

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

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 75 (1984)

Heft: 10

Artikel: Die Nachfrage nach Elektrizität in der Nordostschweiz bis zum Jahr 2000

Autor: Kirchgässner, G.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-904409>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

Die Nachfrage nach Elektrizität in der Nordostschweiz bis zum Jahr 2000

G. Kirchgässner

In dieser Arbeit werden Nachfragefunktionen nach Elektrizität für die Bereiche «Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen» und «Industrie» sowie für den gesamten Elektrizitätsverbrauch in der Nordostschweiz geschätzt. Jahresdaten von 1961 bis 1980 werden verwendet. Dabei ergibt sich insgesamt eine Einkommenselastizität von etwa 0,6 und eine Preiselastizität von etwa -0,55. Anschliessend wurden für die einzelnen Bereiche wie für den gesamten Verbrauch Simulationen für den Elektrizitäts-Endverbrauch bis zum Jahr 2000 durchgeführt. Dabei ergibt sich, je nach den konkreten Annahmen über die Einkommens- und die Preisentwicklung, einmal fast eine Verdoppelung für den Elektrizitätsverbrauch des Jahres 2000 gegenüber dem des Jahres 1980, und einmal eine Konstanz des Verbrauchs ab dem Jahre 1983.

Cette note présente quelques estimations économétriques expliquant la demande d'électricité en Suisse Nord-Est. Les calculs sont effectués pour les catégories «ménage, artisanat, agriculture, services» et «industrie» ainsi que pour la totalité de la consommation. L'analyse utilise les données de la période 1961-1980. On obtient une élasticité-revenue de 0,60 et une élasticité-prix de -0,55 pour la demande totale. D'après ce résultat, la consommation d'électricité jusqu'en l'année 2000 peut être stable ou elle peut doubler, ce qui dépend de l'évolution des revenus et des prix de l'électricité pendant cette période.

Gekürzte Fassung. Eine ausführliche Fassung ist auf Wunsch vom Autor erhältlich.

Adresse des Autors

PD Dr. Gebhard Kirchgässner, Institut für Wirtschaftsforschung der ETH Zürich, ETH-Zentrum, 8092 Zürich

1. Einleitung

Zwischen 1960 und 1972 wuchs der Endverbrauch an Elektrizität in der Nordostschweiz jährlich um durchschnittlich 6,2%. Dies entspricht fast dem «klassischen Trendmodell der Elektrizitätswirtschaft mit einem jährlichen Zuwachs von rund 7%» ([1], S. 158), wonach etwa alle zehn Jahre mit einer Verdoppelung der Nachfrage nach Elektrizität zu rechnen ist. Dieses klassische Trendmodell hat sich in den fünfziger und sechziger Jahren als Prognosemodell recht gut bewährt, und aufbauend auf diesem Prognosemodell wurden noch Anfang der siebziger Jahre Prognosen für die Elektrizitätswirtschaft erstellt (s. [1]). Von 1972 bis 1980 wuchs dagegen der Elektrizitätsverbrauch in der Nordostschweiz nur noch um durchschnittlich 3,5% pro Jahr. Ein solches Wachstum zieht eine Verdoppelung des Elektrizitätsverbrauchs nur noch etwa alle 20 Jahre nach sich. Für die Zukunft ist offen, ob die Nachfrage nach Elektrizität überhaupt noch mit 3% pro Jahr wächst.

Der von vielen unerwartete Rückgang der Wachstumsraten des Elektrizitätsverbrauchs in den siebziger Jahren hat auch das klassische Trendmodell hinfällig werden lassen. Heute werden komplexere Prognoseverfahren angewendet. Diese neuen Verfahren bieten nicht mehr nur eine reine Fortschreibung des Trends, sondern sie versuchen, die Faktoren in den Griff zu bekommen, welche die Nachfrage nach Elektrizität ursächlich beeinflussen.

Man kann diese Verfahren in zwei Gruppen einteilen: ingenieurwissenschaftliche und ökonom(etr)ische [2]. Die ingenieurwissenschaftlichen Verfahren setzen an den physischen Zwecken an, zu denen Elektrizität verwendet wird, und sie berücksichtigen ausserdem den (erwarteten) Stand der Technik. So wird bei der Berechnung der Elektrizitätsnachfrage der privaten Haushalte z.B. überlegt, wieviele

Haushalte im Jahr 2000 in einem bestimmten Gebiet existieren werden, wie diese Haushalte mit bestimmten Haushaltsgeräten ausgestattet sein werden und wieviel Strom diese Geräte verbrauchen werden. Kann man alle diese Grössen abschätzen, dann kann auch eine Schätzung für den Elektrizitätsverbrauch der privaten Haushalte erstellt werden. Solche Verfahren, die durchaus ihre Berechtigung haben, werden in dieser Arbeit nicht angewendet [3].

Der ökonomische Ansatz dagegen geht von der Entscheidungssituation des einzelnen Wirtschaftssubjekts aus. Der einzelne Haushalt steht vor der Entscheidung, wie das verfügbare Einkommen auf die verschiedenen Güter, darunter auch auf Elektrizität, aufgeteilt werden soll. Eine Rolle spielen dabei vor allem die Preise der einzelnen Güter und das Haushaltseinkommen. Die einzelne Unternehmung steht vor der Entscheidung, mit welcher Kombination der Produktionsfaktoren ein bestimmtes Produkt erstellt werden soll. Im Rahmen der technischen Möglichkeiten spielen hier die Preise der einzelnen Produktionsfaktoren, darunter auch Energie und speziell Elektrizität, eine wesentliche Rolle. Dieser ökonomische Ansatz ist von F. Carlevaro und C. Spierer in einer Reihe von Studien auf die Schweiz angewendet worden [4; 5; 6]. In der vorliegenden Arbeit wird dieser Ansatz auf das Gebiet der Nordostschweiz angewendet. Dabei werden Schätzungen für die Zeit von 1961 bis 1980 durchgeführt und anschliessend Simulationen bis zum Jahr 2000 gemacht. Diese Simulationen beruhen auf unterschiedlichen Annahmen über die Entwicklung der Einkommen und der Elektrizitätspreise, um den Spielraum möglicher Entwicklungen abschätzen zu können. Diese Schätzungen und Simulationen werden einmal für die gesamte Endnachfrage nach Elektrizität und zum anderen getrennt

nach den Bereichen (i) Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft und Dienstleistungen und (ii) Industrie durchgeführt. Die Daten für den Elektrizitätsverbrauch, das Volkseinkommen und die Bevölkerung in der Nordostschweiz wurden von der Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Baden, zur Verfügung gestellt (siehe auch [7]).

2. Das Modell

Sei X_t die Nachfrage nach Elektrizität eines bestimmten Sektors, Y_t das Einkommen, seien $P_{r,t}$, $r = 1, \dots, n$, die relevanten Preise und $z_{r,t}$, $r = 1, \dots, k$, eine Reihe weiterer Einflussfaktoren, jeweils im Zeitpunkt t , so kann die Nachfragefunktion für X_t gemäss Gl. 1 formuliert werden (s. [5; 7]):

$$\ln(X_t) = \lambda \ln(X_{t-1}) + \alpha_0 + \sum_{r=1}^n \alpha_r (\ln(p_{r,t}) - \lambda \ln(p_{r,t-1})) + \alpha_{n+1} (\ln(Y_t) - \lambda \ln(Y_{t-1})) + \sum_{r=1}^k \alpha_{n+1+r} (z_{r,t} - \lambda z_{r,t-1}) + (1-\lambda) \left(\sum_{r=1}^n \beta_r \ln(p_{r,t}) + \beta_{n+1} \ln(Y_t) + \sum_{r=1}^k \beta_{n+1+r} z_{r,t} \right). \quad (1)$$

Dabei sind λ , $\alpha_0, \dots, \alpha_{n+1+k}$, $\beta_1, \dots, \beta_{n+1+k}$ Parameter, $\ln(\cdot)$ bezeichnet den natürlichen Logarithmus. In dieser Beziehung (1) sind zwei unterschiedliche Arten der Anpassungen an neue Bedingungen zugelassen, d.h. an Veränderungen der Preise, des Einkommens oder der übrigen Einflussfaktoren: Im ersten Teil der Beziehung (bei den Parametern α_1 bis α_{n+k+1}) wird unterstellt, dass sich die Nachfrager sofort auf die neue Situation einstellen, während im zweiten Teil (bei den Parametern β_1 bis β_{n+1+k}) angenommen wird, dass diese Anpassung erst allmählich geschieht. Dabei ist λ der Parameter, der angibt, wie schnell diese Anpassung sich vollzieht. Er kann zwischen Null und Eins variieren. Im Grenzfall $\lambda = 1$ dauert die Anpassung unendlich lange, während im Grenzfall $\lambda = 0$ die Anpassung immer sofort erfolgt.

Erweitert man die Beziehung (1) um ein stochastisches Störglied, so lässt sie sich ökonomisch schätzen. Dabei tauchen in unserem Fall jedoch eine Reihe von Problemen auf. So stehen für die Nordostschweiz zum Teil nicht die Daten zur Verfügung, die man normalerweise bräuchte. So gibt es z.B. keine Zeitreihe für die industrielle Produktion in diesem Gebiet. Zweitens sind die erklärenden Variablen hoch miteinander korreliert, was das Her-

ausfinden der einzelnen Effekte schwierig macht. Drittens beziehen sich die Daten über die verbrauchte Elektrizität auf das hydrologische Jahr und nicht auf das Kalenderjahr, auf das sich alle anderen Daten beziehen. Um diese Zeitverschiebung zu bereinigen, wurden die Elektrizitätsdaten folgendermassen transformiert:

$$QEL_t = 0,75 QEL_{h,t-1} + 0,25 QEL_{h,t}. \quad (2)$$

Dabei ist QEL_t der Elektrizitätsverbrauch im Kalenderjahr und $QEL_{h,t}$ der Elektrizitätsverbrauch im hydrologischen Jahr. Diese Transformation aber bringt zusätzliche Autokorrelation in die Störglieder der zu schätzenden Gleichungen. - Bei der Interpretation der im folgenden vorgelegten Schätzungen müssen diese Schwierig-

keiten, die sich aus den zur Verfügung stehenden Daten ergeben, mit bedacht werden.

3. Schätzungen und Simulationen für den gesamten Elektrizitätsverbrauch

Für den gesamten Elektrizitätsverbrauch in der Nordostschweiz erhält man mit Jahresdaten für die Zeit von 1962 bis 1980 die Schätzung gemäss Gl. 3.

Dabei ist QEL der Elektrizitätsverbrauch, Y das reale Volkseinkommen

$$\ln(QEL_t) = \underset{(4.14)}{0.566} \ln(QEL_{t-1}) + \underset{(9.85)}{0.583} (\ln(Y_t) - \underset{(4.14)}{0.566} \ln(Y_{t-1})) + \underset{(4.61)}{0.443} (\text{Temp}_t - \underset{(4.14)}{0.566} \text{Temp}_{t-1}) + \underset{(3.17)}{0.434} (- \underset{(-4.06)}{3.910}) - \underset{(-4.44)}{0.542} \ln(\text{PCE}_{t-1}) - \underset{(-12.59)}{1.054} \ln(\text{NHH}_t) + \hat{u}_t, \quad (3)$$

$$\bar{R}^2 = 0.9990, \quad \hat{h} = -0.91, \quad \text{SER} = 0.0065, \quad \text{FG} = 13 \quad ^1).$$

¹⁾ Die Zahlen in Klammern geben die t -Werte der geschätzten Parameter an. \bar{R}^2 ist der Wert des bereinigten multiplen Bestimmtheitsmasses, \hat{h} der Wert der Durbin-h-Statistik zur Überprüfung der Residuen auf Autokorrelation, SER der Standardfehler der Regression und FG die Zahl der Freiheitsgrade des t -Tests.

pro Kopf, PCE der reale Konsumentenpreisindex der Elektrizität, NHH die durchschnittliche Zahl der Personen pro Haushalt und Temp der Kältetrad²⁾. \hat{u} bezeichnet das geschätzte Störglied und $\ln(\cdot)$ ist wieder der natürliche Logarithmus. Gemessen an den üblichen statistischen Kriterien kann diese Schätzung als sehr gut bezeichnet werden: Alle geschätzten Koeffizienten sind mindestens auf dem 1%-Niveau signifikant von Null verschieden, das multiple Bestimmtheitsmass ist extrem hoch, und der Durbin h -Test zeigt keine Autokorrelation der Residuen an.

Diese Schätzung besagt, dass bei einer Erhöhung des realen Volkseinkommens um 1% der Elektrizitätsverbrauch - ceteris paribus - um 0,58% steigen würde. Würde der reale Elektrizitätspreis um 1% steigen, so würde andererseits der Elektrizitätsverbrauch um 0,54% sinken. Bei einer gleichmässigen Erhöhung des Einkommens wie des Elektrizitätspreises würde somit der Elektrizitätsverbrauch etwa konstant bleiben³⁾. Ein wesentlicher Unterschied besteht jedoch in der Art der Reaktion auf Preis- und Einkommensveränderungen: Während die Reaktion auf eine Änderung des Einkommens sofort einsetzt und in der gleichen Periode vollständig erfolgt, setzt die Reaktion auf eine Preisänderung verzögert ein, und die Anpassung vollzieht sich nur allmählich. Im ersten Jahr nach einer Preiserhöhung um 1% geht die Stromnachfrage nur um 0,235% zurück; die weitere Reaktion erfolgt erst in den späteren Jahren. Die durchschnittliche Anpassungsverzögerung beträgt etwa dreieinhalb Jahre.

Neben den Preisen und dem Einkommen hat vor allem die Haushaltsgrösse einen wesentlichen Einfluss auf den Elektrizitätsverbrauch: Je grösser der Haushalt, desto geringer ist - cete-

²⁾ Zur Konstruktion dieser Variablen siehe [6], S. 190ff. Die dort angegebenen Werte wurden durch 10 000 dividiert.

³⁾ Dabei ist natürlich noch nicht berücksichtigt, dass mit steigendem Einkommen die Zahl der Haushalte zunehmen dürfte, wodurch sich ein zusätzlicher, indirekter Effekt des Einkommens auf den Elektrizitätsverbrauch ergibt.

ris paribus – der Stromverbrauch pro Kopf. Dieser Einfluss ist sehr erheblich: Bei einer Verringerung der durchschnittlichen Familiengrösse von 3 auf 2,5 Personen erhöht sich der Stromverbrauch pro Kopf um etwa 20%. Daneben hat auch die Temperatur den erwarteten Einfluss: Je kälter es ist, desto mehr Strom wird verbraucht. Der Einschluss weiterer Variabler in die Schätzgleichung erbrachte jedoch keine signifikanten Ergebnisse: Insbesondere konnte weder für den realen Ölpreis noch für den realen Gaspreis ein signifikant positiver Effekt nachgewiesen werden. Dies bedeutet nicht, dass zwischen Elektrizität auf der einen und Öl und Gas auf der anderen Seite keine Substitutionsbeziehungen bestehen. Nur lassen sich diese Beziehungen mit den hier zur Verfügung stehenden Daten nicht statistisch signifikant nachweisen.

Von 1962 bis 1980 erhöhte sich der Elektrizitäts-Endverbrauch in der Nordostschweiz von 3539 auf 8518 GWh. Dies entspricht einer Steigerung von etwa 141%. Gleichzeitig stieg das reale Volkseinkommen pro Kopf um etwa 60%, stieg die Bevölkerung um etwa 22%, nahm die Zahl der Personen pro Haushalt um 22% ab und fiel der reale Elektrizitätspreis um etwa 24%. Die Erhöhung des Elektrizitäts-Endverbrauchs in dieser Zeit wird damit gemäss Beziehung (3) zu etwa 31% durch die Einkommenserhöhung erklärt, zu 17% durch die Preisentwicklung, zu 30% durch die Abnahme der durchschnittlichen Haushaltsgrösse und zu 22% durch die Zunahme der Bevölkerung. Die wichtigsten Faktoren sind somit die Einkommensentwicklung und die Haushaltsgrösse.

Um die Entwicklung bis zum Jahr 2000 zu simulieren, wurden eine Reihe von Vorgaben gemacht, die im Detail aus Tabelle 1 zu entnehmen sind. Dabei wurden für die einzelnen 5-Jahres-Abschnitte 1981–1985, 1986–1990, 1991–1995 und 1996–2000 unterschiedliche Annahmen getroffen. Sie bedeuten, dass die Bevölkerung von 1,784 Millionen im Jahr 1980 auf 2,011 Millionen im Jahr 2000 steigt und die Zahl der Haushaltungen von 659 000 im Jahr 1980 auf 930 000 im Jahr 2000. Für den Kältegrad wird unterstellt, dass er permanent den Durchschnittswert der Jahre 1960 bis 1980 annimmt. Für das reale Volkseinkommen wird zunächst unterstellt, dass es zwischen 1980 und 2000 von 25,9 auf 44,9 Milliarden Fr. steigt, was einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 2,8%

Vorgaben für die Simulationsläufe

Tabelle I

Variable	Wachstumsraten in Prozenten für die Jahre			
	1981–1985	1986–1990	1991–1995	1996–2000
A) Für alle Simulationen wurden folgende Werte unterstellt:				
Bevölkerung	0,4	0,7	0,7	0,6
Zahl der privaten Haushalte	2,3	1,9	1,4	1,3
Relativer Grosshandelspreis des Gases	3,0	3,0	3,0	3,0
B) Folgende Werte wurden für die reale Preisentwicklung der Elektrizität vorgegeben:				
a)	0,0	0,0	0,0	0,0
b)	2,0	2,0	2,0	2,0
c)	5,0	5,0	5,0	5,0
C) Folgende Werte wurden für die Entwicklung des realen Sozialprodukts vorgegeben:				
a)	2,1	2,7	3,2	3,1
b)	1,1	1,7	2,2	2,1

pro Jahr entspricht. Für den realen Elektrizitätspreis sei zunächst unterstellt, dass er pro Jahr um 2% steigt.

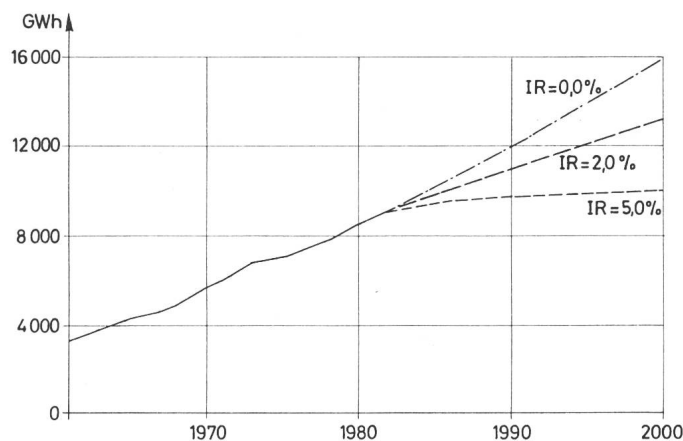
Unter diesen Annahmen und bei Gültigkeit von Modell (3) ergibt sich eine Erhöhung des Elektrizitäts-Endverbrauchs auf 9833 GWh im Jahr 1985, auf 10 997 GWh im Jahr 1990, auf 12 107 GWh im Jahr 1995 und schliesslich auf 13 117 GWh im Jahr 2000. Bei einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 2,2% bedeutet dies eine Zunahme um insgesamt 55%. Dabei nimmt, wie aus Figur 1 ersichtlich ist, der Elektrizitätsverbrauch in absoluten Zahlen ziemlich gleichmässig zu, während die Wachstumsraten langsam sinken.

Wie stark der Elektrizitätsverbrauch tatsächlich zunimmt, ist von den Annahmen über die Preis- und Einkommensentwicklung abhängig. Wie Figur 1 zeigt, ergibt sich unter der Annahme eines in Zukunft konstanten Elektrizitätspreises ein deutlich stärkeres Wachstum: Bei einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 3,1% erhält man für das Jahr 2000 einen Ver-

brauch von 15 934 GWh, was gegenüber dem Jahr 1980 eine Steigerung um fast 90% bedeutet. Nimmt man andererseits an, dass sich der reale Strompreis um 5% pro Jahr erhöht, was in 20 Jahren immerhin eine Steigerung um 165% bedeuten würde, so bleibt der Verbrauch nach dem Jahr 1985 nahezu konstant: Bei einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 0,8% pro Jahr liegt der Elektrizitätsverbrauch des Jahres 2000 mit 9777 GWh nur um 17% über dem des Jahres 1980.

Wie aus dem Vergleich zwischen Figur 1 und Figur 2 ersichtlich ist, hat aber auch die Einkommensentwicklung einen erheblichen Einfluss auf die künftige Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs. Um dies zu zeigen, wurden bei den weiteren Simulationen die Wachstumsraten für das reale Volkseinkommen jeweils um einen Prozentpunkt tiefer angesetzt, was bei einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 1,8% für das Jahr 2000 ein um 42% über dem Wert des Jahres 1980 liegendes Sozialprodukt ergibt. Bei einer Erhöhung des realen Elektrizitäts-

Fig. 1
Erwarteter gesamter Elektrizitäts-Endverbrauch in der Nordostschweiz bei einer durchschnittlichen Wachstumsrate des Sozialprodukts von 2,775%
1961–1980: tatsächliche Werte
1981–2000: prognostizierte Werte bei unterschiedlichen Preissteigerungsraten (IR)



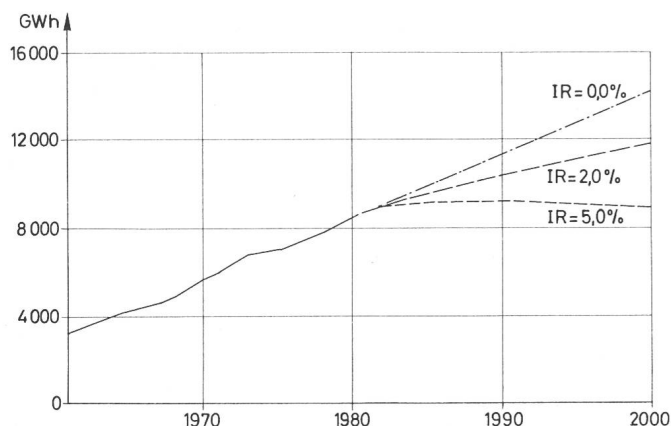


Fig. 2
Erwarteter gesamter
Elektrizitäts-
Endverbrauch in der
Nordostschweiz
bei einer
durchschnittlichen
Wachstumsrate des
Sozialprodukts von
1,775%
1961-1980:
tatsächliche Werte
1981-2000:
prognostizierte Werte
bei unterschiedlichen
Preissteigerungsraten
(IR)

tätspreis um 2% pro Jahr ergibt sich dann im Jahr 2000 ein Endverbrauch von 11 758 GWh, was gegenüber 1980 eine Steigerung von 38% bedeutet. Bei konstantem Elektrizitätspreis ergäbe sich für das Jahr 2000 ein Verbrauch von 14 218 GWh bzw. ein Zuwachs von 67%, während bei einem Anstieg des Elektrizitätspreises um 5% pro Jahr der Endverbrauch im Jahr 2000 mit 8902 GWh nur um 5% über dem des Jahres 1980 liegt. In diesem letzten Fall, d.h. bei sehr stark steigendem Elektrizitätspreis und nur schwach steigendem Realeinkommen, sinkt der Verbrauch sogar ab dem Jahr 1988 wieder. Insgesamt liegt damit der Stromverbrauch bei den in Figur 2 dargestellten Simulationen mit niedrigerem Realeinkommen um etwa 11% niedriger als bei den entsprechenden Simulationen in Figur 1.

Betrachtet man alle Simulationsergebnisse zusammen, so ergibt sich eine erhebliche Varianz des für das Jahr 2000 erwarteten Elektrizitäts-Endverbrauchs: Je nach den Annahmen über die Preis- und die Einkommensentwicklung reichen die Ergebnisse von einem nahezu konstanten Elektrizitätsverbrauch bis fast zu einer Verdoppelung zwischen 1980 und 2000.

4. Das Modell für den Bereich «Haushalte, Gewerbe, Landwirtschaft und Dienstleistungen»

Knapp zwei Drittel des gesamten Elektrizitätsverbrauchs entfallen auf diese Verbraucherkategorie. Daher ist es nicht verwunderlich, dass das Modell für diesen Bereich weitgehend dem Modell für den gesamten Elektrizitätsverbrauch entspricht. Für die Zeit von 1962 bis 1980 erhält man die Schätzung gemäss Gl. 4.

Die abhängige Variable, QEH, ist hier der Elektrizitätsverbrauch des Bereichs «Haushalte, Gewerbe, Landwirtschaft und Dienstleistungen» pro Kopf der Bevölkerung. Die übrigen Variablen sind die gleichen wie im Modell für den gesamten Elektrizitätsverbrauch. Gemessen an den üblichen statistischen Kriterien ist auch diese Schätzung wieder sehr gut. Die geschätzten Parameter sind signifikant von Null verschieden, das multiple Bestimmtheitsmass ist extrem hoch und in den geschätzten Residuen ist keine Autokorrelation zu erkennen.

Schätzung (4) besagt, dass bei einer Erhöhung des realen Volkseinkommens um 1% der Elektrizitätsverbrauch um 0,6% steigen würde. Dies ist fast genau die gleiche Reaktion, die wir auch im Modell für den gesamten Elektrizitätsverbrauch erhielten. Dagegen ist die Preisreaktion hier stärker ausgeprägt: Bei einer Erhöhung des realen Elektrizitätspreises um 1 Prozent ginge die Stromnachfrage dieses Bereichs langfristig um 0,95% zurück. Neben den Preisen und dem Einkommen haben die Haushaltsgrösse und der Kältegrad wieder den erwarteten Einfluss: Je kleiner der durchschnittliche Haushalt ist und je tiefer die Temperaturen sind, desto grösser ist – ceteris paribus – der Verbrauch an Elektrizität.

Von 1962 bis 1980 erhöhte sich der Elektrizitäts-Endverbrauch dieses Be-

reichs in der Nordostschweiz von 1673 GWh auf 5218 GWh, was eine Steigerung um 212% bedeutet. Diese Steigerung wird in Beziehung (4) zu etwa 22% durch die Einkommensentwicklung, zu 20% durch die Preisentwicklung, zu 43% durch die Abnahme der durchschnittlichen Haushaltsgrösse und zu 15% durch die Zunahme der Bevölkerung erklärt. Der eindeutig wichtigste Faktor ist hier die Zunahme der Zahl der Haushalte; die Einkommensentwicklung kommt erst an zweiter Stelle.

Für die Simulationen wurden die gleichen Vorgaben gemacht wie oben. Bei einer Erhöhung des realen Elektrizitätspreises um 2% pro Jahr steigt der Elektrizitätsverbrauch dieses Sektors auf 6260 GWh im Jahr 1985, auf 6970 GWh im Jahr 1990, auf 7540 im Jahr 1995 und auf 8050 GWh im Jahr 2000. Bei einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 2,2% bedeutet dies insgesamt eine Steigerung von 54%, wobei die Zuwachsraten im Zeitablauf stark abnehmen. Dies ist vor allem auf das abnehmende Bevölkerungswachstum sowie auf die geringe Zunahme der Zahl der Haushalte zurückzuführen.

Wie aus Figur 3 ersichtlich ist, reagiert die Elektrizitäts-Endnachfrage dieses Bereichs stärker auf unterschiedliche Preisentwicklungen als die gesamte Elektrizitäts-Endnachfrage. Bleibt der reale Elektrizitätspreis in Zukunft konstant, so ergibt sich für das Jahr 2000 ein Verbrauch von 11 300 GWh, was gegenüber dem Jahr 1980 eine Steigerung von fast 120% bedeutet. Unterstellt man dagegen, dass dieser Preis jährlich um 5% steigt, so erhält man für das Jahr 2000 nur noch einen Verbrauch von 4890 GWh, was 6% unter dem Verbrauch des Jahres 1980 liegt. In diesem Fall erreicht der Verbrauch dieses Bereichs seinen Höhepunkt bereits im Jahr 1985, und er sinkt von da ab kontinuierlich.

Aber auch die Einkommensentwicklung hat wieder einen erheblichen Einfluss auf die zukünftige Elektrizitäts-

$$\ln(\text{QEH}_t) = 0.480 \ln(\text{QEH}_{t-1}) + 0.596(\ln(Y_t) - 0.480 \ln(Y_{t-1})) + 0.493(\text{Temp}_t - 0.480 \text{Temp}_{t-1}) + 0.520(-6.049 - 3.78) - 0.949 \ln(\text{PCE}_{t-1}) - 1.630 \ln(\text{NHH}_t) + \hat{u}_t \quad (4)$$

$\bar{R}^2 = 0.9986, \hat{h} = 0.11, \text{SER} = 0.0113, \text{FG} = 13.$

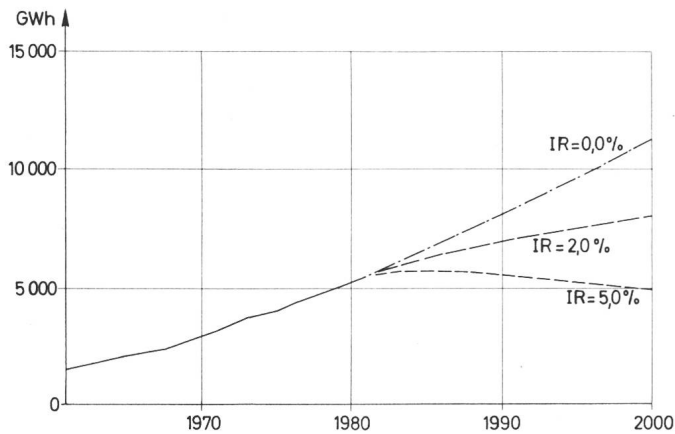


Fig. 3
 Erwarteter Elektrizitäts-
 Endverbrauch der
 Verbraucher-kategorie
 «Haushalte, Gewerbe,
 Landwirtschaft,
 Dienstleistungen» in der
 Nordostschweiz bei einer
 durchschnittlichen
 Wachstumsrate des
 Sozialprodukts von
 2,775%
 1961-1980:
 tatsächliche Werte
 1981-2000: prognosti-
 zierte Werte bei un-
 terschiedlichen Preissteige-
 rungsraten (IR)

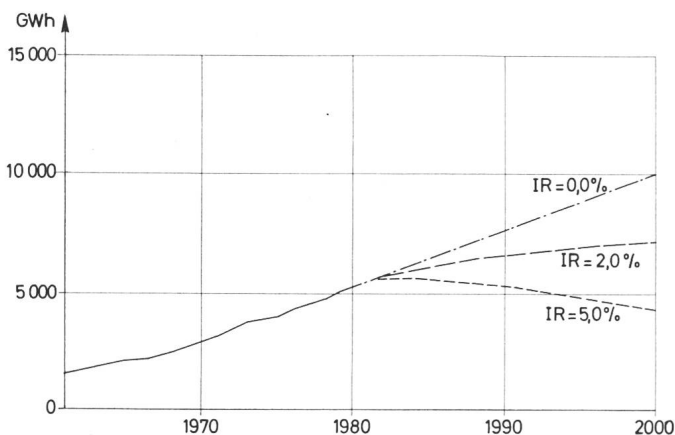


Fig. 4
 Erwarteter Elektrizitäts-
 Endverbrauch der
 Verbraucher-kategorie
 «Haushalte, Gewerbe,
 Landwirtschaft,
 Dienstleistungen» in der
 Nordostschweiz bei einer
 durchschnittlichen
 Wachstumsrate des
 Sozialprodukts von
 1,775%
 1961-1980:
 tatsächliche Werte
 1981-2000: prognosti-
 zierte Werte bei un-
 terschiedlichen Preissteige-
 rungsraten (IR)

nachfrage, wie sich aus dem Vergleich von Figur 3 mit Figur 4 ergibt. Fällt das Wachstum des Sozialprodukts pro Jahr einen Prozentpunkt niedriger aus, d.h. beträgt die durchschnittliche Zuwachsrates 1,8% pro Jahr, so liegen die Endenergieverbrauchswerte dieses Sektors um 11% unter jenen Werten, die sich bei dem in Figur 3 angenommenen durchschnittlichen Wachstum von 2,8% ergäben. Im ungünstigsten Fall, d.h. bei geringem Wirtschaftswachstum und einem Ansteigen des realen Strompreises um 5%, liegt der Verbrauch im Jahr 2000 mit 4350 GWh um 17% unter dem des Jahres 1980.

Insgesamt zeigen diese Simulationsergebnisse, dass die Varianz der möglichen Entwicklungen in diesem Sektor noch grösser ist als beim gesamten Stromverbrauch.

5. Das Modell für den Elektrizitätsverbrauch der Industrie

Für die Industrie, deren Elektrizitätsverbrauch etwa ein Drittel des gesamten Verbrauchs ausmacht, erhält man für den Zeitraum 1962-1980 das in Gl. 5 dargestellte Modell.

Dabei sind QEI der Elektrizitätsverbrauch der Industrie pro Kopf der Bevölkerung, Y das reale Volkseinkommen pro Kopf, PGE der reale Preisindex der Elektrizität für die Industrie und PGG der reale Grosshandelspreisindex für Gas. Bewertet nach den üblichen statistischen Kriterien ist auch diese Gleichung zufriedenstellend. Die Koeffizienten der Einflussgrössen sind

$$\ln(QEI_t) = 0.143 \ln(QEI_{t-1}) + 0.857(-1.647 + 0.857 \ln(Y_t)) - 0.138 \ln(PGE_{t-1}) + 0.102 \ln(PGG_{t-1}) + \hat{u}_t \quad (5)$$

(0.93) (5.56) (-4.97) (35.44) (-2.19) (4.46)

$$\bar{R}^2 = 0.9959, \quad \hat{h} = 0.94, \quad SER = 0.0090, \quad FG = 14.$$

mindestens auf dem 5%-Niveau signifikant von Null verschieden, das multiple Bestimmtheitsmass ist sehr hoch und der Durbin *h*-Test zeigt keine Autokorrelation in den Residuen an.

Schätzung (5) besagt, dass bei einer Steigerung des realen Volkseinkommens um 1% der Elektrizitätsverbrauch der Industrie um 0,86% steigen würde. Damit reagiert die Industrie auf Einkommensschwankungen sehr viel stärker als die privaten Haushalte. Umgekehrt führt die Erhöhung des realen Elektrizitätspreises um 1% nur zu einer Reduktion des Verbrauchs um 0,14%; diese Reaktion ist sehr viel schwächer ausgeprägt als die entsprechende Reaktion bei den privaten Haushalten. Hoch signifikant ist in dieser Gleichung auch der Koeffizient für den realen Gaspreis: Die Kreuzpreiselastizität von 0,10 besagt, dass bei einer Erhöhung des realen Gaspreises um 1% der Stromverbrauch sich um 0,1% erhöhen würde.

Von 1962 bis 1980 erhöhte sich der Elektrizitätsverbrauch der Industrie von 1548 GWh auf 2885 GWh, d.h. er stieg um 86%. Dieser Anstieg wird in Schätzung (5) zu 62% durch die Einkommensentwicklung erklärt, zu 6% durch die Entwicklung des Elektrizitätspreises und zu 31% durch die Bevölkerungsentwicklung. Der reale Gaspreis, der in dieser Zeit geringfügig sank, erklärt gerade etwa 1% dieses Anstiegs. Hier dominiert ganz eindeutig die Einkommensentwicklung.

Bei den Simulationen wurden wieder die gleichen Annahmen unterstellt wie oben. Bei einer Steigerung des realen Elektrizitätspreises um 2% pro Jahr ergibt sich für das Jahr 1985 ein Verbrauch von 3310 GWh, für 1990 3620 GWh, für 1995 4160 GWh und für das Jahr 2000 von 4770 GWh. Bei einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 2% bedeutet dies für das Jahr 2000 insgesamt eine Steigerung um 65%. Dieser Anstieg ist höher als beim Verbrauch der privaten Haushalte und auch beim gesamten Verbrauch. Vor allem aber nehmen die Wachstumsraten in den neunziger Jahren zu und nicht ab. Dies folgt daraus, dass für die neunziger Jahre höhere Wachstumsraten für das reale Sozialprodukt unterstellt wurden als für die achtziger Jahre.

Wie aus Figur 5 ersichtlich ist, reagiert der Elektrizitätsverbrauch der Industrie nur wenig auf Veränderungen des Elektrizitätspreises. Bleibt der reale Elektrizitätspreis konstant, so ergibt sich für das Jahr 2000 ein geschätzter

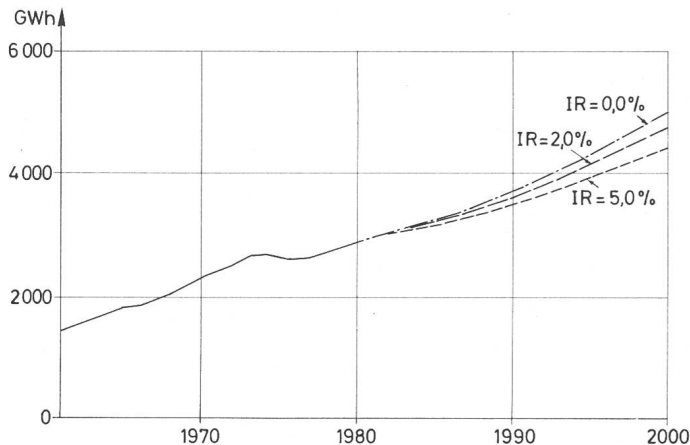


Fig. 5
**Erwarteter Elektrizitäts-
 Endverbrauch der
 Industrie in der
 Nordostschweiz bei einer
 durchschnittlichen
 Wachstumsrate des
 Sozialprodukts von
 2,775%**
 1961-1980:
 tatsächliche Werte
 1981-2000: prognosti-
 zierte Werte bei unter-
 schiedlichen Preissteige-
 rungsraten (IR)

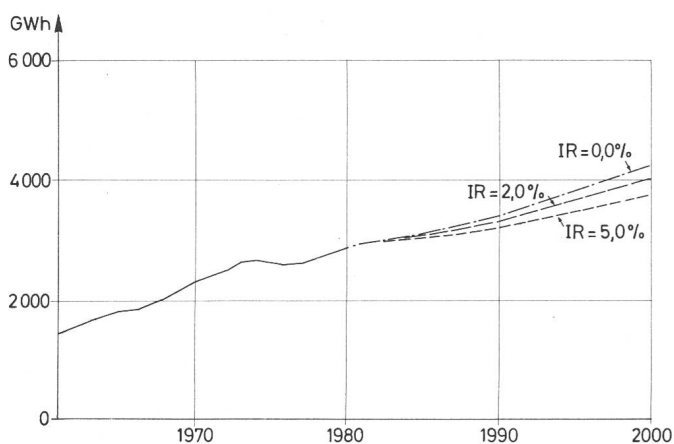


Fig. 6
**Erwarteter Elektrizitäts-
 Endverbrauch der
 Industrie in der
 Nordostschweiz bei einer
 durchschnittlichen
 Wachstumsrate des
 Sozialprodukts von
 1,775%**
 1961-1980:
 tatsächliche Werte
 1981-2000: prognosti-
 zierte Werte bei unter-
 schiedlichen Preissteige-
 rungsraten (IR)

industrieller Elektrizitätsbedarf von 5020 GWh, was einer Steigerung von 74% gegenüber 1980 entspricht. Wächst dagegen der reale Elektrizitätspreis um 5% pro Jahr, so erhält man einen Verbrauch von 4420 GWh im Jahr 2000 bzw. eine Steigerung von 53% gegenüber dem Jahr 1980. Dies bedeutet, dass ein im Jahr 2000 um 165% über dem Wert von 1980 liegender Elektrizitätspreis nur zu einer 12prozentigen Reduktion des Elektrizitätsverbrauches führen würde gegenüber einer Situation konstanter (relativer) Elektrizitätspreise. In jedem Fall aber steigt der Elektrizitätsverbrauch kontinuierlich an, wobei in den neunziger Jahren durchwegs höhere Wachstumsraten zu verzeichnen sind als in den achtziger Jahren.

Wie sich aus dem Vergleich von Figur 5 mit Figur 6 ergibt, ist dagegen der Einfluss der Einkommensentwicklung auf den Elektrizitätsverbrauch der Industrie erheblich. Wächst das Sozialprodukt um einen Prozentpunkt weniger pro Jahr, so liegt der Verbrauch im Jahr 2000 um etwa 15% niedriger als bei den ursprünglichen Annahmen. Aber auch in diesem Fall steigt der Elektrizitätsverbrauch bei al-

len Simulationen kontinuierlich an. Mögliche Sättigungstendenzen, wie sie beim Elektrizitätsverbrauch der privaten Haushalte zu erkennen sind, ergeben sich hier auch bei sehr starken Steigerungen des Elektrizitätspreises nicht.

Insgesamt zeigen diese Simulationen eine erheblich geringere Varianz als beim gesamten Elektrizitätsverbrauch. Vor allem tritt hier nur ein sehr geringer Preiseffekt auf: der zukünftige Elektrizitätsverbrauch der Industrie wird fast ausschliesslich durch die Einkommensentwicklung bestimmt.

6. Abschliessende Bemerkungen

Sicherlich kann man all diesen Ergebnissen mit Skepsis gegenüber treten, und ein gewisses Mass an Skepsis ist angebracht. Schliesslich stehen nur zum Teil die Daten zur Verfügung, die man normalerweise benötigte, und die Stichprobenumfänge sind recht klein. Berücksichtigt man ausserdem die vorhandene Multikollinearität, so ist es vielleicht eher erstaunlich, dass die Koeffizienten für die Preise und für

das Einkommen in aller Regel sehr hoch signifikant von Null verschieden sind. Mehr kann bei diesen Daten sinnvollerweise nicht erwartet werden. Bessere Ergebnisse sind erst dann zu erwarten, wenn bessere und/oder mehr Daten zur Verfügung stehen.

Was die einzelnen Simulationsergebnisse betrifft, so sind sie sicher nicht als Prognosen aufzufassen. Der zukünftige Elektrizitätsverbrauch hängt nicht nur von der Entwicklung der Einkommen und der Preise ab. Möglicherweise ändern sich unter neuen Bedingungen auch die Verhaltensweisen der Wirtschaftssubjekte. Was die Simulationen aber können und auch sollen, ist, in etwa den Spielraum abzuschätzen, in welchem sich die künftige Entwicklung bewegen wird. Dabei zeigt sich, dass nicht nur die wirtschaftliche Entwicklung, die sich in der Entwicklung des realen Sozialprodukts niederschlägt, eine Rolle spielt, sondern auch die politische Entwicklung, die in der Setzung der Elektrizitätspreise durch die Elektrizitätsversorgungsunternehmen und in der Beeinflussung der Energiepreise durch die wirtschaftspolitischen Instanzen u.a. ihren Ausdruck findet. Aus ökonomischer Sicht gibt es keine gleichsam «natürliche» Energie- bzw. Elektrizitätsnachfrage, die mit einer bestimmten Höhe des Sozialprodukts verbunden wäre, sondern diese Nachfrage ist über die Preise auch politisch beeinflusst.

Bei den Simulationen wurde unterstellt, dass die Entwicklung des Sozialprodukts von der Entwicklung der Energiepreise unabhängig ist. Wie die Ereignisse im Gefolge der beiden drastischen Verteuerungen des Erdölpreises in den siebziger Jahren gezeigt haben, ist dies keineswegs der Fall. Um aber Simulationen durchzuführen, bei denen die Interdependenz zwischen den Entwicklungen des Sozialprodukts und der Energiepreise berücksichtigt wird, bräuchte man ein makroökonomisches Modell, welches in der hierzu benötigten Form (d.h. unter spezieller Berücksichtigung der Energiewirtschaft) für die Schweiz bisher nicht zur Verfügung steht. Daher muss man sich hier mit Partialmodellen begnügen, wie dies auch bei allen anderen bisherigen Studien über die künftige Energienachfrage in der Schweiz der Fall gewesen ist⁴⁾.

⁴⁾ Siehe als Beispiel für ein solches ökonomisches Modell [8].

Literatur

- [1] H. Rosokat: Trendanalysen und Trendprognosen in der Elektrizitätswirtschaft, Elektrizitätswirtschaft 75, (1976) S. 158...167.
- [2] G. Kirchgässner: Die Energienachfrage aus ingenieurwissenschaftlicher und ökonomischer Sicht, Working Paper, Project ZENCAP, Institut für Wirtschaftsforschung der ETH Zürich, Nr. 15, Februar 1984.
- [3] J.-P. Charpentier: Toward a Better Understanding of Energy Consumption, in: W.D. Nordhaus (ed.): Proceedings of the Workshop on Energy Demand, CP-76-1, IIASA, Laxenburg, (1976) S. 665...707.
- [4] F. Carlevaro, C. Spierer: La Demande d'Énergie en Suisse, Analyse historique et perspectives, Université de Genève, Série de Publications du CUEPE No. 10 (1982).
- [5] F. Carlevaro, C. Spierer: Dynamic Energy Demand Models with Latent Equipment, European Economic Review 23, (1983) S. 161...194.
- [6] C. Spierer: La Demande d'Énergie en Suisse, Librairie DROZ, Genf-Paris (1982).
- [7] G. Kirchgässner: Die Nachfrage nach Elektrizität in der Nordostschweiz bis zum Jahr 2000, Working Paper, Project ZENCAP, Institut für Wirtschaftsforschung der ETH Zürich, Nr. 14, Juli 1983.
- [8] E.A. Hudson, D.W. Jorgenson: U.S. Energy Policy and Economic Growth, 1975-2000, Bell Journal of Economics and Management Science 5, (1974) S. 461...514.

Nationale und internationale Organisationen

Organisations nationales et internationales

UNIPEDE: Studienkomitee für grosse Netze und internationalen Verbundbetrieb

Sitzung in Wien vom 5. April 1984

Die Sitzung diente der Vertiefung und teilweisen Verabschiedung der Studien für den Kongress in Athen von 1985.

Die Arbeitsgruppe SYSTINT legte ein Papier vor über den potentiellen Einsatz von HGÜ-Verbindungen in Europa. Dieser Bericht gibt einerseits einen Überblick über moderne HGÜ-Systeme, namentlich was die Thyristor-Schutz- und Steuerungstechnik betrifft. Andererseits werden bestehende und mögliche zukünftige HGÜ-Verbindungen aufgrund von Angaben der UNIPEDE-Mitglieder, vor allem auch bezüglich Kosten und im wirtschaftlichen Vergleich zu Wechselstromverbindungen, analysiert. Die endgültige Studie soll vor allem dem systemorientierten Planungsingenieur Entscheidungshinweise und Leitlinien vermitteln.

Die Arbeitsgruppe SYSTED versucht in ihrem Bericht, aufgrund der Angaben von 15 Ländern, basierend auf den effektiven Daten von 1982 spezifische Werte und Beurteilungsgrundlagen für die Kapazitätsausnutzung der grenzüberschreitenden Verbundleitungen zu erarbeiten.

Die Arbeitsgruppe SYSTAUT hat u.a. zwei sehr interessante und konkrete Arbeitspapiere über die technische Veralterung von Prozess-Steuerungsausrüstungen in computerisierten Kontrollzentren und ihren Einsatz im Betrieb redigiert.

P. Storrer

UNIPEDE: Comité d'Études des Grands Réseaux et des Interconnexions Internationales

Séance à Vienne du 5 avril 1984

Cette séance avait pour but d'approfondir et, en partie, d'adopter les études pour le congrès d'Athènes de 1985.

Le groupe de travail SYSTINT a présenté une étude sur l'utilisation potentielle en Europe de liaisons à très haute tension à courant continu. Ce rapport donne d'une part une vue générale des systèmes modernes de liaisons à très haute tension à système continu, notamment en ce qui concerne la technique de protection et de commande Thyristor. D'autre part, les liaisons à très haute tension à courant continu existantes et possibles à l'avenir y sont analysées sur la base de renseignements des membres de l'UNIPEDE, surtout en ce qui concerne les coûts et dans le cadre d'une comparaison avec les liaisons à courant alternatif sur le plan économique. L'étude finale doit surtout donner à l'ingénieur de la planification s'occupant de l'ensemble du système des informations l'aidant à prendre des décisions ainsi que des lignes directrices.

Le groupe de travail SYSTED essaye dans son rapport d'établir, d'après des renseignements émanant de 15 pays et en se basant sur des données effectives de 1982, des valeurs spécifiques et des bases de jugement pour l'utilisation de la capacité des lignes du réseau d'interconnexion franchissant la frontière.

Le groupe de travail SYSTAUT a rédigé, entre autres, deux rapports très intéressants et concrets sur le vieillissement technique des installations de commande dans les centres de contrôle informatisés et le remplacement de celles-ci.

P. Storrer