vergleichsweise höheren, spezifischen Einsatz erfordern. Im Vergleich zu den Praxiswerten läßt sich aus den vom Statistischen Bundesamt /2, 4/ veröffentlichten Produktions- und Stromverbrauchswerten ein spezifischer Strombedarf von etwas weniger als 1 kWh/kg<sup>34</sup> für das Jahr 1985 ableiten, wenn die kumulierte Gesamtproduktion an Kunststoffherzeugnissen auf den Stromverbrauch der Kunststoffverarbeitenden Industrie bezogen wird.

---

<sup>34</sup> Hierbei handelt es sich nur um einen Anhaltswert, da die statistisch ausgewiesenen Produktionsmengen an Kunststoffen bzw. Kunststoffwaren (ca. 4,6 Mio t /4/) Lücken aufweisen. Darüber hinaus ist zu beachten, daß in der Kunststoffproduktion auch andere be- oder verarbeitete Werkstoffe (Textilien, Papier etc.) berücksichtigt sind.

Die zukünftige Entwicklung des Stromeinsatzes in der Produktion der Kunststoffverarbeitenden Industrie läßt verschiedene Möglichkeiten offen.

Bei den Verarbeitungsverfahren wird sich nach /121/ kaum etwas ändern; es sind aber verstärkte Anstrengungen zur Automatisierung (z.B. in der Materialzufuhr- und Materialentnahme durch Entnahmegerate bzw. Roboter) und zur EDV-unterstützten Prozeßsteuerung zu erwarten. Durch Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung aus Kühlanlagen mittels elektrischer Wärmepumpen /122/ ergeben sich zusätzliche Möglichkeiten für einen Anstieg des Strombedarfes. In dieser Studie wird der Beitrag des Robotereinsatzes mit 0,1 TWh (vgl. Kap. 3.3) und der Wärmerückgewinnung als vernachlässigbar gering (Kap. 3.5) im Jahre 2000 geschätzt.

Im Gegensatz zu den stromsteigernden Möglichkeiten besteht noch ein großer Spielraum für Stromeinsparmaßnahmen. Bei der Spritzgußverarbeitung kann durch Zylinderisolierung nach Angaben des Verbandes der Kunststoffverarbeitenden Industrie bis zu 70 % des hierfür bereitgestellten Wärmestromes eingespart werden /122/. Auf Wärmestrom entfällt, wie erwähnt, in der Kunststoffverarbeitung ein Anteil von insgesamt 20 - 30 % des Gesamtbedarfes an elektrischer Energie. Darüber hinaus bestehen weitere Möglichkeiten einer rationelleren Nutzung von Antriebsenergie. Konkrete Vorschläge u.a. zur Optimierung der Maschinenauslegung und zur Verringerung der Verluste in Mechanik und Hydraulik sind in der Literatur /120, 121, 122/ ausgeführt. Die in dieser Studie ermittelte Einsparung beläuft sich bei der Antriebstechnik auf 0,12 TWh (vgl. Kap. 3.1), d.h. auf knapp 3 % des Stromverbrauches Jahres 1985.

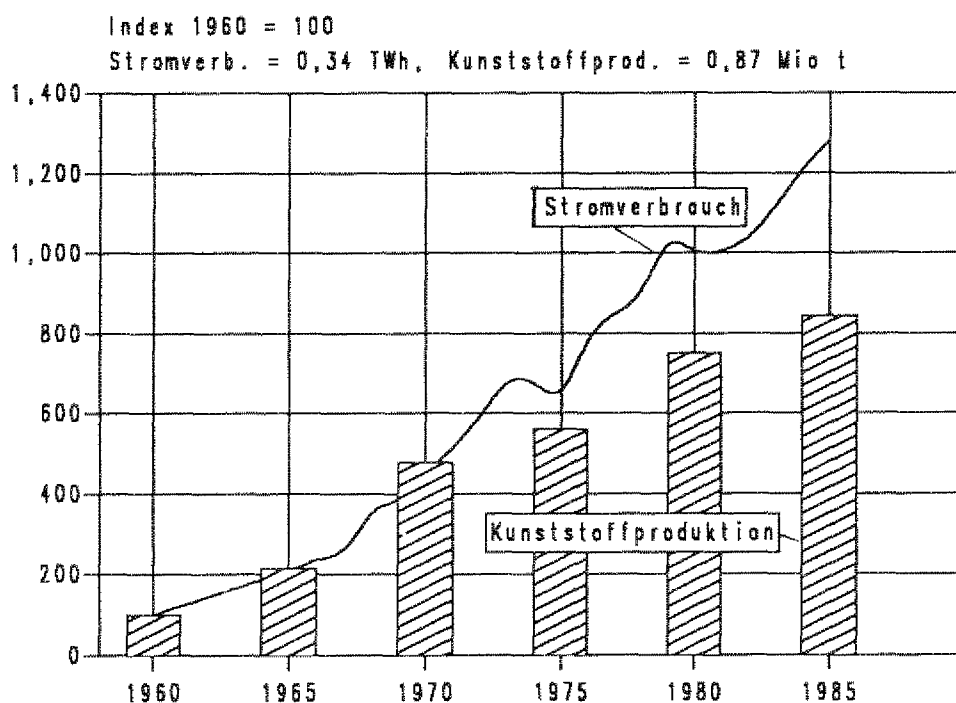
Zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit dieser Branche ist angesichts des nachlassenden Produktionswachstums mit einem verstärkten Bemühen um Kostensenkung durch Modifizierung und Verbesserung vorhandener Produktionstechniken zu rechnen. Im Zuge dieser Maßnahmen sollte sich ein Teil der möglichen Stromeinsparungen von elektrischer Energie umsetzen lassen. Der Spielraum für Einsparungen von elektrischer Energie bewegt sich für die Gesamtbranche, nach Auskunft von Branchenvertretern /119/, bei 20 - 25 % (bis zu 1 TWh) des gegenwärtigen Stromverbrauches.

Inwieweit dieses Einsparpotential auch wirtschaftlichen Kriterien genügt, läßt sich an dieser Stelle nicht einschätzen. Im Rahmen dieser Studie wird eine leichte Reduzierung des spezifischen Strombedarfes von etwa 5 % bezogen auf eine Tonne Kunststoffwaren bis zum Jahre 2000 unterstellt, die sich durch die teilweise, ohnehin notwendige Erneuerung des Maschinenparks in diesem Zeitraum ergeben sollte.

#### 4. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung

Der Stromverbrauch zur Herstellung von Kunststoffwaren ist in den letzten 25 Jahren stark angestiegen. Er hat sich von 1960 bis 1985 von 0,34 TWh auf fast 4,4 TWh weit mehr als verzehnfacht. Diese Entwicklung ging einher mit einer besonders expansiven Produktionsentwicklung von Kunststoffen und Kunststoffwaren, wie in *Bild 4.47* am Beispiel der kumulierten Produktionsmenge an Kondensations- und Polymerisationsprodukten (Indexdarstellung 1960 = 100) gezeigt ist.

Bei dem in *Bild 4.47* gezeigten Verlauf der Kunststoffproduktion ist zu berücksichtigen, daß die Herstellung von Kunststoffprodukten nicht ausschließlich in der Kunststoffverarbeitenden Industrie, sondern zum Teil auch in anderen Industriebranchen (z.B. Automobilindustrie, Elektrotechnik) erfolgt.



*Bild 4.47:* Entwicklung des Stromverbrauches in der Kunststoffverarbeitenden Industrie und der Kunststoffproduktion (Kondensations- und Polymerisationsprodukte) in der Bundesrepublik Deutschland von 1960 - 1985 /1, 58/

Seit Mitte der 70er Jahre haben sich die Rahmenbedingungen verändert. So hat sich das Wachstum der Nachfrage deutlich abgeschwächt. Eine Untersuchung /116/ im Auftrag des Gesamtverbandes Kunststoffverarbeitende Industrie kommt bezüglich der mittelfristigen Situation der Kunststoffverarbeitenden Industrie zu folgenden Aussagen:

- "Die Entwicklung der Abnehmer von Kunststoffserzeugnissen hat als Folge der veränderten Rahmenbedingungen an Dynamik verloren.
- Die Sättigungstendenzen haben sich verstärkt. Vor allem bei den Kunststoffserzeugnissen für den privaten Verbrauch dürfte das nachlassende Wachstum der Nachfrage auch auf eine zunehmende Marktsättigung zurückgehen. Ein Beispiel dafür sind Haushaltsartikel aus Kunststoff.
- Beim technischen Fortschritt zeichnet sich eine Verlangsamung ab. Das gilt insbesondere für das Gebiet der Kunststoffherzeugung; die Zeit neuartiger Massenkunststoffe muß als beendet angesehen werden. Die Weiterentwicklung bekannter Kunststoffe für spezielle Anwendungsgebiete fällt - quantitativ gesehen - nicht ins Gewicht. Auch die Chancen, neue Einsatzfelder für Kunststoffe zu erschließen, haben sich verringert.
- Der Ersatz anderer Materialien durch Kunststoffe ist derzeit auf den meisten Gebieten weit fortgeschritten, die Substitutionsmöglichkeiten sind somit in einer Reihe von Abnehmerbereichen mehr oder weniger ausgeschöpft. Statt dessen hat sich der Wettbewerb 'Kunststoff gegen Kunststoff' verstärkt."

In *Tab. 4.45* sind Entwicklungen zum Kunststoffverbrauch der wichtigen kunststoffverbrauchenden Wirtschaftszweige zusammengefaßt. Diese Werte wurden in einer Untersuchung /77/ des Deutschen Institutes für Wirtschaftsforschung (DIW) analysiert und für die Zukunft abgeschätzt. Die nachgefragte Menge nach Kunststoffen wird danach in den aufgeführten Branchen bis 1995 im Durchschnitt nur noch mit etwa 1,4 % pro Jahr wachsen, mit entsprechend unterschiedlicher Gewichtung in den verschiedenen Industriezweigen. Das Wachstum des Inlandsverbrauches lag zwischen 1970 und 1981 noch bei durchschnittlich 4,4 % pro Jahr.

in 1000 t	1970	1975	1981	1995
Kunststoffproduktion	4166	4890	6418	•
Außenhandelsaldo	886	823	1125	•
• Ausfuhr	1867	2380	3646	•
• Einfuhr	981	1557	2521	•
Inlandsverbrauch	3280	4067	5293	•
davon für				
• Bausektor	•	•	1591 ← 0,3 %/a →	1650
• Verpackungsind.	527	891	1179 ← 1,0 %/a →	1350
• Kraftfahrzeugind.	146	175	~300 ← 7,1 %/a →	780
• Möbelind.	26	58	70 ← 0,5 %/a →	75
• H.v. Chemiefasern	•	•	533 ← 0 %/a →	530
• Landwirtschaft	•	•	120 ← 1,6 %/a →	150
• Restliche (privater Konsum, Elektronik, Maschinenbau etc.)	•	•	1570	•

Tab. 4.45: Entwicklung der Produktion und des Verbrauches von Kunststoff in der Bundesrepublik Deutschland in ausgewählten Jahren /77/

In Anlehnung an die Vorausschätzungen des DIW wird unterstellt, daß auch in der Kunststoffverarbeitenden Industrie ein Wachstum der Produktionsmengen von rd. 1,5 % pro Jahr bis zum Jahre 2000 erfolgt. Diese Projektion würde ein Anwachsen des Produktionsvolumens um ca. 25 % von heute größenordnungsmäßig 4,6 Mio t auf etwa 5,75 Mio t Kunststofferzeugnisse bedeuten. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß bei einigen kunststoffverbrauchenden Industriezweigen eine Erhöhung des spezifischen Einsatzes von Kunststoffteilen nicht möglich ist, wie z.B. in der Elektrotechnischen und Feinmechanisch-optischen Industrie /117/. Darüber hinaus wird der Anteil von eigenerzeugten Kunststoffteilen außerhalb der Kunststoffverarbeitenden Industrie (z.B. der Automobilbranche) zunehmen.

## 5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Für die Kunststoffverarbeitende Industrie wird sich unter den beschriebenen und in *Tab. 4.46* zusammengefaßten Voraussetzungen (weiter wachsende Produktionsmenge bei gleichzeitig leichter Reduzierung des spezifischen Strombedarfes) ein Strombedarf von rd. 5,1 TWh im Jahre 2000 ergeben. Dies bedeutet einen Zuwachs von 0,76 TWh gegenüber dem Jahre 1985. Bei stärkerer Nutzung von bestehenden Stromeinsparmöglichkeiten kann der Strombedarf auch niedriger ausfallen.

Je nach Produktionsverfahren und Kunststoffart kann sich die Produktionsmenge als sehr sensitiv erweisen. Produktionsschwankungen von 1 Mio t Kunststoffen (etwa 20 % der gegenwärtigen Produktion) können einen Mehr- oder Minderbedarf bei im Extruder hergestellten Kunststoffwaren bis zu etwa 0,6 TWh, dagegen bei im Spritzguß erzeugten Produkten bis zu 2,5 TWh bewirken. Über die zukünftige Entwicklung der Verfahrensanteile liegen hier keine Informationen vor.

Kunststoffverarbeitung [58]		1985	2000
Produktionsmenge	Mio t	(4,6) <sup>1)</sup>	5,75
spez. Stromverbrauch	kWh/kg	(0,96)	0,89
<b>Gesamtstromverbrauch</b>	<b>TWh</b>	<b>4,37</b>	<b>5,13</b>

1) Statistisch ausgewiesener Anteil nach Statistisches Bundesamt: Fachserie 4, Reihe 3.1

*Tab. 4.46:* Produktion und Stromverbrauch der Kunststoffverarbeitung für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich



<b>4.3.4 Textilgewerbe.....</b>	<b>243</b>
1. Überblick.....	243
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	244
3. Stromeinsatz.....	246
4. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung.....	247
5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	251



# Textilgewerbe

## 1. Überblick

Das Textilgewerbe umfaßt die Aufbereitung tierischer und pflanzlicher Grundstoffe sowie Kunststoffe zu Garnen und Gespinsten /57/. Die Verarbeitung der Stoffe zu Bekleidungsstücken ist nicht Gegenstand des Textilgewerbes, sondern des Bekleidungsgebietes.

Mit einem Anteil von 2,7 % (4,2 TWh) am gesamten Industriestromverbrauch gehörte dieser Wirtschaftszweig aus stromwirtschaftlicher Sicht zu den kleineren, stromverbrauchenden Branchen im Jahre 1985.

Das Textilgewerbe wie auch das Bekleidungsgebiet gehören zu den Sektoren, die in den vergangenen Jahrzehnten unter starkem internationalen Wettbewerbsdruck standen. Dieser führte zu einer erheblichen Reduzierung der Anzahl der Unternehmen und Beschäftigten sowie zu einem Rückgang der Produktion und des Stromverbrauches.

### Textilgewerbe

[63]

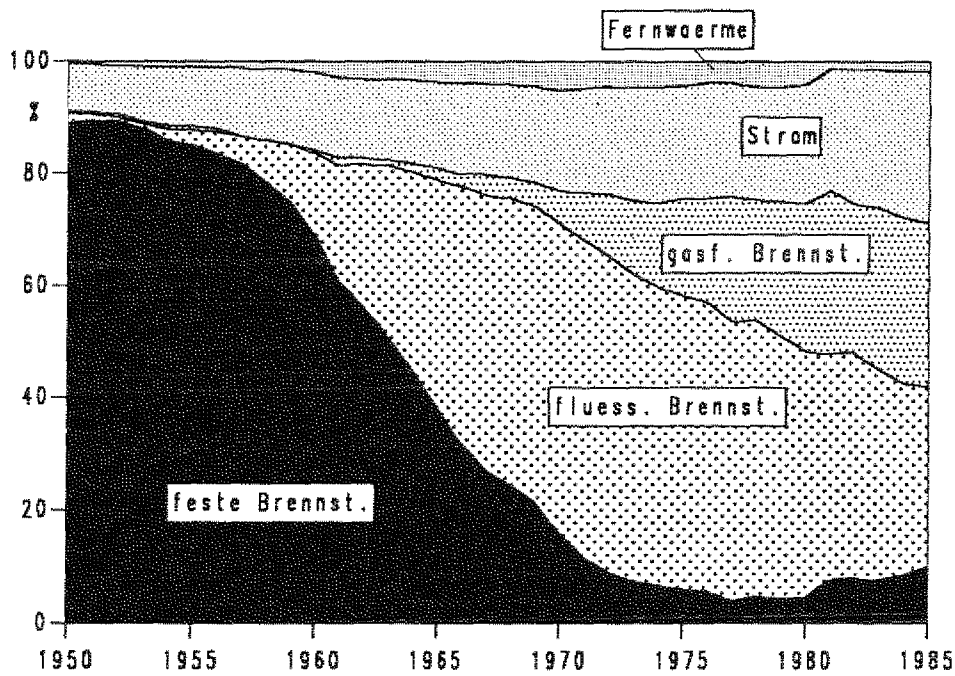
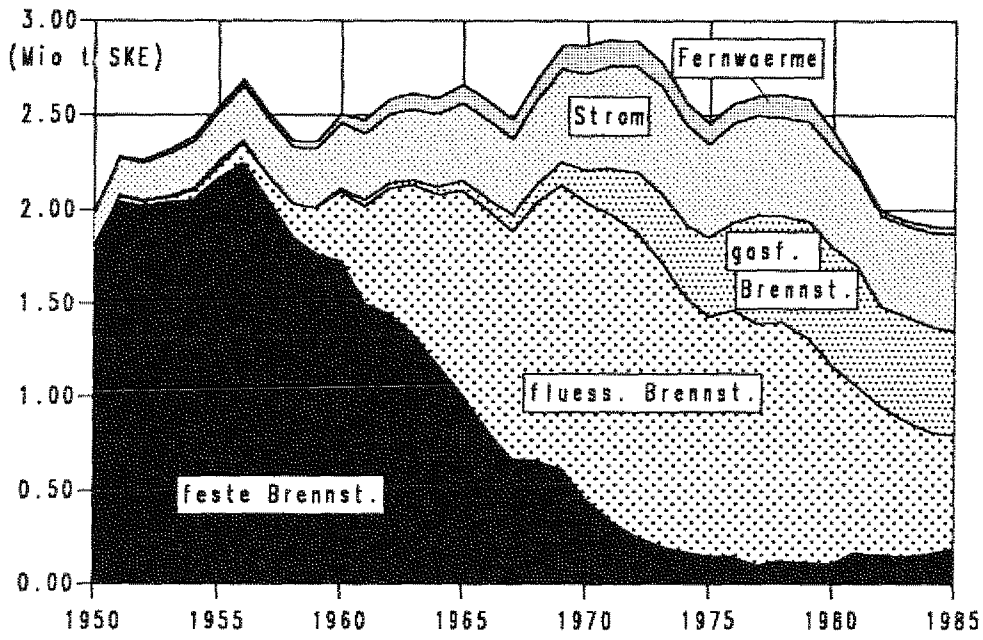
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	1,91		56,00
Strom	0,52	4,2	15,10
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		27,0 %	
Stromanteil am gesamten Industriestrom- verbrauch		2,7 %	

(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

Die Entwicklung des Endenergieverbrauches zeigt für diesen Wirtschaftszweig seit Anfang der '70er Jahre eine rückläufige Entwicklung, die im engen Zusammenhang mit den Anpassungsvorgängen dieser Branche an veränderte Wettbewerbsverhältnisse zu sehen ist. Seit dem Höchststand im Jahre 1972 mit ca. 2,9 Mio t SKE reduzierte sich der Endenergieverbrauch der Branche um fast 1 Mio t SKE (vgl. *Bild 4.48*). Von diesen Einbußen war fast ausschließlich das Mineralöl betroffen, während Gas und elektrische Energie ihren Anteil an der Deckung des gesamten Energieverbrauches relativ und absolut steigern konnten.

In dem Anstieg der elektrischen Energie, die im Jahre 1985 einen Anteil von 27 % erreichte, spiegelt sich die zunehmende Bedeutung dieser Energieform für die Produktionsprozesse wieder. Hierzu haben in der Vergangenheit z.B. verbesserte Verfahrenssteuerung und -regelung, Erhöhung der Verarbeitungsgeschwindigkeit durch leistungsstärkere Maschinen sowie die zunehmende Mechanisierung und Automatisierung beigetragen haben.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.48: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur im Textilgewerbe von 1950 - 1985

### 3. Stromeinsatz

Bei der Textilindustrie handelt es sich um einen ausgesprochen heterogenen Wirtschaftszweig mit mehrstufigen Verarbeitungsstufen. Der Herstellungsprozeß für Textilien umfaßt die Produktionsstufen:

- Garnherstellung
- Gespinnstverarbeitung (Herstellung von Geweben und Maschenware)
- Textilveredelung

In den beiden erstgenannten Sparten wird Strom für Maschinenantriebe, insbesondere Spinn- und Webmaschinen sowie für Klimaanlage benötigt. In der Sparte Textilveredelung dient elektrische Energie den vielfältigen technologischen Verfahren, u.a. als Antriebsenergie von Pumpen, Druckzylindern, Abquetschwalzen, Zentrifugen, Absaugmaschinen und Hotflue Maschinen (Rollentrockner). Darüber hinaus wird elektrische Energie zu einem geringen Anteil mittels Hochfrequenztechnik und Infrarotstrahlung zur Wärmeübertragung verwendet /123/.

Das Schwergewicht der Stromanwendungen liegt eindeutig beim Kraftbedarf, der Anteil der Elektrowärmeverfahren wird auf weniger als 2 % des gesamten Strombedarfes der Branche beziffert /12/.

Aus den verfügbaren Daten der öffentlichen Statistik ist eine Aufteilung des Stromverbrauches nach Produkten, Produktgruppen oder Produktionsstufen nicht möglich. Anhaltswerte über einen gewichtsbezogenen, spezifischen Strom- bzw. Wärmeeinsatz lassen sich der Literatur entnehmen. *Tab. 4.47* enthält spezifische Strom- und Wärmeverbräuche für die textilen Produktionsstufen Spinnerei, Weberei und Strickerei sowie Textilveredelung, die im Rahmen einer Untersuchung /124/ ermittelt wurden. Die sogenannten mechanischen Sektoren (Spinnerei, Weberei, Strickerei) sind danach geprägt von einem hohen Anteil elektrischer Energie, während in der Textilveredelung der energetische Schwerpunkt beim Wärmeverbrauch liegt.

Je nach Verarbeitungsstufe differiert der Strombedarf zwischen 1 kWh und 5,6 kWh/kg produzierter Textilie, wobei die Spinnereien und die Webereien (2,1 - 5,6 kWh/kg) gegenüber den Strickereien und der Textilveredelung (1 - 1,5 kWh/kg) einen erheblich höheren, spezifischen Strombedarf aufweisen.

Sparte	Stromverbrauch insgesamt		Wärmeverbrauch insgesamt	
	kWh/kg	Klimatisierungsanteil	MJ/kg	Klimatisierungsanteil
Spinnerei	2,7 - 4,0	15 - 20 %	1,1 - 4,7	100 %
Weberei	2,1 - 5,6	20 - 25 %	8,3 - 17,0	45 - 55 %
Strickerei	1,0 - 1,5	25 - 30 %	1,8 - 15,8	100 %
Textilveredelung	1,1		43,5	

Tab. 4.47: Spezifische Energieverbräuche unterschiedlicher textiler Produktionsstufen /124/

#### 4. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung

Die Entwicklung des Stromverbrauches, der Bruttowertschöpfung<sup>35</sup> (in Preisen von 1980) und des spezifischen Stromverbrauches (hier bezogen auf die Bruttowertschöpfung) ist für das Textilgewerbe seit dem Jahre 1960 in *Bild 4.49* dargestellt.

Das Textilgewerbe verzeichnete nach kontinuierlichem Anstieg von etwa 3 TWh zu Beginn der '60er Jahre mit rd. 4,6 TWh im Jahre 1973 seinen höchsten Stromverbrauch. Bis zum Jahre 1980 fiel der Verbrauch wieder auf knapp 4 TWh ab. Im Jahre 1985 lag der Stromverbrauch, trotz eines Anstieges nach 1984, mit 4,2 TWh um fast 10 % niedriger als im Jahre 1973.

Der Wachstumsschwerpunkt des Stromverbrauches lag im Verlauf der '60er Jahre; danach machten sich sowohl die rückläufige Produktionsentwicklung (vgl. auch in *Tab. 4.48* die Entwicklung bei ausgewählten, textilen Produkten) als auch das abgeschwächte Wachstum des spezifischen Stromverbrauches bemerkbar.

<sup>35</sup> Wie vorstehend bereits angesprochen, ist aus den verfügbaren Daten der amtlichen Statistik eine Zuordnung des Stromverbrauches auf Produktionsmengen nicht eindeutig möglich. Als Bezugsgröße für die Stromverbrauchsentwicklung wird deshalb auf die Bruttowertschöpfung zurückgegriffen.

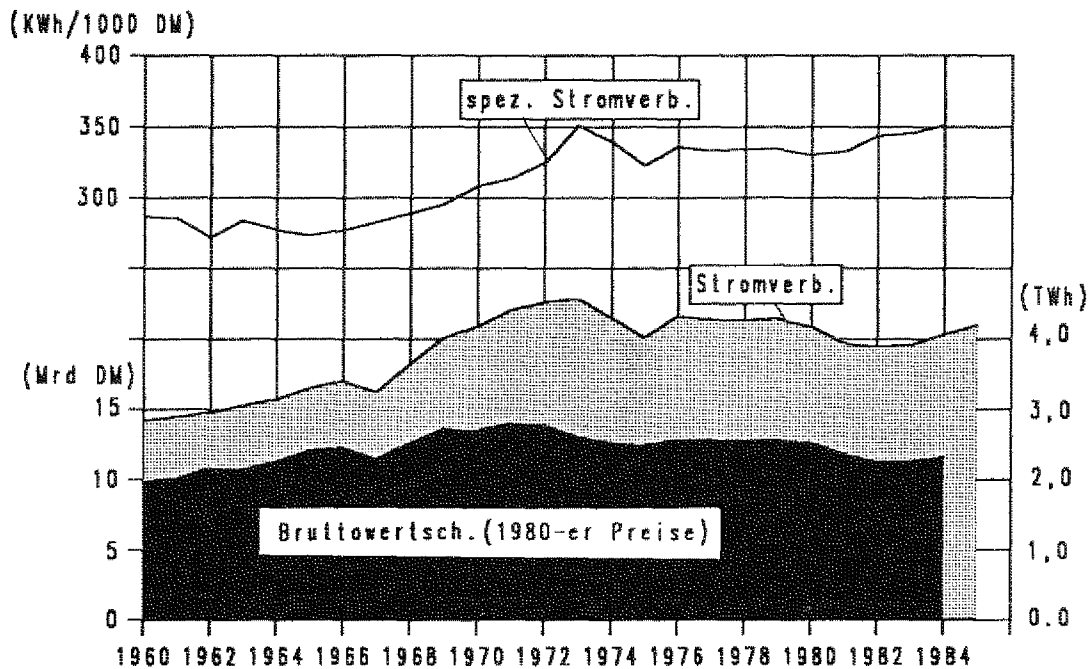


Bild 4.49: Entwicklung des Stromverbrauches und der Bruttowertschöpfung im Textilgewerbe von 1960 - 1985 /1, 3/

Die Ursachen der rückläufigen Produktionsentwicklung liegen nach /126/ vor allem in

- der Stagnation der Bevölkerungsanzahl,
- dem Rückgang der Ausgaben für Textilien im Verhältnis zu den gesamten Verbrauchsausgaben und
- dem gestiegenen Einfuhrüberschuß.

Der letzte Punkt ist im Zusammenhang mit dem erheblichen Aufschwung des Textil- und Bekleidungs gewerbes in Entwicklungs- und Schwellen- sowie Staatshandelsländern zu sehen, obwohl sogar über internationale Vereinbarungen, wie z.B. dem Welttextilabkommen (WTA), ein Teil des Importstromes in die Bundesrepublik begrenzt werden konnte. Das WTA dient in erster Linie dem Schutz der Textilindustrie in den Industrieländern; es begrenzt die Zuwachsraten der Ausfuhr von Textilien und Bekleidung aus bestimmten Niedriglohnländern in Industriestaaten. So wird etwa ein Drittel des Welttextilhandels über das WTA geregelt /126/.

[in 1000 t]	1965	1970	1975	1980	1985
<b>Garn (auch gezwirnt)</b>					
Baumwollgarn	382	239	192	170	131 <sup>3)</sup>
Wollgarn	120	79	51	60	42 <sup>3)</sup>
sonstige Garne <sup>1)</sup>	125	89	44	13	-
<b>Gespinnstverarbeitung</b>					
Baumwollwebereien	272	251	231	217	-
Wollwebereien	67	60	62	57	-
sonstige Webereien <sup>2)</sup>	114	107	98	106	-
Wirkerei und Strickereien	124	165	159	165	-

1) Flachs- und Ramie-, Weichhanf-, Hartfaser- und Jutegarn

2) Leinen- und Schwerwebereien, Seiden- und Samtwebereien

3) Zahlen sind mit den Vorjahreswerten nur bedingt vergleichbar, da nur der Absatz und nicht mehr die Gesamtproduktion statistisch ausgewiesen werden.

Tab. 4.48: Produktion ausgewählter Erzeugnisse des Textilgewerbes von 1965 bis 1985 /58/

Im Textilgewerbe ist zum Ausgleich von Wettbewerbsnachteilen mit weiteren Anstrengungen zur Nutzung von Hochtechnologien zu rechnen. Diese Entwicklung wurde in der Vergangenheit forciert und wird zu einem Ansteigen des spezifischen Strombedarfes beitragen. Die Entwicklungen zielen nach Auskunft von Fachleuten des Textilgewerbes /127/ in Richtung leistungsfähiger und flexibler Textilmaschinen und vollautomatisierter Prozesse; letzteres gegenwärtig verstärkt in der Sparte Spinnerei. In den Webereien wird das stromintensive Luftdüsenweben favorisiert. Infolge des damit verbundenen zusätzlichen Strombedarfes, z.B. für Drucklufterzeugung, Meß- und Regeleinrichtungen sowie rechnergestützte Produktionsüberwachung, sind hier Wachstumskomponenten des spezifischen Strombedarfes zu sehen.

Zusätzliche Wachstumsimpulse ergeben sich aus der energetischen Optimierung textiler Produktionsprozesse. Wie in Kap. 3.6 ausgeführt, wird die Nutzung bestehender Abwärmepotentiale über elektrische Wärmepumpen (Brüdenverdichter) einen, wenngleich geringen, zusätzlichen Strombedarf von rd. 0,07 TWh bis zur Jahrhundertwende erfordern.

Demgegenüber bestehen potentielle Einsparungen, z.B. bei der Klimatisierung, die als eine energetische Schwachstelle der Textilverarbeitung gesehen wird. Die Klimatisierung der Arbeitsvorgänge ist in der Textilverarbeitung zur Minimierung der Fadenbruchzahlen und Maschinenausfallzeiten sowie zur Verringerung der elektrostatischen Aufladung bei Synthetikgarnen notwendig. Gemäß Tab. 4.47 kann der Stromverbrauch für die Klimatisierung bis zu 30 % des Stromverbrauches einer textilen Verarbeitungsstufe betragen. Für die Klimatisierung ergab eine Untersuchung /125/ von 13 Betrieben des Textilgewerbes Einsparmöglichkeiten an elektrischer Energie von ca. 10 - 15 % durch bedarfsangepaßte Ventilatorleistung mittels Drall- oder Drehzahlregelung.

Das Stromeinsparpotential durch verlustarme Drehzahlregelung von Drehstrommotoren wird in dieser Studie (vgl. Kap. 3.1) auf 0,14 TWh geschätzt. Das sind 3,3 % des Stromverbrauches des Textilgewerbes im Jahre 1985. Zudem besteht ein geringes Einsparpotential von rechnerisch 0,05 TWh für Beleuchtung (vgl. Kap. 3.8).

Die wirtschaftlichen Wachstumschancen des Textilgewerbes werden weitgehend davon abhängen, inwieweit es gelingt, einen Vorsprung in der Textiltechnik zu halten. Zudem sind die Entwicklungen der inländischen Nachfrage und der internationalen Textilhandelspolitik von entscheidender Bedeutung.

Nach dem im Jahre 1986 abgeschlossenen 4. Welttextilabkommen für die Staaten der Europäischen Gemeinschaft ist für die Bundesrepublik Deutschland mit einem weiteren Einfuhranstieg zu rechnen. Bei einem auch von der Textilindustrie zukünftig erwartet stagnierenden Inlandsbedarf an Textilien, kann dies mit einem Rückgang des Marktanteils einheimischer Erzeugnisse verbunden sein. Nach /128/ ist eine Kompensation lediglich durch eine Ausweitung der Exporte der bundesdeutschen Hersteller möglich, da die europäischen Märkte weitgehend ausgereizt sind. Es bieten sich nur noch auf den überseeischen Märkten Chancen. Dort stoßen die deutschen Exporteure aber auf hohe Einfuhrbarrieren in Form von Zöllen und nichttarifären Handelshemmnissen, die weitgehend prohibitiv wirken.

Ob bis zum Jahre 2000 aus Sicht der Bundesrepublik Fortschritte in der Textilhandelspolitik zu verzeichnen sind, die sich positiv auf den Export von Textilien auswirken, läßt sich heute schwer abschätzen. Bei stagnierender bis rückläufiger Bevölkerungsentwicklung bis zum Jahre 2000 und damit einem möglichen, rückläufigen Textil- und Bekleidungsverbrauch im Inland wird den Exportmöglichkeiten aber entscheidende Bedeutung zukommen.

In dieser Studie wird erwartet, daß das Textilgewerbe seine Produktion bis zur Jahrhundertwende auf dem gegenwärtigen Niveau stabilisieren kann. Dabei wird vorausgesetzt, daß der Vorsprung im Bereich der Textiltechnik anhält sowie zunehmende Automation und höhere Produktqualitäten zur Stabilisierung des Absatzes beitragen. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund zu sehen, daß die Schwellenländer ihrerseits Anstrengungen in Richtung Hochtechnologien forcieren werden und den Industrieländern noch stärker auf gleichem technischen und qualitativen Niveau im Wettbewerb gegenüberstehen werden /126/.

Faßt man die obigen Überlegungen zusammen, so ist für diesen Sektor allenfalls ein leichter Zuwachs des Strombedarfes zu prognostizieren, der in erster Linie durch die technischen Entwicklungen getragen sein dürfte. Für das Textilgewerbe wird von einem Anstieg des Strombedarfes von 4,2 TWh im Jahre 1985 auf größenordnungsmässig 4,5 TWh im Jahre 2000 ausgegangen. Dies setzt bei einer auf gegenwärtigem Niveau stabilisierten Produktion einen Anstieg des spezifischen Strombedarfes um etwa 10 % voraus (vgl. Tab. 4.49).

## 5. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

In *Tab. 4.49* sind die Erwartungen hinsichtlich des Strombedarfes des Textilgewerbes für das Jahr 2000 im Vergleich zum Jahre 1985 dargestellt. Danach wird die Produktion im Jahre 2000 etwa auf dem gegenwärtigen Stand erwartet. Höhere Anforderungen an die Produktqualität und an die Produktionstechnik zur Kompensation von Wettbewerbsnachteilen gegenüber Niedriglohnländern lassen einen weiteren Anstieg des spezifischen Stromeinsatzes erwarten. Dies könnte den Strombedarf des Textilgewerbes von dem gegenwärtigen Niveau (4,2 TWh) um etwa 0,3 TWh auf 4,5 TWh im Jahre 2000 erhöhen.

Textilgewerbe [63]		1985	2000
Produktionsmenge (Bruttowertschöpfung <sup>2)</sup>	Mrd DM	11,58 <sup>1)</sup>	11,6
spez. Stromverbrauch	kWh/1000 DM	350 <sup>1)</sup>	388
<b>Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>	<b>4,20</b>	<b>4,5</b>

<sup>1)</sup> Wert gilt für 1984

<sup>2)</sup> in Preisen von 1980

*Tab. 4.49:* Produktion und Stromverbrauch des Textilgewerbes [63] für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich



<b>4.3.5</b>	<b>Übriges Verbrauchsgütergewerbe .....</b>	<b>255</b>
1.	Überblick .....	255
2.	Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	256
3.	Stromverbrauch und Produktionsentwicklung.....	258
3.1	Übersicht.....	258
3.2	Papier und Pappe.....	259
3.3	Druck, Vervielfältigungen .....	262
3.4	Holz.....	263
3.5	Bekleidung.....	264
3.6	Musikinstrumente, Spielwaren, Schmuck, Füllhalter u.ä. ....	265
3.7	Leder .....	266
4.	Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	268



## Übriges Verbrauchsgütergewerbe

### 1. Überblick

Gemäß der Systematik der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen umfaßt das Übrige Verbrauchsgütergewerbe die in der nachfolgenden Übersicht aufgeführten Wirtschaftszweige.

Der Stromverbrauch dieser sieben Branchen betrug insgesamt 5,1 TWh im Jahre 1985; das entsprach 30 % des Stromverbrauches der Verbrauchsgüterindustrie, aber insgesamt nur 3,3 % der gesamten Industrie.

### Übriges Verbrauchsgütergewerbe

Sektoren		Sypro-Nr.	
Hstg. v. Musikinstrumenten, Spielwaren, Schmuck u.ä		[39]	
Holzverarbeitung		[54]	
Papier- und Pappeverarbeitung		[56]	
Druckerei, Vervielfältigung		[57]	
Ledererzeugung und -verarbeitung		[61, 62]	
Bekleidungs-gewerbe		[64]	
Reparatur von Gebrauchsgütern		[65]	
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	1,88		55,00
Strom	0,63	5,11	18,40
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		33,5 %	
Stromanteil am gesamten Industriestromverbrauch		3,3 %	

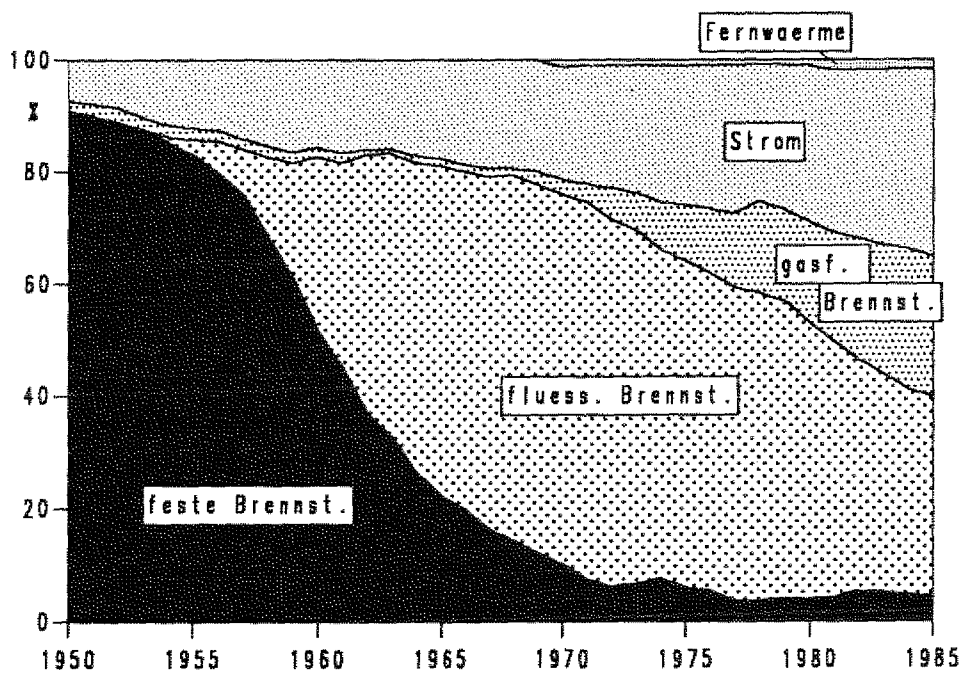
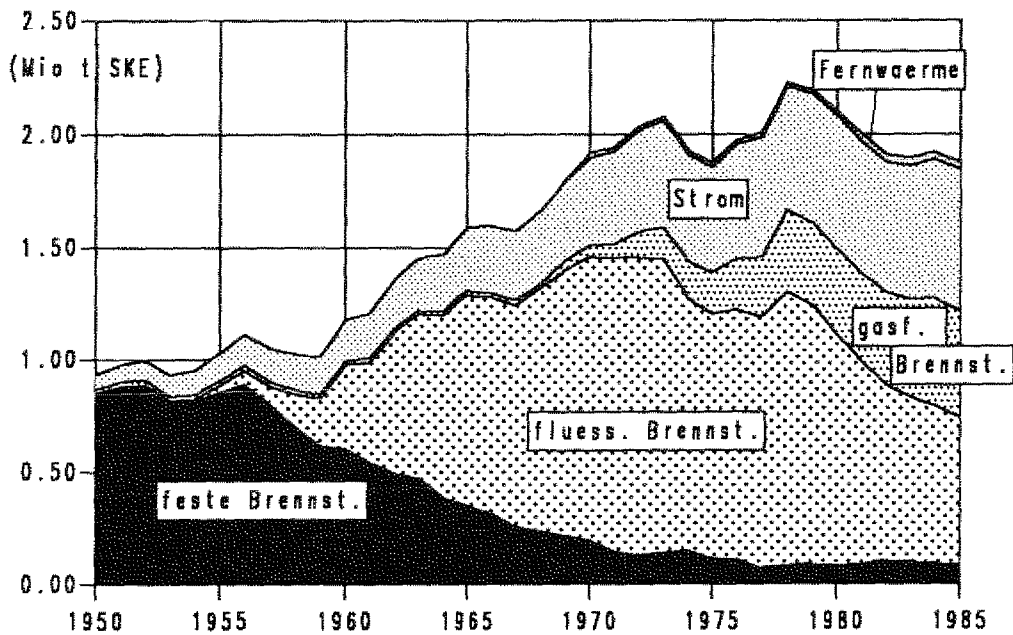
(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

## 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

Im Übrigen Verbrauchsgütergewerbe hat sich, unterbrochen von der Reaktion auf die erste Ölpreiserhöhung, der Endenergieverbrauch bis 1978 auf rd. 2,2 Mio t SKE erhöht. Bis zum Jahre 1985 sank er auf knapp 1,9 Mio t SKE um rd. 15 % unter dem Höchststand (vgl. *Bild 4.50*).

In der Endenergieträgerstruktur zeigt sich, daß der Mineralölverbrauch am stärksten von Einspar- und Substitutionsbemühungen betroffen war. Der Verbrauchsrückgang der flüssigen Energieträger verlief eindeutig zugunsten des Erdgases und der elektrischen Energie.

Der Stromanteil an der Endenergiebedarfsdeckung hat sich seit dem Jahre 1950 mehr als vervierfacht, so daß er heute bei rd. 33 % liegt.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.50: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur im Übrigen Verbrauchsgütergewerbe von 1950 - 1985

### 3. Stromverbrauch und Produktionsentwicklung

#### 3.1 Übersicht

Tab. 4.50 zeigt die Industriezweige des Übrigen Verbrauchsgütergewerbes mit ihrem Beitrag zum Stromverbrauch des Jahres 1985. In dieser heterogen zusammengesetzten Wirtschaftsgruppe heben sich drei Wirtschaftszweige mit einem Stromverbrauch von jeweils über 1 TWh deutlich ab. Die restlichen Industriesektoren weisen zusammen einen Verbrauch von weniger als 1 TWh auf. Angesichts der eher geringen stromwirtschaftlichen Bedeutung dieser Wirtschaftszweige scheint es ausreichend, die Entwicklungen in den einzelnen Branchen nur kurz zu diskutieren. Zur Darstellung der wirtschaftlichen Aktivität und als Referenzgröße für die Stromverbrauchsentwicklung wird wegen der z.T. heterogenen Produktionen auf die Bruttowertschöpfung zurückgegriffen.

Industriezweig	Stromverbrauch 1985	
	in TWh	in % <sup>1)</sup>
Papier- und Pappe- verarbeitung [56]	1,56	30
Druckerei, Vervielfältigung [57]	1,43	28
Holzverarbeitung [54]	1,30	25
Bekleidungs-gewerbe [64]	0,34	7
Musikinstrumente, Spielwaren, Schmuck, Füllhalter u.ä. [39]	0,25	5
Ledererzeugung und -verarbeitung [61, 62]	0,23	5
Rep. von Gebrauchsgütern [65]	gering	0,0...
<b>Übriges Verbrauchsgüter- gewerbe</b>	<b>5,11</b>	<b>100</b>

<sup>1)</sup> gerundete Werte

Tab. 4.50: Stromverbrauch in den Wirtschaftszweigen des Übrigen Verbrauchsgütergewerbes im Jahre 1985 /1, 2/

### 3.2 Papier und Pappe

Im Jahre 1985 entfiel auf die Verarbeitung von Papier und Pappe ein Stromverbrauch von 1,56 TWh. Das bedeutet eine Verdreifachung gegenüber dem Verbrauch von 1965 (0,52 TWh) (vgl. Bild 4.51). Diese Entwicklung ist eng verbunden mit der gestiegenen Produktion, die in Bild 4.51 durch die Bruttowertschöpfung dargestellt ist. Das Wachstum des Stromverbrauches wurde neben der Produktionsentwicklung durch einen deutlichen Anstieg des spezifischen Stromverbrauches begünstigt. Seit Mitte der '70er Jahre zeigt der spezifische Verbrauch stagnierende Tendenz, so daß der Stromverbrauchsanstieg danach hauptsächlich durch die Produktionsentwicklung bestimmt wurde.

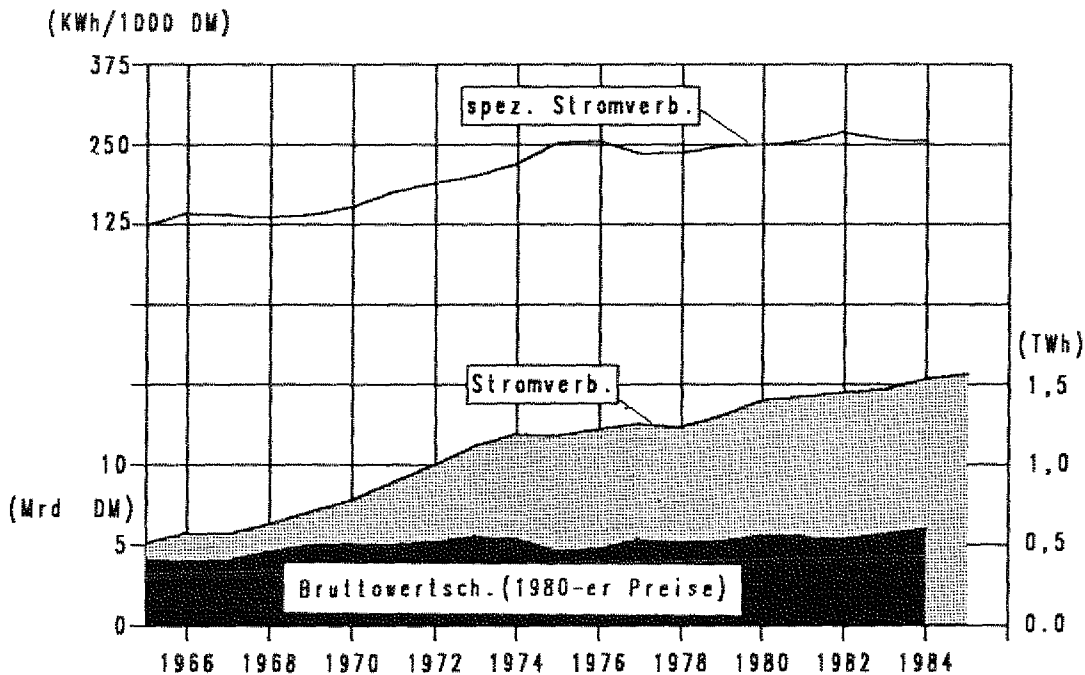


Bild 4.51: Entwicklung des Stromverbrauches und der Bruttowertschöpfung in der Papier- und Pappeverarbeitung [56] von 1960 - 1985/2, 3/

Die Technik der Papier- und Pappeverarbeitung ist neben Bereichen mit hohem Automationspotential (z.B. Wellpappeherzeugung, Hygienepapierwarenherstellung) noch in vielen Bereichen mit der eines Handwerksbetriebes zu vergleichen. Aus produktionstechnischer Sicht besteht ein Nachholbedarf, der bei Ausnutzung der Möglichkeiten zu einem Anstieg des spezifischen Stromverbrauches beitragen kann.

So gehen auch erkennbare Entwicklungen im Papier- und Pappeverarbeitenden Gewerbe in diese Richtung /129/, d.h.

- Automatisierung arbeitsintensiver Bereiche (z.B. Materialzuführung, innerbetrieblicher Transport),
- Verkettung der zentralen Fertigungseinrichtungen mit Vor- und Weiterverarbeitungsstufen in nahezu allen Produktionsbereichen (zunehmender Einsatz von Sensoren, Meßdatenverarbeitung, Prozeßsteuerung),
- flexible Produktion (Einsatz von leistungsfähigeren, flexiblen Maschinen mit mikroelektronischen Voreinstellsystemen und Produktionsüberwachungssystemen).

Die zukünftige Produktionsentwicklung der Papier- und Pappeverarbeitung hängt wesentlich von den Entwicklungen des Verpackungsmarktes sowie der privaten Nachfrage nach Hygienewaren, Schreibmaterial, Tapeten ab. Darüber hinaus ist die gewerbliche Nachfrage nach Schreibwaren und Bürobedarf von Bedeutung. Im Jahre 1984 hatten gemessen am Produktionswert Verpackungsmittel mit 52 % und Hygienepapier, Filtrierpapierwaren mit 22 % herausragende Anteile an der Produktion. Der Rest entfiel auf Schreibwaren, Bürobedarf (12 %), Tapeten (3,6 %) und auf Übrige Papierwaren (10 %).

Bezüglich der Wachstumschancen in den wichtigsten Teilbereichen der Papierverarbeitung kommt eine Untersuchung des Ifo-Instituts /129/ zu folgenden hier knapp zusammengefaßten Aussagen:

Bei den *Verpackungen* ist zukünftig, wie in der Vergangenheit (vgl. Bild 4.52), die Substitutionskonkurrenz mit Verpackungen aus anderen Materialien (z.B. Kunststoff, Metall) oder Verpackungssystemen (z.B. Losetransport) bedeutsam. Abgesehen von Wellpappeverpackungen, für die zukünftig eine weiter zunehmende Bedeutung zu erwarten ist, sind bei den anderen Verpackungsprodukten (Papiersäcke, Tüten, Beutel, Flüssigkeitsverpackungen) wachstumsdämpfende Entwicklungen zu erkennen. Als wichtigste Indikatoren sind Sättigungserscheinungen im Getränkemarkt (z.B. Flüssigkeitsverpackungen) und Bevölkerungsrückgang zu nennen. Für die Ausweitung von Wellpappeverpackungen spricht der breitgestreute Einsatz in Wachstumsbranchen, wie z.B. der Elektrotechnik.

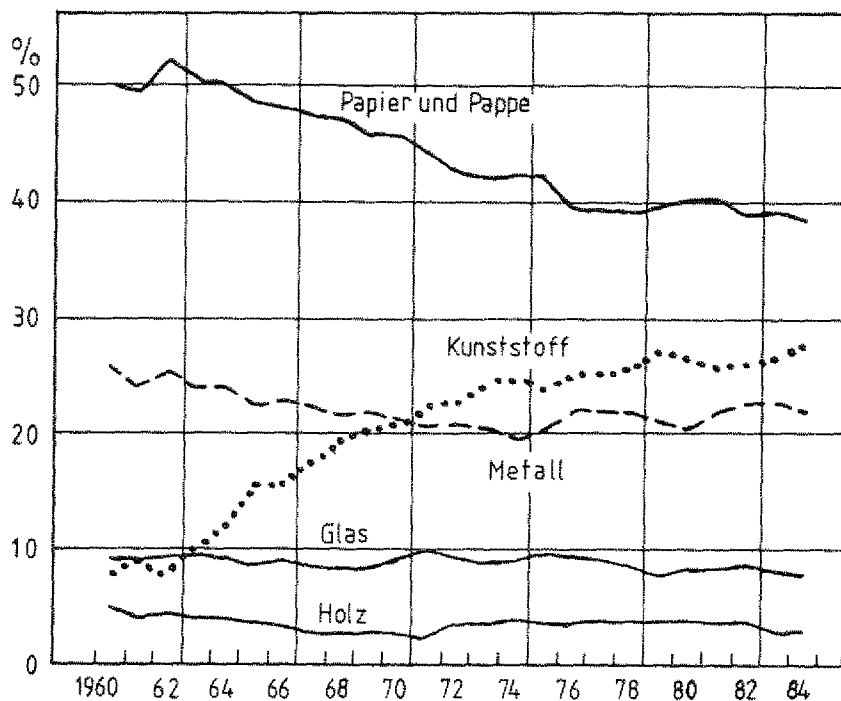


Bild 4.52: Entwicklung der Packstoffe an der Produktion von Verpackungen (Bruttoproduktionswerte) /129/

Bei der Nachfrage von *Produkten des privaten Verbrauches* sind bei weitgehend gesättigten Märkten und rückläufiger Bevölkerungsentwicklung die Wachstumschancen eingeschränkt. Bei vielen Hygieneartikeln steigt der Pro-Kopf-Verbrauch bei der erreichten hohen Anwendungsquote kaum noch. Es wird erwartet, daß hier Wachstumseinbußen bestehender Märkte, wie in der Vergangenheit, durch neue Produkte oder Einsatzgebiete (z.B. für Kranke und Behinderte) und durch den Export ausgeglichen werden können.

Für *Schreibwaren und Bürobedarf* werden die Wachstumschancen ungünstig gesehen. In weiten Bereichen werden traditionelle Produkte durch neue Formen der Bürokommunikation abgelöst. Zudem werden die abnehmende Bevölkerungsanzahl und Schülerzahl als restriktive Faktoren für den Absatz dieser Produkte angeführt.

Diese Ergebnisse der Ifo-Untersuchung lassen die Aussichten für Produktionsausweitungen in der Papier- und Pappeverarbeitung für die Zukunft gedämpft erscheinen. Hinsichtlich der Bruttowertschöpfung wird in dieser Arbeit erwartet, daß die Branche ihre gegenwärtig gute Weltmarktstellung halten kann und hauptsächlich durch qualitativ hochwertige Produkte zu einem weiteren Wachstum kommt.

Unter Berücksichtigung vorstehender Überlegungen wird für die Strombedarfsentwicklung der Papier- und Pappeverarbeitenden Industrie mit einem weiteren Anstieg der Bruttowertschöpfung und des spezifischen Stromverbrauches bis zur Jahrhundertwende gerechnet, die zusammengekommen für die Branche einem Zuwachs von etwa 0,4 TWh und damit einen Gesamtstromverbrauch von 1,9 TWh im Jahre 2000 ergeben.

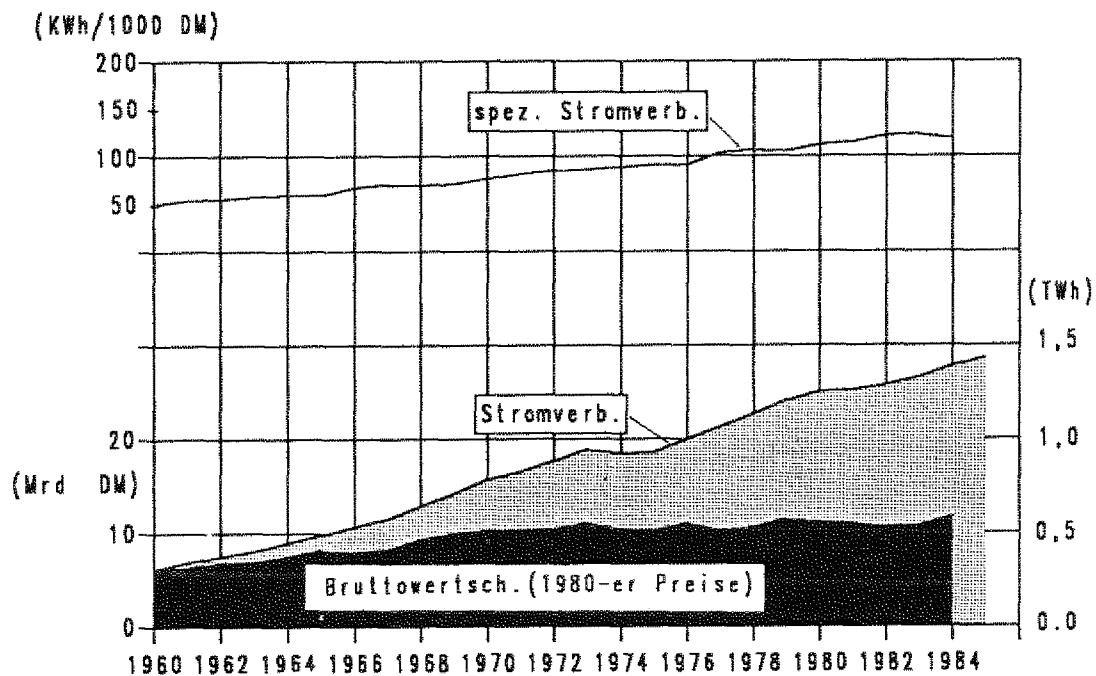
### 3.3 Druck, Vervielfältigungen

Typische Druck- und Vervielfältigungserzeugnisse sind Geschäftspapiere, Kataloge, Bücher, Zeitungen und Zeitschriften, kartographische Erzeugnisse sowie bedrucktes Verpackungsmaterial.

In *Bild 4.53* ist die Entwicklung des Stromverbrauches, der Bruttowertschöpfung und des aus beiden Größen errechneten spezifischen Stromverbrauches für das Druckerei- und Vervielfältigungsgewerbe seit dem Jahre 1960 dargestellt.

Der Stromverbrauch dieses Industriezweiges ist in den vergangenen 25 Jahren kontinuierlich von 0,3 TWh auf rd. 1,4 TWh im Jahre 1985 angestiegen. Diese Entwicklung wurde möglich durch den Anstieg der Produktion und des spezifischen Stromeinsatzes. Die Bruttowertschöpfung ist von rd. 6 Mrd DM im Jahre 1960 auf 11,7 Mrd DM im Jahre 1984 und der spezifische Stromverbrauch von 50 kWh auf etwa 120 kWh pro 1000 DM Bruttowertschöpfung angestiegen.

Ein Ende des Produktionswachstums ist gegenwärtig nicht zu erkennen. Dennoch könnte sich bis zum Jahre 2000 die bislang günstige Marktlage für einige Produkte der Druckerei- und Vervielfältigungsindustrie verändern. So werden traditionelle Druck- und Vervielfältigungsprodukte für den gewerblichen Bereich an Bedeutung abnehmen und durch neue Formen der Bürokommunikation (Bildschirmtext, Schriftverkehr über elektronische Datenträger etc.) teilweise ersetzt werden. Bei Zeitungen und Büchern ist trotz der rückläufig erwarteten Bevölkerungszahl, aber aufgrund des im Jahre 2000 erhöhten Anteils der 'lesenden' Bevölkerung im mittleren und weiter fortgeschrittenen Alter, mit weiterhin guter Nachfrage zu rechnen.



*Bild 4.53:* Entwicklung des Stromverbrauches und der Bruttowertschöpfung im Wirtschaftszweig Druckerei, Vervielfältigung [50] von 1960 - 1985 /2, 3/

Aufgrund der skizzierten Entwicklungen wird für diesen Wirtschaftszweig mit einem moderaten Strombedarfszuwachs gerechnet. Der Erwartungswert für den Strombedarf dieser Branche liegt bei 1,7 TWh für das Jahr 2000, d.h. um etwa 18 % höher als im Jahre 1985.

### 3.4 Holz

Die Herstellung von Holzwaren - hierzu gehören z.B. Möbel, Sperrtüren, Türenfertigelemente, Kisten - hatte im Jahre 1985 einen Stromverbrauch von 1,3 TWh. Der Verbrauch lag damit um 13 % unter dem Höchststand, der mit 1,5 TWh im Jahre 1978 erreicht wurde. Der Rückgang des Stromverbrauches ging einher mit einer rückläufigen Entwicklung der Bruttowertschöpfung (vgl. Bild 4.54), die im Jahre 1984 um rd. 20 % niedriger als beim bisherigen Höchststand im Jahre 1977 ausfiel.

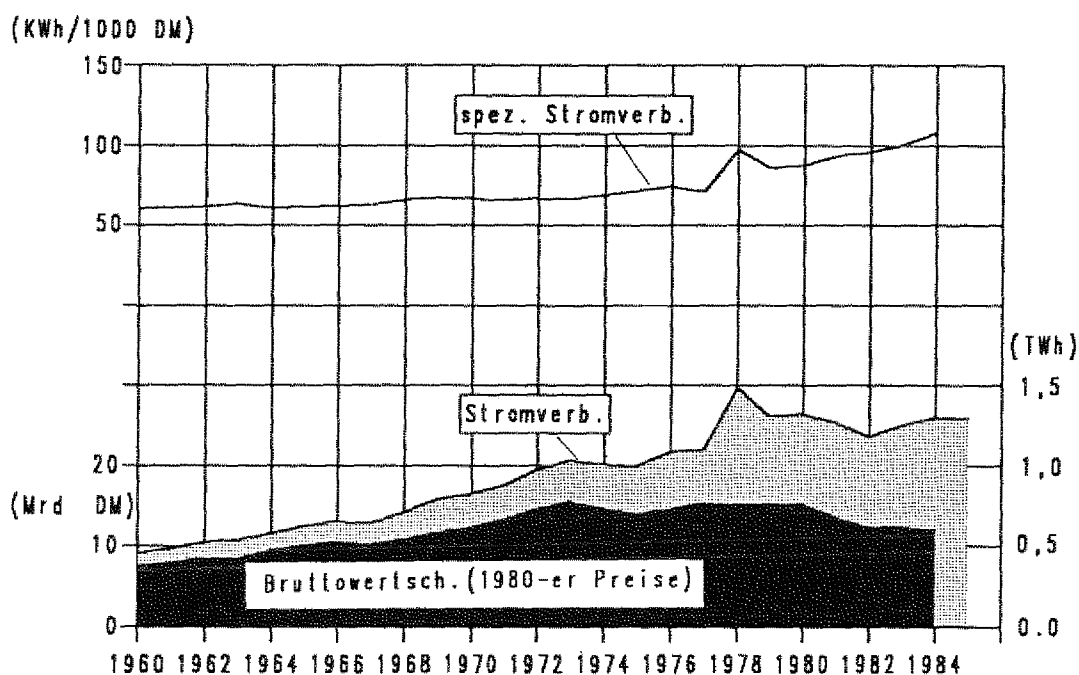


Bild 4.54: Entwicklung des Stromverbrauches und der Bruttowertschöpfung der Holzverarbeitenden Industrie [54] von 1960 - 1985 /2, 3/

In dieser Branche sind die erwarteten Entwicklungen in der Bauwirtschaft, bei der Bevölkerungszahl sowie der hohe Ausstattungsgrad der Haushalte mit Möbeln wesentliche Einflußgrößen des Absatzes. Diese Faktoren lassen einen großen Anstieg der Produktion bis zur Jahrhundertwende nicht erwarten. Im Rahmen dieser Studie wird vorausgesetzt, daß dieser Wirtschaftszweig seine Produktion auf dem erreichten Niveau wieder stabilisieren kann oder sogar zu einem

leichten Wachstum kommt. Es wird angenommen, daß der bisherige Höchststand von 1,5 TWh im Jahre 2000 wieder erreicht wird. Für die Branche wird hierbei die Fortführung des bereits in Teilbereichen vollzogenen Überganges /130/ von der handwerklichen zur technisch orientierten Massenfertigung vorausgesetzt, verbunden mit einem weiteren Anstieg des spezifischen Strombedarfes.

### 3.5 Bekleidung

Das Bekleidungsgewerbe war in den vergangenen Jahrzehnten einem starken internationalen Wettbewerbsdruck ausgesetzt. Hierdurch bedingte Produktionseinbußen führten auch in diesem Wirtschaftszweig zu einer Verringerung des Stromverbrauches (*Bild 4.55*). Im Jahre 1985 lag der Stromverbrauch bei nur geringen 0,34 TWh.

Im Bekleidungsgewerbe wird zum Ausgleich der Wettbewerbsnachteile vor allem gegenüber Niedriglohnländern zukünftig angestrebt, die Fertigung auf solch ein technisches Niveau zu heben, auf dem sie wettbewerbsfähig ist. Der Fertigungsprozeß im Bekleidungsgewerbe (u.a. Zuschneiden, Nähen, Bügeln, Dämpfen) ist noch durch einen hohen Anteil an Arbeitskräfteeinsatz sowie durch eine ausgereifte Produktionstechnik gekennzeichnet, die allerdings einen Mangel an Mechanisierung und Automatisierung aufweist. In den nächsten 10 Jahren ist zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit mit einem Schub in Richtung Automation zu rechnen; darüber hinaus ist auch langfristig der breite Einsatz von Robotern zu erwarten, die noch in den '80er Jahren für das Bekleidungsgewerbe anwendungsreif werden sollen /131/. Angesichts dieses Trends zu neuen technischen Lösungen und eines technischen Nachholbedarfes ist für das Bekleidungsgewerbe zukünftig mit einem stärkeren Einsatz stromintensiver Techniken in der Produktion zu rechnen, der einen weiteren Anstieg des spezifischen Strombedarfes erwarten läßt.

In dieser Studie wird für die Produktionsentwicklung unterstellt, daß durch die technischen Entwicklungen und den Standortvorteil heimischer Fertigung der gegenwärtige Trend zur Produktionsverlagerung ins Ausland gestoppt wird. Damit sollte eine Stabilisierung der Produktion bis zur Jahrhundertwende auf dem erreichten Niveau möglich sein. Rückverlagerungen der Auslandsproduktion ins Inland sind nach /131/ zu erwarten, wenn der wirtschaftliche Robotereinsatz in der Bekleidungsindustrie auf breiter Front erfolgt.

Insgesamt wird für das Bekleidungsgewerbe ein moderater Anstieg von 0,35 TWh (1985) auf rd. 0,4 TWh im Jahre 2000 geschätzt.

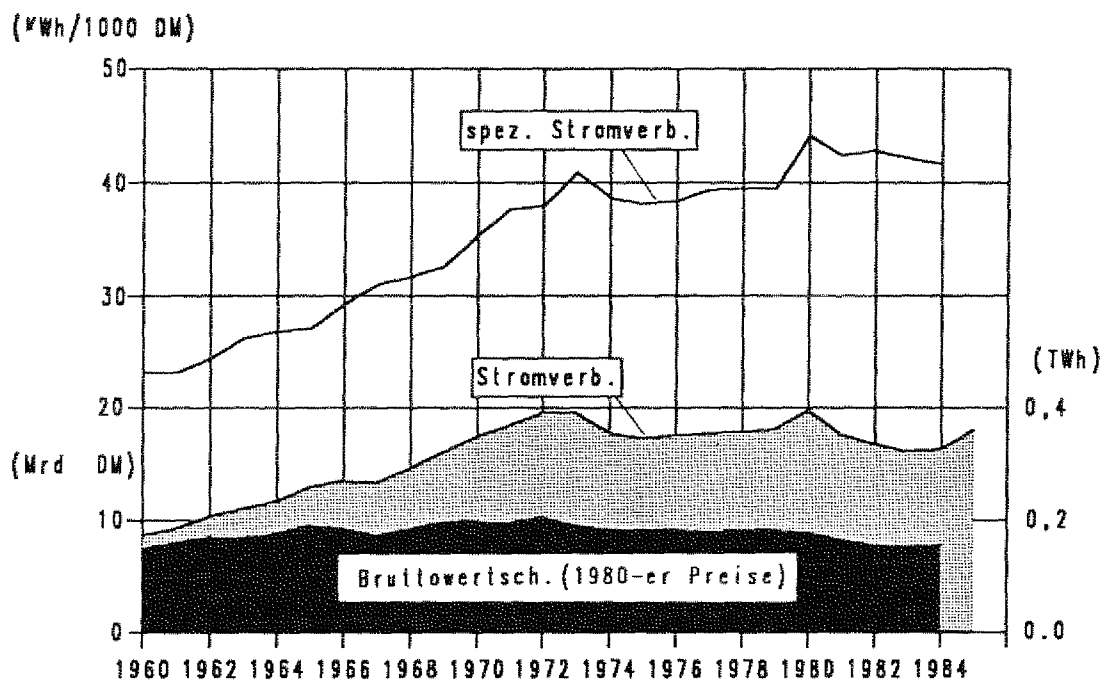


Bild 4.55: Entwicklung des Stromverbrauches und der Bruttowertschöpfung im Bekleidungs-gewerbe [64] von 1960 - 1985 /2, 3/

### 3.6 Musikinstrumente, Spielwaren, Schmuck, Füllhalter u.ä.

Der Stromverbrauch zur Herstellung von Musikinstrumenten, Spielwaren, Schmuck u.ä hat sich seit dem Jahre 1960 weit mehr als vervierfacht. Er lag im Jahre 1985 allerdings bei nur geringen 0,25 TWh. Wie Bild 4.56 zeigt, ist diese Entwicklung wesentlich auf einen Anstieg des spezifischen Stromverbrauches zurückzuführen. Die Produktion (Bruttowertschöpfung) hat sich im Betrachtungszeitraum nur unwesentlich in ihrer Höhe verändert.

In dieser Branche konnte die Mechanisierung der Fertigung von Massenprodukten (z.B. Kunststoffspielwaren, Füllhalter etc.) in der Vergangenheit erheblich vorangetrieben werden. Trotzdem ist die Branche noch in großen Bereichen durch arbeitsintensive (z.T. handwerkliche) Kleinserienfertigung geprägt. Dieser Nachholbedarf kann bei Ausnutzung der technischen Möglichkeiten zu einem weiteren Anstieg des spezifischen Strombedarfes beitragen.

Der zukünftigen Entwicklung des absoluten Strombedarfes werden bis zur Jahrhundertwende aber weniger technische als wirtschaftliche Faktoren Grenzen setzen. Neben anhaltendem Importdruck sind Wandlungen in der Bevölkerungsstruktur und Sättigungstendenzen auf speziellen Märkten (z.B. Spielwaren, Füllhalter, Produkte der Foto- und Filmlabors etc.) zukünftig restriktive Faktoren für Produktionsausweitungen (vgl. auch /132/).

Für diese Branche wird, zusammenfassend gesehen, mit einem zunehmenden Stromeinsatz in den Sparten gerechnet, wo Massenproduktion auf hohem technischen Niveau möglich ist. Bei nur leicht wachsender Produktion kann dies den Strombedarf der Branche von 0,25 TWh (1985) auf rd. 0,3 TWh bis zum Jahre 2000 ansteigen lassen.

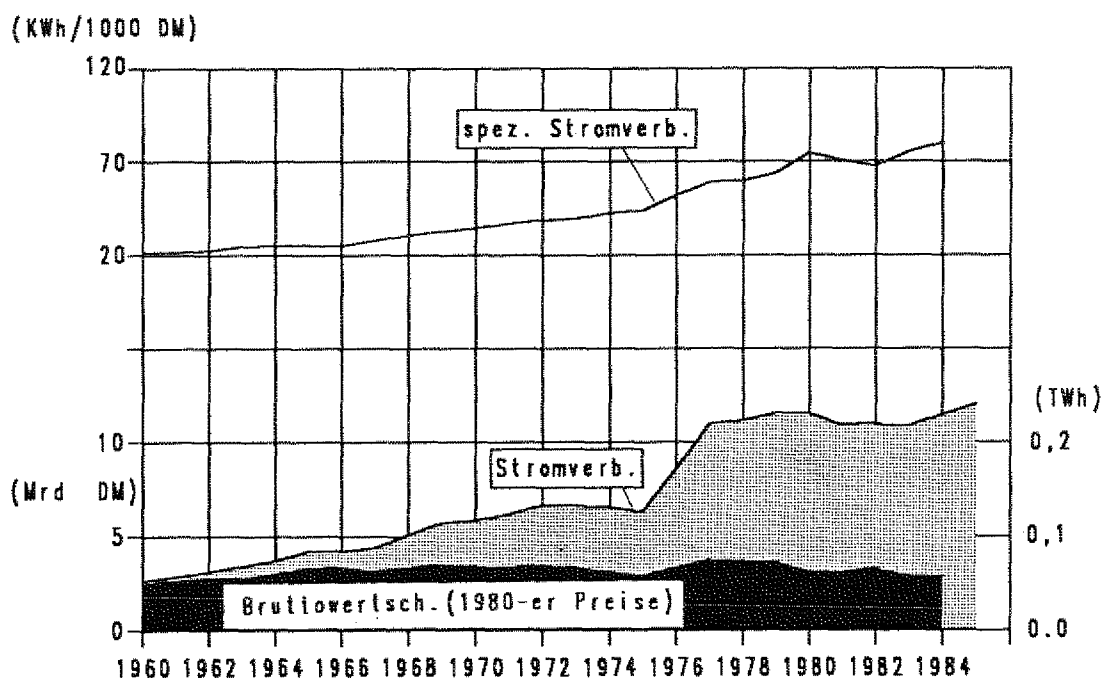


Bild 4.56: Entwicklung des Stromverbrauches und der Bruttowertschöpfung im Wirtschaftszweig Musikinstrumente, Spielwaren, Schmuck u.ä [39] von 1960 - 1985 /2, 3/

### 3.7 Ledererzeugung und -verarbeitung

Der Stromverbrauch der Lederindustrie befindet sich seit den '60er Jahren in einem Abwärtstrend. Im Jahre 1985 war er mit 0,23 TWh um fast ein Drittel niedriger als noch im Jahre 1965 mit 0,31 TWh. Der Grund ist hierfür die seit den '60er Jahren rückläufige Produktionsentwicklung (vgl. Bild 4.57).

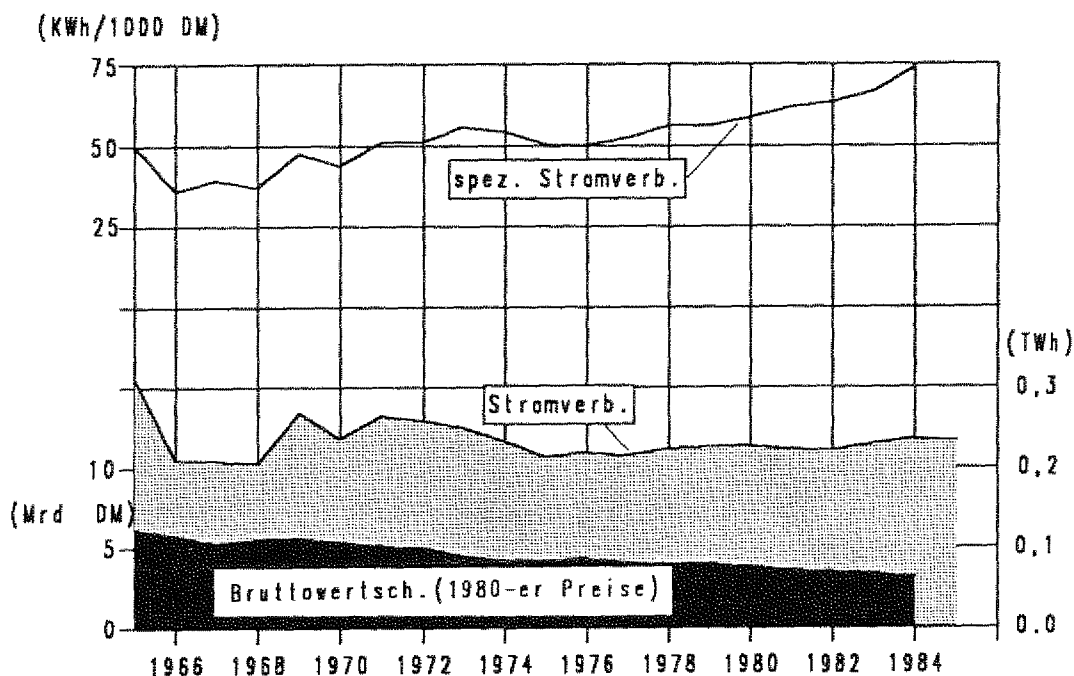


Bild 4.57: Entwicklung des Stromverbrauches und der Bruttowertschöpfung der Lederindustrie [61, 62] von 1965 bis 1985 /2, 3/

Die Branche ist durch arbeitsintensive Fertigungsverfahren geprägt. Die hierdurch bedingten Wettbewerbsnachteile einer inländischen Fertigung haben zu Produktionsverlagerungen ins Ausland geführt und zum Schrumpfungsprozeß der Branche beigetragen.

Angesichts der quasi handwerklichen Produktion werden Rückverlagerungen ins Inland nur in den Bereichen für möglich gehalten, wo die zunehmende Automatisierung (vor allem unter Einsatz der Mikroelektronik und Handhabungsautomaten) die zur Zeit bestehenden Lohnkostenvorteile der ausländischen Fertigung schwinden läßt /133/.

Im Rahmen dieser Studie wird die wirtschaftliche Zukunft der Branche weiterhin als schwierig eingeschätzt. Trotz eines erwarteten technologischen Schubes wird ein Absinken des Strombedarfes von heute 0,23 TWh auf rd. 0,15 TWh im Jahre 2000 unterstellt.

#### 4. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Der Bedarf an elektrischer Energie im Übrigen Verbrauchsgütergewerbe wird voraussichtlich bis zum Jahre 2000 weiter ansteigen. Die geschätzte Entwicklung liegt bei einer jährlichen Steigerungsrate von durchschnittlich 1 %. Dies hätte einen Anstieg von gegenwärtig 5,1 TWh auf knapp 6 TWh zur Folge (vgl. Tab. 4.51). Für diesen Anstieg ist die zunehmende Bedeutung des Stromes in den Produktionsprozessen wesentlich. Der Strombedarf wird besonders dort ansteigen, wo der Übergang noch z.T. handwerklicher Tätigkeiten auf technisch hochwertige Massenproduktionen bzw. auf technisch flexible Verfahren möglich ist. Einem stärkeren Anstieg des Strombedarfes werden zukünftig wirtschaftliche Gründe entgegenstehen. Dazu gehören u.a. weitgehend gesättigte Inlandsmärkte, rückläufige Bevölkerungsentwicklung (Geburtenrückgang) sowie anhaltend starker Importdruck bei zunehmendem Wettbewerbsdruck auf den ausländischen Märkten.

Übriges Verbrauchsgütergewerbe	1985 (TWh)	2000 (TWh)
1. Papier- und Pappeverarbeitung	1,56	1,9
2. Druckerei, Vervielfältigung	1,43	1,7
3. Holzverarbeitung	1,30	1,5
4. Bekleidungs-gewerbe	0,34	0,4
5. Musikinstrumente, Spielwaren, Schmuck, Füllhalter u.ä.	0,25	0,3
6. Ledererzeugung und -verarbeitung	0,23	0,15
<b>Gesamtstrombedarf</b>	<b>5,11</b>	<b>5,95</b>

Tab. 4.51: Stromverbrauch im Übrigen Verbrauchsgütergewerbe für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

<b>4.4 Nahrungs- und Genußmittelgewerbe (Ernährungsgewerbe).....</b>	<b>271</b>
1. Überblick.....	271
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	272
3. Stromeinsatz und Produktion.....	274
3.1 Übersicht.....	274
3.2 Milch, Käse.....	276
3.3 Bier.....	278
3.4 Zucker.....	280
3.5 Futtermittel.....	283
3.6 Süßwaren.....	284
3.7 Übriges Ernährungsgewerbe .....	285
4. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen .....	286



## Nahrungs- und Genußmittelindustrie (Ernährungsgewerbe)

### 1. Überblick

In diesem Sektor sind diejenigen Industriezweige zusammengefaßt, die vorwiegend Erzeugnisse für die menschliche Ernährung produzieren. Auf das Ernährungsgewerbe entfiel im Jahre 1985 ein Anteil am industriellen Stromverbrauch von rd. 5 % (rd. 8,1 TWh). Am Endenergieverbrauch der Industrie war das gesamte Ernährungsgewerbe mit einem Anteil von 6,8 % beteiligt.

Nahrungs- und Genußmittelindustrie (Ernährungsgewerbe) [68,69]

Sektoren	Sypio-Nr.		
Molkerei, Käserei	[6831,6836]		
Brauereien	[6871]		
Zuckerindustrie	[6821]		
Futtermittelindustrie	[6889]		
Süßwarenindustrie	[6819,6828]		
Übriges Ernährungsgewerbe	[68..]		
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	5,31		155,60
Strom	0,99	8,08	29,10
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		18,7 %	
Stromanteil am gesamten Industriestrom- verbrauch		5,2 %	

(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

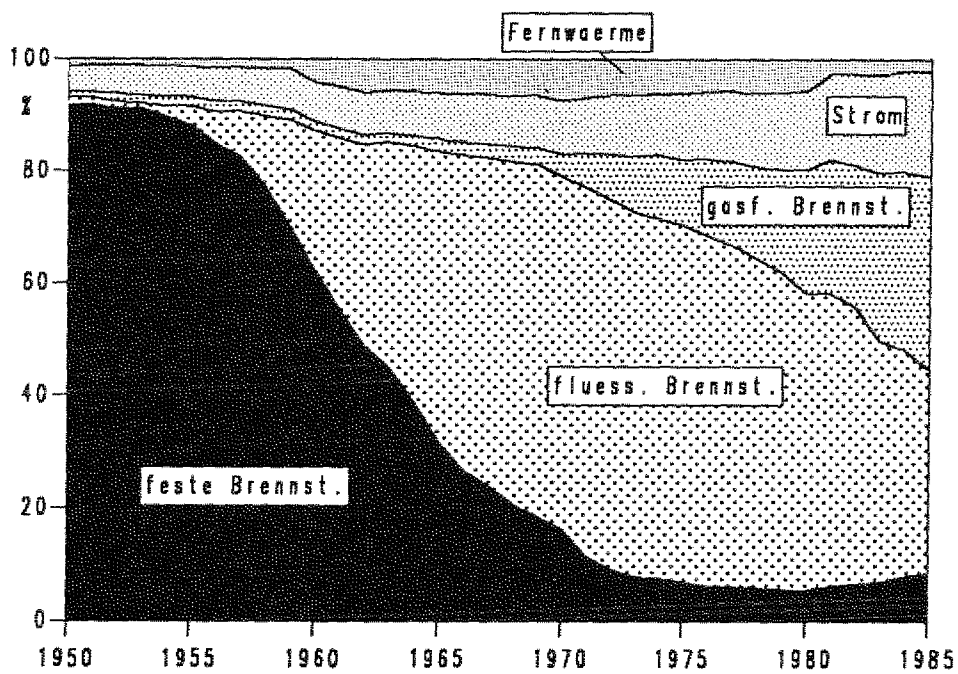
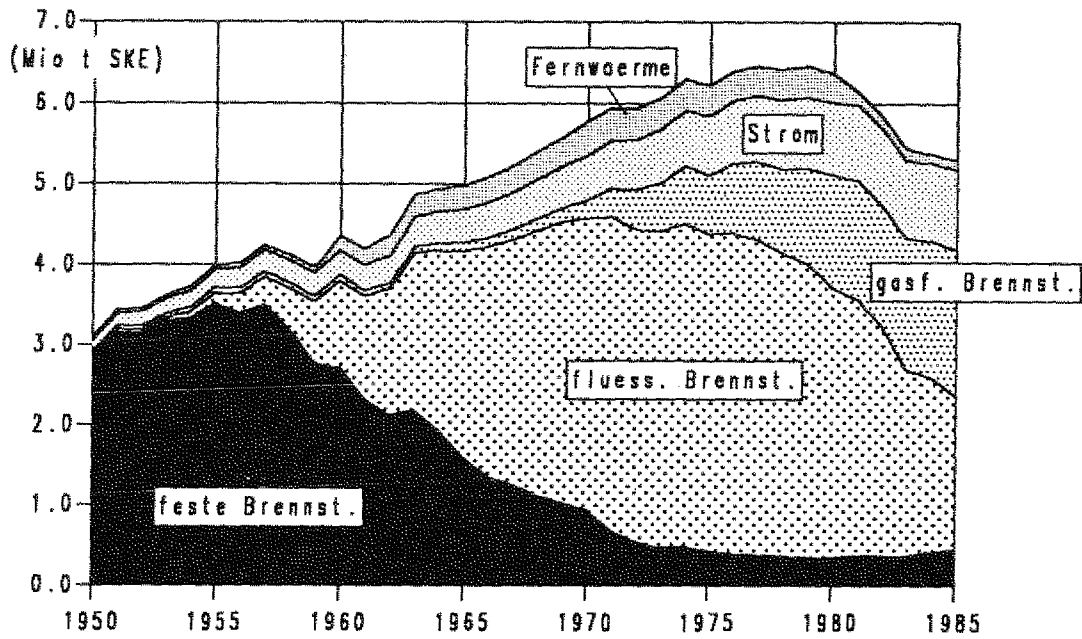
Die Produktion des Ernährungsgewerbes wird gegenwärtig zu ca. 85 % von der Binnennachfrage bestimmt. In Anbetracht einer möglichen rückläufigen Bevölkerungsentwicklung von ca. 1,8 Millionen Menschen bis zum Jahre 2000 und eines nicht mehr steigenden Pro-Kopf-Kalorienverbrauches /134/ sind die Voraussetzungen für Produktionsausweitungen im Inland schwierig.

Nach Auskunft des Ifo-Institutes /135/ leidet der gesamte Ernährungsbereich schon gegenwärtig unter Sättigungstendenzen. Bei den Grundnahrungsmitteln Zucker, Fett, Brot, Fleisch, Bier, Obst und Gemüse sind Produktionsausweitungen nicht in Sicht. Hiervon dürfte die zukünftige Strombedarfsentwicklung des Ernährungsgewerbes nicht unbeeinflusst bleiben.

## **2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur**

Der Endenergieverbrauch im Nahrungs- und Genußmittelgewerbe ist nach einer jahrzehntelangen Phase relativ stetigem Wachstums seit 1979 deutlich abgesunken (*Bild 4.58*). Der Endenergieverbrauch lag im Jahre 1985 mit 5,3 Mio t SKE um 18 % unter dem Stand von 1979. Diese Entwicklung ist auf die im Gefolge des zweiten Ölpreisschubes modernisierten und energiesparenden Anlagen und auf die zunehmende Nutzung von Fabrikationsrückständen für die Energiebereitstellung zurückzuführen. Aufgrund der Erfassungssystematik der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen sind letztere in *Bild 4.58* nicht berücksichtigt.

Im Ernährungsgewerbe dominiert die wärmetechnische Verwendung der Brennstoffe, hauptsächlich für Koch- und Verdampfungsprozesse im Nieder- und Mitteltemperaturbereich. Hier ist eine Verdrängung von Mineralöl durch Erdgas festzustellen. Der Anteil des Erdgases stieg von etwa 4 % zu Anfang der '70er Jahre auf weit über 30 % im Jahre 1985. Das Mineralöl ist dennoch gegenwärtig der anteilmäßig bedeutendste Energieträger (ca. 38 %). Elektrische Energie trägt zu knapp einem Fünftel zur Endenergieversorgung des Sektors bei.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

Bild 4.58: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur im Ernährungsgewerbe von 1950 - 1985

### 3. Stromeinsatz und Produktion

#### 3.1 Überblick

Das Statistische Bundesamt weist für das Ernährungsgewerbe im Jahre 1985 rd. 30 Wirtschaftszweige aus. Für die Höhe des industriellen Stromverbrauches haben diese Branchen jeweils für sich betrachtet keine wesentliche Bedeutung; zusammengenommen erreichten sie im Jahre 1985 aber einen nicht unbedeutenden Stromverbrauch von rd. 8,1 TWh. Zu den Wirtschaftszweigen mit einem Stromverbrauch von mehr als 0,5 TWh gehören die in *Tab. 4.52* aufgeführten 6 Branchen. Auf diese entfiel im Jahre 1985 mit zusammen rd. 4,3 TWh mehr als die Hälfte (53,8 %) des gesamten Stromverbrauches des Ernährungsgewerbes.

Ergänzend zu *Tab. 4.52* zeigt *Bild 4.59* die Entwicklung des Stromverbrauches für das ausgewählte Wirtschaftszweige des Ernährungsgewerbes seit dem Jahre 1960.

Industriezweig	Stromverbrauch 1985	
	in TWh	in %
[6331, 6836] Molkerei, Käseerei <sup>1)</sup>	1,20	14,9
[6871] Brauerei	1,00	12,4
[6821] Zuckerindustrie	0,85	10,5
[6889] Hstg. v. Futtermitteln	0,65	8,0
[6828, 6819] Hstg. v. Süßwaren	0,65	8,0
[...] Sonstige	3,73	46,2
<b>Ernährungsgewerbe insg.</b>	<b>8,08</b>	<b>100,0</b>

<sup>1)</sup> inkl. Herstellung von Dauermilch, Milchpräparate, Schmelzkäse

*Tab. 4.52:* Stromverbrauch in ausgewählten Industriezweigen des Ernährungsgewerbes im Jahre 1985 /1, 2/

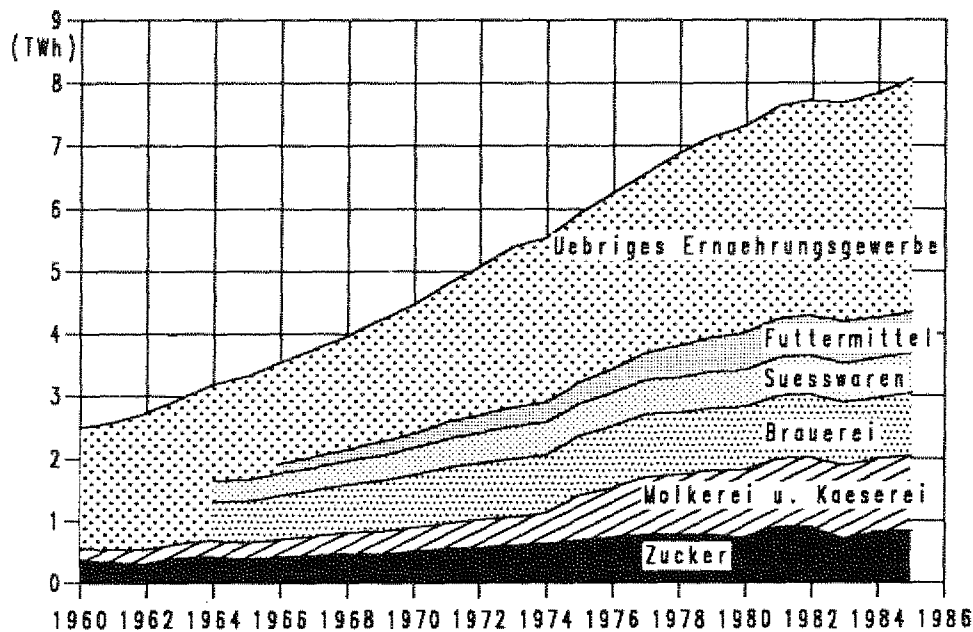


Bild 4.59: Entwicklung des Stromverbrauches im Nahrungs- und Genußmittelgewerbe von 1960 - 1985 /1, 2/

Elektrizität wird im Ernährungsgewerbe überwiegend als Antriebsenergie für Transport- und Förderanlagen, Mühlen und mechanische Trennanlagen eingesetzt. Im Jahre 1982 entfielen etwa 75 % des Stromverbrauches auf den Kraftstrombedarf, 16 % auf Elektrowärme und 9 % auf die Beleuchtung /5/. Ein Großteil der elektrischen Energie wird in einigen Industriezweigen zur Kälteerzeugung gebraucht, wie z.B. in den Brauereien und milchverarbeitenden Betrieben. Bei der Bierbrauerei kann der Anteil bis annähernd 40 % des Gesamtstromes betragen /136/. Der Einsatz von Elektrowärmeverfahren hat trotz der vielfach notwendigen Trocknungs- und Erwärmungsprozesse die Stromverbrauchsentwicklung nur zu einem geringen Teil bestimmen können.

Im folgenden wird auf die Entwicklung des Stromverbrauches in den fünf größeren Wirtschaftszweige näher eingegangen. Für die Vielzahl der restlichen Wirtschaftszweige mit jeweils sehr niedrigem Stromverbrauch kann in dieser Studie nur eine globale zusammengefaßte Betrachtung erfolgen.

### 3.2 Milch, Käse

Haupterzeugnisse der Milchwirtschaft (Molkereien, Käsereien) sind Frischmilcherzeugnisse (Konsummilch, Sahne, Sauermilch, Joghurt etc.), Milchdauerwaren (Kondensmilch, Magermilchpulver) sowie Butter und Käse.

In der Milchwirtschaft hat sich der Stromverbrauch in den letzten 25 Jahren von 0,25 TWh auf 1,2 TWh fast verfünffacht. *Tab. 4.53* zeigt, daß der Anstieg im wesentlichen auf die Zunahme des spezifischen Stromverbrauches zurückzuführen ist. Der spezifische Stromverbrauch hat sich seit 1960 fast verdreifacht; er liegt gegenwärtig bei etwa 51 kWh pro t Rohmilch; der Rohmilcheinsatz ist demgegenüber nur um 64 % angestiegen.

Der Anstieg des spezifischen Stromverbrauches hat neben rein technischen Ursachen (z.B. zunehmende Automatisierung der Produktionsabläufe, Wärmerückgewinnungsmaßnahmen) zumindest zwei weitere Ursachen. Zum einen hat der Anteil verpackter Waren stark zugenommen und einen zusätzlichen Strombedarf für Verpackungsmaschinen und für Lagerung der Produkte (Kühlung) bewirkt; im Jahre 1960 wurden 42 % der Konsummilcherzeugung abgepackt, dagegen 1985 schon 90 % /137/. Zum anderen hat der Anteil der Erzeugnisse mit höherem Strombedarf bei vergleichbarem Rohmilcheinsatz an Bedeutung gewonnen; beispielsweise entfiel auf H-Milch im Jahre 1970 erst ein Anteil von 3,3 % bezogen auf die gesamte Konsummilchproduktion, bis zum Jahre 1985 ist dieser Anteil auf 45 % angewachsen /137/.

		1960	1970	1980	1985
Milcheinsatz <sup>1)</sup>	Mio t	14,385	18,37	22,95	23,64
<b>Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>	<b>0,251</b>	<b>0,539</b>	<b>1,08</b>	<b>1,20</b>
result. spez. Stromverbrauch	kWh/t	17,4	29,3	47,1	50,8

<sup>1)</sup> Anlieferung an Molkereien

*Tab. 4.53:* Stromverbrauch und Rohmilcheinsatz im Wirtschaftszweig Molkerei, Käserei [6331, 6836] von 1960 - 1985 /2, 137/

Der spezifische Stromeinsatz ist je nach Verwendung der Rohmilch zur Herstellung von verschiedenen Produkten der Milchwirtschaft unterschiedlich hoch. Wie *Tab. 4.54* zeigt, erfordert z.B. die Herstellung von Fruchtjoghurt mit knapp 57 kWh je 1000 kg Rohstoffeinsatz weit mehr als das Doppelte des Stromeinsatzes, der bei Verwendung der Rohmilch für die Herstellung von Käse (rd. 24 kWh) notwendig ist (*vgl. Tab. 4.54*).

Stromverbrauch <sup>1)</sup> (kWh) je 1000 kg Rohstoffeinsatz bei Verwendung als...	
Edamer Käse (40 % F.i.Tr./4 kg)	23,6 kWh
Magermilchpulver	30,2 kWh
Trinkmilch	35,3 kWh
H-Milch	48,4 kWh
Butter (250 g)	54,4 kWh
Fruchtjoghurt (175 g)	56,8 kWh

<sup>1)</sup> inkl. für Vertrieb und Verwaltung

Tab. 4.54: Spezifischer Stromeinsatz verschiedener Milcherzeugnisse  
(in kWh je 1000 kg Rohstoffeinsatz) /139/

Für einen weiteren Anstieg des branchenspezifischen Stromeinsatzes sprechen Anstrengungen zur weiteren Prozeßautomation (computerüberwachte Prozeßsteuerung und -regelung). Daneben könnte die verstärkte Nutzung von Kreislaufprozessen (z.B. Restproduktaufbereitung, Wärmerückgewinnung) von Bedeutung sein. Diesem Anstieg werden allerdings Grenzen gesetzt. Zum einen deutet der seit Mitte der '70er Jahre nur wenig veränderte spezifische Einsatz auf abgeschlossene Entwicklungen hin, zum anderen ist für die Zukunft mit einem Abbau von Überproduktionen, d.h. mit Anteilsverlusten der vergleichsweise stromintensiven Herstellung und Lagerung von Butter (Abbau des 'Butterberges') zu rechnen. Die Zukunft läßt damit nur eine leichte Zunahme des spezifischen Bedarfes erwarten. In dieser Studie wird der spezifische Strombedarf im Jahre 2000 bei etwa 55 kWh je 1000 kg Rohmilcheinsatz vorausgesetzt.

Für die Milchwirtschaft sind zukünftig Produktionseinschränkungen zu berücksichtigen. Die von der EG-Kommission signalisierte drastische Kürzung der Milchquoten /138/ zum Abbau von Überschüssen wird merklich zur Reduzierung der gegenwärtigen Produktionsmengen beitragen. Für das Jahr 2000 wird im Rahmen dieser Studie ein Rohmilcheinsatzes von 20 - 23 Mio t für möglich gehalten; die für die Strombedarfsabschätzung zugrunde gelegte Menge liegt bei 22 Mio t, d.h. um 1,6 Mio t unter der Menge von 1985.

Mit den vorstehend diskutierten Entwicklungen errechnet sich für das Jahr 2000 für die Milchwirtschaft ein Strombedarf von rd. 1 TWh. Dies bedeutet gegenüber dem derzeitigen Bedarf von 1,2 TWh eine Verringerung um etwa 20 %.

### 3.3 Bier

Die Herstellung von Bier ist ein sehr wärmeintensiver Prozeß. Für die Wärmebereitstellung in Mälzerei, Sudhaus und Füllerei werden generell fossile Brennstoffe eingesetzt. Elektrizität wird beim Brauprozess für die Bereitstellung von Kraft, insbesondere zur Druckluft- und Kälteerzeugung benötigt /136/.

Der gesamte Stromverbrauch des Brauereigewerbes ist von 0,67 TWh (1960) auf etwa 1 TWh im Jahre 1985 angewachsen.

Hierzu hat überwiegend der Anstieg der Bierproduktion beigetragen (vgl. Tab. 4.55).

		1965	1970	1980	1985
Bierausstoß <sup>1)</sup>	Mio hl	67,44	81,62	89,57	87,72
<b>Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>	<b>0,673</b>	<b>0,854</b>	<b>1,010</b>	<b>1,002</b>
result. spez. Stromverbrauch	kWh/hl	10,0	10,5	11,3	11,4

<sup>1)</sup> Ausstoß der Brauereien (gemäß Biersteuerbuch)

Tab. 4.55: Stromverbrauch und Bierausstoß im Brauereigewerbe [6871]  
von 1965 - 1985 /2, 58/

Die Aufteilung des Stromverbrauches in den Brauereien nach den Verbrauchsbereichen verdeutlicht Tab. 4.56. Die größten Stromverbraucher sind Kälteanlagen, die über 30 % (teilweise bis zu 40 %) des gesamten Strombedarfes benötigen. Zweitgrößter Stromverbraucher sind die Flaschenfüllanlagen. Die Füllerei benötigt bis zu einem Viertel des gesamten Strombedarfes. Der restliche Verbrauch verteilt sich relativ gleichmäßig mit Anteilen von 5 bis 15 % auf die verbleibenden Verbrauchsbereiche.

Für die Herstellung eines Hektoliters Bier werden nach Angaben aus der Literatur zwischen 7 und 13 kWh elektrischer Energie benötigt /136, 150/. Im statistischen Mittel errechnet sich aus den Angaben des Statistischen Bundesamtes ein spezifischer Verbrauch von 11,4 kWh/hl für das Jahr 1985. Dieser Wert hat sich in den letzten 20 Jahren nur unwesentlich nach oben verschoben (vgl. Tab. 4.55). Der gestiegene Bedarf an elektrischer Energie ist nach /136/ auf einen gestiegenen Mechanisierungs- und Automationsgrad (z.B. im Flaschenkeller) zurückzuführen.

Kälteerzeugung	27 - 32 %
Füllerei	15 - 23 %
Mälzerei	} jeweils 5 - 15 %
Sudhaus	
Druckluftherzeugung	
Wasserpumpen	
CO <sub>2</sub> -Verflüssigung	
Kesselhausseigenbedarf	
Sonstiges	

Tab. 4.56: Struktur des Stromverbrauches in den Brauereien nach Verbrauchsbereichen /150/

Auf die Entwicklung des spezifischen Stromeinsatzes werden zukünftig unterschiedliche Faktoren einwirken. Neben weiterer Mechanisierung und Automation der Brauprozesse wird eine verstärkte Wärmerückgewinnung über elektromotorische Brüdenverdichtung /140/ zu einem Anstieg des spezifischen Kraftbedarfes beitragen. Maßnahmen zur rationelleren Verwendung von Strom werden diesem Anstieg entgegenwirken. Hierzu gehören die exakte Auslegung überdimensionierter Anlagen zur Kälteerzeugung /136/ oder der Ersatz von elektrischen Kältekompressoren durch Absorptions-Kälteanlagen (Brüden als Wärmequelle) /150/. Für den letztgenannten Punkt wird in /151/ eine Einsparung von 90 % des Stromverbrauches für die Kälteerzeugung im Sudhaus angegeben. Weitere Möglichkeiten zur Verminderung des Stromverbrauches werden in der Füllerei gesehen. Durch den Einsatz moderner Flaschenreinigungsanlagen wird eine Stromesparmöglichkeit von 30 % gegenüber älteren Anlagen genannt /150/.

Ob und in welchem Maße die genannten Faktoren auch unter Rentabilitätsgesichtspunkten den spezifischen Stromverbrauch in der einen wie in der anderen Richtung beeinflussen werden, ist schwer abzuschätzen. Überlegungen, den Energieeinsatz und speziell den Stromeinsatz zu verringern, dürften angesichts der bislang eher untergeordneten Bedeutung der Energiekosten an den Herstellkosten für Bier (5 - 10 %) in den Brauereien nur langsam und hauptsächlich bei Re- oder Neuinvestitionen Eingang finden.

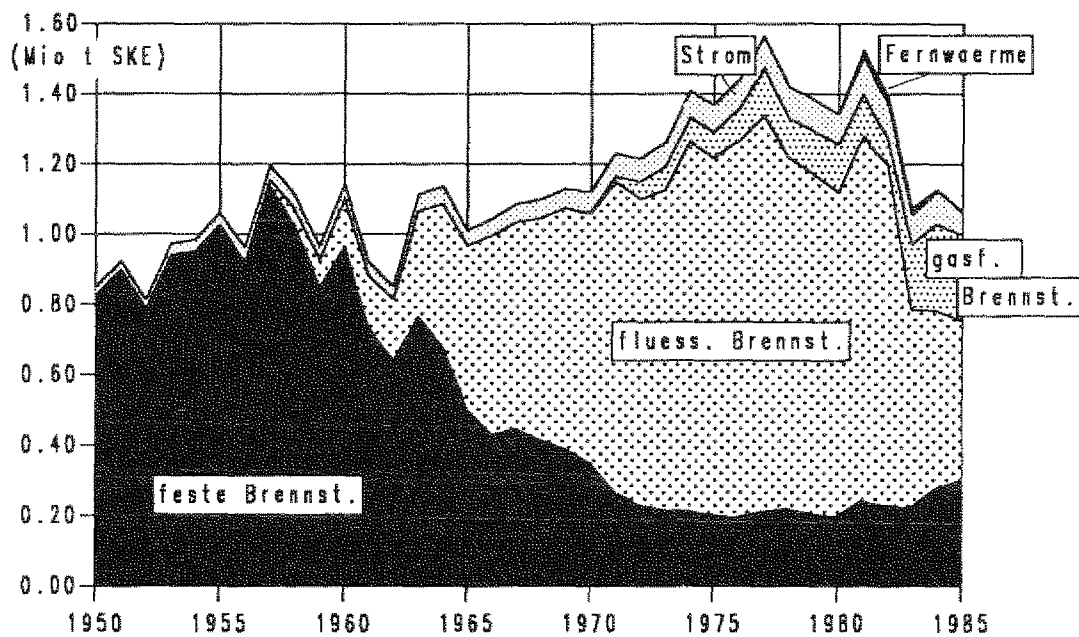
In dieser Studie wird mit einem für das Jahr 2000 konstanten spezifischen Strombedarf von 11,5 kWh/hl Bier gerechnet, d.h. mit der Fortsetzung des seit Mitte der '70er Jahre erkennbaren Stagnationstrends.

Das Brauereigewerbe hat bei geringer Exportquote (ca. 5 - 6 %) und einem erreichten jährlichen Pro-Kopf-Verbrauch von fast 150 Litern Bier /141/ eine Grenze für weitere Marktausweitungen erreicht. Weiterhin ist denkbar, daß nach 'Aufhebung' des deutschen Reinheitsgebotes durch EG-Beschluß die wegfallenden Importbeschränkungen zukünftig zu Produktionseinschränkungen in der Bundesrepublik Deutschland beitragen werden. In dieser Studie wird angenommen, daß sich das Brauereigewerbe auch unter veränderten Rahmenbedingungen produktionsseitig stabilisieren kann.

Mit einem Erwartungswert von 90 Mio hl Bier bei in etwa konstantem spezifischen Stromverbrauch wird der absolute Strombedarf im Brauereigewerbe auch im Jahre 2000 etwa auf dem Stand von 1985 (1 TWh) verbleiben.

### 3.4 Zucker

Die Zuckerherstellung ist ein ausgesprochen wärmeintensiver Prozeß. Dies verdeutlicht die Entwicklung des Endenergieverbrauches nach Energieträgern in *Bild 4.60*. Im Vergleich zur elektrischen Energie ist der Brennstoffeinsatz zur Wärmebereitstellung etwa um den Faktor 10 und mehr größer.



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

*Bild 4.60:* Entwicklung des Endenergieverbrauches nach Endenergieträgern in der Zuckerindustrie von 1950 - 1985

Die Verarbeitungsstufen bei der Zuckerherstellung sind vereinfacht dargestellt /142/:

- Rüben-Endladung und Lagerung
- Saftgewinnung (Extraktion)
- Saftreinigung
- Saftedickung (Verdampfstation)
- Kristallisation (Zuckerhaus)

Elektrische Energie wird bei allen Verarbeitungsstufen benötigt, hauptsächlich für Antriebsmaschinen zum Schneiden, Schnitzeln, Pressen, Zentrifugieren und Fördern.

Der Stromverbrauch ist in der Zuckerindustrie von 0,38 TWh (1960) um mehr als das Doppelte auf 0,84 TWh im Jahre 1985 angestiegen. Diese Entwicklung ist im wesentlichen auf Produktionsausweitungen zurückzuführen. Die Produktion hat sich seit 1960 um gut 80 % erhöht; der spezifische Strombedarf ist nur um rd. 22 % angestiegen (Tab.4.57).

		1960	1970	1980	1985
Zuckerproduktion <sup>1)</sup>	Mio t	1,580	1,854	2,643	2,868
<b>Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>	<b>0,383</b>	<b>0,518</b>	<b>0,750</b>	<b>0,847</b>
result. spez. Stromverbrauch	kWh/kg	0,242	0,279	0,284	0,295

<sup>1)</sup> Verbrauchszucker

Tab. 4.57: Zuckerproduktion und Stromverbrauch in der Zuckerindustrie [6821]  
von 1960 - 1985 /2, 58/

Der statistisch errechnete Stromverbrauch (inkl. Nebenbetriebe und Verwaltung) lag bei 0,295 kWh pro Kilogramm Verbrauchszucker im Jahre 1985. Dieser Wert hat sich seit dem Jahre 1970 nur in geringem Umfang erhöht.

Für die zukünftige Entwicklung des spezifischen Strombedarfes wird für die Zuckerindustrie ein leicht ansteigender Trend erwartet. Hierzu werden die z.T. in der Vergangenheit eingeleiteten Maßnahmen zur Automatisierung der Produktionsprozesse, zum Schutze der Umwelt (Wasser-aufbereitung) sowie zur Brennstoffeinsparung beitragen. Bei der Rübenschnitzeltrocknung könnte der Übergang zu stromintensiveren, aber brennstoffsparenden Niedertemperatur-Bandtrocknern für die Strombedarfesentwicklung beachtenswert sein.

In dieser Studie wird für die Zuckerindustrie ein spezifischer Stromeinsatz von 0,3 kWh pro kg Verbrauchszucker im Jahre 2000 unterstellt.

In der Zuckerindustrie sind nach Angaben des Bundesverbandes Ernährung (BEV) /143/ Sättigungstendenzen beim Zuckerkonsum sowie eine in der Zukunft rückläufige Bevölkerungsentwicklung produktionsdämpfende Einflußfaktoren. Zudem werden infolge des erwarteten Trends zu kalorienarmen Getränken sinkende Absatzaussichten bei dem Großkunden Getränkeindustrie gesehen. Der Bundesverband der Zuckerindustrie /144/ empfiehlt deshalb den Zuckerrüben anbauenden Bauern schon gegenwärtig, ihre Anbaugelände zu reduzieren.

Vor diesem Hintergrund scheint es angebracht, bis zum Jahre 2000 eine leicht rückläufige Produktion auf 2,8 Mio t zu unterstellen. Bei dieser Produktion und der Annahme eines leichten Anstieges des spezifischen Strombedarfes auf 300 kWh/t Verbrauchszucker wird der Strombedarf der Zuckerindustrie um die Jahrhundertwende in etwa auf dem gegenwärtigen Stand (0,85 TWh) liegen.

### 3.5 Futtermittel

Der Stromverbrauch zur Herstellung von Futtermitteln ist seit dem Jahre 1960 deutlich angestiegen. Er hat sich von dem allerdings niedrigen Ausgangsniveau von nur 0,075 TWh auf 0,65 TWh im Jahre 1985 erhöht. Diese Entwicklung wurde ermöglicht durch einen überproportionalen Anstieg der produzierten Mengen (fast eine Verfünffachung seit 1960) und eine annähernde Verdopplung des spezifischen Stromeinsatzes von rd. 28 kWh auf 52 kWh/t Fertigfutter (Tab. 4.58).

		1960	1970	1980	1985
Futtermittelproduktion <sup>1)</sup>	Mio t	2,621	7,283	12,289	12,484
<b>Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>	<b>0,075</b>	<b>0,236</b>	<b>0,602</b>	<b>0,653</b>
result. spez. Stromverbrauch	kWh/t	28,6	32,4	49,0	52,3

<sup>1)</sup> Mischfutter (Fertigfutter)

Tab. 4.58: Futtermittelproduktion und Stromverbrauch in der Futtermittelindustrie [6889] von 1960 - 1985 /2, 58/

Für diesen Wirtschaftszweig liegen kaum weitere Informationen vor. Für die Abschätzung des spezifischen Stromeinsatzes im Jahre 2000 wird in Anlehnung an die Vergangenheitsentwicklung ein Anstieg erwartet, der in der Größenordnung der letzten 15 Jahre (rd. 20 kWh/t) liegt.

Wie in den vorgenannten Wirtschaftszweigen kann auch die Futtermittelindustrie zukünftig von einer Abschwächung der Produktion betroffen sein. Es wird erwartet, daß sich das Ernährungsverhalten der Bevölkerung in Richtung einer Verwendung pflanzlicher Rohstoffe zu Lasten des Anteils tierischer Nahrung zukünftig ändern wird /134/. Die hiermit verbundenen Auswirkungen auf den Schlachtviehbereich können einen Rückgang der Nachfrage nach Futtermitteln nach sich ziehen. Zusätzliche Einbußen können sich infolge der notwendig werdenden Reduzierung des Kuhbestandes ergeben, wenn zukünftig gesetzliche Regelungen die Milcherzeugung weiter begrenzen sollten.

Für die Produktion von Fertigfutter wird im Jahre 2000 eine Produktion von 12,5 Mio t berücksichtigt. Bei ansteigendem spezifischen Strombedarf resultiert hieraus ein Gesamtstrombedarf von rd. 0,9 TWh.

### 3.6 Süßwaren

Maßgeblich für den Verbrauchszuwachs an elektrischer Energie in der Süßwarenindustrie von 0,23 TWh (1960) auf 0,65 TWh im Jahre 1985 ist fast ausschließlich die Entwicklung der Produktion. Wie *Tab. 4.59* zeigt, liegt der spezifische Stromeinsatz pro Tonne Süßwaren im Jahre 1985 immer noch auf dem Niveau des Jahres 1960.

		1960	1970	1980	1985
Süßwaren- produktion	Mio t	0,611	1,085	1,536	1,712
<b>Stromverbrauch</b>	<b>TWh</b>	<b>0,234</b>	<b>0,433</b>	<b>0,595</b>	<b>0,655</b>
result. spez. Stromverbrauch	kWh/kg	0,383	0,399	0,387	0,383

*Tab. 4.59:* Süßwarenproduktion und Stromverbrauch in der Süßwarenindustrie [6819, 6828] von 1960 - 1985 /2, 145/

Für die Projektion des Strombedarfes wird für diesen Industriezweig eine Fortführung des langjährigen Trends erwartet, d.h. relative Stagnation des spezifischen Stromverbrauches bei rd. 0,38 kWh/kg Süßwaren.

Der Süßwarenindustrie werden weiterhin günstige Exportmöglichkeiten vorausgesagt. Allerdings wird vom Süßwarenverband /146/ bzgl. der inländischen Produktion einschränkend erklärt, daß bei großer ausländischer Nachfrage die Errichtung von Produktionsstätten am Ort der Nachfrage oder über die Vergabe von Lizenzen günstiger sein kann.

Für die Süßwarenproduktion wird in dieser Abschätzung ein Anstieg von 1,7 Mio t im Jahre 1985 auf 2 Mio t im Jahre 2000 erwartet. Hieraus resultiert eine Zunahme des Strombedarfes von rd. 15 % auf 0,75 TWh gegenüber 1985.

### 3.7 Übriges Ernährungsgewerbe

Im Übrigen Ernährungsgewerbe sind rd. 25 weitere Wirtschaftszweige zusammengefaßt. Hierzu gehören u.a. die Obst- und Gemüseverarbeitung, die Fleischwarenindustrie, die Teig- und Backwarenindustrien, die Tabakverarbeitung und die Spirituosenindustrie.

Auf diese Wirtschaftszweige entfiel im Jahre 1985 ein Stromverbrauch von 3,7 TWh. Aufgrund der Vielfalt und Heterogenität dieser Wirtschaftszweige und des äußerst niedrigen Stromverbrauches in den einzelnen Branchen können für das Übrige Ernährungsgewerbe nur globale Aussagen zur erwarteten Entwicklung des Strombedarfes gemacht werden.

Für den Strombedarf kann in diesen Branchen zukünftig wichtig sein, daß der Einsatz rohstoffschonender Technologien an Bedeutung gewinnen wird /134/. Hierdurch werden die sogenannten kalten Konzentrationsverfahren, wie Zentrifugieren, Umkehr-Osmose, Gefrierkonzentration, insbesondere in Verbindung mit einer EDV-gestützten Prozeßsteuerung und Qualitätskontrolle, einen höheren Stellenwert einnehmen. Diese Verfahrensänderungen können im konservierenden Bereich des Ernährungsgewerbes einen Anstieg des Strombedarfes bewirken.

Ein Zuwachs des Stromeinsatzes könnte sich auch ergeben, wenn sich das Ernährungsverhalten der Bevölkerung so ändern sollte, wie in einer im Auftrag der Nestle-Gruppe erstellten Studie 'Mensch und Ernährung 2000' /134/ dargelegt. Danach wird erwartet, daß in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2000 qualitativ höherwertige Produkte verzehrt werden sowie daß die Verwendung pflanzlicher Rohstoffe zu Lasten des Anteils tierischer Nahrung an der Ernährung zunimmt. Zudem wird erwartet, daß der Trend zu convenience orientierter Ernährung (Fertigkost, vorgefertigte Produkte, Tiefkühlkost) weiter anhalten wird. Vor allem der letzte Punkt dürfte zu einem zusätzlichen Strombedarf durch die zunehmende Verarbeitungstiefe der Produkte sowie für Kühl- und Gefrierzwecke führen, der andererseits aber Stromeinsparungen im Haushaltsbereich nach sich ziehen könnte.

Zu den Produktionsaussichten des Übrigen Ernährungsgewerbes läßt sich hier nur global feststellen, daß abgesehen von Strukturverschiebungen zwischen den Branchen insgesamt Produktionseinbußen zu erwarten sind. Für das Ernährungsgewerbe scheint es angesichts des stärker werdenden Wettbewerbsdruckes im Rahmen der EG fraglich, ob ein möglicher Nachfrageausfall durch den Bevölkerungsrückgang über Exporte kompensiert werden kann.

Für das Übrige Ernährungsgewerbe wird in dieser Studie für das Jahr 2000 ein Strombedarf abgeschätzt, der mit 3,8 TWh nur unwesentlich von dem des Jahres 1985 (3,7 TWh) abweicht.

#### 4. Zusammenfassung der Entwicklungstendenzen

Nach den vorausgegangenen Überlegungen, die in *Tab. 4.60* zusammengefaßt aufgeführt sind, wird zur Jahrhundertwende der Stromverbrauch im Ernährungsgewerbe mit etwa 8,3 TWh nur unwesentlich vom Niveau des Jahres 1985 (8,1 TWh) abweichen. Maßgeblich für die Einschätzung eines nur schwach ansteigenden Strombedarfes sind beeinträchtigte Wachstumsmöglichkeiten der Produktionsmengen, vor allem in Anbetracht einer rückläufigen Bevölkerungsentwicklung und bei stagnierendem Pro-Kopf-Kalorienverbrauch.

Ernährungs- und Genußmittel- industrie [68] [69]		1985		2000	
<b>1. Molkerei, Käseerei</b> [6831 + 6836]					
Milchdurchsatz	Mio t	23,6		22	
spez. Stromverbrauch	kWh/t	50,8		45	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		1,20		0,99
<b>2. Brauereien</b> [6871]					
Bier	Mio hl	87,7		90	
spez. Stromverbrauch	kWh/hl	11,4		11	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		1,00		0,99
<b>3. Zuckerindustrie</b> [6821]					
Zucker	Mio t	2,87		2,8	
spez. Stromverbrauch	kWh/t	295		300	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		0,85		0,84
<b>4. Süßwarenindustrie</b> [6819 + 6828]					
Süßwaren	Mio t	1,7		2,0	
spez. Stromverbrauch	kWh/t	383		375	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		0,65		0,75
<b>5. Futtermittelindustrie</b> [6889]					
Fertigfutter	Mio t	12,5		12,5	
spez. Stromverbrauch	kWh/t	52,3		72	
<i>Stromverbrauch</i>	TWh		0,65		0,90
Summe 1.- 5.	TWh.		4,35		4,47
Restliches Ernährungsgewerbe	TWh		3,73		3,80
<b>Gesamtstromverbrauch</b>	<b>TWh</b>		<b>8,08</b>		<b>8,27</b>

*Tab. 4.60:* Produktion und Stromverbrauch im Ernährungsgewerbe für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

<b>4.5 Übriger Bergbau .....</b>	<b>288</b>
1. Überblick.....	288
2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur .....	288
3. Stromverbrauch, Produktion, Entwicklungstendenzen.....	290

## Übriger Bergbau

### 1. Überblick

Wie aus nachstehender Übersicht hervorgeht, setzt sich der Übrige Bergbau aus fünf Wirtschaftszweigen zusammen. Er hat sowohl für den Endenergieverbrauch als auch für den Stromverbrauch der Industrie bei einem Verbrauchsanteil von jeweils unter 1 % keine wesentliche Bedeutung.

Hauptprodukte der verschiedenen Branchen sind Roherz bzw. Eisenerz, Blei, Zink, Kupfer, Kalisalze, Stein-, Hütten- und Salinensalze, Torf sowie sonstige nutzbare Mineralien, wie z.B. Graphit, Kalkstein, Gips. Der Stromverbrauch in diesem Sektor wird zu etwa 85 % durch den Kali- und Salzbergbau bestimmt.

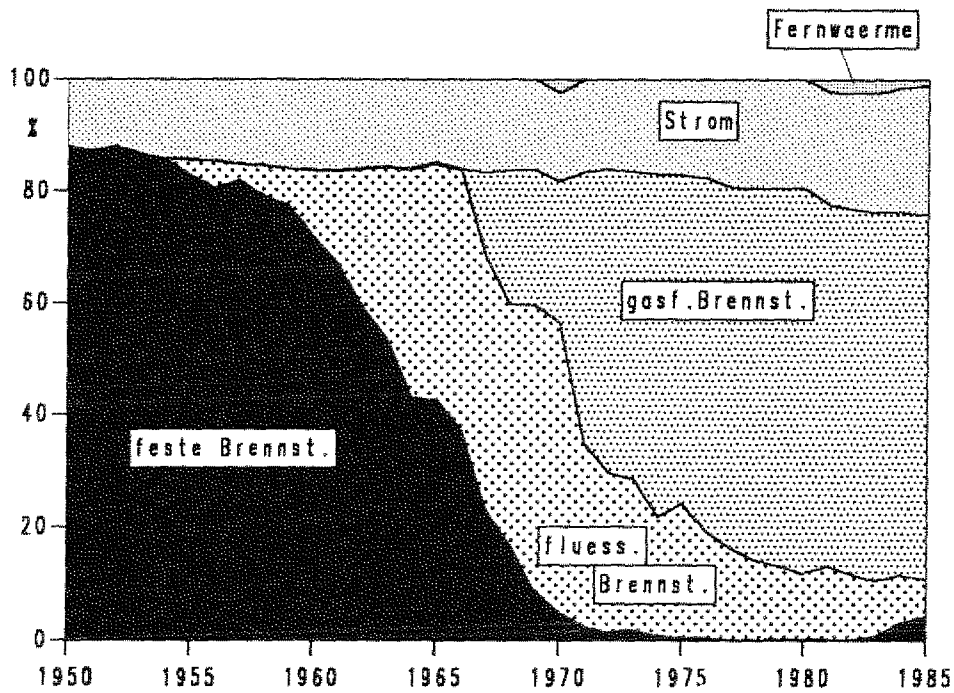
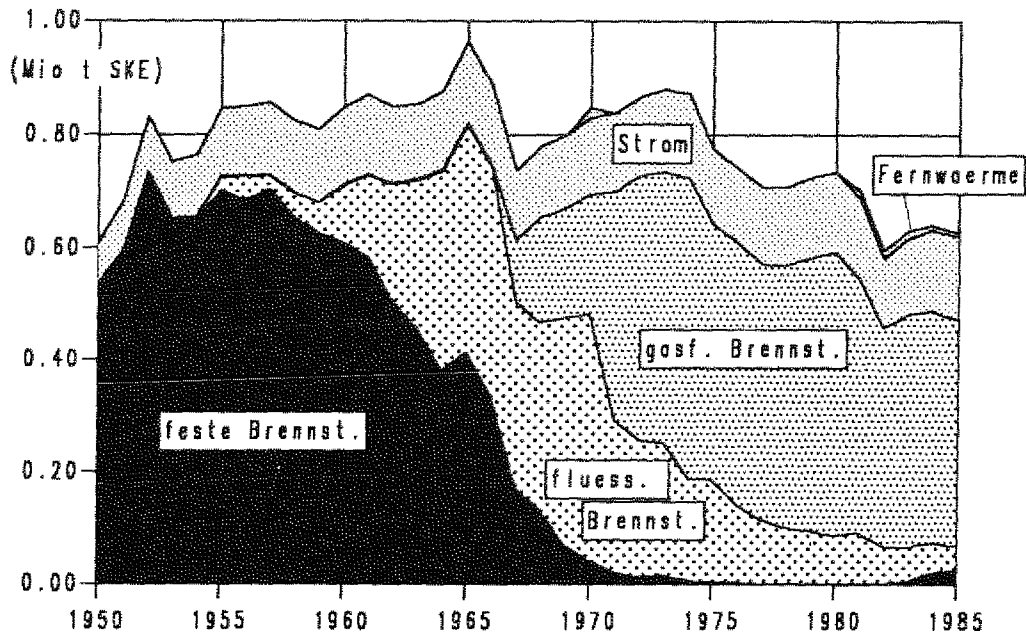
### Übriger Bergbau

Sektoren		Sypro-Nr.	
Eisenerzbergbau		[2130]	
NE-Metallerzbergbau		[2141]	
Kali- und Steinsalzbergbau, Salinen		[2150]	
Sonstiger Bergbau		[2171]	
Torfgewinnung und -veredelung		[2180]	
1985	Mio t SKE	TWh	PJ
Endenergieverbrauch	0,63		18,4
Strom	0,15	1,2	4,3
Stromanteil am Endenergieverbrauch des Sektors		23,4 %	
Stromanteil am gesamten Industriestromverbrauch		0,8 %	

(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

### 2. Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur

Wie in *Bild 4.61* dargestellt, lag der Endenergiebedarf im Verlauf der letzten drei Jahrzehnte zwischen 0,6 und 0,8 Mio t SKE. Auffallend ist die rasche Umstellung von festen auf flüssige und schließlich auf gasförmige Brennstoffe. Zur Zeit ist Erdgas mit über 63 % Anteilen Hauptenergieträger dieser Branche. Der Stromverbrauch liegt seit 1955 relativ gleichbleibend in einem Bereich zwischen 1,0 und 1,2 TWh (vgl. auch *Bild 4.62*).



(Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen)

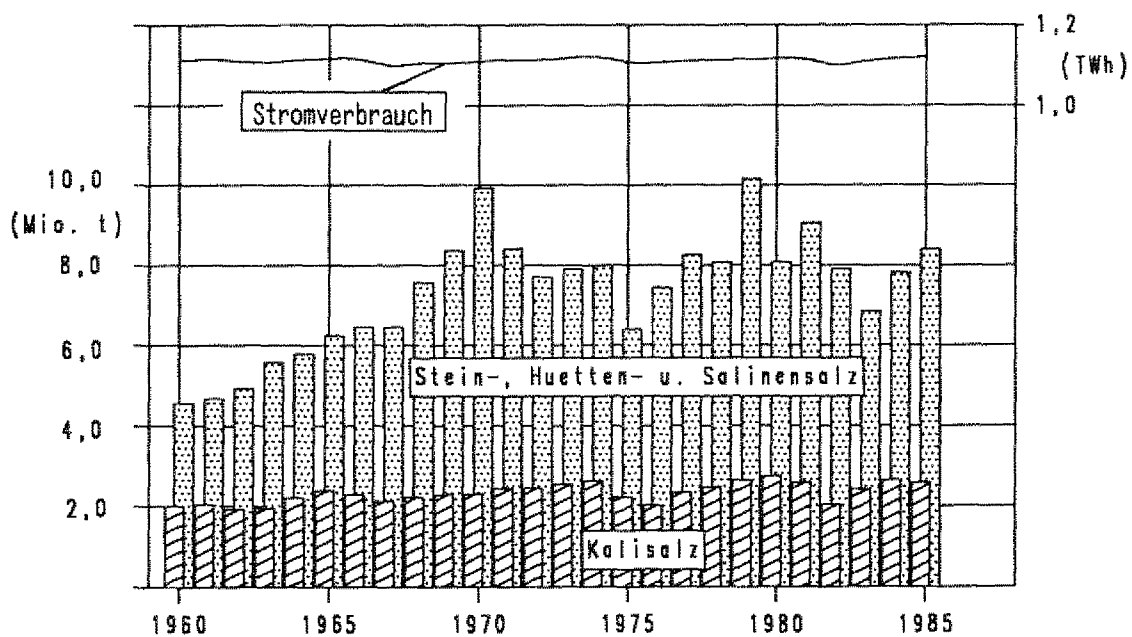
Bild 4.61: Entwicklung des Endenergieverbrauches und der Endenergieträgerstruktur im Übrigen Bergbau von 1950 - 1985

### 3. Stromverbrauch, Produktion, Entwicklungstendenzen

Der von der Statistik für das Jahr 1985 ausgewiesene Stromeinsatz von 1,2 TWh ist mit rd. 1 TWh hauptsächlich von dem Wirtschaftszweig Kali- und Steinsalzbergbau geprägt. Die anderen Branchen werden von [2/] entweder nicht extra ausgewiesen oder liegen in einem Bereich von nur einigen zehn Gigawattstunden.

Im folgenden soll kurz auf die Produktionsentwicklung des Kali- und Salzbergbaus eingegangen werden, die zusammen mit dem Stromverbrauch des Gesamtsektors Übriger Bergbau im nachfolgenden *Bild 4.62* dargestellt ist.

Während bei der Produktion von absatzfähigen Kalisalzen eine relativ konstante Entwicklung zu verzeichnen ist, unterliegt die Stein-, Hütten- und Salinensalzproduktion relativ großen Schwankungen. So war die Produktion im Jahre 1980 mit rd. 8 Mio t um etwa 2 Mio t geringer als im Vorjahr. Bemerkenswert dabei ist, daß der Gesamtstromverbrauch hiervon praktisch unbeeinflusst blieb.



*Bild 4.62:* Ausgewählte Produktionen im Kali- und Steinsalzbergbau [2150] und Stromverbrauch im Übrigen Bergbau von 1960 - 1985 /1, 4/

Die Entwicklung des Stromverbrauches im Verlauf der letzten 25 Jahre sowie die Erwartung einer sich nicht wesentlich erhöhenden Produktion (dies gilt besonders für den den Stromverbrauch hauptsächlich bestimmenden Bereich des Kali- und Salzbergbaus) lassen für die Zukunft kaum einen signifikanten Zuwachs des Strombedarfes erwarten. In *Tab. 4.61* ist die Einschätzung für das Jahr 2000 den Werten für das Jahr 1985 gegenübergestellt.

		1985	2000
Kali- und Steinsalz- bergbau, Salinen [2150]			
Stromverbrauch	TWh	1,02	1,00
andere Wirtschaftsbereiche [2130],[2141],[2171],[2180]			
Stromverbrauch	TWh	0,18	0,20
<b>Gesamtstromverbrauch</b>	<b>TWh</b>	<b>1,20</b>	<b>1,20</b>

*Tab. 4.61:* Strombedarf im Übrigen Bergbau für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich



## 5. Gesamtbetrachtung und Einordnung der Ergebnisse

### 5.1 Der industrielle Stromverbrauch im Jahre 2000

Nach der branchenorientierten Einzelanalyse werden in diesem Kapitel wesentliche Ergebnisse der zuvor diskutierten Wirtschaftszweige angesprochen und in einer Gesamtübersicht (*siehe Tab. 5.2*) dargestellt.

Änderungen des absoluten Strombedarfes ergeben sich gemäß des gewählten methodischen Konzeptes aus der zukünftigen Entwicklung zweier Komponenten: der Veränderung des Produktionsniveaus und der Veränderung des Stromeinsatzes pro Produktionseinheit (spezifischer Strombedarf).

Änderungen des spezifischen Strombedarfes werden neben branchenspezifischen Einflüssen zukünftig ebenfalls von sogenannten branchenübergreifenden Techniken und Verfahren ausgehen. Von den identifizierbaren branchenübergreifenden Einflüssen sind bis zur Jahrhundertwende jeweils folgende Effekte wesentlich:

• rationellere Nutzung der Antriebsenergie (verlustarme Drehzahlregelungen)	- 4,2 TWh
• stromsparende Beleuchtung	- 1,1 TWh
• Einsatz von Handhabungsautomaten (Roboter)	+ 1,1 TWh
• EDV-Anlagen	+ 4,8 TWh
• Anlagen zur Emissionsminderung (Luftreinhaltung)	+ 1,6 TWh
• Wärmerückgewinnung (elektromotorische Wärmepumpen)	+ 0,37 TWh

Tab. 5.1: Geschätzter Einfluß ausgewählter technischer Entwicklungen auf den industriellen Strombedarf bis zum Jahre 2000<sup>3 6</sup>

Insgesamt sind die Auswirkungen dieser genannten Maßnahmen für das gesamte Stromwachstum der Industrie als gering und zudem als weitestgehend kompensatorisch anzusehen.

Für einzelne Industriezweige sind die Anteile teilweise unterschiedlich, so daß sich durchaus bedeutende sektorale Einflüsse auf den spezifischen Strombedarf ergeben können. Beispielsweise wird der Strombedarf zur Emissionsminderung schwerpunktmäßig in der Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie, insbesondere in der Eisenschaffenden Industrie liegen. Dagegen werden

<sup>36</sup> Vergleichswert ist jeweils der Stromverbrauch des Jahres 1985; negative Zahlenwerte kennzeichnen Einsparungen bei vergleichbarer Dienstleistung, positive den Mehrbedarf der jeweiligen Anwendung.

stromsteigernde Effekte des Robotereinsatzes (zu ca. 90 %) sowie der EDV-Anlagen (zu ca. 50 %) in der Investitionsgüterindustrie (Automobilindustrie, Maschinenbau, Elektrotechnik) wirksam.

Einsparungen in der Antriebstechnik und der Beleuchtung fallen in allen Branchen an. Beim Kraftstrombedarf liegen die größten Möglichkeiten des als realisierbar erwarteten Einsparpotentials in der Grundstoffindustrie (über 60 %) sowie der Investitionsgüterindustrie (ca. 20 %); bei der Beleuchtung liegt ein möglicher Einsparschwerpunkt mit rd. 50 % ebenfalls im Bereich der Investitionsgüterindustrie.

Im Zusammenhang mit der zukünftigen Produktionsentwicklung lassen Änderungen des spezifischen Strombedarfes pro Produktionseinheit für bedeutende Wirtschaftszweige folgende Tendenzen erkennen:


In der *Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie* dürfte bei allen Branchen zusammengenommen der Strombedarf im Jahre 2000 um etwa 4,5 TWh niedriger liegen als im Jahre 1985, dies entspricht einem Rückgang von rd. 4,4 %.

Betrachtet man die hinsichtlich des Stromverbrauches dominierenden Branchen der Chemie, Eisenschaffenden Industrie sowie der NE-Metallerzeugung, so zeigt sich ein Rückgang sowohl im Bereich der Eisenschaffenden Industrie (- 2,9 TWh) als auch - wenngleich nicht ganz so ausgeprägt - im Bereich der Chemischen Industrie (- 1,3 TWh) und der NE-Metallindustrie (- 1,2 TWh). Diese erwartete Entwicklung basiert in erster Linie auf einem Produktionsrückgang stromintensiver Grundstoffprodukte.

Im Bereich der Chemie ist bei Betrachtung einzelner, stromintensiver Produkte (Chlor, Phosphor, Calciumcarbid, Acetylen, Sauerstoff) der absolute Stromverbrauch - bei weitgehend fixierten spezifischen Stromverbrauchswerten - von der mengenmäßigen Produktionsentwicklung abhängig. Hier ist generell bei allen Produkten eine Stagnation bzw. ein Rückgang von dem Mitte der '80er Jahre erreichten Produktionsniveau zu erwarten. Als sehr sensitiv erweist sich die Herstellung von Chlor, die zu über 60 % den erwarteten Stromverbrauchsrückgang der chemischen Grundstoffprodukte bestimmt.

Der diesen Rückgang in etwa kompensierende Anstieg des 'nichtproduktbezogenen' Stromverbrauches ist in erster Linie auf einen erhöhten Kraftstrombedarf für Recycling, Umweltschutz, Restproduktaufarbeitung etc. zurückzuführen.

In der Eisenschaffenden Industrie begründet sich der deutliche Stromverbrauchsrückgang von rd. 2,9 TWh hauptsächlich auf eine zurückhaltende Beurteilung der künftigen Rohstahlproduktion. Der Erwartungswert für das Jahr 2000 liegt bei 35 Mio t Rohstahl; andere Studien schließen unter bestimmten Annahmen aber auch eine geringere Produktion nicht aus. Die Entwicklung der spezifischen Stromverbrauchswerte im Bereich der Koksmetallurgie, Elektrostahlerzeugung sowie der Weiterverarbeitung zeigt unterschiedliche, sich in der Regel aber kompensierende Tendenzen.

	Produktion <sup>3)</sup>				Stromverbrauch <sup>3)</sup>			Anmerkungen	
	1985	2000		Verän.	1985	2000	Verän.		
<b>GRUNDSTOFFINDUSTRIE</b>					<b>101,3</b>	<b>96,9</b>	<b>-4 %</b>		
Steine und Erden					6,2	6,2	TWh	0 %	starke Abhängigkeit vom Baugeschehen, uneinheitliche Entwicklung der spez. Stromverbrauchswerte und der Produktion in den einzelnen Wirtschaftszweigen erwartet
Zement	26,30	25,00	Mio t	-5 %	2,8	2,5	TWh	-12 %	
Kalk (Rohstein)	41,60	42,00	Mio t	1 %	0,5	0,6	TWh	17 %	
Ziegel	10,69	12,00	Mio t	12 %	0,5	0,7	TWh	27 %	
Eisenschaffende Industrie					19,1	16,2	TWh	-15 %	starke Beeinflussung durch die zukünftige Rohstahlproduktion, bei rückläufiger Oxygenstahlproduktion kompensieren sich die in den Teilbereichen unterschiedlich entwickelnden spez. Stromverbrauchswerte
Stahl	40,49	35,00	Mio t	-14 %					
Oxygenstahl	33,02	28,00	Mio t	-15 %					
Elektrostahl	7,48	7,00	Mio t	-6 %					
Gießereien					2,0	2,3	TWh	15 %	bei weiterhin ansteigendem spez. Stromverbrauch stagnierende Produktion erwartet
Guß	3,50	3,25	Mio t	-7 %					
Ziehereien, Kaltwalzwerke	4,50	4,50	Mio t	0 %	1,0	1,1	TWh	9 %	spez. Stromverbr. und Produktion in etwa konstant
NE - Metallindustrie					17,7	16,5	TWh	-7 %	sehr starke Beeinflussung des Stromverbrauches durch die zukünftige Hüttenaluminiumproduktion, hier wird bei in etwa konst. spez. Stromverbrauch eine rückläufige Produktion erwartet; leichter Anstieg der Produktion und der spez. Stromverbrauchswerte in den anderen Wirtschaftszweigen möglich
Hüttenaluminium	0,74	0,60	Mio t	-19 %	11,2	8,7	TWh	-22 %	
Kupfer	0,41	0,45	Mio t	10 %	0,2	0,3	TWh	14 %	
Zink	0,36	0,45	Mio t	25 %	1,2	1,8	TWh	43 %	
Umschmelzwerke	0,48	0,65	Mio t	35 %	0,6	0,9	TWh	37 %	
Holzzeugwerke	2,41	3,00	Mio t	24 %	2,2	2,6	TWh	18 %	
NE-Gießereien	0,50	0,55	Mio t	10 %	0,5	0,6	TWh	25 %	
Chemische Industrie					42,9	41,6	TWh	-3 %	bei weitgehend fixierten spez. Stromverbrauchswerten ist bei der stromintensiven Grundstoffproduktion eine Stagnation bzw. ein Rückgang zu erkennen; der hieraus resultierende Stromverbrauchsrückgang wird weitestgehend durch erhöhten Kraftstrombedarf kompensiert
Chlor	3,49	3,00	Mio t	-14 %	11,7	8,7	TWh	-26 %	
Calciumcarbid	0,28	0,20	Mio t	-29 %	0,9	0,6	TWh	-33 %	
Acetylen	0,21	0,15	Mio t	-28 %	1,2	0,7	TWh	-40 %	
Phosphor	0,08	0,06	Mio t	-25 %	1,1	0,9	TWh	-25 %	
Sauerstoff	4,34	4,00	Mrd cbm	-8 %	3,3	3,0	TWh	-8 %	
Chemiefasern	0,97	0,75	Mio t	-22 %	1,8	1,4	TWh	-23 %	
Zellstoff, Papier, Pappe					9,3	9,5	TWh	2 %	leicht rückläufiger spez. Stromverbrauch bei mittelfristig nur geringer Produktionsausweitung
Papier u. Pappe	9,17	9,50	Mio t	4 %					
Gummiverarbeitung					1,8	2,0	TWh	16 %	leicht ansteigender spez. Stromverbrauch bei konstanter Produktion
Bereitungen u. TSG	0,99	1,07	Mio t	8 %					
Übriges Grundstoffgewerbe					1,3	1,4	TWh	4 %	spez. Stromverbr. und Produktion in etwa konstant
<b>INVESTITIONSGÜTER-INDUSTRIE</b>					<b>29,5</b>	<b>39,4</b>	<b>TWh</b>	<b>34 %</b>	
Maschinenbau					6,1	8,5	TWh	39 %	gute Produktionsaussichten und weiter ansteigender spez. Stromverbrauch erwartet
Maschinenbauerzeugn.	6,56	7,70	Mio t	17 %					
Straßen-, Luft- und Raumf. Straßenfahrzeuge	4,44	5,00	Mio Stck.	13 %	10,3	12,6	TWh	22 %	wachsende Fahrzeugproduktion bei weiter ansteigendem spez. Stromverbrauch erwartet
Elektrotechn., Feinm., Optik					7,7	11,8	TWh	53 %	gute wirtschaftliche Entwicklungsmöglichkeiten
Elektrotechn. Erzeugn.	60,38 <sup>2)</sup>	96,90	Mrd DM	60 %	6,2	8,4	TWh	36 %	für bislang weniger stromintensive
EDV-Anlagen	11,19 <sup>2)</sup>	44,43	Mrd DM	297 %	0,9	2,6	TWh	183 %	tionsbereiche, spez. Stromverbrauch leicht rückläufig bei der Elektrotechnik und EDV-Branche
EBM-Industrie					4,4	5,5	TWh	26 %	Stabilisierung der Produktion auf gegenwärtigem
EBM-Waren	15,7 <sup>2)</sup>	16,00	Mrd DM	2 %	2,5	3,0	TWh	20 %	Stand, spez. Strominsatz ansteigend
Zieh. u. Stahlverf.	2,40	2,40	Mio t	0 %	1,9	2,5	TWh	33 %	erwartet
Übrige Investitionsgüter					1,0	1,1	TWh	8 %	
<b>VERBRAUCHSGÜTER-INDUSTRIE:</b>					<b>16,7</b>	<b>19,0</b>	<b>TWh</b>	<b>14 %</b>	
Glas und Feinkeramik					3,0	3,5	TWh	15 %	leicht rückläufige Produktion bei weiter ansteigendem spez. Stromverbrauch erwartet
Glas	4,66	4,40	Mio t	-6 %	2,5	2,9	TWh	16 %	
Kunststoffverarbeitung					4,4	5,1	TWh	17 %	Produktionsmengenwachstum gegenüber der Vergangenheit stark abgeschwächt, leicht rückl. spez. Stromverbrauch erwartet
Kunststoffwaren	4,6	5,75	Mio t	25 %					
Textilindustrie	11,58 <sup>2)</sup>	11,6	Mrd DM	0 %	4,2	4,5	TWh	7 %	stagn. Produktion, ansteigender spez. Stromverbr.
Übrige Verbrauchsgüter					5,1	6,0	TWh	16 %	Produktionswachstum eingeschränkt, spez. Stromverbrauch steigend erwartet
<b>NAHRUNGS- UND GENUSSMITTEL</b>					<b>8,1</b>	<b>8,3</b>	<b>TWh</b>	<b>2 %</b>	
Milch	23,60	22,00	Mio t	-7 %	1,2	1,0	TWh	-18 %	Produktionswachstum durch Bevölkerungsentwicklung und stagnierendem Pro-Kopf-Kalorienverbrauch eingeschränkt, leicht ansteigende spez. Stromverbrauchswerte in den meisten Wirtschaftszweigen erwartet
Bier	87,70	90,00	Mio hl	3 %	1,0	1,0	TWh	-1 %	
Zucker	2,87	2,80	Mio t	-2 %	0,9	0,8	TWh	-1 %	
Süßwaren	1,70	2,00	Mio t	18 %	0,7	0,8	TWh	17 %	
Fertigfutter	12,50	12,50	Mio t	0 %	0,7	0,7	TWh	6 %	
<b>ÜBRIGER BERGBAU</b>					<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>TWh</b>	<b>0 %</b>	spez. Stromverbr. und Produktion etwa konstant
<b>VERARBEITENDES GEWERBE (inkl. Übriger Bergbau)</b>					<b>156,8</b>	<b>164,8</b>	<b>TWh</b>	<b>5 %</b>	

<sup>1)</sup> Produktion: Bruttowertschöpfung in Preisen von 1980 <sup>2)</sup> 1984er Wert <sup>3)</sup> gerundete Werte

Tab. 5.2: Kenngrößen des industriellen Stromverbrauches für ausgewählte Branchen und Produkte für die Jahre 1985 und 2000 im Vergleich

Für den Wirtschaftszweig der NE-Metalle erweist sich die zukünftige Entwicklung des inländisch gewonnenen Primäraluminiums als besonders sensitiv. Der Erwartungswert für das Jahr 2000 liegt bei rd. 650.000 t Hüttenaluminium, so daß der in diesem Wirtschaftszweig rückläufige Stromverbrauch durch einen leichten Anstieg in den übrigen Branchen (NE-Schwermetalle und NE-Weiterverarbeitung) nur teilweise kompensiert werden kann. Weitergehende Stilllegungen der bundesdeutschen Hüttenaluminiumkapazitäten würden den Stromverbrauch im Bereich der NE-Metallindustrie um einige weitere Terawattstunden reduzieren.

Für die Branche Steine und Erden ist bis zur Jahrhundertwende mit einem stagnierenden Elektrizitätsbedarf zu rechnen. Innerhalb dieser stark vom Baugeschehen geprägten Wirtschaftsgruppe wird es zu leichten Strukturverschiebungen des Strombedarfes zwischen einzelnen Fachzweigen kommen. Im Gegensatz zur Zementindustrie können die Kalk-, Ziegel-, Naturstein- sowie die Sand- und Kiesindustrie ihren Stromverbrauch leicht steigern.

Auch im Bereich der Papier- und Pappeerzeugung wird keine wesentliche Strombedarfssteigerung erwartet. Hauptgründe liegen in einem leicht rückläufigen spezifischen Stromverbrauch bei mittelfristig nur geringer Produktionsausweitung.

Für die weiteren, der Grundstoffindustrie zugeordneten, Branchen (Gießerei, Gummiverarbeitung, Holzbearbeitung) werden ebenfalls keine wesentlichen Veränderungen der beiden Kenngrößen mengenmäßige Produktion und spezifischer Stromverbrauch erwartet.

Im Gegensatz zur Entwicklung im Grundstoffbereich dürfte der Strombedarf der *Investitionsgüterindustrie* im Jahre 2000 um insgesamt 10 TWh höher liegen als im Vergleichsjahr 1985. Dies entspricht einem Zuwachs von über 30 %.

Besonders in den für die Produktionsautomatisierung (Robotereinsatz, EDV) bevorzugten Branchen des Straßenfahrzeugbaus, der Elektrotechnik sowie der EDV-Einrichtungen und des Maschinenbaus sind ausgeprägte Zunahmen des Elektrizitätsbedarfes zu erwarten. Herausragend ist hier die Herstellung von EDV-Einrichtungen mit einem möglichen Stromzuwachs von über 180 %.

Eine wesentliche Ursache für diese Entwicklung ist in der zunehmenden Bedeutung elektrischer Energie für die industriellen Fertigungsprozesse zu sehen, die in den Branchen zumeist von einem Anstieg des spezifischen Strombedarfes auch unter Berücksichtigung erkennbarer Stromeinsparmaßnahmen begleitet ist.

Eine weitere Begründung ist in den erwarteten guten wirtschaftlichen Entwicklungsperspektiven zu sehen. So könnte die Automobilbranche ihre Fahrzeugproduktion von gegenwärtig ca. 4,4 Mio auf ca. 5 Mio Fahrzeuge bis zur Jahrhundertwende steigern. Der Maschinenbau läßt einen Produktionsanstieg an Maschinenbauelementen um insgesamt etwa 17 % erwarten. Bei der Elektrotechnischen Industrie dürfte das monetär bewertete, reale Produktionsergebnis im Jahre 2000 um bis zu 60 % höher liegen als zu Mitte der '80er Jahre, bei der Herstellung von EDV-Einrichtungen und -Anlagen sogar um rd. 300 %.

In den verbleibenden Industriezweigen (Hstg. von Eisen-, Blech-, Metallwaren, Ziehereien und Kaltwalzwerke, Schiffbau) wird der zukünftige Strombedarf Wachstumsimpulse durch technische Veränderungen erfahren, wohingegen in diesen Branchen produktionsseitig eher Stabilisierungsbestrebungen zu erwarten sind.

Insgesamt wird für die Investitionsgüterindustrie ein Wachstum des Strombedarfes von durchschnittlich 1,7 % pro Jahr bis zur Jahrhundertwende geschätzt.

Während in der Investitionsgüterindustrie technische und wirtschaftliche Faktoren einen Stromzuwachs begünstigen, dürften in der *Verbrauchsgüterindustrie* zukünftig weniger technische als wirtschaftliche Faktoren der Entwicklung des Strombedarfes Grenzen setzen. So dürfte der zukünftige Strombedarf im Jahre 2000 nur um etwa 14 % (ca. 2,4 TWh) höher liegen als im Basisjahr 1985.

Die größten Zuwachsanteile sind von der Kunststoffverarbeitenden Industrie zu erwarten (0,76 TWh). Der Strombedarf dieses Industriezweiges könnte im Jahre 2000 auch höher als vorausgeschätzt ausfallen, wenn Stromeinsparmöglichkeiten in der Fertigung nicht genutzt werden.

Ausschlaggebend für die geringen Stromzunahmen in den anderen Branchen der Verbrauchsgüterindustrie sind zumeist stagnierende und zum Teil sogar rückläufig erwartete Produktionsmengen (Textil, Feinkeramik, Glas u.a.), obgleich elektrische Energie für die Produktionsprozesse zunehmend an Bedeutung gewinnt. Teilweise sind diese Branchen noch durch arbeitsintensive Produktionsweisen gekennzeichnet, so daß hier ein gewisser Nachholbedarf besteht.

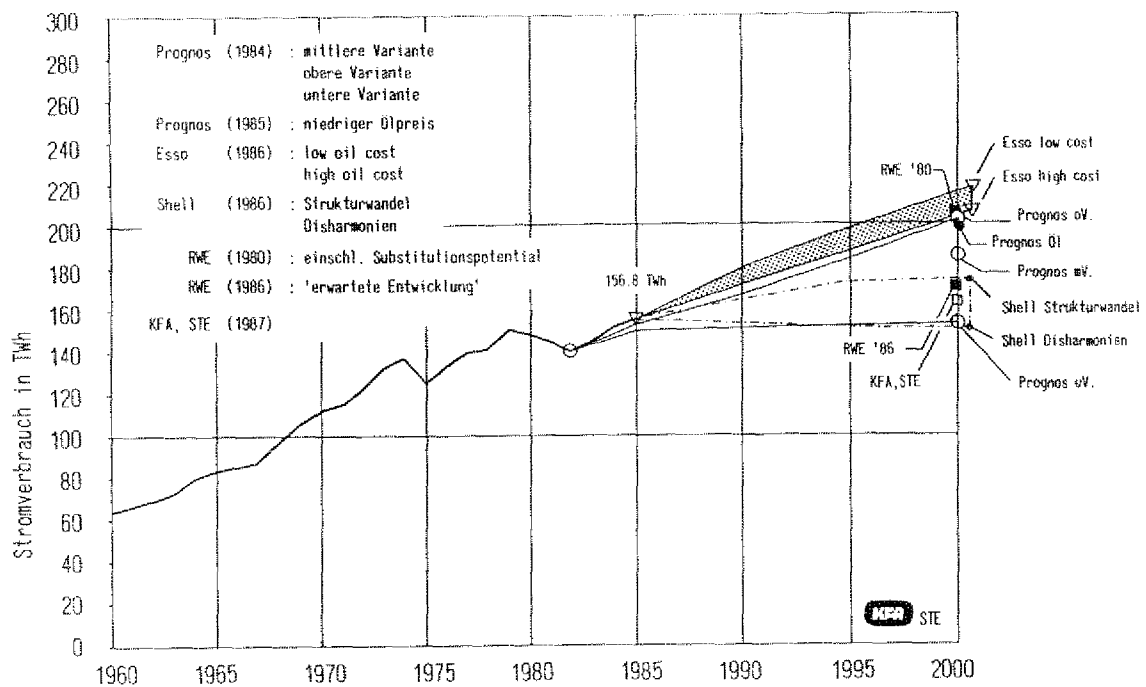
Der Strombedarf in der *Nahrungs- und Genußmittelindustrie* dürfte bis zur Jahrhundertwende nur unwesentlich vom Niveau des Jahres 1985 abweichen (+ 2 %). Maßgeblich für die Einschätzung eines eher stagnierenden Strombedarfes sind beeinträchtigte Wachstumsmöglichkeiten der Produktionsmengen, vor allem in Anbetracht einer rückläufigen Bevölkerungsentwicklung bei nicht mehr steigendem Kalorienverbrauch. Stabilisierend auf den Strombedarf dürfte die Entwicklung des spezifischen Stromverbrauches wirken, der in den meisten Wirtschaftszweigen des Ernährungsgewerbes ansteigen dürfte.

Insgesamt lassen die Ergebnisse dieser Studie erwarten, daß der Strombedarf der Industrie im Jahre 2000 mit rd. 165 TWh nur um insgesamt 5 % höher liegt als im Jahre 1985. Dies entspricht einer durchschnittlichen rechnerischen Wachstumsrate von 0,33 % pro Jahr.

## 5.2 Einordnung der Ergebnisse gegenüber anderen Prognosen

Wie im vorhergehenden Kapitel ausgeführt, wird sich der industrielle Stromverbrauch bis zur Jahrhundertwende nach der hier angewandten Analyse­methode nur noch geringfügig auf etwa 165 TWh erhöhen.

Zur Einordnung dieses Ergebnisses gegenüber anderen Studien ist im nachfolgenden *Bild 5.1* aus verschiedenen aktuellen Prognosen der zukünftig erwartete Stromverbrauch für den Bereich der Industrie zusammengestellt. Bei allen hier aufgeführten Studien ist der prognostizierte Stromverbrauch in eine Abschätzung des gesamten Endenergie- bzw. Primärenergiebedarfes der Bundesrepublik Deutschland eingebunden. Auf die jeweils unterschiedliche Methodik und die unterstellten Annahmen der Prognosen soll und kann im Rahmen dieser Arbeit nicht vertiefend eingegangen werden.



*Bild 5.1:* Ausgewählte Prognosen des industriellen Stromverbrauches bis zur Jahrhundertwende /12, 67, 147, 148, 149/

Die bis zum Jahre 2000 prognostizierte industrielle Stromnachfrage wird in einem Bereich von 151,5 TWh (Shell, Disharmonien) bis zu 217,1 TWh (Esso, Low Oil Cost) gesehen. Ausgehend von dem Basisjahr 1985 (156,8 TWh) beinhaltet dies sowohl eine mögliche Steigerung des Stromverbrauches um bis zu 60 TWh (+ 38 %) als auch eine leichte Reduzierung um etwa 5 TWh (- 3 %).

Für diese Bandbreite spielen alternative Erwartungshaltungen an die zukünftige wirtschaftliche und technische Entwicklung in der Bundesrepublik eine wesentliche Rolle; dies drückt sich z.B. deutlich in der Bezeichnung der Szenarien mit 'obere Variante' bzw. 'untere Variante' der Prognos-Studie /67/ aus. Die hier für möglich gehaltenen Entwicklungen zeigen einen recht hohen Unsicherheitsbereich, der dem langen Planungshorizont der Elektrizitätswirtschaft nicht entgegenkommt.

Der in der vorliegenden Studie für das Jahr 2000 ermittelte industrielle Strombedarf von rd. 165 TWh ist vom Ergebnis her gegenüber den anderen Studien eher bei den 'pessimistischen' Varianten (Shell, Disharmonien; Prognos, untere Variante) einzuordnen, obgleich bei den unterstellten Annahmen nicht unbedingt pessimistische gesamtwirtschaftliche Entwicklungstendenzen zugrunde gelegt wurden.

Die prognostizierten durchschnittlichen Wachstumsraten für den Zeitraum von 1985 bis 2000 liegen bei vielen Studien (Prognos, mittlere und obere Variante; Esso) zum Teil deutlich über 1 % pro Jahr. Unterstellt man ein durchschnittliches Wachstum von 1 % pro Jahr, so würde gegenüber den Ergebnissen der vorliegenden Studie (rd. 0,33 % pro Jahr) noch ein 'Spielraum' von etwa 17 TWh verbleiben. Nach Einschätzung der Autoren ist dies nur bei Ausweitung der stromintensiven Produktionen, insbesondere im Bereich der Grundstoffindustrie, zu erwarten. Für solch eine Entwicklung gibt es gegenwärtig aber keine Anzeichen, eher könnten sich manche hier unterstellte Erwartungswerte stromintensiver Produkte, wie z.B. Hüttenaluminium, Rohstahl oder Chlor, als zu optimistisch erweisen.



## Literaturverzeichnis

- /1/ Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen:  
Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland;  
Düsseldorf, versch. Jg.
- /2/ Statistisches Bundesamt (Hrsg.):  
Beschäftigung, Umsatz und Energieversorgung der Unternehmen und Betriebe  
im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe, Fachserie 4, Reihe 4.1.1;  
Wiesbaden, versch. Jg.
- /3/ Statistisches Bundesamt (Hrsg.):  
Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Fachserie 18, Reihe 1;  
Wiesbaden, versch. Jg.
- /4/ Statistisches Bundesamt (Hrsg.):  
Indizes der Produktion und der Arbeitsproduktivität, Produktion  
ausgewählter Erzeugnisse im Produzierenden Gewerbe, Fachserie 4, Reihe 2.1;  
Produktion im Produzierenden Gewerbe des In- und Auslandes, Fachserie 4,  
Reihe 3.1;  
Wiesbaden, versch. Jg.
- /5/ Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW),  
Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln (EWI),  
Rheinisch Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI):  
Endenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland.  
Eine Disaggregation nach Sektoren, Energieträgern und Verwendungszwecken;  
Köln 1986
- /6/ G. Angerer, W. Maier et al.:  
Rationelle Energieverwendung durch neue Technologien;  
Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, 2. Bd.,  
Köln 1986
- /7/ P. Davids, M. Lange:  
Die TA Luft '86;  
Technischer Kommentar;  
Düsseldorf 1986
- /8/ Bundesminister des Innern (Hrsg.):  
Modellrechnungen zur Bevölkerungsentwicklung in der Bundesrepublik  
Deutschland; - Aktualisierte Fassung -;  
Bonn 1987

- /9/ G. Rittstieg:  
Die Kostenentwicklung und Preisbildung der Stromversorgung in den achtziger Jahren;  
in: Elektrizitätswirtschaft, Jg. 80 (1981) Heft 17/18, S. 581 - 589
- /10/ Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI):  
Qualitative und quantitative Abschätzung der kurz- und langfristigen Wirkungen eines Verzichts auf Kernenergie;  
Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft;  
Essen 1986
- /11/ Die Elektrizitätswirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1985,  
Statistischer Jahresbericht des Referats Elektrizitätswirtschaft im Bundesministerium für Wirtschaft;  
in: Elektrizitätswirtschaft, Jg. 85 (1986), Heft 19, S. 707 - 756
- /12/ N. Becker, E. Decker:  
Mögliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs der Industrie bis zum Jahre 2000 in der Bundesrepublik Deutschland;  
Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (RWE), Abt. Anwendungstechnik;  
Essen Okt. 1986
- /13/ Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW), VDEW-Arbeitsausschuß "Marktforschung - Elektrizitätsanwendung":  
Die volkswirtschaftliche Bedeutung der elektrischen Energie auf dem Wärmemarkt;  
Frankfurt 1980
- /14/ H. Schaefer:  
Entwicklung und Struktur des Energiebedarfs für wärmetechnische Prozesse;  
in: Gaswärme international, Bd. 33 (1984), Heft 6/7
- /15/ R. Diehl:  
Rationelle Nutzung der Elektroenergie in der Antriebstechnik;  
in: Stahl und Eisen 103 (1983), Nr. 12, S. 31 - 36
- /16/ H. G. Schwarz:  
Entwicklungstendenzen in der industriellen Antriebstechnik;  
in: Struktur und Tendenzen in der industriellen Energiebedarfsdeckung, Schriftenreihe der Forschungsstelle für Energiewirtschaft, Bd. 17, wiss. Red. H. Schaefer, S. 99 - 110;  
Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1985

- /17/ P. Neese:  
Automatisierung und Energiebedarf;  
in: Struktur und Tendenzen in der industriellen Energiebedarfsdeckung,  
Schriftenreihe der Forschungsstelle für Energiewirtschaft,  
Bd. 17, wiss. Red. H. Schaefer, S. 160 - 169;  
Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1985
- /18/ P. Schnell:  
Der Energiemarkt Industrie - Aspekte und Konsequenzen für die  
Elektrizitätswirtschaft;  
in: Struktur und Tendenzen in der industriellen Energiebedarfsdeckung,  
Schriftenreihe der Forschungsstelle für Energiewirtschaft,  
Bd. 17, wiss. Red. H. Schaefer, S. 28 - 39;  
Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1985
- /19/ Institut der Deutschen Wirtschaft (Projektträger):  
Zukünftige Anforderungen an eine praxisorientierte Weiterbildung  
bei zunehmenden Einsatz (mikro-)elektronischer Systeme;  
Projektleitung H. Winter,  
Gutachten gefördert und bezuschußt vom Bundesministerium für  
Bildung und Wissenschaft;  
Köln 1986
- /20/ K. Mertins, M. Lahner, W. Seesle (Autorenkollektiv ISI, IAB, IWF):  
Der Einsatz flexibler Fertigungssysteme.  
Technische, einführungsorganisatorische, wirtschaftliche und  
arbeitsplatzbezogene Aspekte;  
KfK-PFT 41, 1982, zitiert bei /19/
- /21/ Verein Deutscher Ingenieure - VDI - (Hrsg.):  
Handhabungssysteme - neue Einsatzbereiche und die sozialen Wirkungen;  
zwei Untersuchungen, ERNO-Raumfahrttechnik GmbH, Bremen... in Verbindung  
mit IBP-Pietzsch GmbH, Ettlingen...-Düsseldorf;  
VDI-Verlag 1984
- /22/ M. Schweizer:  
8.800 Roboter in Deutschland 60.000 in Japan;  
in: ROBOTER, Nr. 1, 1986, S. 12 - 17

- /23/ D. Hourfar,  
Lehrstuhl für Kraftwerks- und  
Energietechnik, Universität Essen (GSH);  
persönliche Mitteilung 1986
- /24/ Diebold, Siemens; zitiert in /25/
- /25/ Der Bundesminister für Wirtschaft (Hrsg.):  
Entwicklung der informations- und kommunikationstechnischen Industrie;  
Dokumentation, Nr. 273,  
Bonn April 1986
- /26/ Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes  
(Verordnung über Großfeuerungsanlagen - 13 BImSchV) vom 22. Juni 1983  
(BGBl I 1983, S.719)
- /27/ Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz  
(Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft)  
vom 27. Februar 1986, GMBL. 1986
- /28/ Umweltbundesamt (Hrsg.):  
Daten zur Umwelt 1986/87;  
Berlin 1987
- /29/ Umweltbundesamt, Herr Jörß, Herr Albert, Herr Rosolski:  
persönliche Mitteilungen;  
Berlin 1987
- /30/ Bundesminister des Inneren (Hrsg.):  
3. Immissionsschutzbericht der Bundesregierung;  
BT-Drucksache 10/2965 vom 25. April 1984
- /31/ K. Dienes:  
Die neue Technische Anleitung Luft '86;  
in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 36. Jg. (1986), Heft 12, S. 971 - 983
- /32/ Umweltbundesamt, Herr Haug:  
persönliche Mitteilung;  
Berlin 1987
- /33/ J. Philipp, R. Görgen et al.:  
Umweltschutz in der Stahlindustrie;  
in: Stahl und Eisen, Vol. 107 (1987), Heft 11, S. 507 - 514

- /34/ Fichtner Beratende Ingenieure, Forschungsstelle für Energiewirtschaft:  
Maßnahmen zur Intensivierung der Abwärmenutzung in der Industrie;  
Studie im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie,  
Teil A - Ermittlung des theoretisch nutzbaren Abwärmepotentials;  
Stuttgart 1982
- /35/ Union Internationale d' Electrothermie, Paris (Hrsg.):  
Elektrowärme, Theorie und Praxis;  
Paris, Essen 1974
- /36/ H. von Conrad, R. Krampitz (Hrsg.):  
Elektrotechnologie;  
Verlag Technik, Berlin 1983
- /37/ Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (RWE), Abt. Anwendungstechnik:  
Die industriellen Elektrowärmeverfahren;  
Essen 1985
- /38/ H.-J. Hentschel:  
Entwicklungstendenzen in der Industriebeleuchtung;  
in: Struktur und Tendenzen in der industriellen Energiebedarfsdeckung,  
Schriftenreihe der Forschungsstelle für Energiewirtschaft,  
Bd. 17, wiss. Red. H. Schaefer, S. 111 - 122;  
Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1985
- /39/ Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (RWE), Herr Reck:  
persönliche Mitteilung;  
Essen 1987
- /40/ Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (RWE):  
Mit Licht wohnen;  
2. Auflage, Essen 1982
- /41/ OSRAM AG (Hrsg.):  
Licht für Innen- und Außen, Produkt- und Preisliste 1986/87;  
Berlin, München 1986
- /42/ H. Lindemann et al.:  
Erwiderung;  
in: Elektrizitätswirtschaft, Jg. 81 (1982), Heft 19, S. 657
- /43/ RWE-Stromversorgung Emscher Lippe, Herr Jägers:  
persönliche Mitteilungen;  
Gelsenkirchen 1987

- /53/ Bundesverband Steine und Erden e.V.:  
 Statistische Unterlagen;  
 Frankfurt 1986
- /54/ Th. Jobsky:  
 Elektrizität im industriellen Energiemarkt;  
 KFA-Bericht, Jül-Spez-308, Reihe Angewandte Systemanalyse Nr. 44;  
 Jülich April 1985
- /55/ Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr  
 des Landes Baden-Württemberg (Hrsg.):  
 Energieverbrauch und Möglichkeiten rationeller Energienutzung in der  
 verarbeitenden Industrie: Steine und Erden-Industrie;  
 Auszug aus einer Untersuchung des Instituts für Systemtechnik und  
 Innovationsforschung (ISI) der Fraunhofer-Gesellschaft;  
 Karlsruhe 1978;  
 Reihe Information zur Energiepolitik,  
 Heft 11a, Stuttgart, o.J.
- /56/ J. Schmitz:  
 Abschätzung des energiesparenden Innovationspotentials der Industrie  
 Steine und Erden;  
 Diss. TH Aachen (Bericht der KFA Jülich, Nr. 1729);  
 Jülich 1981
- /57/ H. Bouillon et al.:  
 Technologien zur Einsparung von Energie;  
 Teil II, 2.1.5.1, - Energieanwendung sonstige Industrien -;  
 Studie im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie,  
 BMFT ET-5012 A;  
 München 1976
- /58/ Statistisches Bundesamt (Hrsg.):  
 Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland;  
 Wiesbaden, versch. Jg.
- /59/ Verband der Natursteinindustrie, Herr Plock:  
 persönliche Mitteilung;  
 Bonn 1986
- /60/ V. Rußig:  
 Ifo-Bauvorausschätzung bis 1995;  
 in: Ifo-Schnelldienst, Nr. 36, 1985, S. 6-12

- /61/ Statistisches Bundesamt (Hrsg.):  
Eisen und Stahl, Fachserie 4, Reihe 8.1;  
Wiesbaden, versch. Jg.
- /62/ Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie (Hrsg.):  
Statistisches Jahrbuch der Eisen- und Stahlindustrie;  
Düsseldorf, versch. Jg.
- /63/ D. Ameling et al.:  
Metallurgie und Verfahrenstechnik der Elektrostahlerzeugung;  
in: Stahl und Eisen 106 (1986), Nr. 1, S. 35
- /64/ The Iron and Steel Institute of Japan:  
Recent Technical Aspects in Japanese EAF Industry;  
Februar 1986
- /65/ Elektrowärme in der Industrie;  
Beratungsunterlagen, erstellt durch FfE (München) und VDEW (Frankfurt);  
1986
- /66/ F. Garnreiter et al.:  
Produktstrukturwandel und technischer Fortschritt als Bestimmungsgrößen  
des spezifischen Energieverbrauchs in energieintensiven Industriezweigen;  
ISI-B-18-85;  
Karlsruhe, November 1985
- /67/ PROGNOSE AG (Hrsg.):  
Energieprognose - Die Entwicklung des Energieverbrauchs in der Bundesrepublik  
Deutschland und seine Deckung bis zum Jahre 2000;  
Horst Poller Verlag, Stuttgart 1984
- /68/ Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (RWE), Abt. Anwendungstechnik:  
RWE-Verfahrensinformation (Grundstoffindustrie),  
Metallische Elektrolyse;  
Essen 1985
- /69/ Umweltbundesamt:  
Auswertung der Gutachten zum Ausstieg aus der Kernenergie;  
internes Papier des Umweltbundesamtes, II 1.3-70511/15;  
Berlin 1986
- /70/ H. Bonnenberg, R. Knodt, W. Solfrian:  
Datenerhebung und -aufbereitung zur sektoralen Entwicklung des Energiebedarfs;  
Bonnenberg & Drescher;  
Jülich 1976

- /71/ J. Hausmann:  
Technische Chemie;  
Kamprath-Reihe;  
Vogel Verlag 1974
- /72/ Wirtschaftsvereinigung Metalle (Hrsg.):  
NE-Metallstatistiken;  
Düsseldorf, versch. Jg.
- /73/ Verband Chemischer Industrie - VCI - (Hrsg.):  
Chemiewirtschaft in Zahlen;  
Frankfurt, versch. Jg.
- /74/ A. Gebhardt:  
Auswirkungen von Energiepreiserhöhungen auf die Wettbewerbsfähigkeit  
energieintensiver Produktionen der deutschen Industrie; Ifo-Studien Nr. 25;  
München 1983
- /75/ Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (RWE), Abt. Anwendungstechnik:  
RWE-Verfahrensinformation (Grundstoffindustrie),  
Elektrothermische Reduktion;  
Essen 1985
- /76/ Fichtner Beratende Ingenieure:  
Technologien zur Einsparung von Energie;  
Band II, Chemische Industrie, BMFT ET-5012 A
- /77/ Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW):  
Die künftige Entwicklung des nichtenergetischen Verbrauchs;  
Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft;  
Berlin 1983
- /78/ W. R. Streck:  
Chemische Industrie, Strukturwandlungen und Entwicklungsperspektiven;  
Ifo-Institut, Reihe Industrie, Heft 36;  
München 1985
- /79/ Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (Hrsg.):  
Leistungsbericht;  
Bonn, versch. Jg.
- /80/ Fichtner Beratende Ingenieure:  
Bericht 06-266/5258P01/T4/613

- /81/ M. Reinhard:  
Auswirkungen von Investitionen auf den Energieverbrauch der Industrie;  
Ifo-Institut für Wirtschaftsforschung;  
München 1983
- /82/ Wirtschaftsverband der Kautschukindustrie e.V. - WdK - (Hrsg.):  
Die Kautschukindustrie;  
versch. Jg.
- /83/ Der Hessische Minister für Umwelt und Energie (Hrsg.):  
Die Entwicklung des Strombedarfs der Industrie in Hessen  
bis zum Jahre 1995;  
G. Angerer, M. Schön, M. Brand,  
Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung;  
Karlsruhe 1987
- /84/ Die Möglichkeiten der Produktdifferenzierung sind begrenzt;  
in: VDI-Nachrichten Nr. 6, Februar 1987
- /85/ Statistisches Bundesamt:  
persönliche Auskünfte;  
Wiesbaden 1987
- /86/ Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA),  
Herr Jocher: persönliche Mitteilung;  
Frankfurt 1986
- /87/ Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA):  
Wirtschaftlicher Stromeinsatz in Maschinenbaubetrieben;  
Tagungsband eines Seminars am 27./28.2.1986;  
Frankfurt 1986
- /88/ Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA):  
Unterlagen des Energiereferates;  
Frankfurt 1986
- /89/ H. Marhenkel:  
Ressourcenschonende Produktionstechniken im Maschinen- und Anlagenbau;  
in: Maschinenbau-Nachrichten, Heft 1, 1986, S. 5 - 16
- /90/ W. Gerstenberger:  
Gute Aussichten für den deutschen Maschinenbau;  
in: Ifo-Schnelldienst, Nr.13, 1985, S. 11 - 18

- /91/ Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA):  
Auto 84/85; Jahresbericht;  
Frankfurt 1985
- /92/ Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA):  
VDA Pressedienst, Nr. 3;  
Frankfurt 1986
- /93/ H. Welfert:  
Neuer Produktionsrekord ist in Sicht;  
in: VDI Nachrichten, Nr. 31, S. 4, 1. August 1986
- /94/ Manfred Berger:  
Elektronische Industrie - Strukturwandel und Entwicklungsperspektiven -;  
Ifo-Institut für Wirtschaftsforschung;  
München 1983
- /95/ Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI),  
Herr Scheinost: persönliche Mitteilung;  
Frankfurt 1986
- /96/ Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI):  
Statistischer Bericht '86;  
Frankfurt 1986
- /97/ W. Janssen:  
Wirtschaftliche Lage im Bereich Eisen-Blech-Metallverarbeitung  
in den '80er Jahren;  
Vortrag anläßlich des Technologieforums vom 5.-8. Okt. 1982 in Berlin;  
Düsseldorf 1982
- /98/ W. Janssen:  
Gemeinschaftsforschung mit hohem Stellenwert;  
in: Handelsblatt, Nr. 222, 18./19. November 1983
- /99/ U. Haas u.a.:  
Branchenstrukturuntersuchung Eisen-, Blech- und Metallverarbeitende Industrie;  
Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft;  
Institut zur Erforschung technologischer Entwicklungslinien (i + e);  
Hamburg 1984
- /100/ R. Spitzhüttl:  
Die Lage ist katastrophal; Startschuß für ein weitgehendes Werftensterben?;  
in: VDI-Nachrichten, Nr. 27, 4. Juli 1986, S. 4

- /101/ H. Sorg:  
Austauschbarkeit fossiler und elektrischer Energie in Schmelzöfen  
- Strömungsuntersuchungen am Modell des Deep Refiners;  
Glastechnische Berichte 54 (1981), Nr. 11, S. 348 - 351
- /102/ Kommission der Europäischen Gemeinschaften (Hrsg.):  
Die Glasindustrie in der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft;  
Energie Audit Nr. 4, Bericht EUR 9287 DE;  
Brüssel 1984
- /103/ W. Hatje, G.T. Layer:  
Elektrische Schmelzanlagen für die Glaserzeugung;  
Beratungsunterlagen 'Elektrowärme in der Industrie';  
München 1986
- /104/ W. Trier:  
Zum Energiebedarf bei der Herstellung von Glasbehältern;  
in: Glastechnische Berichte 55 (1982), Nr. 6 S. 130 - 134
- /105/ o.V.:  
Produktion von Glas und Glaswaren in der Bundesrepublik Deutschland;  
in: Glastechnische Berichte, versch. Jg.
- /106/ W. Trier:  
Senkung des Energiebedarfes von Glasschmelzöfen - Rückblick und Zukunft;  
in: Glastechnische Berichte 58 (1985), Nr. 11, S. 301 - 307
- /107/ Bundesverband Glasindustrie und Mineralfaserindustrie e.V. (Hrsg.):  
Jahresbericht 1985;  
Düsseldorf 1986
- /108/ W. R. Streck:  
Branchenreport: Glasindustrie;  
in: Ifo-Schnelldienst Nr. 20, 1985, S. 14 - 18
- /109/ Hüttentechnische Vereinigung Glas, Herr Barklage-Hilgefort:  
persönliche Mitteilung;  
Frankfurt 1986

- /110/ Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI):  
 Detaillierung des Endenergieverbrauches im Verarbeitenden Gewerbe  
 nach Verwendungszwecken; Manuskript;  
 Projektleitung H. W. Schmidt, Bearbeiter B. Karrenbert,  
 u. Mitarbeit von G. Briem;  
 Essen 1981
- /111/ Verband deutscher Keramik- und Feinzeugfabriken, Herr Baaden:  
 persönliche Mitteilung;  
 Höher-Grenzhausen 1986
- /112/ A. Gebhardt:  
 Feinkeramische Industrie kann Strukturschwäche nicht überwinden;  
 in: Ifo-Schnelldienst Nr. 3, 1984, S. 11 - 19
- /113/ H. Hausner, W. Beitz, G. Spur:  
 Keramische Werkstoffe;  
 in: Neue Werkstoffe, Fachaufsätze zur Materialforschung,  
 hrsg. vom BMFT, Bonn, in Zusammenarbeit mit dem VDW, S. 52 - 69;  
 Frankfurt 1986
- /114/ H.-D. Steffens, H.-J. Leidig, U. Fischer, J. Milberg, R. Rascher:  
 Technologie metallischer und keramischer Werkstoffe;  
 in: Neue Werkstoffe, Fachaufsätze zur Materialforschung, S. 34 - 44;  
 hrsg. vom BMFT, Bonn, in Zusammenarbeit mit dem VDW;  
 Frankfurt 1986
- /115/ KFA-Jülich, Projektleitung Material- und Rohstoffforschung, Herr Kröhl:  
 persönliche Mitteilung;  
 Jülich 1987
- /116/ H. Baumann et al.:  
 Die Kunststoffverarbeitung in den 80er Jahren, Entwicklung und Prognosen;  
 hrsg. vom Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie e.V.;  
 München, Wien 1981
- /117/ W. Streck:  
 Kunststoffverarbeitung bleibt Wachstumsindustrie;  
 in: Ifo-Schnelldienst, Nr. 26/27, 1983, S. 3-8
- /118/ Bibliographisches Institut Mannheim (Hrsg.):  
 Die Technik im Leben von heute; 2. Auflage;  
 Mannheim 1978

- /119/ Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie, G. Loos:  
persönliche Mitteilung;  
Frankfurt 1986
- /120/ A. Frieges:  
Anregungen zur Verringerung des Energieverbrauchs in der  
kunststoffverarbeitenden Industrie;  
in: Kunststoffe 73 (1983), Heft 11, S. 690-695
- /121/ G. Menges, C. Burghoff:  
Technologieentwicklung im Kunststoffmaschinenbau;  
in /116/, Anhang C
- /122/ Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie (Hrsg.):  
Energie-Spar-Praxis für Kunststoffverarbeiter, Vorschläge zur  
Kosteneinsparung;  
Frankfurt, o.J. (1986)
- /123/ J. Wiesner u.a.:  
Entwicklung und Einsatz umweltfreundlicher Technologien in der  
Textilveredelungsindustrie;  
Forschungsbericht BCT 214 im Auftrag des Bundesministers  
für Forschung und Technologie;  
Karlsruhe, Frankfurt 1981
- /124/ E. Jochem u.a.:  
Energieverbrauch und Möglichkeiten rationeller Energienutzung in der  
Verarbeitenden Industrie in Baden Württemberg: Textilindustrie;  
Auszug aus einer Untersuchung für das Baden-Württembergischen  
Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr,  
Reihe Informationen zur Energiepolitik, Heft 11 C;  
Karlsruhe 1978
- /125/ PSB-Anlagentechnik GmbH (Projektdurchführung).  
Energetische Optimierung textiler Produktionsprozesse;  
gefördert vom Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr  
des Landes Nordrhein-Westfalen;  
hrsg. vom Verband der Nord-Westdeutschen Textilindustrie e.V.;  
Münster 1983

- /126/ M. Breitenacher, A. Gälli:  
Das Auslaufen des Welttextilabkommens 1986: Eine Chance für  
mehr Liberalisierung;  
in: Ifo-Schnelldienst, Nr. 33, 1985, S. 6 - 14
- /127/ Gesamtverband der deutschen Textilindustrie, Herr Schür:  
persönliche Mitteilung;  
Frankfurt 1987
- /128/ o.V.:  
"Protektionismus vermag ich darin nicht zu erkennen";  
Interview mit K. Neundörfer (Hauptgeschäftsführer Gesamttextil)  
zum Welttextilabkommen;  
in: VDI Nachrichten, Nr. 34, 22. August 1986, S. 4
- /129/ K. Grefermann:  
Papierverarbeitung: Gut gerüstet für die Zukunft?;  
in: Ifo-Schnelldienst, Nr. 6, 1986, S. 11 -19
- /130/ M. Breitenacher:  
Anpassungsvorgänge in der Verbrauchsgüterindustrie;  
in: Ifo-Schnelldienst, Nr. 8/9, 1981, S. 25 - 35
- /131/ U. Adler, M. Breitenacher:  
Bekleidungsgerwebe: Immer noch Produktionsverlagerung ins Ausland;  
in: Ifo-Schnelldienst, Nr. 25/26, 1984, S. 13 - 23
- /132/ M. Breitenacher:  
Musikinstrumente, Spielwaren, Sportgeräte und Schmuck: Gedämpfte  
Absatzchancen;  
in: Ifo-Schnelldienst, Nr. 15, 1984, S. 19 - 25
- /133/ K. Ch. Röthlingshöfer:  
Lederverarbeitung im Abwärtstrend;  
in: Ifo-Schnelldienst, Nr. 5, 1985, S. 7 - 14
- /134/ Nestle-Gruppe Deutschland GmbH:  
Zur Studie "Mensch und Ernährung 2000"  
o.O. (Frankfurt), o.J. (1985)
- /135/ Ifo-Institut für Wirtschaftsforschung, M. Breitenacher:  
persönliche Mitteilung;  
München 1987

- /136/ Thomas Ehrhorn; Walter Carow:  
Integrierte Energieversorgung und externe Abwärmeverwertung in Brauereien.  
Teil I: Integrierte Energieversorgung in Brauereien,  
Teil II: Externe Abwärmehwertung in Brauereien;  
Forschungsbericht T83-244 des Bundesministeriums für  
Forschung und Technologie;  
Bonn 1983
- /137/ Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse  
der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (Hrsg.):  
ZMP Bilanz '85 Milch;  
bearbeitet von E. Richarts, C. Alter;  
Bonn/Bad Godesberg 1986
- /138/ Bundesverband Milch, Herr Hetzner:  
persönliche Mitteilung;  
Bonn 1986
- /139/ Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel:  
statistische Unterlagen;  
Kiel 1987
- /140/ K. Stippler:  
Brüdenverdichtung in Brauereibetrieben;  
in: Elektrische Energie auf dem Wärmemarkt, VDI-Bericht 533, S. 45 - 69;  
Düsseldorf 1984
- /141/ o.V.:  
Reinheitsgebot - Es war einmal...;  
in: Wirtschaftswoche, Nr. 20, 40 Jg., 1986, S. 38 - 46
- /42/ Südzucker-Verkauf GmbH:  
Die Zuckergewinnung;  
Oberursel, o.J.
- /143/ Bundesverband Ernährung, Bonn, Herr Lingental:  
persönliche Mitteilung;  
Bonn 1986
- /144/ Bundesverband Zuckerindustrie, Köln, Herr Reuter:  
persönliche Mitteilung;  
Köln 1986

- /145/ Bundesverband der deutschen Süßwarenindustrie e.V. (Hrsg.):  
Süßwarentaschenbuch 1985;  
Bonn, o.J. (1986)
- /146/ Bundesverband der deutschen Süßwarenindustrie e.V., Bonn, Herr Keunecke:  
persönliche Mitteilung;  
Bonn 1986
- /147/ Prognos AG (Hrsg.):  
Auswirkungen niedriger Ölpreise auf den Energieverbrauch in der  
Bundesrepublik Deutschland;  
Basel 1985
- /148/ ESSO AG, Hamburg:  
mündliche Mitteilung;  
Hamburg 1987
- /149/ A. Löw:  
Stagnierender Energiebedarf mit innerer Dynamik  
- Ergebnisse der Shell-Szenarien für die Bundesrepublik bis zum Jahr 2005;  
Zeitschrift für Energiewirtschaft, Nr. 2, 1987;  
und mündliche Mitteilungen;  
Hamburg 1987
- /150/ H. Schaefer:  
Untersuchung der Möglichkeiten zur rationellen Energieanwendung  
- Abwärmenutzung in Brauereien -;  
Forschungsstelle für Energiewirtschaft;  
München 1980
- /151/ W. Felgentraeger:  
Energierückgewinnung aus Schwadendunst;  
in: Brauwelt 120 (1980), zitiert bei /150/
- /152/ H. Kerwer:  
Entwicklung der Energiewirtschaft in der Glasindustrie;  
in: Glastechnische Berichte, 55 Jg. (1982), Nr. 12, S. 253 - 260



# REIHE AKTUELLE BEITRÄGE ZUR ENERGIEDISKUSSION

Systemforschung und Technologische Entwicklung  
Programmgruppe der  
Kernforschungsanlage Jülich GmbH

## Nr. 1

Schmitz, K., Voß, A. et al.

Ein Alternativszenarium zur Energiepolitik?

Analysen, Fragen und Anmerkungen zu dem von Dr. Erhard Eppler vorgelegten "Alternativszenarium zur Energiepolitik",  
KFA-Bericht JÜL-Spez-55, Sept. 1979

## Nr. 2

Schmitz, K., Voß, A. et al.

Energiewende? - Analysen, Fragen und Anmerkungen zu dem vom ÖKO-Institut vorgelegten "Alternativ-Bericht",  
KFA-Bericht JÜL-Spez-73, Apr. 1980

## Nr. 3

Oesterwind, D., Renn, O., Voß, A.

Sanfte Energieversorgung - Möglichkeiten, Probleme und Grenzen,  
KFA-Bericht JÜL-Spez-78, Juni 1980

## Nr. 4

Kurz, P.

Zur Berechnung der radioaktiven Umweltbelastung durch kerntechnische Anlagen (Diss. Uni Essen),  
KFA-Bericht JÜL-Spez-105, Mai 1981

## Nr. 5

Hildebrandt, T., Kollmann, H., Schmitz, K., Terhorst, W.,  
unter Mitarbeit von Pohlmann, M.

Analyse und Bewertung von Energieprojektionen für die Bundesrepublik Deutschland,

Band 1: Zielsetzung und Aufgabenstellung ...

Band 2: Bewertung der methodischen Vorgehensweise ...

KFA-Bericht JÜL-Spez-133, Nov. 1981 (vol. 1 und 2)

## Nr. 6

Bostel, J., Düring, K., Kleemann, M., Kolb, G., Meliß, M.,  
Pauser, F.A., Riemer, H., Uhlemann, R., Voß, A., Wagner, H.J.,  
Wensierski, P.W.

Möglicher zukünftiger Beitrag regenerativer Energiequellen zur Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland - Wissensstand, Probleme, Erwartungen -

KFA-Bericht JÜL-Spez-156, Juni 1982

## Nr. 7

Bostel, J., Kleemann, M., Meliß, M., Sharan, H.N.

Die Nutzung neuer und erneuerbarer Energiequellen in Entwicklungsländern. Band 1: Auswertung der Länderpapiere für die Konferenz der Vereinten Nationen über Neue und Erneuerbare Energiequellen; Nairobi, Aug. 1981; Band 2: Datensammlung, unter Mitarbeit von Gonzalez, J., Kobo, S., di Primio, J.C.

KFA-Bericht JÜL-Spez-177, Okt. 1982

Nr. 8

Sievert, D., Pohlmann, M., Hildebrandt, T., Manthey, Ch.,  
Mönig, W.

Stromerzeugungskosten in Kohlen- und Kernkraftwerken - Ein Ver-  
gleich neuerer Untersuchungen -

KFA-Bericht JÜL-Spez-223, Sept. 1983

Nr. 9

Kleemann, M., Kobo, S., Meliß, M.

Die Rolle des Waldes in der Energieversorgung von Entwicklungs-  
ländern,

KFA-Bericht JÜL-Spez-233, Dez. 1983

Nr. 10

Birnbaum, U., Düring, K., Mönig, W., Müller, M., Pohlmann, M.,  
Wagner, H.J.

Stromversorgung ohne Kernenergie?

Anmerkungen zu der von K.F. Müller-Reissmann und J. Schaffner  
erstellten Studie "Ökologische gegen betriebswirtschaftliche  
Optimierung der öffentlichen Stromversorgung in der Bundesrepu-  
blik Deutschland",

KFA-Bericht JÜL-Spez-306, Apr. 1985

Nr. 11

Birnbaum, U., Eickhoff, H.G., Patzak, R., Terhorst, W.,  
Wagner, H.J.

Methanol - ein Energieträger für die Wärme- und Stromerzeugung,

KFA-Bericht JÜL-Spez-309, Apr. 1985

Nr. 12

Wagner, H.J., Bundschuh, V., Düring, K., Martinsen, D., Riemer, H.,  
Walbeck, M.

Folgewirkungen eines Ausstiegs aus der Kernenergie,

KFA-Bericht JÜL-Spez-358, Juni 1986

Nr. 13

Jobsky, Th., Pohlmann, M.

Der industrielle Strombedarf im Jahre 2000.

KFA-Bericht JÜL-Spez-398, Mai 1987



