

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

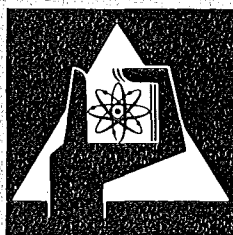
Juni 1974

KFK 1995

Institut für Angewandte Systemtechnik und Reaktorphysik

**Die Bedeutung der Kernenergie für die
Deckung des Weltenergiebedarfs**

H. Bogensberger, G. Friede,
U. Matheis, G. Woite, H.-J. Zech



**GESELLSCHAFT
FÜR
KERNFORSCHUNG M.B.H.**

KARLSRUHE

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

KFK 1995

Institut für Angewandte Systemtechnik
und Reaktorphysik

Die Bedeutung der Kernenergie für die Deckung des
Weltenergiebedarfs

von

H. Bogensberger
G. Friede
U. Matheis
G. Woite
H.-J. Zech

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe

Abstract

The Contribution of Nuclear Power in Meeting the Worlds' Energy Demand

In 68 different countries the electric power consumption up to the year 1990 is predicted. A mathematical model was applied for the extrapolation of the power demand. Due to a comparison of the costs between nuclear reactors, and oil- or coal-fired power stations the maximal possible capacity, which can be installed in nuclear reactors, is estimated for each single country.

Zusammenfassung

Für 68 ausgesuchte Länder wird der Bedarf an elektrischer Energie bis zum Jahr 1990 mit Hilfe eines mathematischen Modells prognostiziert. Durch einen Kostenvergleich zwischen einem Kernkraftwerk einerseits und Öl- oder Kohle-gefeuerten Anlagen andererseits, wird der maximal zubaufähige Anteil für die Kernenergie abgeschätzt.

Zu dieser vom Ministerium für Forschung und Technologie
angeregten Studie haben mehrere Personen und Institutionen
wertvolle Informationen und Daten zur Verfügung gestellt,
wofür wir an dieser Stelle danken.

In der ersten Phase dieser Untersuchung war die Mitarbeit
des

 HWWA - Institut für Wirtschaftsforschung, Hamburg
von besonderer Bedeutung. Wir sind daher dieser Institution
zu großem Dank verpflichtet, insbesondere den Herren

 Dr. M. Holthus
 Dr. D. Stentzel
 Dr. K.W. Menck

Die Autoren danken den Herren Dr. P. Jansen und H. Zajonc für
wertvolle Anregungen und Diskussionen.

Den Herren J. Woit und B. Kirschner danken wir für die Unter-
stützung bei der umfangreichen Datenverarbeitung, die sich im
Zusammenhang mit dieser Arbeit ergab, FrI. Mäule für die Her-
stellung der zahlreichen Abbildungen.

Teil I

**Methodik
und
Zusammenfassung der
Ergebnisse**

Inhalt von Teil I

1. Einleitung und Problemstellung	2
2. Methodik der Untersuchung	4
2.1 Prognose des Elektroenergiebedarfs	5
2.2 Ermittlung der installierten Gesamtleistung	7
2.3 Bestimmung der maximal zulässigen Leistung eines Kraftwerksblocks	10
2.4 Kostenrechnung	13
2.4.1 Feste Kosten	15
2.4.2 Brennstoffkosten	16
2.5 Bewertung der Konkurrenzsituation	19
2.6 Genauigkeit der Ergebnisse	22
3. Zusammenfassung der Ergebnisse	23
Anhänge zum Teil I	33

1. Einleitung und Problemstellung

Die Möglichkeiten der Kernenergienutzung sind bereits unter verschiedenen Zielsetzungen untersucht worden. Nationale Prognosen des zukünftigen Energiebedarfs und des Anteils der Kernenergie wie sie von den Atomenergiebehörden der Länder, von staatlichen und großen privaten Energieversorgungsunternehmen aufgestellt oder in Auftrag gegeben werden, gehen von sehr unterschiedlichen Annahmen aus und können daher nicht ohne weiteres von Land zu Land verglichen werden. Sie geben nur erste Anhaltspunkte darüber, welcher Wert der Kernenergie von den zuständigen Stellen im Lande zugeschrieben wird.

Globale Untersuchungen, wie etwa die Prognosen von Felix /555/, gehen in der Regel auf den Energiebedarf der betrachteten Länder nicht so detailliert ein, daß man von ihnen zu einer Schätzung des Kernenergieanteils gelangen könnte.

Eine der bekanntesten Untersuchungen der letzten Zeit, die allerdings nur die Kernenergieentwicklung in vierzehn Entwicklungsländern betrachtet, ist der 'Market Survey' der IAEA, dessen Ergebnisse jetzt vorliegen /450/.

Hauptziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Weltbedarf an elektrischer Energie in der Zukunft (bis 1990) abzuschätzen und den möglichen Anteil der Kernenergie zur Deckung dieses Bedarfs zu ermitteln. Andere Anwendungen der Kernenergie, z.B. für Prozeßwärme werden nicht berücksichtigt. Die Arbeit basiert auf den globalen Überlegungen von Zajonc /550/, die noch ohne explizite Berücksichtigung des Kostengesichtspunkts allein von der Entwicklung des Energiebedarfs her, zu Aussagen über ein zukünftiges Kernkraftwerkspotential kommen. Bei der vorliegenden Arbeit wird der Kostengesichtspunkt ausdrücklich berücksichtigt.

Dabei werden die einzelnen Länder aus Gründen der Vergleichbarkeit nach einheitlichen Kriterien untersucht. Als Untersuchungseinheiten sind die Staaten der Erde gewählt worden, weil für diese die benötigten statistischen Daten in der Regel vorliegen

und weil auch die Energiepolitik fast überall national betrieben wird. Mehrere Staaten umfassende Wirtschaftsregionen werden bei den Bedarfsprognosen berücksichtigt, soweit sie die mögliche Kraftwerksgröße (vgl. Abschnitt 2 "Methodik....") beeinflussen.

Das zur vorliegenden Untersuchung verwendete Verfahren ist einfach und überschaubar gewählt, so daß der Einfluß wichtiger Eingangsgrößen (Ölpreis, Kraftwerkskosten usw.) auf das Ergebnis, in erster Linie das Einsatzpotential für Kernenergie, erkennbar bleibt.

Ein relativ grobes Vorgehen wird auch durch die Qualität der verfügbaren Daten nahegelegt. Definitions- und Erhebungsschwierigkeiten (besonders in den Entwicklungsländern) machen viele der Ausgangsdaten schon bei der Erhebung so ungenau, daß eine stark detaillierte Analyse dieser Daten unangebracht erscheint.

2. Methodik der Untersuchungen

Die Ermittlung des zukünftigen nuklearen Einsatzpotentials geschieht für jedes untersuchte Land in mehreren Stufen:

1. Grundlage der Untersuchung ist eine Prognose des Energiebedarfs in TWh/a.
2. Über eine Schätzung des Lastfaktors kann dann für verschiedene Jahre die Lastspitze, d.h. die zur Erzeugung des Jahres-
spitzenbedarfs notwendige Kraftwerksleistung in GWe festgelegt werden. Lastspitze vermehrt um eine geschätzte Reserveleistung ergibt die notwendige installierte Gesamtleistung.
3. Um zu Aussagen über einzelne Kraftwerke zu kommen, muß nun die maximal zulässige Blockgröße ermittelt werden.
4. Für nukleare und fossil gefeuerte Kraftwerke maximal zulässiger Blockgröße werden die Stromerzeugungskosten berechnet; zusammen mit der Erzeugungsdauerlinie können unter Berücksichtigung infrastruktureller Besonderheiten Aussagen über Konkurrenzsituation und Zubaumöglichkeiten gemacht werden.

Mit dieser im folgenden näher erläuterten Vorgehensweise werden in der vorliegenden Arbeit alle Länder der Erde untersucht, ausgenommen diejenigen, für die der Kernenergieeinsatz vor 1990 auf Grund der folgenden Kriterien von vornherein nicht sinnvoll erscheint: Der Stromverbrauch für 1969 lag unter 1 TWh, oder die Prognose für 1990 ergibt einen Verbrauch unter 5 TWh/a. ¹⁾

1) Der Einsatz eines 200 MWe-Blocks erfordert mindestens eine Lastspitze von 1 GWe. Bei einem Lastfaktor von $LF = 0,6$ ergibt das 5,25 TWh/a.

2.1 Prognose des Elektroenergiebedarfs

Die Aussagen über die Möglichkeiten der Kernenergienutzung in einzelnen Ländern stützen sich auf Prognosen über das Bevölkerungswachstum, die zukünftige Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes, des Elektrizitätsverbrauchs oder der Elektrizitätserzeugung.

Diese Prognosen wurden grundsätzlich durch Extrapolation von Regressionskurven gewonnen. Die Verwendung einer der zahlreichen vorhandenen Methoden der Zeitreihenanalyse erschien nicht sinnvoll, da die zur Auswertung anstehenden Zeitreihen mit 8 bis 20 Werten recht kurz sind. Aus diesem Grund ist auch eine Fehlerbetrachtung beim Ermitteln der Regressionskurven unterblieben.

Als Regressionskurven treten die Gerade, die Parabel (Polynom 2. Grades) und die Exponentialfunktion auf. Die Auswahl der Kurven geschieht durch eine Beurteilung des Trends der Abweichungen der gegebenen Daten von der Regressionskurve. Hierbei finden die neueren Daten stärkere Beachtung. Die Auswahl wird durch Berechnung des Kendallschen Regressionskoeffizienten /10/ überprüft.

Die Regressionskurven werden nach der Methode der kleinsten Quadrate angepaßt. Die Exponentialkurve wird dabei - entgegen der sonst üblichen Methode - approximativ im tatsächlichen Maßstab ermittelt und nicht als Gerade im einseitig logarithmierten Maßstab. Damit wird sichergestellt, daß die neueren Daten, zu denen in der Regel höhere Ordinatenwerte gehören, gegenüber den älteren Daten nicht unterbewertet werden.

Versuche, die Daten des Elektrizitätsverbrauchs oder der Elektrizitätserzeugung als Punkte einer Kurve mit Sättigungscharakter zu interpretieren, führten zu keinem überzeugenden Ergebnis. Selbst die entsprechenden Werte für die USA lassen keine Sättigung des Elektrizitätsbedarfs erkennen.

Soweit auf Grund äußerer Einflüsse (Umwelt, angestrebte Normen,

als einmalig angesehene Faktoren für Wachstum in der Vergangenheit) eine Abschwächung des Energieverbrauchszuwachses anzunehmen ist, muß berücksichtigt werden, daß der Anstieg des Elektrizitätsverbrauchs in vielen Ländern durch die Substitution anderer Endenergieträger begünstigt wird.

Waren die Zuwachsraten in der Vergangenheit hoch, so ist in den meisten Fällen auch weiteres zügiges Wachstum angenommen worden. Nur in wenigen Fällen ist für das weitere Wachstum des Elektrizitätsverbrauchs eine obere Schranke gesetzt worden, die sich nach dem heutigen Pro-Kopf-Verbrauch in der BRD oder in den USA richtet.

Bei den Entwicklungsländern, die einen großen Anteil an der Gesamtzahl der Länder ausmachen, rechtfertigt der hohe Nachholbedarf dieses Vorgehen

Soweit das Datenmaterial ausreichte, wurden 'Ex-Post-Prognosen' durchgeführt. Dazu wird die Regressionskurve wiederholt berechnet ohne Berücksichtigung des ersten, ersten und zweiten, etc. Wertes der Zeitreihe. Verändert sich dabei die Regressionskurve nur unwesentlich, so kann man auf eine gleichmäßige Entwicklung in der Vergangenheit schließen, die gut durch die Regressionskurve beschrieben wird. Dies gibt den prognostizierten Werten größere Plausibilität, d.h. die Prognose ist 'stabil' gegenüber der Hinzunahme früherer Werte bzw. in der empirischen Zahlenreihe liegen keine Trendbrüche vor. Diese Trendbrüche können 'echt' sein (Kriege, Revolutionen o.ä.), sowie durch Änderungen des Vorgehens bei der Erhebung oder durch Rückgriff auf andere Quellen entstanden sein.

2.2 Ermittlung der installierten Gesamtleistung

Aus der Prognose des Elektroenergiebedarfes E erhält man die zu seiner Deckung zu installierende Kraftwerksleistung P_{ges} , indem man die durchschnittliche Auslastung A des Kraftwerksparkes berücksichtigt.

$$E \text{ [Wh]} = A \cdot P_{ges} \text{ [W]} \cdot 8760 \text{ [h]}$$

Für Prognosezwecke ist eine Aufspaltung der von Land zu Land unterschiedlichen Auslastung auf zwei Bestimmungsgrößen, den Lastfaktor LF und den Reservefaktor R günstig.

Der Lastfaktor LF dient zur Ermittlung der für einen bestimmten Elektroenergiebedarf benötigten installierten Spitzenlast P_{sp} .

$$E \text{ [Wh]} = LF \cdot P_{sp} \text{ [W]} \cdot 8760 \text{ [h]}$$

Die für die Analysen verwendeten Lastfaktoren liegen zwischen 0,5 und 0,7. Dabei sind im allgemeinen die wenig entwickelten Länder mehr am unteren, gut entwickelte Länder am oberen Ende dieser Skala zu finden.

Der relativ geringe Unterschied im Lastfaktor zwischen Entwicklungsländern und Hochindustrieländern ist darauf zurückzuführen, daß in vielen aufstrebenden Ländern zu Anfang der Elektrifizierung die Industrie den Hauptanteil der Elektrizitätserzeugung beansprucht. Der Haushaltsbedarf mit seinen ausgeprägten Tag-Nacht-Schwankungen spielt nur eine untergeordnete Rolle.

Bei später langsam steigendem Bedarf von Haushaltungen und landwirtschaftlichen Betrieben kann der Lastfaktor durch geeignete Maßnahmen oder durch Fortentwicklung der industriellen Nutzung über einer gewissen Schranke gehalten werden.

Der Reservefaktor R ist definiert als Verhältnis der gesamten

installierten Kraftwerksleistung P_{ges} zur Spitzenlast P_{sp}

$$R = P_{ges} / P_{sp}$$

Aus statistischen Werten errechnete Reservefaktoren schwanken zwischen 1 und mehr als 2 (also 0 und über 100 % Reserve).

Ein hoher Reservefaktor ergibt sich z.B. bei Inbetriebnahme eines sehr großen Kraftwerksblocks (z.B. Assuan-Staudamm in Ägypten oder Obervolta-Staudamm in Ghana) und dem damit verbundenen Kapazitätsüberhang, der erst nach einigen Jahren durch den Anstieg des Verbrauchs kompensiert wird.

Ein niedriger Reservefaktor ist möglich, wenn

- ein Verbundnetz im Land existiert, das leistungsfähig und gut ausgebaut ist, insbesondere wenn darüberhinaus ein Anschluß an ein internationales Verbundnetz vorhanden ist,
- die Entfernungen zwischen Erzeugungs- und Verbrauchszentren gering sind,
- das Verhältnis der Leistung des größten Kraftwerksblocks zur Lastspitze gering ist,
- der Anteil saisonal stark schwankender Wasserkräfte an der gesamten Kraftwerksleistung klein ist,
- die Verfügbarkeit der Kraftwerke im Durchschnitt groß ist, die Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Elektrizitätsversorgung niedrig sind.

Ist die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs stärker als für die Ausbauplanung geschätzt, so kann der Reservefaktor auf sehr kleine Werte absinken, in gleichem Maße sinkt die Zuverlässigkeit der Elektrizitätsversorgung.

Insgesamt kann man sagen, daß mit zunehmendem Umfang des Elektrizitätserzeugungssystems die Reservefaktoren sich Werten von 1,3 bis 1,4 nähern, Werten, die in vielen gut entwickelten Ländern vorherrschen. Besondere Betrachtungen sind im Fall gut

ausgebauter internationaler Netzverbindungen oder bei einem hohen Anteil von Wasserkraftwerken nötig. Im ersten Fall kann es zweckmäßig sein, den Reservefaktor unter die angegebenen "Normalwerte" zu senken, im zweiten Fall dagegen wegen der Unsicherheiten der Wasserführung anzuheben. Bei der Analyse der einzelnen Länder wird aus der Prognose des Elektroenergiebedarfs zunächst über den Lastfaktor die benötigte Spitzenlast geschätzt und dann über den Reservefaktor die zu installierende Gesamtleistung ermittelt.

2.3 Bestimmung der maximal zulässigen Leistung eines Kraftwerksblocks

Die Degression der spezifischen Anlagekosten eines Kraftwerks mit seiner Größe legt es nahe, möglichst große Kraftwerksblöcke zur Deckung des elektrischen Energiebedarfs einzusetzen. Dieser Tendenz sind Grenzen gesetzt, vor allem durch technische Anlagegrenzen und durch die Auswirkungen eines Ausfalles des größten Kraftwerksblocks. So ein Ausfall hat einen sofortigen Abfall der Netzfrequenz zur Folge; die Ausregelung dieser Störung durch sofort verfügbare Reserveleistung in Wasser- oder Wärmekraftwerken kann innerhalb von 10-30 Sekunden zur Wiederherstellung der Normalfrequenz führen.

Die meisten Elektrizitätsversorgungsunternehmen sind bestrebt, den Abfall der Netzfrequenz auf 1 bis 1,5 Hz zu begrenzen. Die daraus resultierende Obergrenze für die Leistung eines Kraftwerksblocks liegt meist bei etwa 10 % der Lastspitze des Netzes. Abweichungen von diesem Wert sind in der Länderberichten erläutert. Höhere Werte (bis über 20 %) können zulässig sein bei

- geringer Gesamtleistung des Netzes
- räumlich eng begrenztem Netz
- automatischer Abschaltung von Verbrauchern (insbesondere auch Pumpspeicherwerken)
- schnell regelbarer Leistungsreserve (z.B. fossil gefeuerte Kraftwerke ohne Zwischenüberhitzung).

Geringe Grenzwerte für die Blockleistung (bis unter 5 % der Lastspitze) können erforderlich sein bei

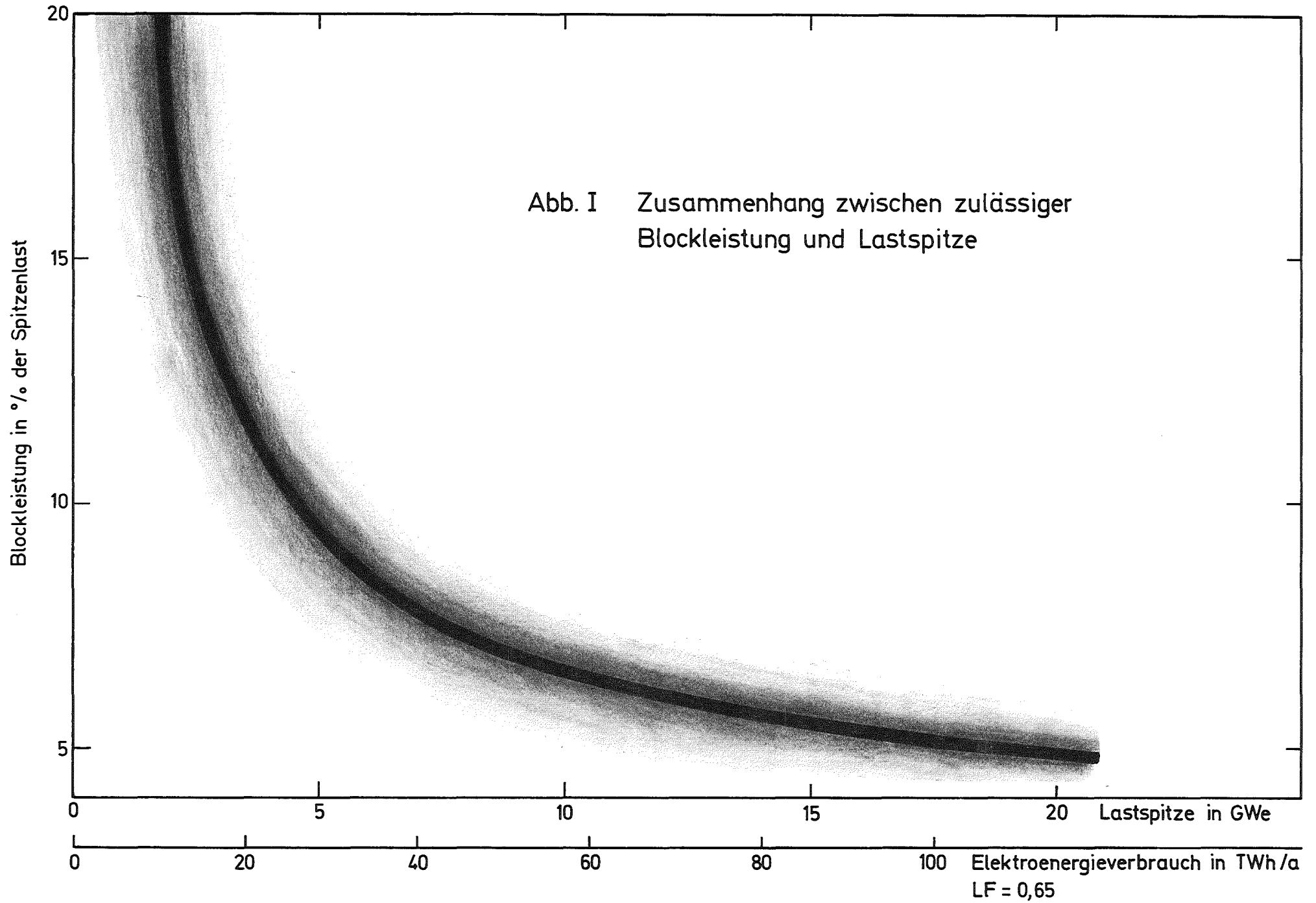
- großer Gesamtleistung des Netzes
- räumlich weit ausgedehntem Netz
- angestrebter regionaler Autonomie der Elektrizitätsversorgung
- hohen Anforderungen an die Frequenzhaltung
- geringer Regelgeschwindigkeit der Leistungsreserve (dies ist oft der Fall bei Wasserkraftwerken).

Den bei den Analysen verwendeten Zusammenhang zwischen zulässiger Blockleistung und Lastspitze zeigt Abb. I. Daneben müssen die technischen Anlagegrenzen berücksichtigt werden. Sie wurden angesetzt zu

600 MWe für Braunkohlenkraftwerke
1000 MWe für Steinkohle-, Öl- und Gaskraftwerke
1200 - 1300 MWe für Kernkraftwerke vom Leichtwassertyp.

Diese Werte erscheinen sinnvoll für die Zwecke dieser Studie, obgleich ein Trend zu größeren Einheiten speziell bei Kernkraftwerken zu beobachten ist. Mitunter müssen in den Länderberichten deswegen etwa die Stromerzeugungskosten zweier 600 MWe Braunkohlenblöcke mit denen eines 1200 MWe-Kernkraftwerks verglichen werden.

Abb. I Zusammenhang zwischen zulässiger Blockleistung und Lastspitze



2.4 Kostenrechnung

Für die Bewertung der Konkurrenzsituation zwischen konventionellen und nuklearen Kraftwerken spielen Anlage- und Brennstoffkosten eine entscheidende Rolle, während die lastunabhängigen Betriebskosten für die Zwecke dieser Prognose vernachlässigt werden dürfen.

Die Prognose der Entwicklung der effektiven Anlage- und Brennstoffkosten erweist sich als schwierig, da weder konjunkturelle noch strukturelle Kosteneinflußgrößen in ausreichendem Umfang abschätzbar sind. Um die konjunkturellen Einflüsse weitgehend zu eliminieren, werden in dieser Studie Standardkosten auf der Preisbasis vom 1.1.1973 verwendet.

Von den strukturellen Kosteneinflußgrößen wird die Preisentwicklung des Erdöls wegen ihrer überragenden Bedeutung quantitativ berücksichtigt. Die übrigen strukturellen Einflüsse, so z.B. fortschreitende Standardisierung im Kernkraftwerksbau, weitere Rationalisierungseffekte, technische Weiterentwicklungen, steigende Anforderungen an die Umweltverträglichkeit und Sicherheit etc. können qualitative Erwähnung finden.

Im Sinne einer leichten Vergleichbarkeit untereinander werden alle Kosten und Preise in U.S. Dollar ausgedrückt. Dies hat sich als zweckmäßig erwiesen, da es oft schwierig ist, konsistente Angaben über alle benötigten Kosten und Preise in Landeswährung zu erhalten

Berichtete Kosten von fertiggestellten Anlagen streuen stark und sind meist nicht direkt vergleichbar infolge unterschiedlicher Standorte, der Berücksichtigung indirekter Kosten, des Zeitpunktes der Inbetriebnahme usw. Es ist sehr problematisch, diese Kosten in die Zukunft und für größere Kraftwerksblöcke zu extrapolieren.

Um die Vergleichbarkeit der Kosten zu gewährleisten, die für

die vorliegende Arbeit von besonderer Wichtigkeit ist, wurde daher ein in den USA entwickeltes Kostenmodell /600/ für die Abschätzung von Anlagekosten verwendet. Dieses basiert auf den neuesten verfügbaren Unterlagen über die Kosten mittlerer und großer Kraftwerksblöcke, wie sie auch in denjenigen aufstrebenden Ländern zum Zuge kommen werden, für die ein Einsatz von Kernkraftwerken in Frage kommt.

Um länderspezifische Preis- und Kostenstrukturen berücksichtigen zu können, werden ein nuklearer und ein konventioneller Anlagekostenindex, jeweils als Relation der landesspezifischen Anlagekosten zum USA-Niveau geschätzt. Dabei wird der konventionelle Index durchweg um 0,1 niedriger als der nukleare angenommen. Die länderspezifischen Anlagekosten ergeben sich durch Multiplikation der aus dem Kostenmodell ermittelten Werte mit diesen Indices.

Während die Anlagekosten für Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktoren ¹⁾ und für konventionelle ölgefeuerte Kraftwerke mit diesem Kostenmodell explizit berechnet wurden, wurde für Kohlekraftwerke pauschal ein Zuschlag zu den Anlagekosten von Ölkraftwerken verwendet:

13 % für Steinkohlen- und 30 % für Braunkohlenkraftwerke. Die Anlagekosten erdgasgefeuerter Kraftwerke wurden 13 % niedriger angesetzt als für Ölkraftwerke gleicher Leistung (vgl. /600/).

1) Die Kosten für Siedewasserreaktoren liegen etwa in der gleichen Höhe.

2.4.1 Feste Kosten

In Tab. I sind die in das Kostenmodell /600/ eingehenden Grundannahmen für die Berechnung der festen jährlichen Kosten eines Kraftwerks zusammengestellt. Als Abschreibungsmethode wurde die progressive Abschreibung mit konstanten jährlichen Zahlen (Summe aus Tilgung und Zinsen) zugrundegelegt.

Der Annuitätsfaktor wurde nach folgende Formel berechnet:

$$A = \frac{Z/100}{1 - (1 + \frac{Z}{100})^{-L}} + V$$

A [%] Annuitätsfaktor
 Z [%] Zinssatz
 V [%] Versicherungssatz
 L [%] Lebensdauer (Abschreibungszeit)

Steuern und andere staatliche Abgaben wurden nicht berücksichtigt, da sie sowohl von Land zu Land als auch zeitlich stark differieren und nicht prognostizierbar sind.

Tab. I: Grundannahmen für die Berechnung der festen Kosten

Kraftwerkswerkstyp	nuklear	fossil	Wasserkraft
Zinssatz in %/a	10	10	10
Versicherungssatz in %/a	1	1	0
Lebensdauer (Abschreibungszeit) in Jahren	25	25	30
Annuitätsfaktor in %/a	12	12	10,6

Tab. Ia: Verwendete Anlagekosten

Leistungsgröße MWe	Kernkraftwerke		Ölkraftwerke
	Anlage \$/KWe	Erstcoreanteil \$/KWe	\$/KWe
200	767	36	363
400	552	32	288
600	464	28	256
800	412	24	237
1 000	384	20	224
1 200	364	20	215
Referenzfall - Standort USA			

2.4.2 Brennstoffkosten

Für die n u k l e a r e n Brennstoffzykluskosten wurde angenommen, daß sie wie die Anlagekosten in Preisen von 1973 konstant bleiben. In Tab. II zeigt die angenommenen nuklearen Brennstoffzykluskosten für Kernkraftwerke von 300 bis 1300 MWe.

Tab. II: Nukleare Brennstoffzykluskosten

Block- leistung	Brennstoffzykluskosten in mills/kWh ¹⁾			feste BZ-Kosten	variable BZ-Kosten
	MWe	fix	variabel	gesamt	\$ / kWe
300	0,39	1,45	1,84	34	57,9
400	0,37	1,43	1,79	32	57,0
600	0,32	1,38	1,7	28	55,1
800	0,27	1,33	1,6	24	53,2
900	0,25	1,3	1,55	22	52
1000	0,23	1,28	1,51	20	51,3
1200	0,21	1,26	1,49	20	51
1300	0,20	1,24	1,45	20	50

¹⁾ Für PWR bei 80 % Lastfaktor und über eine Lebensdauer von 30 Jahren gemittelt; Preisbasis 1.1.1973.

Bei 0 e 1 ist die derzeitige Situation gekennzeichnet durch eine gezielte Verknappungspolitik seitens der Förderländer und ein sprunghaftes Ansteigen der Listenpreise. Mit einem weiteren starken Preisanstieg muß aufgrund der Marktlage gerechnet werden, bis Substitutionsenergie in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht. Für den Kraftwerksbetrieb kommen dabei Kohle, für andere Bereiche Kohlenwasserstoffe aus Teerschiefer und Ölsand in Betracht. Da weltweit große Reserven an Substitutionsenergie

vorhanden sind, sind langfristig Ölpreissteigerungen, die auf die gegenseitigen Abhängigkeiten der Rohenergiepreise keine Rücksicht nehmen, Grenzen gesetzt.

In der hier vorliegenden Untersuchung wird zunächst mit einem im Vergleich zum Listenpreis vom Januar 1974 (80 \$/t) niedrigen Ölpreis von etwa 30 \$/t gerechnet ¹⁾. Es ist dabei zu berücksichtigen daß Listenpreise und tatsächlich erzielte Preise weit auseinanderklaffen und daß schwefelreiches Rohöl, wie es für den Kraftwerksbetrieb der meisten Entwicklungsländer infrage kommt, zu bedeutend geringeren Preisen verfügbar ist als das von den Industrieländern benötigte schwefelarme Öl.

Die länderspezifischen Transportkosten werden in Preisen vom 1.1.73 zum Ölpreis addiert, Steuern und Zölle bleiben unberücksichtigt.

Der Ölpreis von etwa 30 \$/t zuzüglich Transportkosten (ab Persischem Golf) wird auch für Länder mit bedeutenden eigenen Ölvorkommen angesetzt, sowie für Länder ohne freien Energiemarkt.

Angesichts des starken Anstiegs der Ölpreise in letzter Zeit liegt es nahe, zusätzlich den Markt für Kernkraftwerke bei einem höheren Ölpreis abzuschätzen. Deswegen werden die Untersuchungen ebenfalls für 60 \$/t Öl (Transportkosten wurden für diesen Fall als klein gegenüber dem Ölpreis vernachlässigt) durchgeführt.

Erdgas kann als Brennstoff relativ leicht durch Öl ersetzt werden und umgekehrt. In vielen Ländern orientiert sich der Erdgaspreis daher am Ölpreis. Aus diesem Grunde wurde für das Erdgas derselbe Wärmepreis wie bei Öl zugrundegelegt.

In einigen Ländern ist der Kostenvergleich von Kernkraftwerken mit ölgefeuerten Kraftwerken nicht sinnvoll, weil nur andere

1) schweres Rohöl ohne Begrenzung des Schwefelgehaltes

Primärenergieträger z.B. Steinkohle, Braunkohle, Torf zur Kernenergie in Konkurrenz stehen.

Die Kosten für den Einsatz dieser Energieträger werden wie für den Energieträger Uran auf der Basis der Preise vom 1.1.1973 konstant gehalten, sofern nicht spezielle anderslautende Informationen vorliegen.

2.5 Bewertung der Konkurrenzsituation

Die Bewertung der Konkurrenzsituation zwischen nuklearen und konventionellen Kraftwerken erfolgte für alle Länder einheitlich auf der Basis der Stromerzeugungskosten. Damit soll gewährleistet werden, daß die mit manchen Unsicherheiten behafteten Kernenergieprognosen für das einzelne Land mit den Prognosen für andere Länder verglichen werden können, ohne daß zusätzliche Störfaktoren infolge Verwenden anderer Verfahren zu berücksichtigen sind.

Ausgangspunkt des verwendeten Verfahrens ist das Schätzen der Blockleistung, die in der Zukunft (etwa in den Jahren 1980, 1985, 1990) in dem betreffenden Land zugebaut werden kann. Diese Schätzung stützt sich hauptsächlich auf die Prognose des zukünftigen Ausbaus des Verbundnetzes und der in diesem Netz auftretenden Lastspitze.

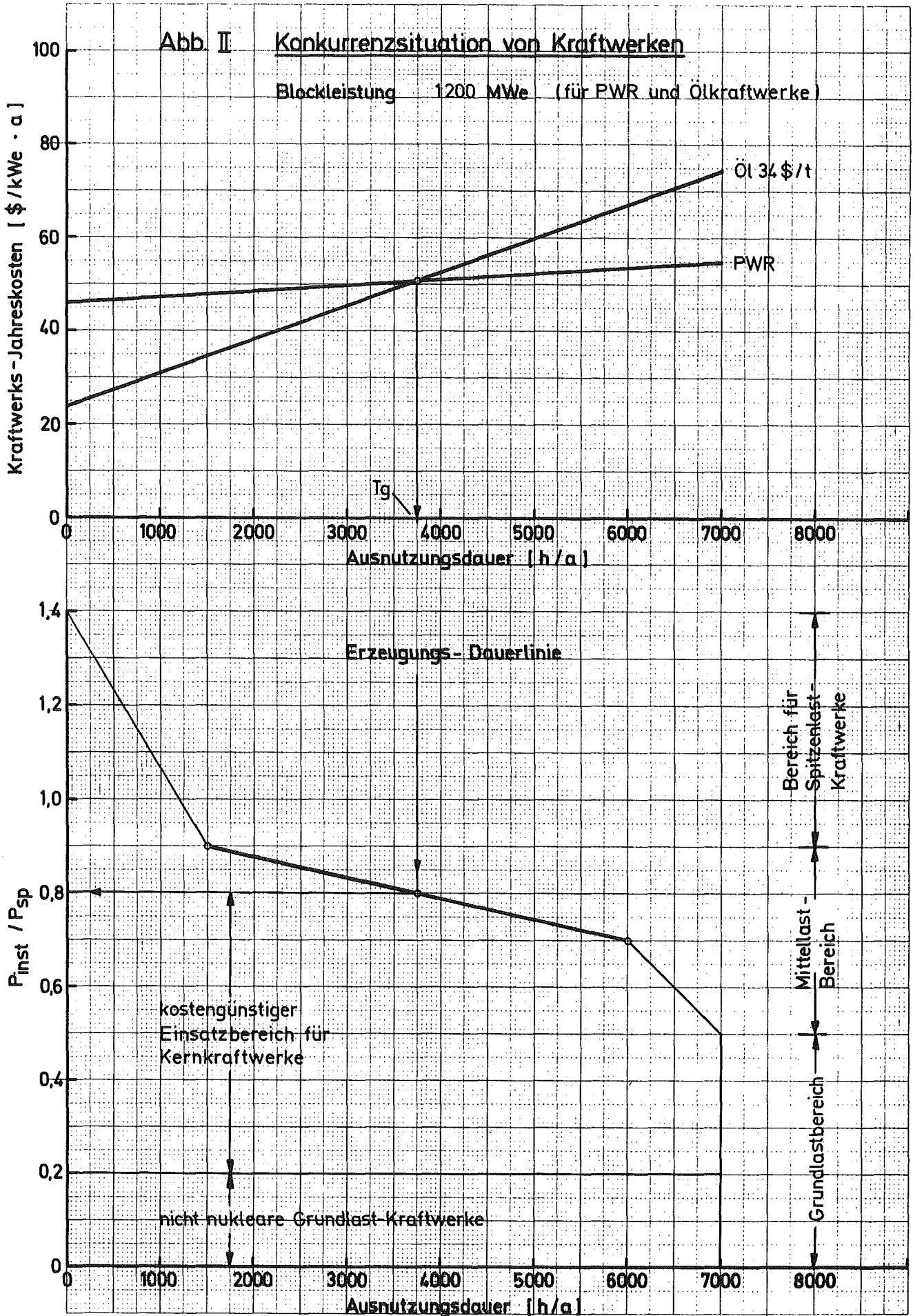
Die Stromerzeugungskosten im Sinne dieser Studie werden als Summe eines festen Anteils (Annuität) und der Brennstoffkosten definiert. Da es hier vornehmlich auf den Vergleich zweier Kostenkurven ankommt, um die kostengünstigste Alternative auszuweisen, sind die absoluten Werte der Kosten nicht so wichtig wie die richtige Relation.

Für ein Kernkraftwerk und ein fossil gefeuertes Kraftwerk - je nach Landessituation öl-, erdgas-, braunkohle- oder steinkohle-gefeuert - der oben festgelegten Leistungsgröße werden die so errechneten Stromerzeugungskosten über den Betriebsstunden im Jahr aufgetragen. Ein Schnittpunkt dieser Linien zeigt Kostengleichheit bei einer bestimmten Benutzungsdauer T_g an. Für kürzere Benutzungsdauern $T < T_g$ arbeitet das konventionelle Kraftwerk d.h. das mit geringerer Annuität kostengünstiger, für längere Benutzungsdauern ist das Kernkraftwerk kostengünstiger, vgl. Abb. II.

Aussagen über die günstigste Zusammensetzung des Kraftwerkparks

Abb. II Konkurrenzsituation von Kraftwerken

Blockleistung 1200 MWe (für PWR und Ölkraftwerke)



hinsichtlich der Kraftwerkstypen erhält man, wenn man mit der Benutzungsdauer T_g , bei der Kostengleichheit vorliegt, in die Erzeugungsdauerlinie eingeht. T_g legt fest, bis zu welchem Anteil an der gesamten installierten Leistung Kernenergie kostengünstig eingesetzt werden kann (nachdem Laufwasserkraftwerke u.ä. in Abzug gebracht worden sind). Außerdem zeigt das Verhältnis der Flächen unter der Erzeugungsdauerlinie, welcher Anteil der gesamten erzeugten Energie kostengünstig von Kernkraftwerken und anderen Grundlastkraftwerken geliefert werden kann.

Da in der Praxis Erzeugungsdauerlinien von Kraftwerken im Verbund kaum zu beschaffen sind, wurden für die Zwecke dieser Studie Modellkurven verwendet, die den Verlauf der Erzeugungsdauerlinien im Mittellastbereich wiedergeben sollen. Diese Modellkurven nehmen für den Grundlastbereich Werte von 20 % bis zu 50 % der Spitzenlast an und ergeben Lastfaktoren von 0,5 bis 0,7.

Der lineare Verlauf der Modelldauerlinien im Mittellastbereich soll eine Beeinflussung des Ergebnisses durch Zufälligkeiten im Verlauf der wahren Dauerlinie verhindern.

Neben diese recht grobe und rein kommerzielle Bewertungsmethode müssen andere Kriterien gestellt werden:

- Regionale Besonderheiten, wie z.B. schlecht ausgebautes oder fehlendes Verbundnetz, Ballungszentren, mangelhafte Verkehrsverbindung
- Sicherheit der Versorgung mit Primärenergie
- Umweltbelastung.

Der Kostenvergleich sollte deswegen nicht überbewertet und etwa zu einem aufwendigen Optimierungsverfahren weiterentwickelt werden, das optimale Zubaufolgen errechnet. Neben den oben angeführten Gründen rechtfertigt das für viele Länder unsichere Datenmaterial nicht den höheren Aufwand einer umfangreichen Optimierungsrechnung.

2.6 Genauigkeit der Ergebnisse

Allgemein ist zu sagen, daß die Genauigkeit der ermittelten Werte abnimmt, je weiter man sich von der Ausgangsprognose, der Schätzung des zukünftigen Elektrizitätsverbrauchs, entfernt und je mehr der prognostizierte Wert von anderen Schätzungen abhängt. Hier ist speziell der Schritt zu nennen, bei dem aus einem Kostenvergleich über eine geschätzte modellmäßige Jahreserzeugungsdauerlinie auf die kostenoptimale Zusammensetzung des Kraftwerksparks geschlossen wird (vgl. Abb. II). Die Berechtigung diesen Schritt zu vollziehen leiten wir daraus ab, daß

- statistische Jahreserzeugungsdauerlinien für einzelne Länder praktisch nicht verfügbar sind. Man ist hier ohnehin auf Schätzungen angewiesen.
- statistische Jahreserzeugungsdauerlinien, falls sie verfügbar wären, ohnehin abgeändert werden müßten, um sie für Prognosezwecke bis 1990 verwenden zu können.
- von den Jahresdauerlinien ohnehin nur der Abschnitt des Mittelastbereichs verwendet wird. Das verwendete Verfahren versagt, bzw. wird ungenau oder instabil, wenn die Schnittpunkte der Kostengeraden (vgl. Abb. II) Werte für T_g ergeben, die nahe bei 7000 h oder im Bereich 0 - 500 h liegen.

Der bekannte monoton fallende Charakter der Erzeugungsdauerlinie, ein plausibler gleichmäßig stetiger Verlauf der Kurve im hier benutzten mittleren Abschnitt, die Konstruktion der Kurve entsprechend einem für das betreffende Land vernünftig gewählten Lastfaktors, eine plausible Annahme über die Höhe des Grundlastbereichs - diese Dinge veranlassen uns, die Ergebnisse dieser Abschätzung letztlich also die Werte für den nuklearen Zubaubedarf als aussagekräftig anzusehen, auch wenn keine quantitativen Fehlergrenzen für die Ergebnisse angegeben werden können.

3. Zusammenfassung der Ergebnisse

In dieser Arbeit sind 68 Länder, die mit ihren 3,2 Milliarden Einwohnern etwa 90 % der Weltbevölkerung ausmachen, auf die Einsatzmöglichkeit für Kernenergie zur Stromerzeugung hin einzeln untersucht worden. Übersichtszahlen der Prognosen über Elektrizitätsverbrauch, Zubaubedarf an gesamter und nuklearer Kraftwerksleistung und heutigen Stand des Kernenergieeinsatzes, die aus den Länderberichten des Teil II zusammengestellt sind, enthalten die Abbildungen und Tabellen A-1 bis A-6 am Schluß dieses Abschnitts. Die entsprechenden Zahlen für die einzelnen Erdteile und die Gesamtzahlen für die Länder der Welt, soweit sie in dieser Studie untersucht worden sind, zeigt Tab. III.

Tab. III Ergebnisse der Zubaubedarfsprognose

Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
Europa	1920	3740	6540	680	620	630	148	76 499
Afrika	60	120	250	40	6	10	0	0
Nordamerika	1760	3370	6550	630	620	630	201	181 530
Südamerika	80	180	370	50	26	29	3	1 519
Asien	470	1160	2700	400	240	260	39	20 490
Ozeanien	60	100	180	20	0,4	0,4	0	0
WELT	4360	8670	16590	1820	1510	1560	391	280 038

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen (ca. 30 \$/t)

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

Die globale Schätzung (vgl. Tab. III) für den Elektrizitätsverbrauch steht im Einklang mit anderen Prognosen, z.B. mit den etwa 6% höheren Zahlen von Merlin¹⁾ und von Zajonc (loc. cit., vgl. Tab. 3, Weltelektrizitätsbedarf), insbesondere wenn man bedenkt, daß nicht alle Länder der Welt in der vorliegenden Studie berücksichtigt worden sind. Ebenso gleichen sich die Zahlen für den Zubaubedarf an gesamter Kraftwerksleistung. Der nukleare Anteil jedoch, hier zu rund 1,5 TWe ermittelt, ist etwa doppelt so hoch wie die entsprechenden Zahlen anderer Prognosen (vgl. FELIX /555/, sowie Merlin und Zajonc loc. cit.).

Dieser Unterschied ist darauf zurückzuführen, daß hier das m a x i m a l nach den Kriterien dieser Arbeit vertretbare Potential für den Einsatz von Kernkraftwerken abgeschätzt worden ist, ohne Rücksicht darauf, ob diese Leistungen auch tatsächlich erstellt werden können.

Diese Maximalabschätzung eignet sich als Ausgangswert für Entscheidungsprozesse und ermöglicht eine gleichartige Beurteilung für alle Länder.

Die Korrekturfaktoren zur Eingrenzung des realisierbaren Einsatzbereichs, wie sie unten genannt werden, müssen dann für den jeweils konkreten Fall neu diskutiert werden.

Faktoren, die dem vollen Ausschöpfen des aufgezeigten Potentials entgegenstehen, sind der dafür notwendige Kapital-, Devisen- und Kreditbedarf und begrenzte Lieferkapazitäten der Industrie. Bei Exporten in Entwicklungsländer treten dazu noch Lieferschwierigkeiten der einheimischen Industrie, die ja gewöhnlich an Kernkraftwerksbauten in steigendem Maße beteiligt werden soll. Ferner muß berücksichtigt werden, daß die Einführung der neuen nuklearen Technologie in einem Land nur mit begrenzten Steigerungsraten vollzogen werden kann. Alle diese Faktoren wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt, da sie nicht nur von Land zu Land stark variieren, sondern auch beim einzelnen Projekt sehr unterschiedlich beurteilt werden können. Für manche Länder ist diese Frage quantitativ untersucht worden: So gibt es Schätzungen für die USA (vgl. Länderbericht "Vereinigte Staaten von Amerika"), die darauf hindeuten, daß dort maximal 70 % des Potentials für Kernenergie realisiert werden können. Diese Zahl kann natürlich nicht auf andere Länder übertragen werden. Einen gewissen Anhaltspunkt kann hier das Anwachsen des Grundlastanteils geben.

1) H.B. Merlin: Energy Consumption, its Growth and Pattern, AECL-3293, Chalk River, March 1969

Abb. III
EUROPA + AMERIKA

GWe

P_{min} = Grundlastanteil

1000

P_{oec} = ökonomisches Einsatzpotential
für Kernenergie nach der vor-
liegenden Arbeit

750

P_{min}

500

P_{oec}

250

0

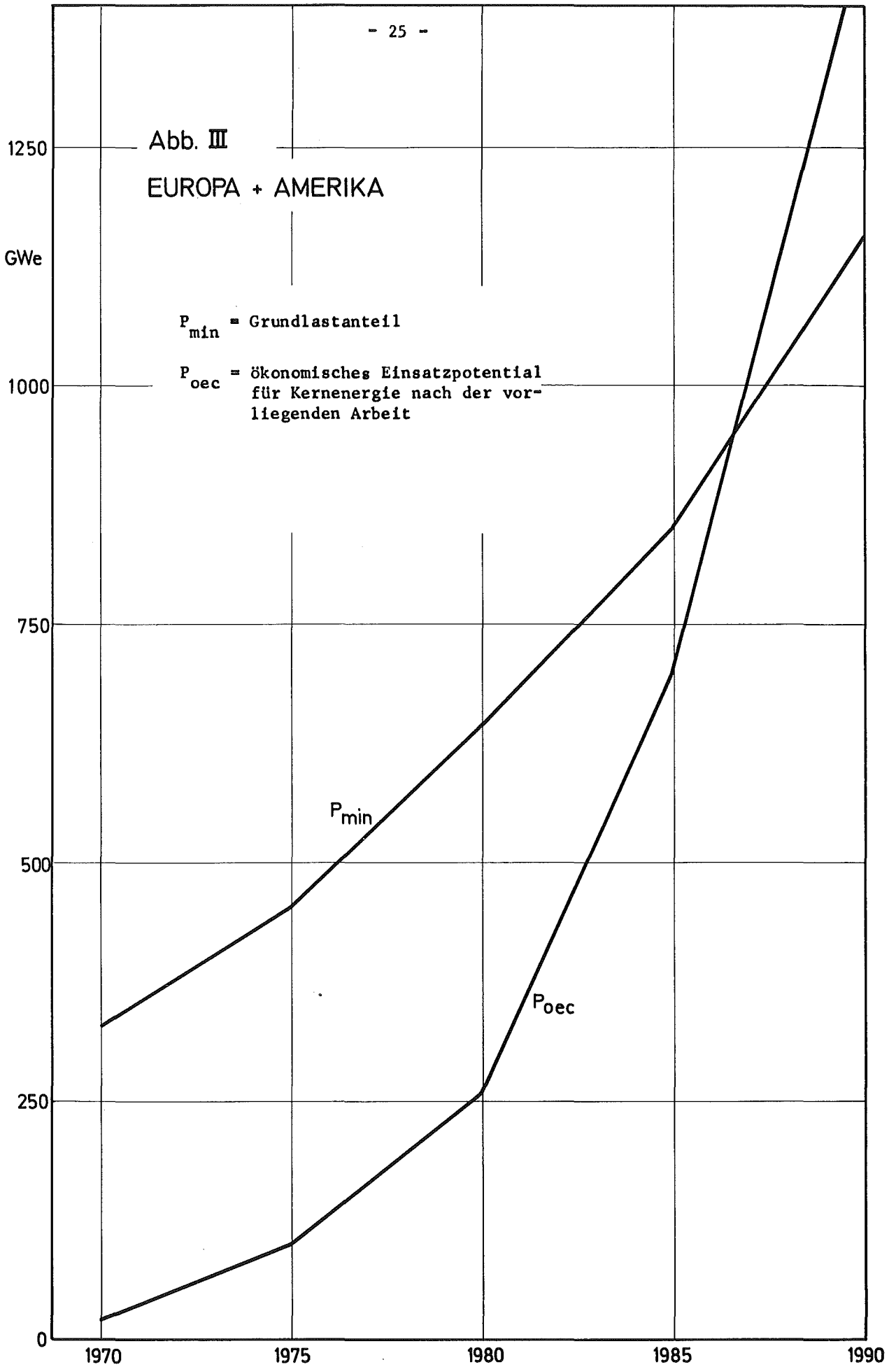
1970

1975

1980

1985

1990



Nimmt man eine Abschätzung dieses Anteils für Amerika und Europa vor (für die afrikanischen und asiatischen Staaten sind keine oder nur sehr unsichere Angaben verfügbar), dann zeigt sich, daß im Zeitraum 1980 - 1990 das Anwachsen des Grundlastanteils P_{\min} etwa 40 % des von uns geschätzten ökonomischen Einsatzpotentials P_{oec} ausmacht. Setzt man also voraus, daß das Einsatzpotential für Kernenergie nur soweit genutzt wird, wie sie im Grundlastbereich eingesetzt werden kann, so kommen wir zu Größenordnungen (0,6 TWe), wie sie auch von anderen Seiten geschätzt werden (vgl. dazu Abb. III).

Eine zweite bemerkenswerte Eigenschaft der globalen Ergebnisse ist die Unempfindlichkeit der Prognose des nuklearen Zubaubedarfs in Bezug auf den Ölpreis. Diese geringe Auswirkung des Ölpreises (genauer: eines weiteren Anstiegs des Ölpreises) auf das Kernenergiepotential beruht hauptsächlich darauf, daß hier den Berechnungen der Konkurrenzsituation zwischen Öl- und Kernkraftwerken bereits die hohen Ölpreise der Zeit nach dem Herbst 1973 zugrunde gelegt wurden.

Durch diese Preise verschiebt sich die Konkurrenzsituation bei vielen untersuchten Ländern so sehr zu Gunsten der Kernenergie, daß der gesamte Zubaubedarf an Kraftwerksleistung kostengünstig durch Kernkraftwerke abgedeckt wird. Ein weiteres Ansteigen des Ölpreises hat dann keine Auswirkungen mehr auf die Einsatzmöglichkeiten der Kernenergie.

Diese Situation tritt häufig (40 mal) bei den europäischen Staaten auf, sowie bei USA und Kanada. Da diese Länder aber bereits den Hauptanteil des Weltzubaubedarfs an Kernkraftwerken ausmachen, wird dadurch die andersgeartete Situation in den übrigen Ländern vollständig überdeckt. So erklärt sich der geringe Unterschied von nur etwa 3 % in den globalen Zubauprosen für Kernkraftwerke (Spalten 5 und 6 in der Tabelle III).

Wichtige Eigenschaften des hier abgeschätzten Potentials sind seine zeitliche Entwicklung, seine Struktur, d.h. die Block-

größen, die zum Einsatz kommen können, und die Verteilung dieses Potentials auf die verschiedenen Länder.

Die Frage nach der zeitlichen Entwicklung des Potentials wird in den Abb. A-1.3, A-3.3 und A-4.3 teilweise beantwortet. In der Tab. IV sind zusätzlich die Länder nach dem Jahr, von dem ab ein wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie frühestens möglich erscheint, geordnet. In den Jahren 1980 - 1985 wird sich die Anzahl der Länder, in denen Kernenergie wirtschaftlich eingesetzt werden kann, fast verdreifachen.

Tab. IV

Frühester Termin für den wirtschaftlichen Einsatz der Kernenergie	
1965	Großbritannien
1969	USA
1970	Japan, Sowjetunion
1972	Deutschland (BRD)
1974	Bulgarien, Deutschland (DDR), Schweden, Schweiz, Tschechoslowakei
1975	Belgien, Frankreich, Italien, Niederlande, Ungarn; Mexiko; China (Taiwan), Korea (Süd)
1976	Finnland, Österreich, Spanien; Kanada, Puerto Rico
1978	Dänemark, Griechenland, Irland, Jugoslawien, Portugal Rumänien, Türkei; Ägypten, Sambia; Brasilien, Kolumbien, Kuba, Peru, Venezuela; China (VR), Hongkong, Indien, Indonesien, Iran, Israel, Malaysia, Philippinen, Thailand, Vietnam (Süd)
1985	Norwegen; Algerien, Ghana, Marokko, Südafrikanische Union; Chile, Jamaica; Libanon, Pakistan, Singapur
bis 1990	Bangla Desh; Neuseeland
nach 1990	Polen; Rhodesien; Irak, Korea (Nord), Kuwait; Australien

Der nukleare Zubaubedarf 1980 - 1990
unter Referenzbedingungen

Land	GWe	%
Vereinigte Staaten von Amerika	550	36,2
Sowjetunion	210	13,8
Japan	170	11,2
Großbritannien	102	6,71
Frankreich	70	4,61
Kanada	47	3,09
Deutschland (BRD)	46	3,03
Italien	33	2,17
Schweden	22,5	1,48
Indien	22,4	1,47
Tschechoslowakei	21,1	1,39
Mexiko	20,0	1,32
Spanien	16,5	1,09
Rumänien	12,5	0,82
Niederlande	11,9	0,78
China (VR)	10,0	0,66
Venezuela	10,0	0,66
Bulgarien	8,3	0,55
China (Taiwan)	8,0	0,53
Norwegen	8,0	0,53
Belgien	7,5	0,49
Brasilien	7,4	0,49
Korea (Süd)	6,3	0,41
Finnland	6,0	0,40
Thailand	6,0	0,40
Israel	5,8	0,38
Argentinien	5,6	0,37
Türkei	5,5	0,36
Schweiz	5,1	0,34
Jugoslawien	4,9	0,32
Dänemark	4,8	0,32
Deutschland (DDR)	4,8	0,32
Philippinen	4,6	0,30
Ägypten (hohe Progn.)	4,5	0,30
Griechenland	4,4	0,29
Puerto Rico	4,4	0,29
Portugal	4,0	0,26
Polen	4,0	0,26
Österreich	3,3	0,22
Iran	3,0	0,20
Hongkong	2,9	0,19
Ungarn	2,7	0,18
Irland	2,0	0,13
Südafrikanische Union	2,0	0,13
Kolumbien	1,5	0,10
(Ägypten, niedrige Prognose)	1,5	
Pakistan	1,2	0,08
Kuba	1,1	0,07
Chile	1,0	0,07
Singapur	0,8	0,05
Jamaica	0,6	0,04
Neuseeland	0,4	0,03

Eine Anordnung der Länder nach ihrem nuklearen Zubaubedarf 1980 - 1990 zeigt die Tab. V. Aus ihr geht u.a. hervor, daß unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten (Wiederaufarbeitungsanlage einer Kapazität von etwa 1 500 t/a) ein eigenständiger, nationaler, nuklearer Brennstoffzyklus bis 1990 lediglich in sieben Staaten betrieben werden kann.

Teilt man den nuklearen Zubaubedarf der Welt nach den Kraftwerksgrößen auf, die sich nach dieser Arbeit ergeben, so zeigt sich (vgl. Tab. VI), daß für Blockgrößen um und unter 300 MWe in Zukunft auch in Entwicklungsländern kein großer Bedarf sein wird (abgesehen von kleinen Kernkraftwerken für Sonderzwecke). Weiter erkennt man eine Hervorhebung der Blockgrößen um 600 MWe und im Bereich 800/900 MWe und über 1000 MWe. Natürlich liegen diesen Aussagen die sehr pauschalen Annahmen zugrunde, die für die Anfertigung dieser Studie aus praktischen Gründen getroffen werden mußten (vgl. 2.3 "Bestimmung der maximal zulässigen Lei-

Tab. VI

Verteilung des nuklearen Zubaubedarfs 1980-1990 in GWe nach Blockgrößen in MWe								
	Blockgröße in MWe							
	300	400	500	600	700	800	900	1000 und darüber
Europa		7,1	6,8	14,4	10,2	23,5	15,9	543,3
Afrika				4,0				2,0
Nordamerika	0,6	3,3		3,0	9,0		10,0	597,0
Südamerika	1,7	0,8	5,0	2,0	5,0	3,6		7,4
Asien	0,8	8,2	6,4	14,9		8,0	11,0	191,0
Ozeanien		0,4						
Welt	3,1	19,8	18,2	39,3	24,2	35,1	36,9	1340,7

stungen eines Kraftwerksblocks"). In Einzelfällen können sich erhebliche Unterschiede zwischen tatsächlichen Gegebenheiten und pauschaler Abschätzung ergeben.

Die Zahl der Länder, die für die Lieferung von Kernkraftwerken zur Deckung des hier abgeschätzten Potentials in Frage kommen, ist beschränkt. Einen ersten Anhaltspunkt dafür liefert eine Aufstellung der Kernkraftwerksexporte, die bereits ausgeführt wurden oder festliegen (vgl. Tab. VII, Stand Mitte 1973). Da bei der Lieferung von Großanlagen, wie sie Kernkraftwerke darstellen, nicht nur Lieferkapazitäten sondern in sehr starkem Maße auch Finanzierungsbedingungen eine gewichtige Rolle spielen, wird auf eine Prognose der Entwicklung der Kernkraftwerksausfuhr und der Anteile der verschiedenen Exportländer daran verzichtet.

Der weltweite Bau und Betrieb von Kernkraftwerken hat Anforderungen an den Brennstoffkreislauf zur Folge. Da diese aber von dem verwendeten Kraftwerkstyp und sogar noch von der Betriebsart (Pu-Recycling in LWR) abhängen, scheint es verfrüht, hier aus dem geschätzten Kernkraftwerkspotential bereits Schlüsse auf die Anforderungen an die Brennstoffkreislaufindustrie zu ziehen.

Tab. VII
Kernkraftwerkexporte der Welt (Stand Mitte 1973)

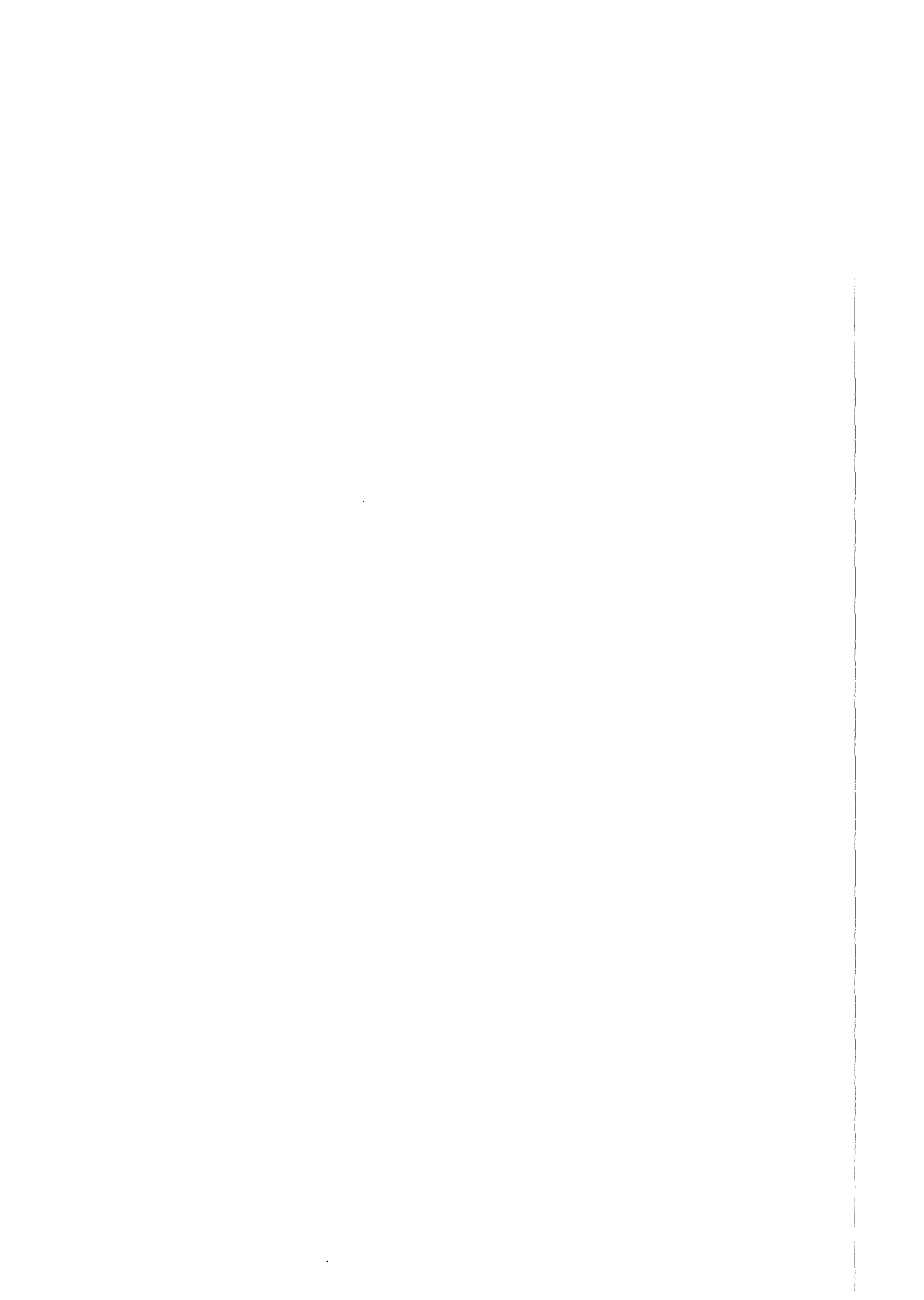
Exportland	Hersteller	Importland	Name der Anlage	Reaktor- typ	Leistung MWe	Auftrag Jahr	Betrieb
Deutschland (BRD)	KWU	Argentinien	Atucha	HWR	319	1968	1974
	KWU	Niederlande	Borssele	PWR	450	1969	1973
	JV	Österreich	Tullnerfeld	BWR	692	1971	1976
	KWU	Schweiz	Gösgen	PWR	920	1973	1978
Frankreich	Konsortium	Spanien	Vandellos	GG	480	1967	1972
Großbritannien	TNPG	Italien	Latina	GG	200'	1958	1962
JV	General Electric	Schweiz	Kaiserstuhl	BWR	850	1970	? mit BBC/ Kons.
JV	General Electric	Schweiz	Leibstadt	BWR	940	1972	1978 mit BBC
	Westinghouse	Spanien	Zorita 1	PWR	153	1964	1968
	General Electric	Spanien	Sta. Maria de Garona	BWR	4401	1965	1971
	Westinghouse	Spanien	Almaraz 1/2	PWR	2x930	1971	1976/77
	Westinghouse	Spanien	Lemoniz 1	PWR	930	1971	1977
	Westinghouse	Spanien	Lemoniz 2	PWR	930	1972	1978
	Westinghouse	Spanien	Asco 1/2	PWR	2x930	1972	1977/78
	General Electric	Spanien	Cofrentes	BWR	975	1973	1977

Abkürzungen:

- JV = Joint venture
 Dept. AE = Department of Atomic Energy (Indien)
 AECE = Association des Ateliers de Charleroi et de
 Coquerill Ougrée Providence (Belgien)
 AMN = Ansaldo Meccanico Nucleare (Italien)

Quelle: Atomwirtschaft

18 (Okt. 1973)



Anhänge zum Teil I

Ergebnisse der Länderberichte
nach Erdteilen geordnet
in Form von Abbildungen und Tabellen

- A-1 Europa
- A-2 Afrika
- A-3 Nord-Amerika
- A-4 Süd-Amerika
- A-5 Asien
- A-6 Ozeanien

Es sind nur Ergebnisse für diejenigen Länder angegeben,
die die Auswahlkriterien (vgl. S. 4) erfüllen.

A-1 Europa

Abb. A-1.1 Landkarte

A-1.2 Elektrizitätsverbrauch pro Kopf

A-1.3 Ökonomisches Einsatzpotential P_{oec}
und Grundlastanteil P_{min}

Tab. A-1.4 Nuklearer Zubaubedarf

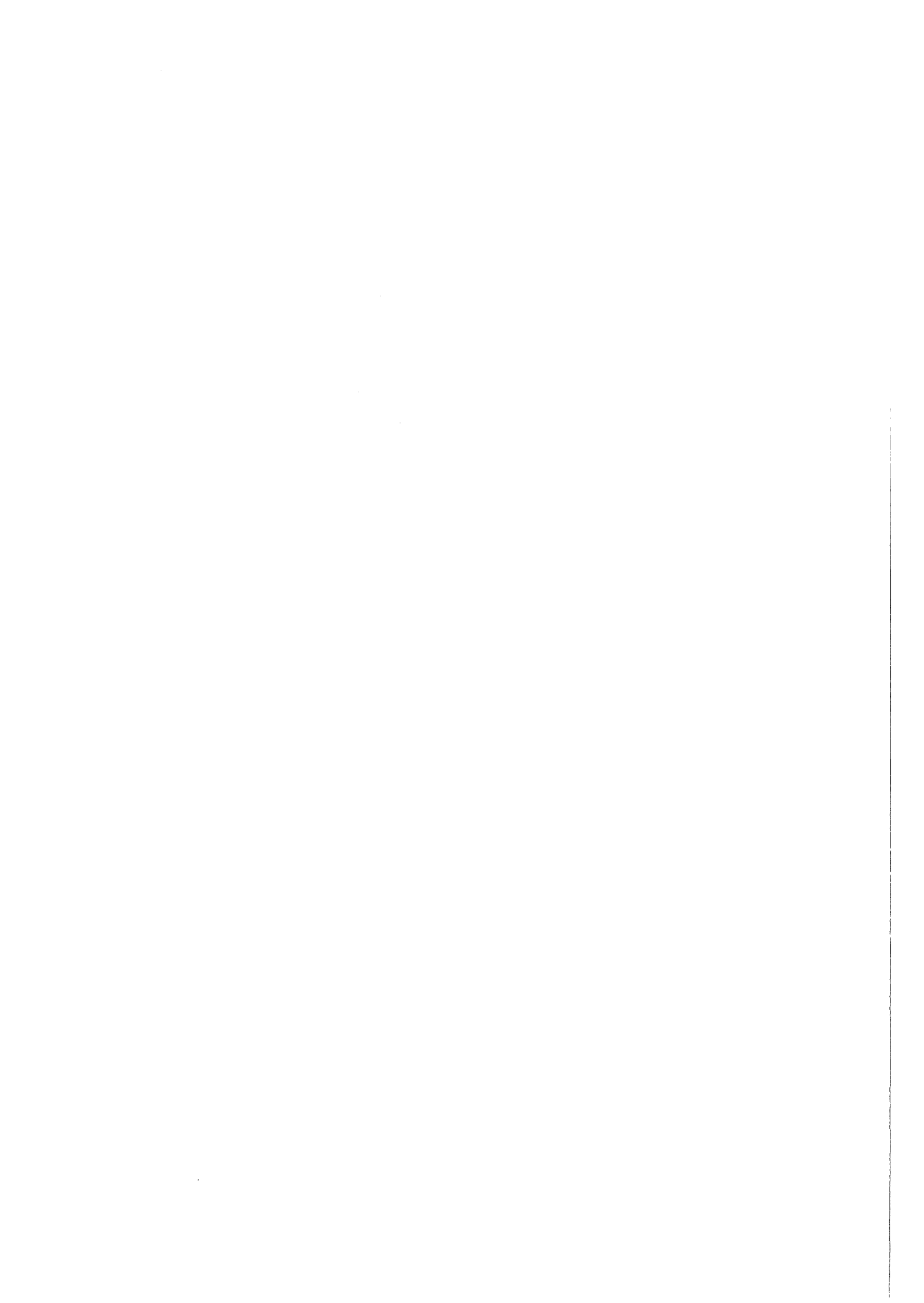
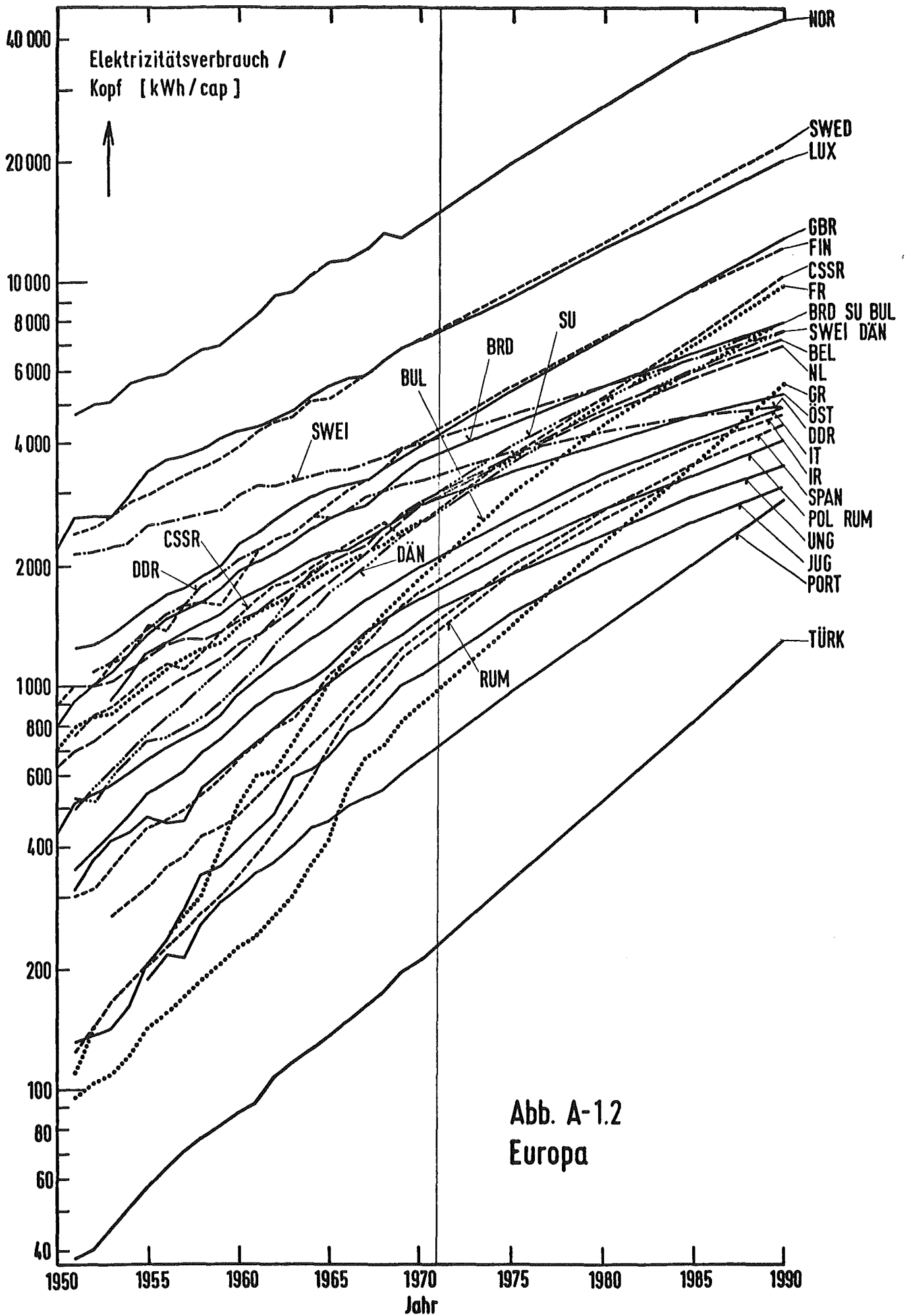


Abb. A-1.1

Europa



BEL	Belgien
BRD	Deutschland, BRD
BUL	Bulgarien
CSSR	Tschechoslowakei
DÄN	Dänemark
DDR	Deutschland, DDR
FIN	Finnland
FR	Frankreich
GBR	Großbritannien
GR	Griechenland
IR	Irland
IT	Italien
JUG	Jugoslawien
LUX	Luxemburg
NL	Niederlande
NOR	Norwegen
ÖST	Österreich
POL	Polen
PORT	Portugal
RUM	Rumänien
SPAN	Spanien
SWEI	Schweiz
SWED	Schweden
SU	Sowjetunion
TÜRK	Türkei
UNG	Ungarn



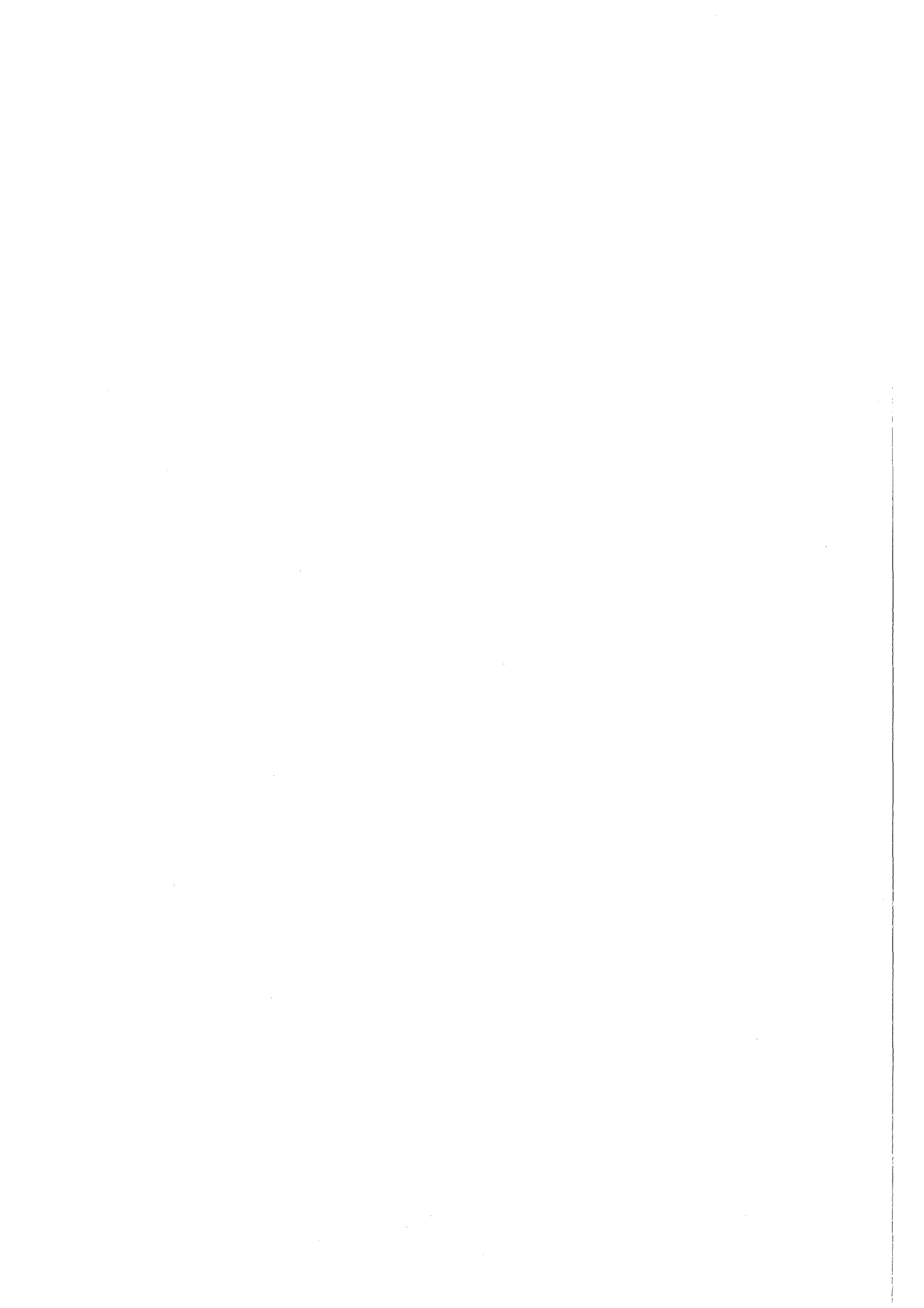
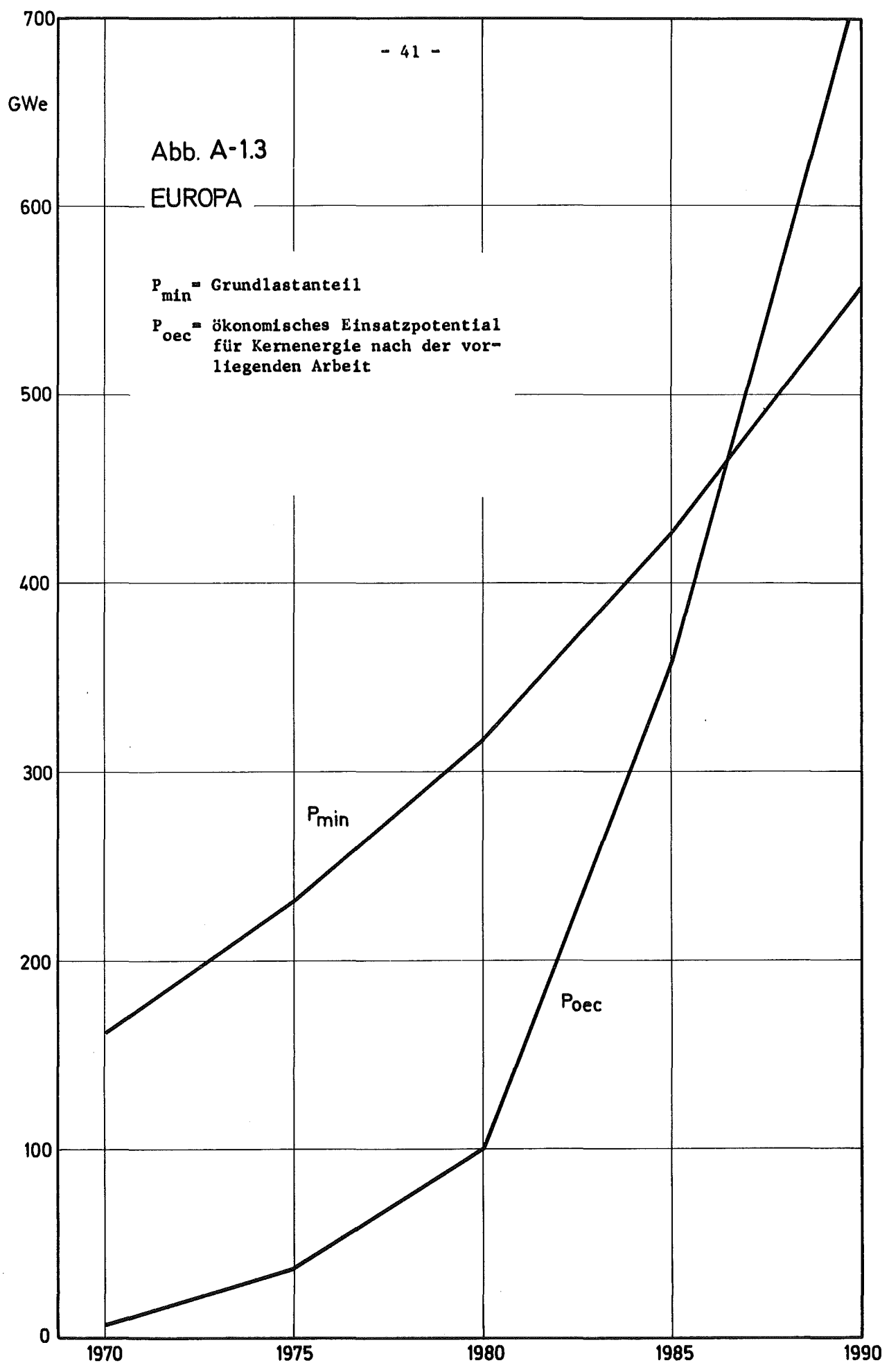


Abb. A-1.3

EUROPA

P_{min} = Grundlastanteil
 P_{oec} = ökonomisches Einsatzpotential für Kernenergie nach der vorliegenden Arbeit



Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>EUROPA:</u>								
Belgien	27,7	49,4	80,5	7,7	7,5	7,5	4	1293
Bulgarien	15,8	40,3	77,3	9,1	8,3	8,8	4	1760
Dänemark	13	25,6	44	5,4	4,8	5,3	0	0
Deutschland (BRD)	219	365	564	46	46	46	24	14367
Deutschland (DDR)	55,4	78,4	102	4,8	4,8	4,8	5	1840
Finnland	19	35,8	59	6,2	6	6	3	1540
Frankreich	130	269	552	70	70	70	16	8278
Griechenland	8	21	54	9	4,4	4,4	0	0
Großbritannien	225	439	857	102	102	102	20	11831
Irland	5,1	10,4	18,2	2,1	2	2	0	0
Italien	105	197	321	33	33	33	5	1442
Jugoslawien	22	45,5	78,1	9,1	4,9	4,9	0	0
Luxemburg	2,4	4,5	8,3	0	0	0	0	0
Niederlande	36,5	69,6	118	11,9	11,9	11,9	2	500
Norwegen	57	114	195	19,8	8	8	0	0
Österreich	21	32,5	47,5	3,3	3,3	3,3	1	692
Polen	54	98,6	160	15,2	4	4	0	0

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>EUROPA:</u>								
Portugal	6	15,2	35,6	6,4	4	4,7	0	0
Rumänien	25	60,6	112	12,6	12,5	12,5	0	0
Schweden	57	110	211	24,8	22,5	24,5	10	6472
Schweiz	25	41,3	67,2	6,2	5,1	5,8	6	4196
Sowjetunion	690	1380	2310	211	210	210	31	12030
Spanien	45,2	100	182	23,4	16,5	19,5	10	7508
Tschechoslowakei	37	84,7	174	21,9	21,1	21,1	5	1870
Türkei	7,3	22,8	70,1	12,8	5,5	5,5	0	0
Ungarn	15	25,8	39,9	2,7	2,7	2,7	2	880
Summe:	1920	3740	6540	680	620	620	148	76 499

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

A-2 Afrika

Abb. A-2.1 Landkarte

A-2.2 Elektrizitätsverbrauch pro Kopf

Tab. A-2.3 Nuklearer Zubaubedarf



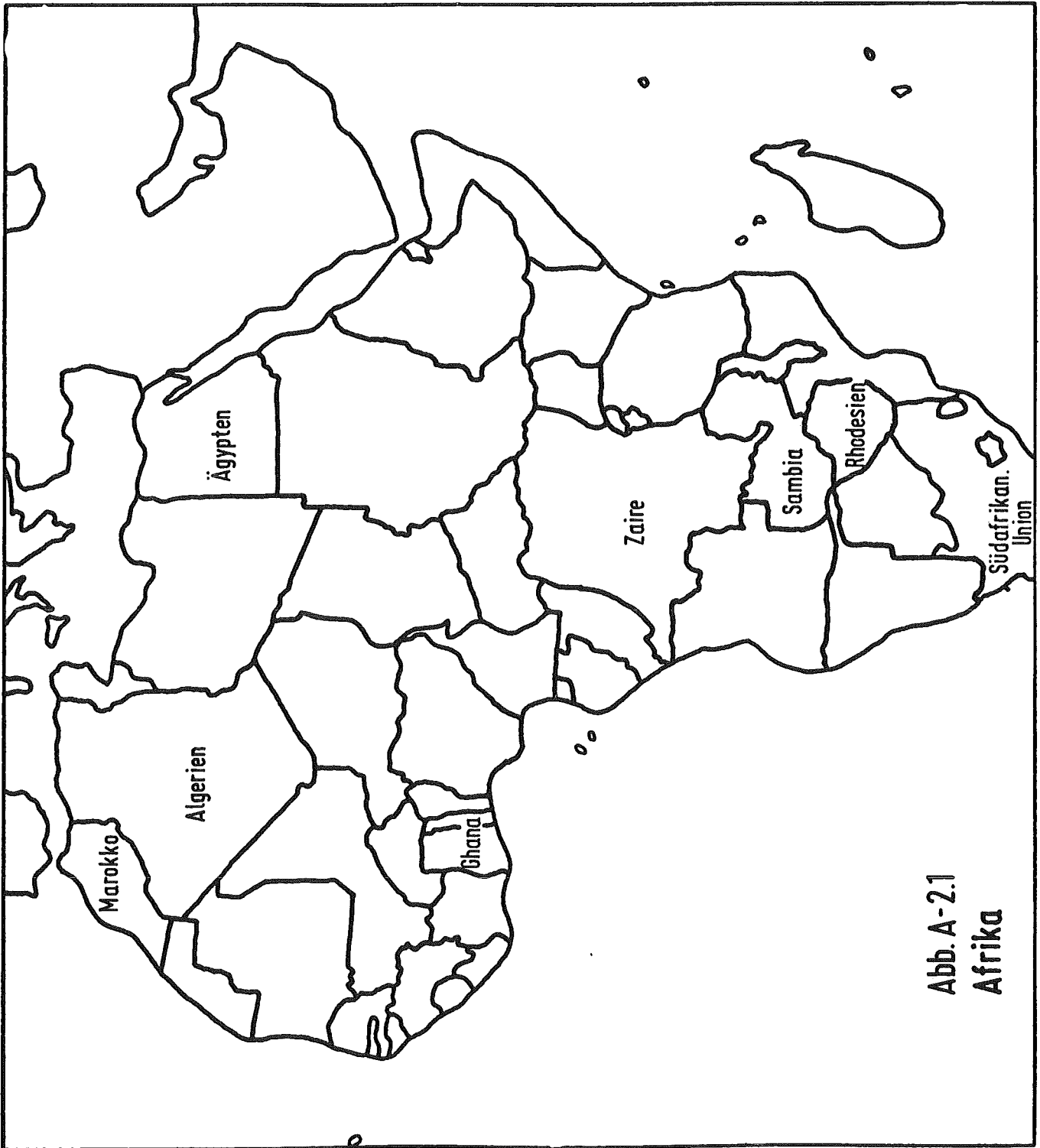


Abb. A-2.1
Afrika

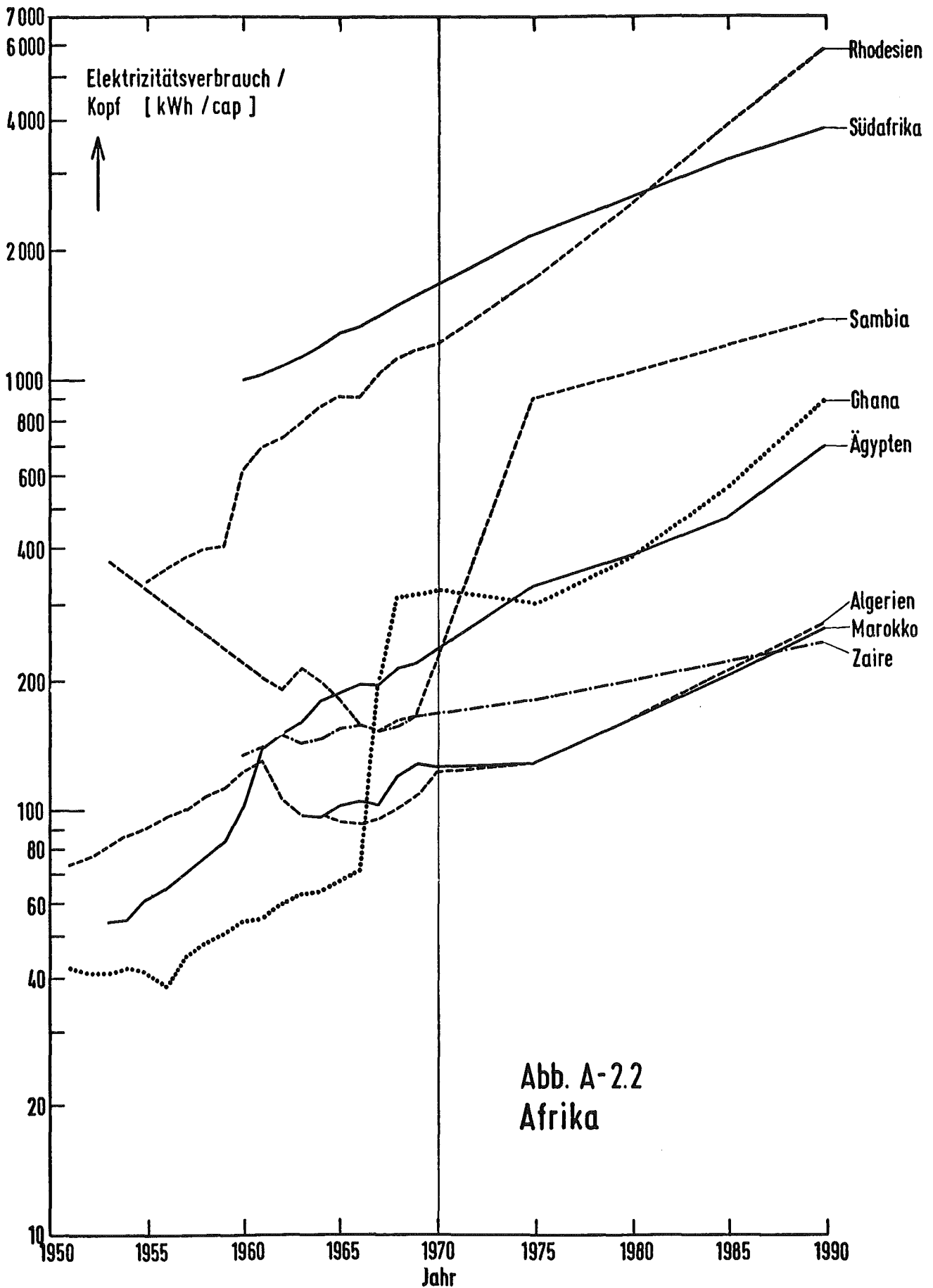


Abb. A-2.2
Afrika



Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973		
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe	
<u>AFRIKA:</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	
Ägypten	niedrige Prog.	6,9	12,6	20,7	1,5	1,5	1,5	0	0
	hohe Prog.	6,9	16,6	37,6	5,4	4,5	5,4		
Algerien		1,4	2,9	6,4	1,1	0	0,6	0	0
Ghana		2,3	4,5	13,1	2,6	0	1,7	0	0
Marokko		1,5	3,3	7	1,2	0	0,7	0	0
Rhodesien		5,8	18,5	56	11,4	0	0	0	0
Sambia		3,4	6,1	10,5	1,3	0	1,3	0	0
Südafrikanische Union		34	68,1	119	16,3	2		0	0
Zaire		3	4,2	6,2	0,6	0		0	0
Summe:		60	120	250	40	6	10	0	0

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

A-3 Nord-Amerika

Abb. A-3.1 Landkarte

A-3.2 Elektrizitätsverbrauch pro Kopf

A-3.3 Ökonomisches Einsatzpotential P_{oec}
und Grundlastanteil P_{min}

Tab. A-3.4 Nuklearer Zubaubedarf

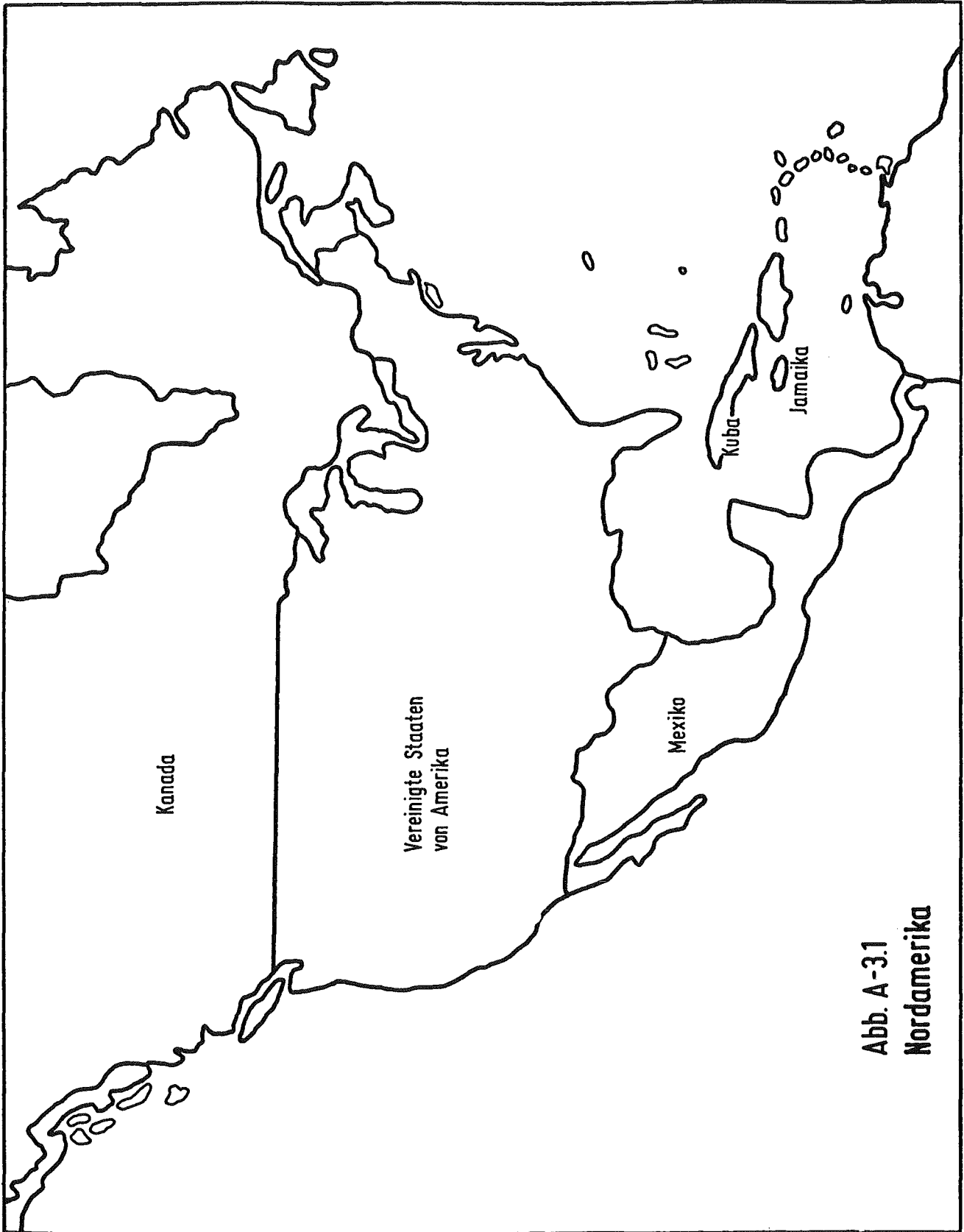
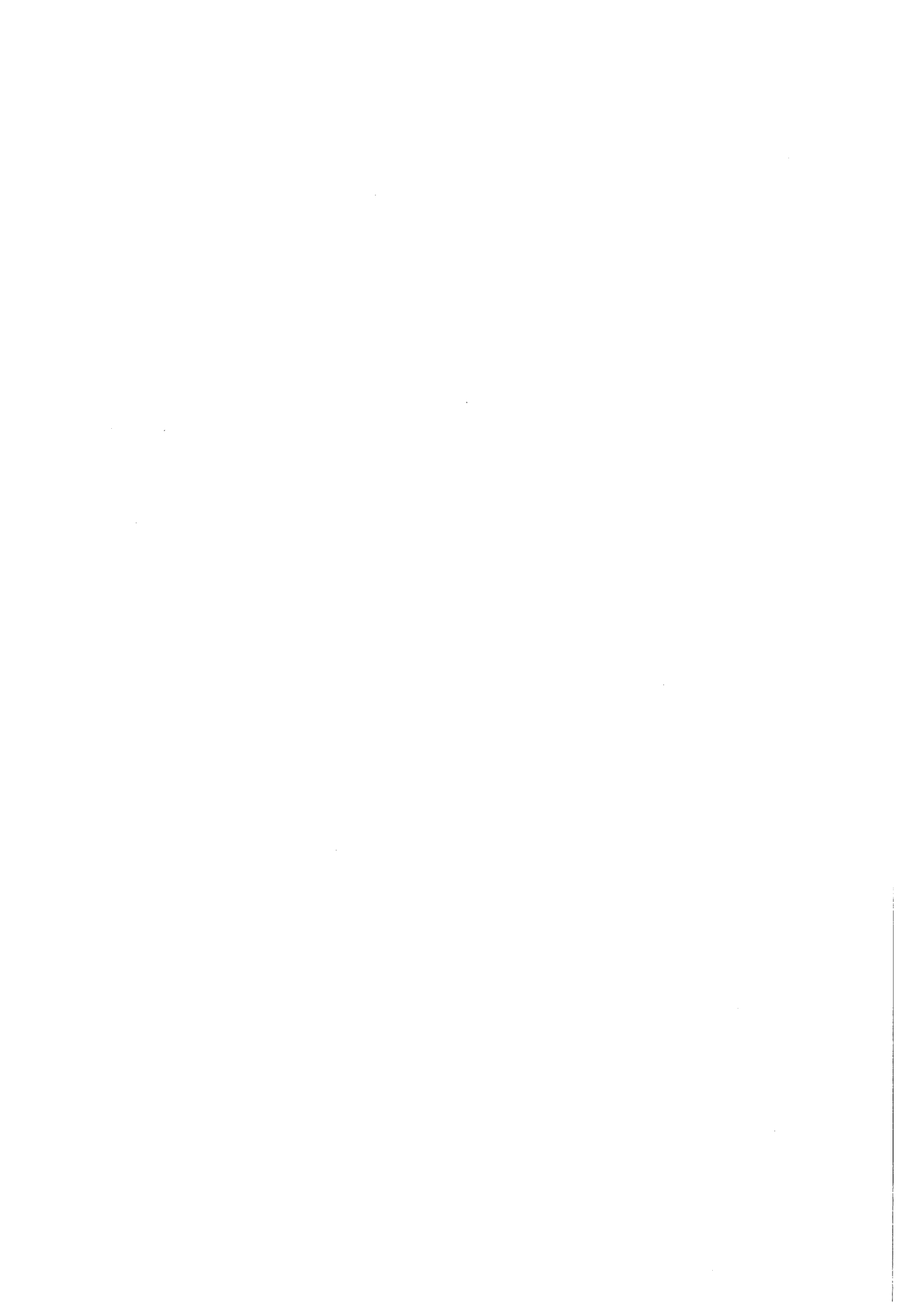


Abb. A-3.1
Nordamerika



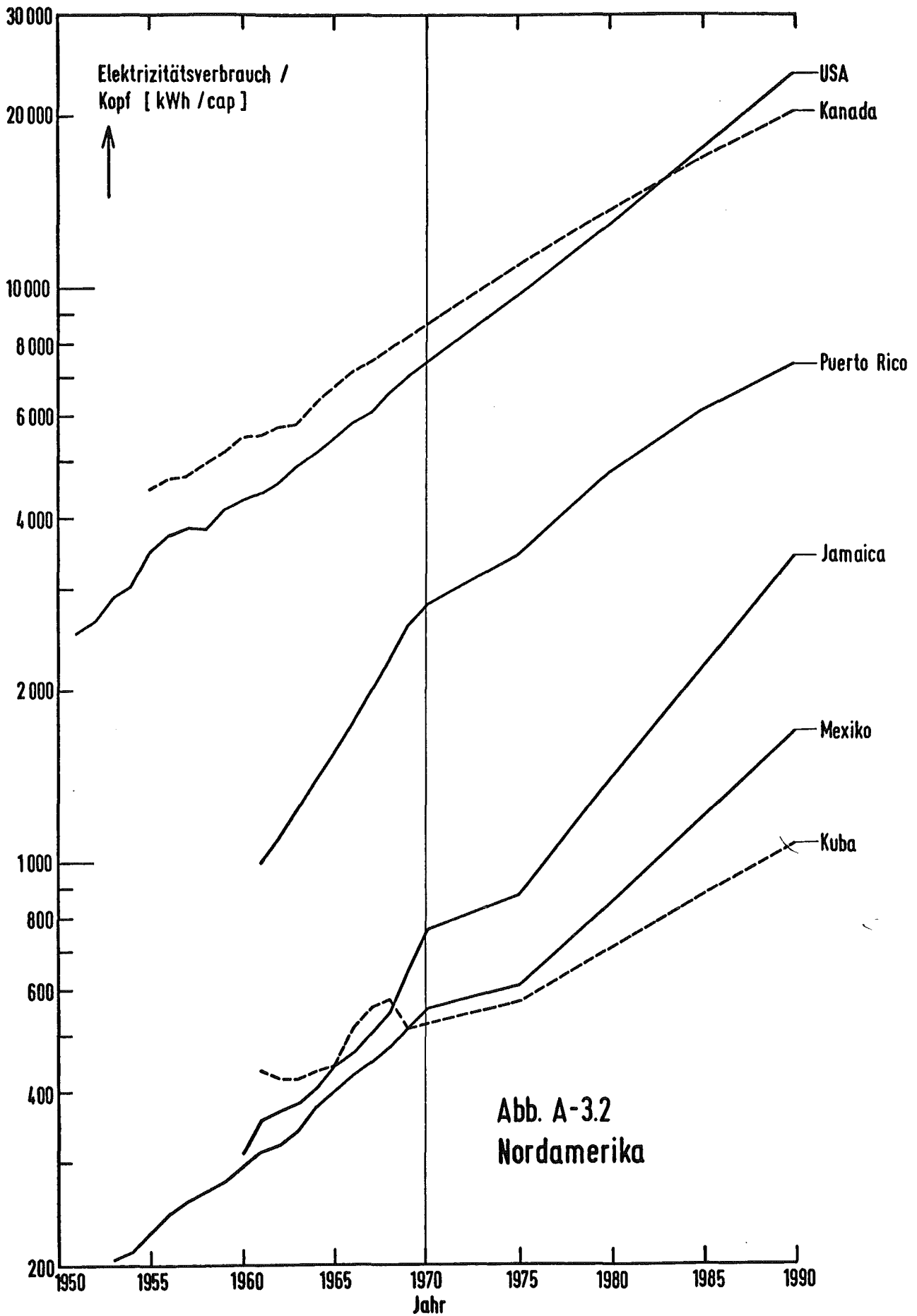
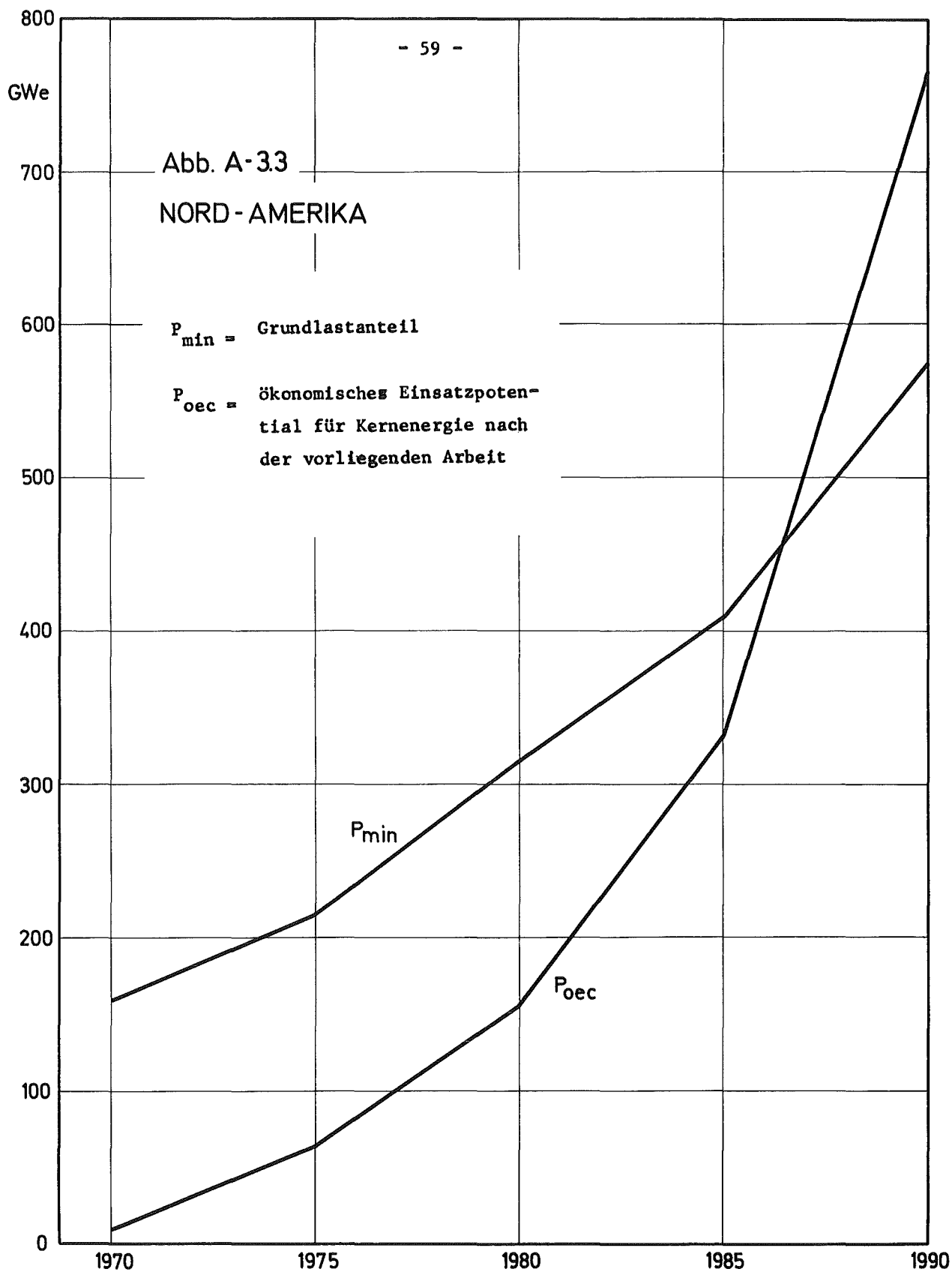
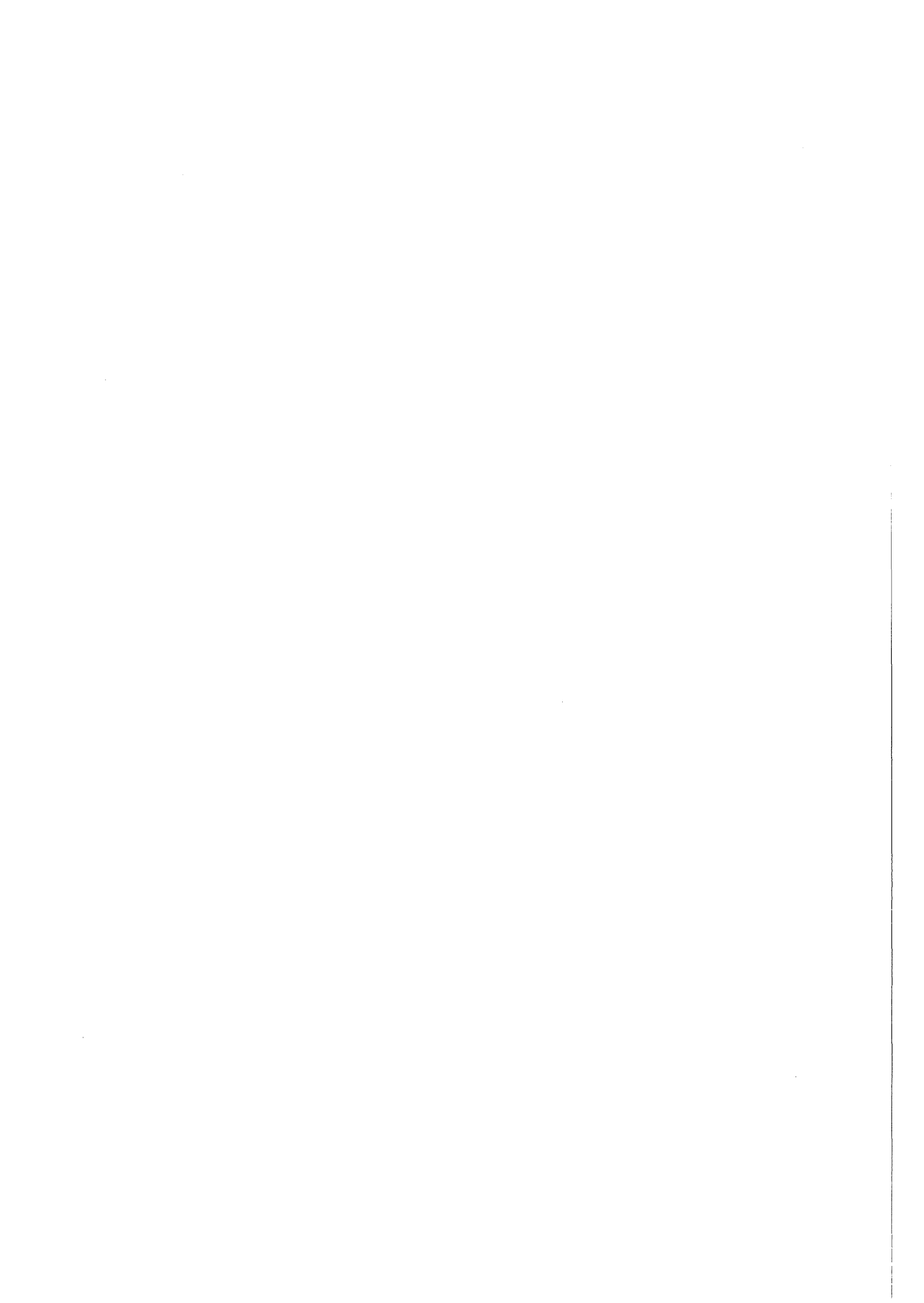


Abb. A-3.2
Nordamerika



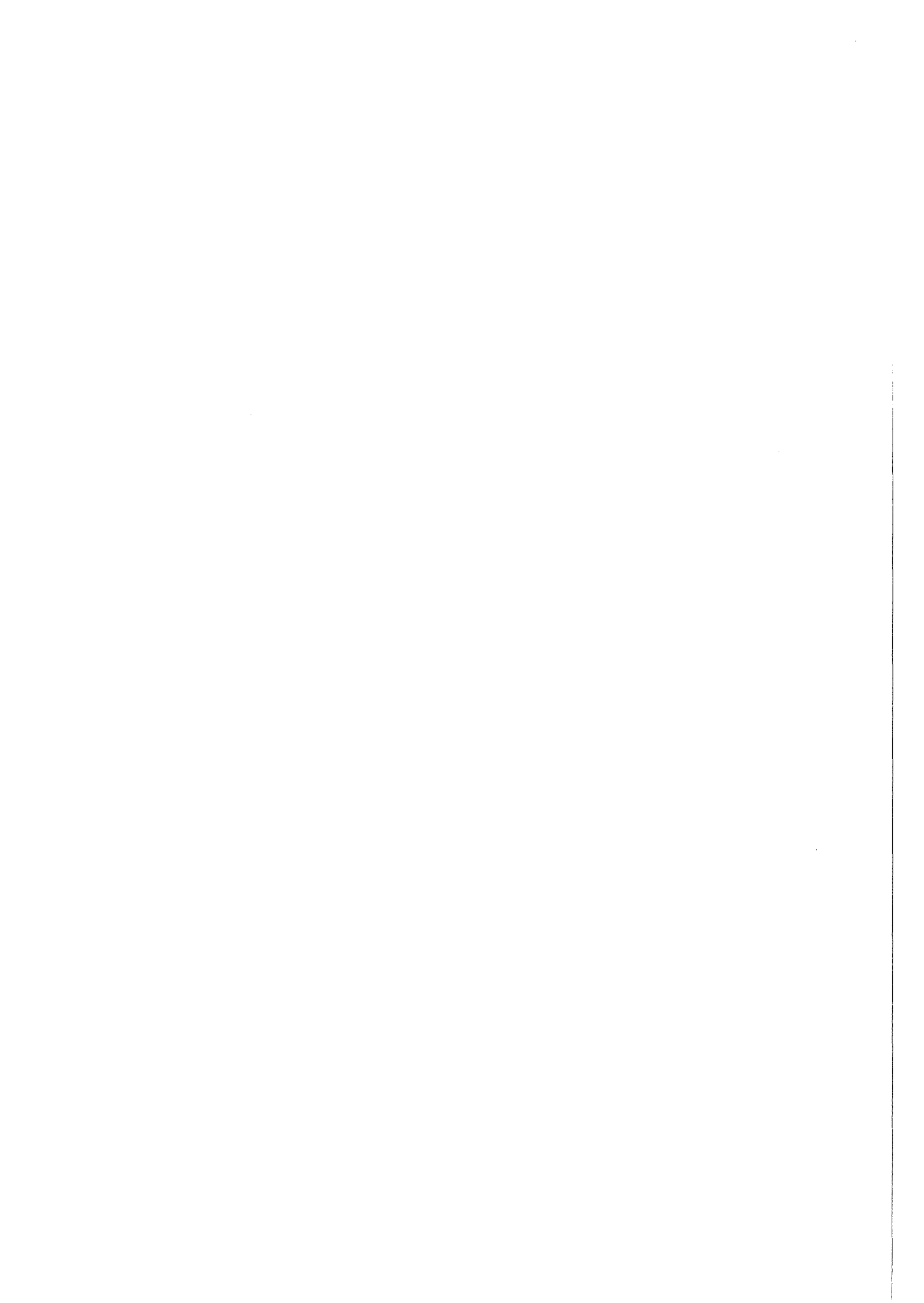


Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>NORDAMERIKA:</u>								
Jamaica	1,2	3,6	11	2	0,6	1,2	0	0
Kanada	190	335	545	47	47	47	12	6136
Kuba	3,6	7,4	13,6	1,9	1,1	1,8	0	0
Mexiko	22,9	60,5	161,6	26,9	20	25	1	600
Puerto Rico	6,4	17,5	35	4,7	4,4	4,6	1	600
Vereinigte Staaten von Amerika	1540	2950	5780	550	550		187	174194
Summe:	1750	3370	6550	630	620	630	201	181 530

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/



A-4 Süd-Amerika

Abb. A-4.1 Landkarte

A-4.2 Elektrizitätsverbrauch pro Kopf

A-4.3 Ökonomisches Einsatzpotential P_{oec}
und Grundlastanteil P_{min}

Tab. A-4.4 Nuklearer Zubaubedarf

Abb. A-4.1 Südamerika



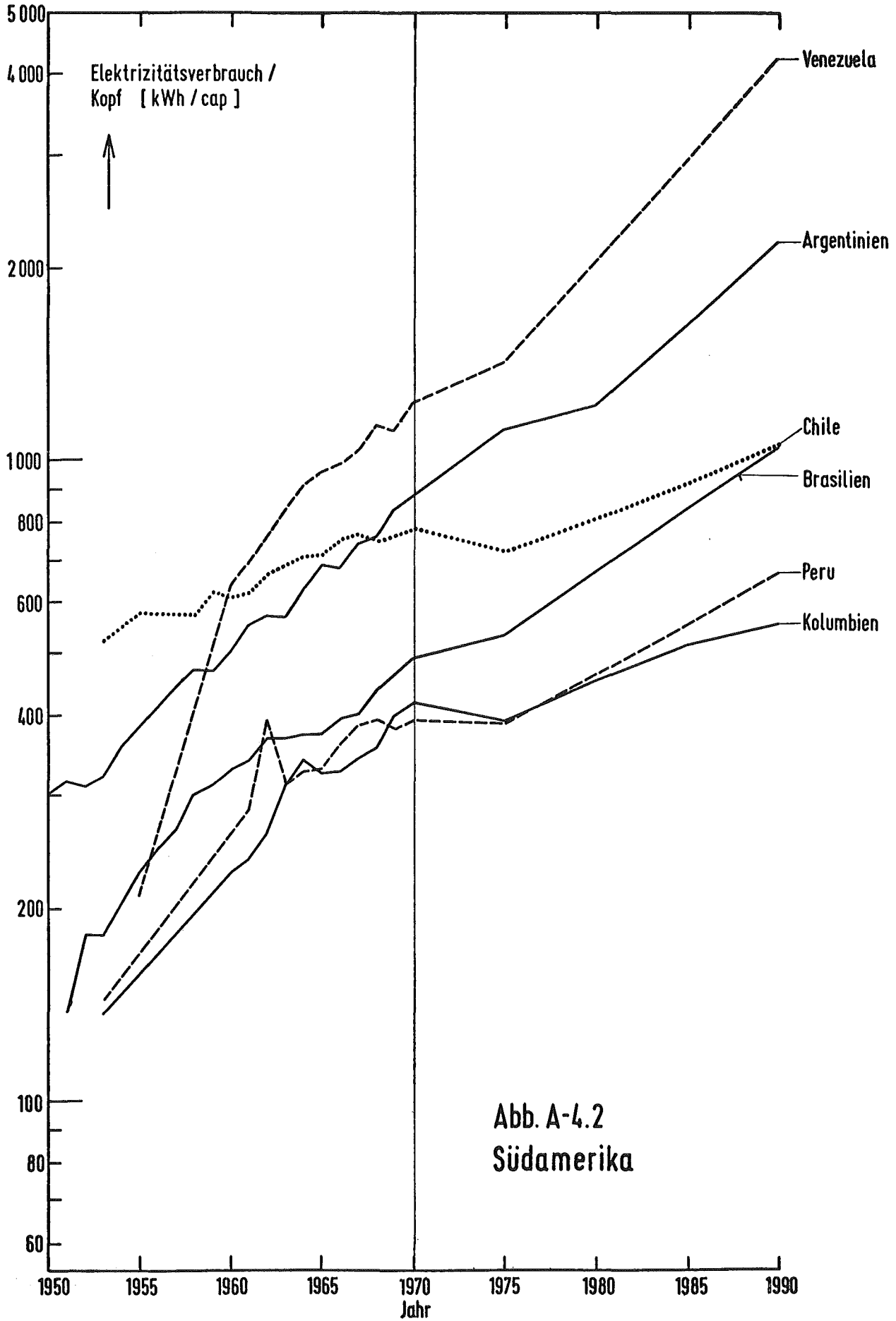


Abb. A-4.3
SÜD - AMERIKA

GWe

P_{min} = Grundlastanteil
 P_{oec} = ökonomisches Einsatzpotential
für Kernenergie nach der vor-
liegenden Arbeit

20

15

10

5

0

1970

1975

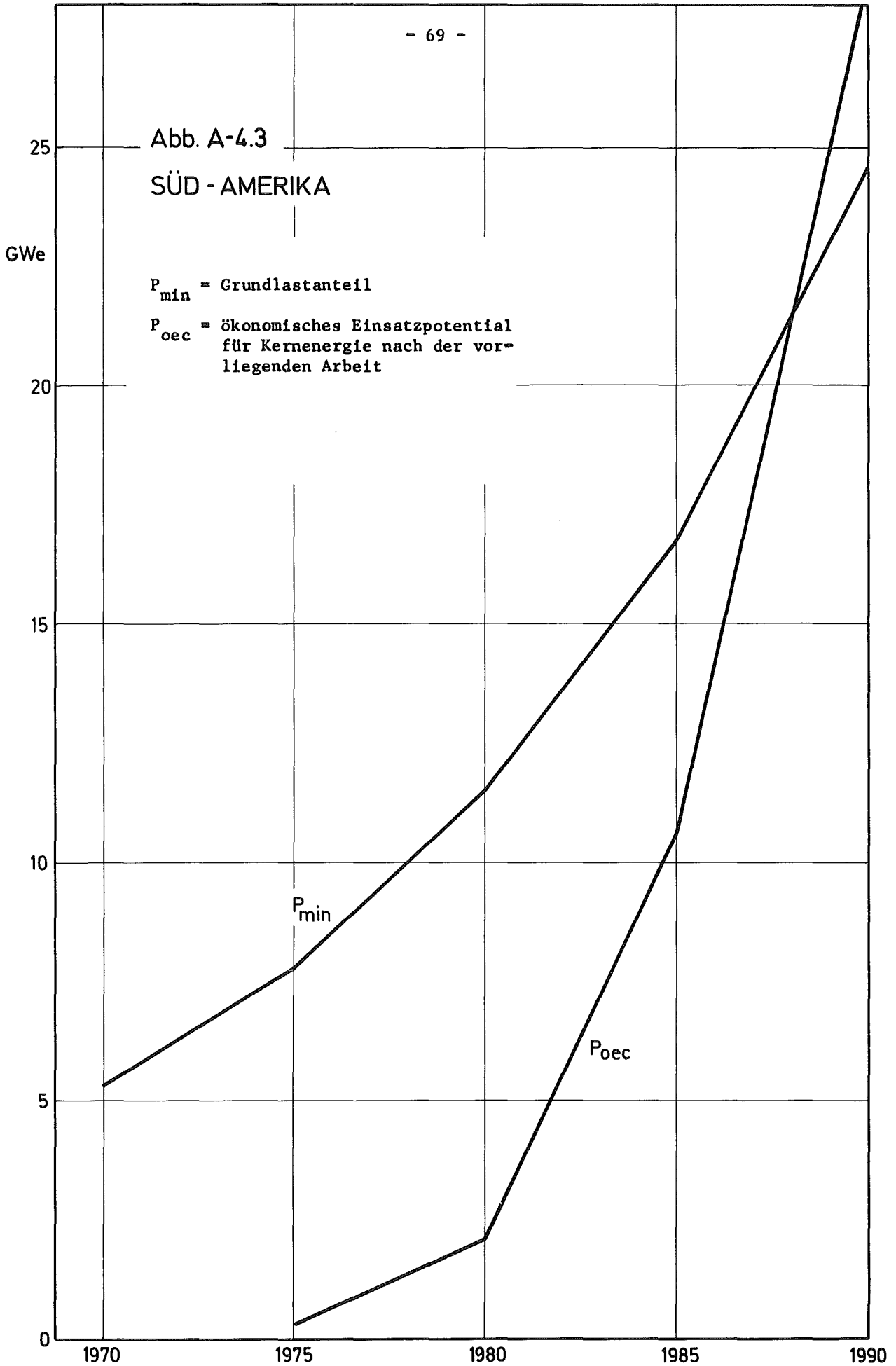
1980

1985

1990

P_{min}

P_{oec}





Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
<u>SÜDAMERIKA:</u>	1	2	3	4	5	6	7	8
Argentinien	17	33,7	67,8	9,7	5,6	6	2	919
Brasilien	40	84	176	22,8	7,4	7,4	1	600
Chile	6	10	16,2	1,7	1	1	0	0
Kolumbien	7	12,7	20,6	2,9	1,5	1,5	0	0
Peru	4,3	8,6	16,6	3	0	1	0	0
Venezuela	10,1	28,1	76,6	13,9	10	12,4	0	0
Summe:	80	180	370	50	26	29	3	1519

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

A-5 Asien

Abb. A-5.1 Landkarte

A-5.2 Elektrizitätsverbrauch pro Kopf

Tab. A-5.3 Nuklearer Zubaubedarf

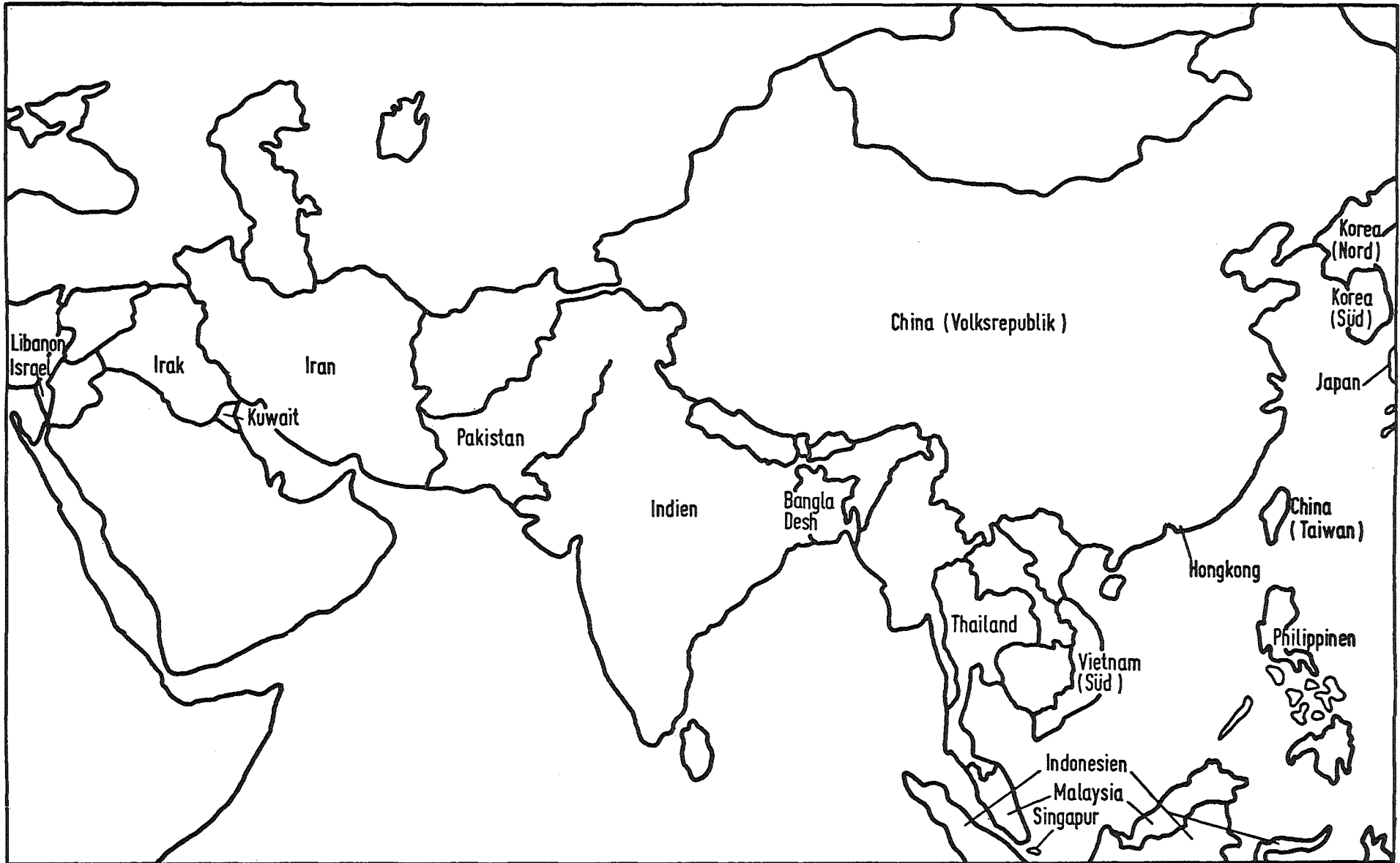
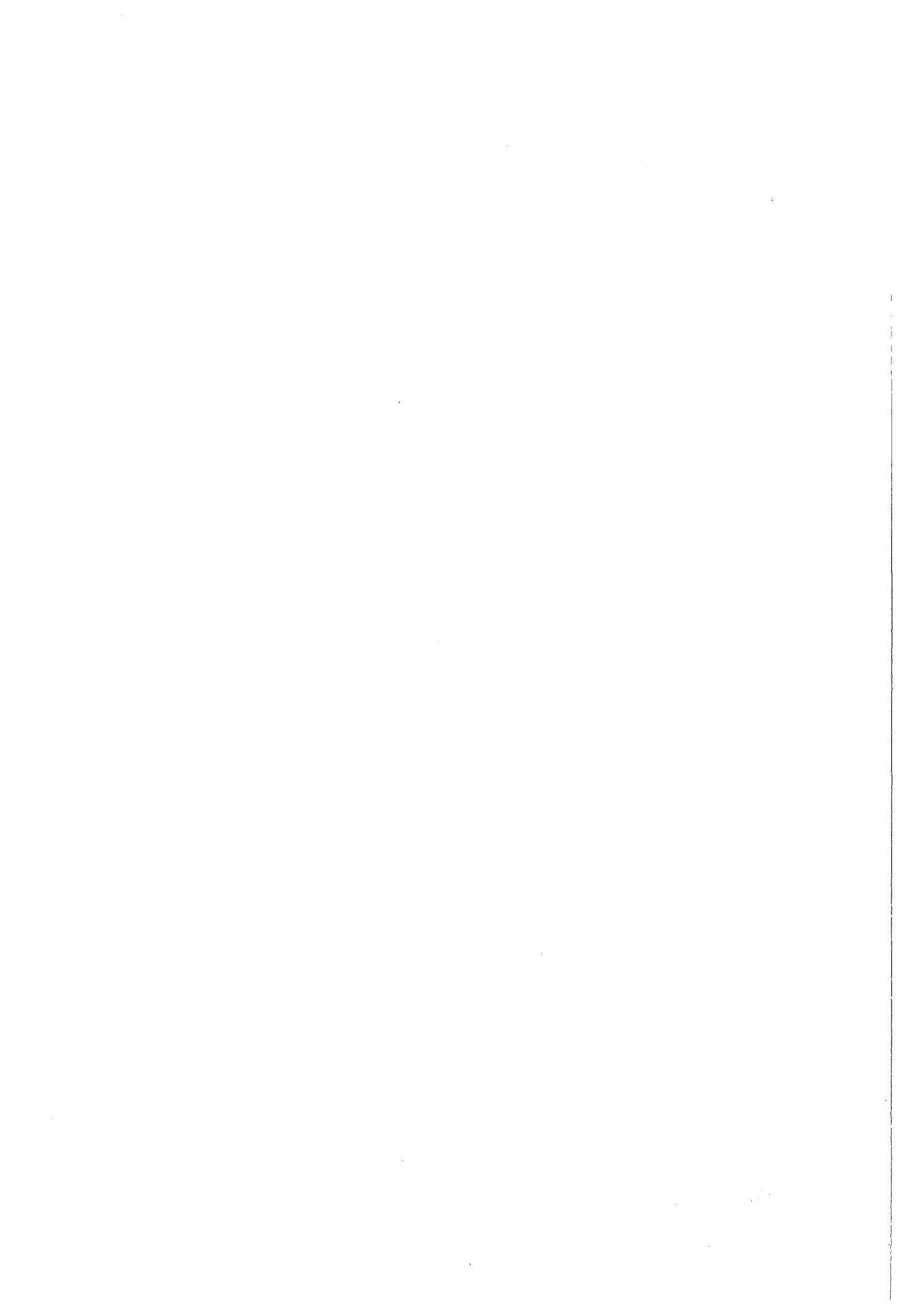
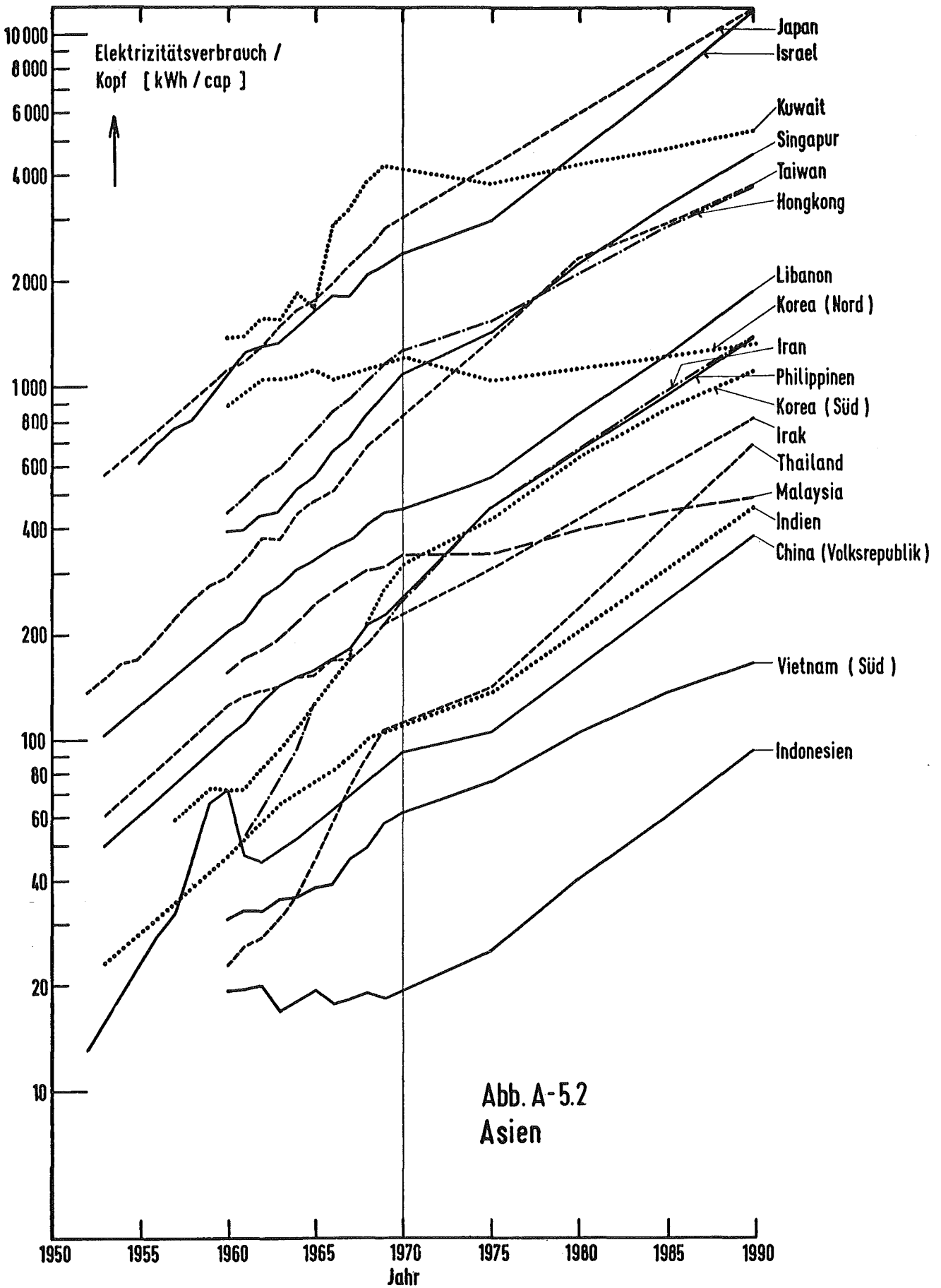


Abb. A-5.1

Asien





Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
ASIEN:								
Bangla Desh	0,9	2,5	6,5	1,3	0	0,8	0	0
China (Taiwan)	10,8	40,5	81	10	8	9,5	4	3020
China (Volksrepublik)	51	134	346	57,7	10	10	0	0
Hongkong	4,1	10,2	19,2	2,9	2,9	2,9	0	0
Indien	48	144,8	423	88	22,4	22,4	8	1580
Indonesien	2	6,2	19	4,3	0	1,5	0	0
Irak	2,1	5,3	13,8	2,9	0	1,9	0	0
Iran	6,2	25,2	68,5	12,3	3	5,5	0	0
Israel	5,5	16,1	47,4	7,1	5,8	7	0	0
Japan	294	660	1420	174	170	170	24	14989
Korea (Nord)	13,2	22,2	37	3,6	0		0	0
Korea (Süd)	7,8	24,8	53,2	7	6,3	7	1	564
Kuwait	2,1	5,5	14,1	2,7	0	1,8	0	0
Libanon	1	2,9	8,2	2,3	0	1	0	0
Malaysia	2,8	5,6	9	1	0	1	0	0
Pakistan	6,1	14,5	31	5	1,2	2,4	2	337
Philippinen	6,2	16,1	42	6,8	4,6	5,7	0	0

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

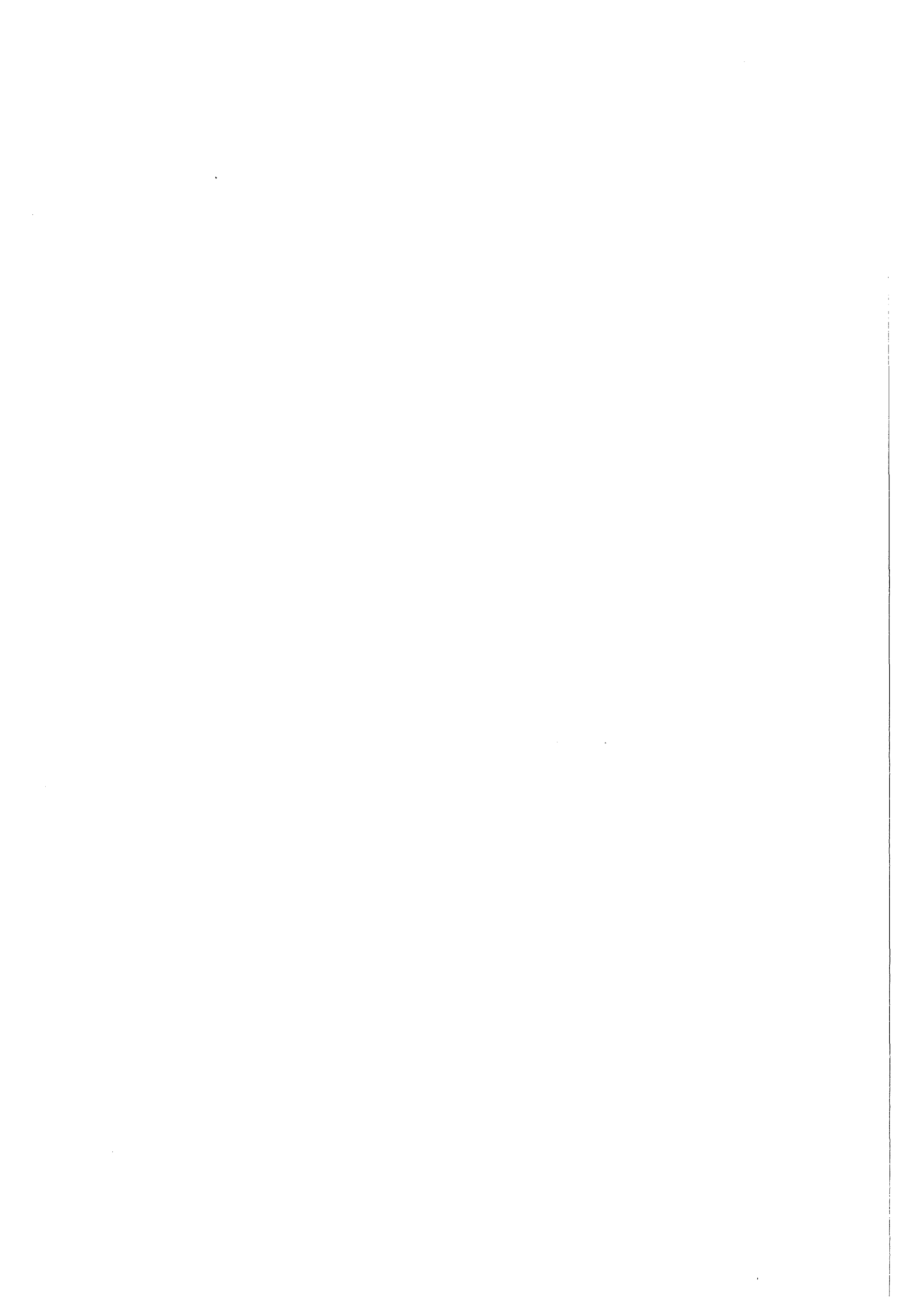
Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
<u>ASIEN:</u>	1	2	3	4	5	6	7	8
Singapur	1,8	5,2	11	1,6	0,8	1,6	0	0
Thailand	3,4	11,4	47,8	9,8	6	6,8	0	0
Vietnam (Süd)	niedr.Prog.	0,9	2,6	5,4	0,9	0,4	0	0
	hohe Prog.	0,9	4,4	9,1	1,5	1,4		
Summe:	470	1160	2700	400	240	260	39	20 490

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/



A-6 Ozeanien

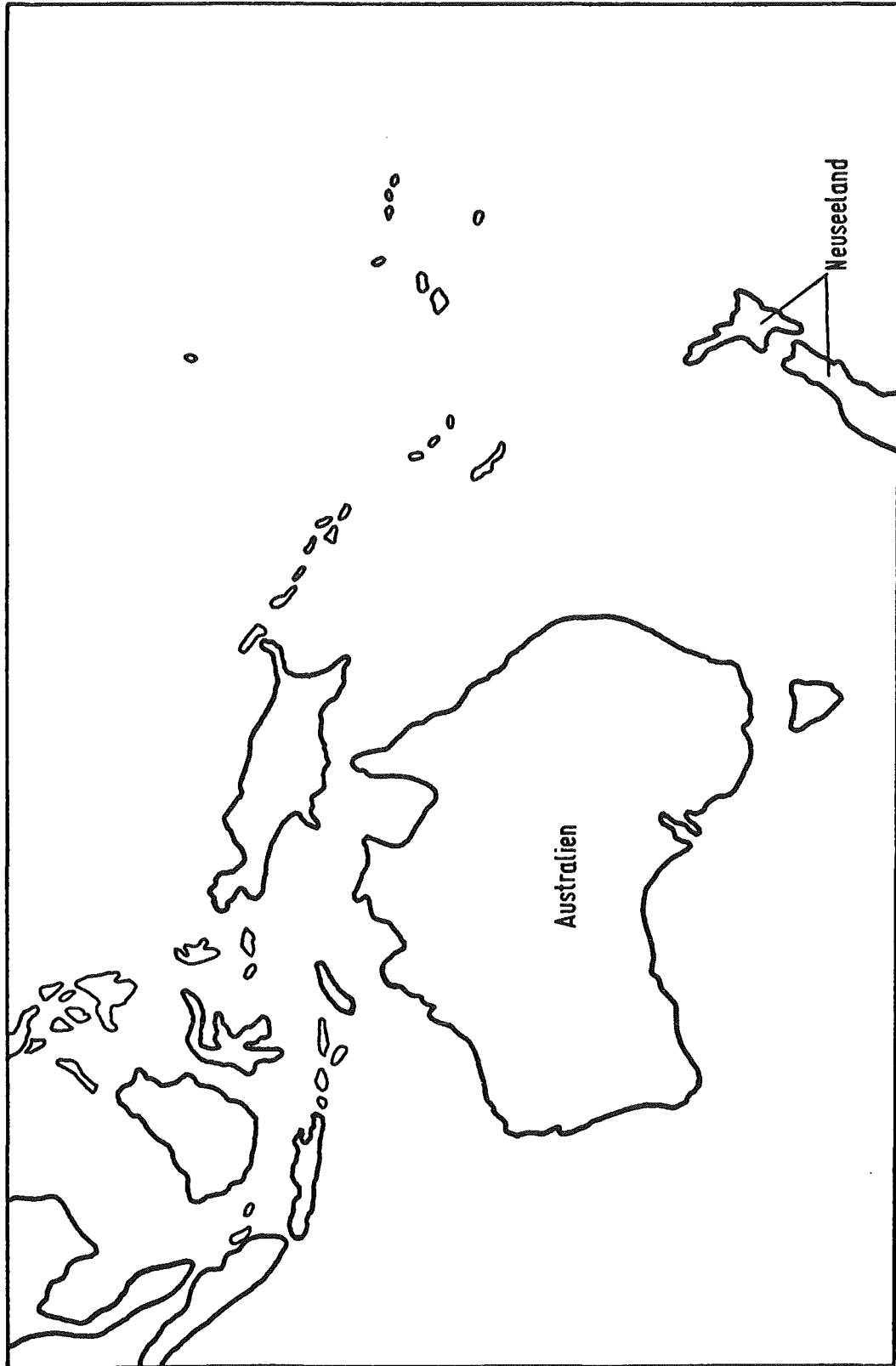
Abb. A-6.1 Landkarte

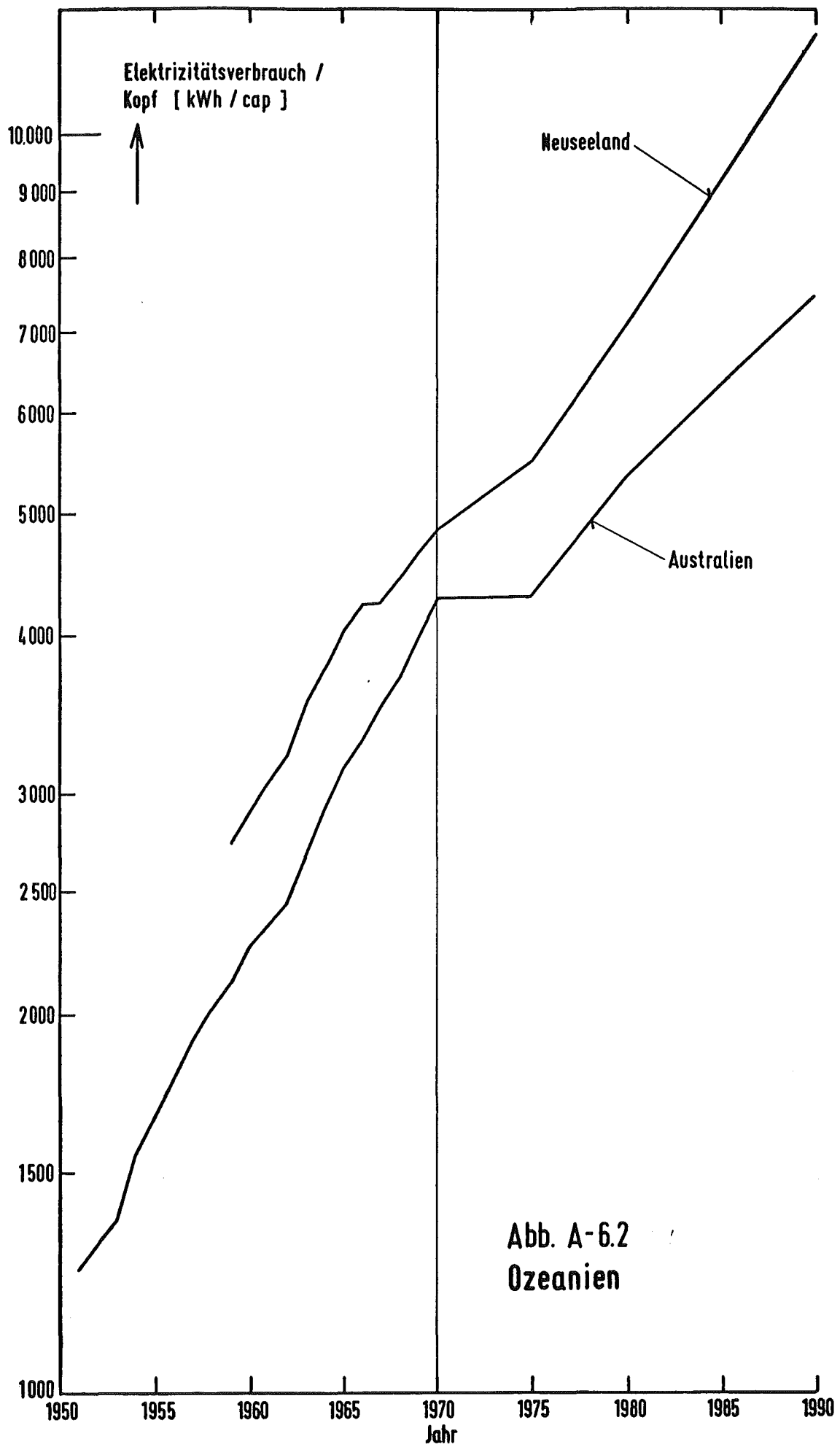
A-6.2 Elektrizitätsverbrauch pro Kopf

Tab. A-6.3 Nuklearer Zubaubedarf



Abb. A-6.1 Ozeanien





Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>OZEANIEN:</u>								
Australien	43	80	131	13,6	0		0	0
Neuseeland	12,1	23,3	44,2	6,1	0,4		0	0
Summe:	60	100	180	20	0,4		0	0

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

Teil II

Länderberichte

Inhalt von Teil II

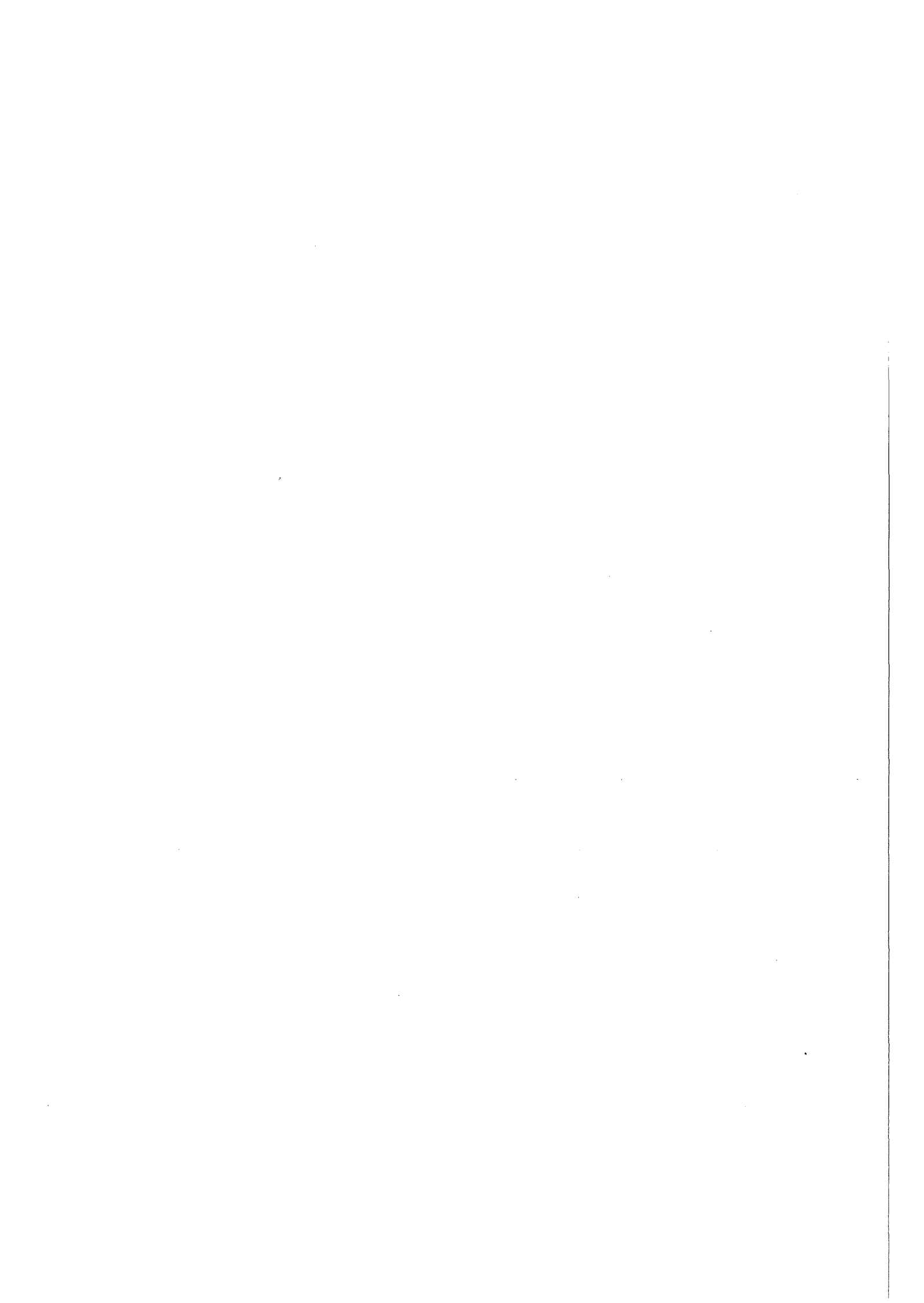
1. Europa	5
Belgien	11
Bulgarien	18
Dänemark	25
Deutschland (BRD)	32
Deutschland (DDR)	40
Finnland	47
Frankreich	54
Griechenland	61
Großbritannien	68
Irland	75
Italien	82
Jugoslawien	89
Luxemburg	96
Niederlande	99
Norwegen	106
Österreich	113
Polen	120
Portugal	126
Rumänien	133
Schweden	140
Schweiz	147
Sowjetunion	154
Spanien	161
Tschechoslowakei	169
Türkei	176
Ungarn	183
2. Afrika	191
Ägypten	195
Algerien	204
Ghana	211

Marokko	218
Rhodesien	225
Sambia	232
Südafrikanische Union	239
Zaire	247
3. Nordamerika	253
Jamaica	257
Kanada	264
Kuba	271
Mexiko	278
Puerto Rico	285
Vereinigte Staaten von Amerika	292
4. Südamerika	299
Argentinien	303
Brasilien	310
Chile	318
Kolumbien	326
Peru	333
Venezuela	340
5. Asien	347
Bangla Desh	353
China (Taiwan)	360
China (Volksrepublik)	367
Hongkong	372
Indien	379
Indonesien	387
Irak	394
Iran	400

Israel	407
Japan	413
Korea (Nord)	420
Korea (Süd)	424
Kuwait	431
Libanon	438
Malaysia	445
Pakistan	452
Philippinen	459
Singapur	466
Thailand	473
Vietnam (Süd)	481
6. Ozeanien	489
Australien	493
Neuseeland	500

Anhang A. Abkürzungen

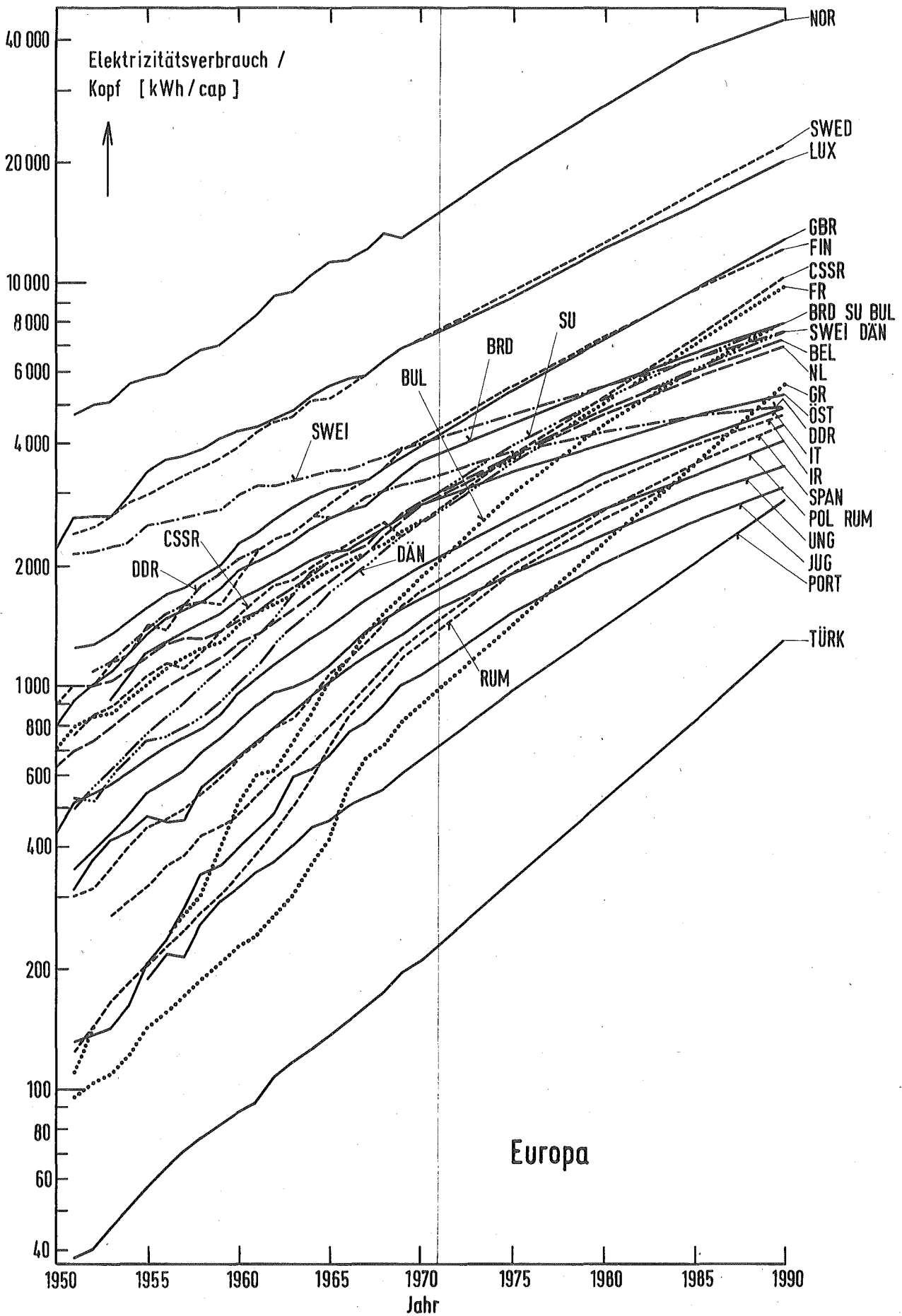
Anhang B. Literatur



1. Europa

Europa





Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>EUROPA:</u>								
Belgien	27,7	49,4	80,5	7,7	7,5	7,5	4	1293
Bulgarien	15,8	40,3	77,3	9,1	8,3	8,8	4	1760
Dänemark	13	25,6	44	5,4	4,8	5,3	0	0
Deutschland (BRD)	219	365	564	46	46	46	24	14367
Deutschland (DDR)	55,4	78,4	102	4,8	4,8	4,8	5	1840
Finnland	19	35,8	59	6,2	6	6	3	1540
Frankreich	130	269	552	70	70	70	16	8278
Griechenland	8	21	54	9	4,4	4,4	0	0
Großbritannien	225	439	857	102	102	102	20	11831
Irland	5,1	10,4	18,2	2,1	2	2	0	0
Italien	105	197	321	33	33	33	5	1442
Jugoslawien	22	45,5	78,1	9,1	4,9	4,9	0	0
Luxemburg	2,4	4,5	8,3	0	0	0	0	0
Niederlande	36,5	69,6	118	11,9	11,9	11,9	2	500
Norwegen	57	114	195	19,8	8	8	0	0
Österreich	21	32,5	47,5	3,3	3,3	3,3	1	692
Polen	54	98,6	160	15,2	4	4	0	0

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>EUROPA:</u>								
Portugal	6	15,2	35,6	6,4	4	4,7	0	0
Rumänien	25	60,6	112	12,6	12,5	12,5	0	0
Schweden	57	110	211	24,8	22,5	24,5	10	6472
Schweiz	25	41,3	67,2	6,2	5,1	5,8	6	4196
Sowjetunion	690	1380	2310	211	210	210	31	12030
Spanien	45,2	100	182	23,4	16,5	19,5	10	7508
Tschechoslowakei	37	84,7	174	21,9	21,1	21,1	5	1870
Türkei	7,3	22,8	70,1	12,8	5,5	5,5	0	0
Ungarn	15	25,8	39,9	2,7	2,7	2,7	2	880
Summe:	1920	3740	6540	680	620	620	148	76 499

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

B e l g i e n

Erstes Kernkraftwerk: BR-3 (Vulcain) 10 MWe PWR (Westinghouse),
Inbetriebnahme 1962

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1975 (Inbetriebnahme Doel-2 und Tihange)

Einsatzpotential bis 1990: 9 GWe bei 34 \$ / t Öl
und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	30 500		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	9,7		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise) in Landeswährung (BFr)	1,27 Bill	131 000	1970	210/70
in US-\$ (1 US-\$ = 50 BFr)	25,4 Mrd	2 620	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	59,4 Mio	5,100	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	11,6 Mio	1,200	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	30,5 Mrd	3140	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	18 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	1 800		1967	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt	1 800			

1. Allgemeine Situation

Belgien verfügt über große Steinkohlevorräte. Die Förderung ist rückläufig (1969: 13,2 Mill. t), da in immer stärkerem Maße Importkohle und Erdöl verwendet wird. Die Erdgaslieferungen aus den Niederlanden sind bedeutend.

2. Elektrizitätsversorgung

Der Strombedarf wird fast völlig von einheimischen Kraftwerken einschließlich des belgisch-französischen Kraftwerks in den Ardennen gedeckt. Belgien ist in das westeuropäische Verbundnetz integriert. 1971 wurde ein thermisches Kraftwerk mit 275 MW in Betrieb genommen. Zwei Kernkraftwerke (2 x 375 MW_{e1}, 800 MW_{e1}) befinden sich im Bau.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,6% 1980: 0,6%	sehr gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 4,9% 1980: 4,5%	mäßig
Elektrizitätsverbrauch	Parabel	1970: 6,9% 1980: 5,6%	gut

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt für Kernkraftwerke ab 600 MWe geringere Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich als für Ölkraftwerke gleicher Leistung (Tab. 3). Kernkraftwerke von 1000 MWe können bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 4000 h/a, bei einem Ölpreis von 60 \$/t ab 2 200 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden (siehe Abb.1).

5. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 7,7 GWe (Tab.2). 1980 werden voraussichtlich vier Kernkraftwerke mit insgesamt 1,5 GWe in Betrieb sein. Einschließlich dieser Kernkraftwerke schätzen wir das nukleare Einsatzpotential bis 1990 auf 9 GWe, unabhängig von einem weiteren Anstieg des Ölpreises.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Bio B Fr (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	210/70	200/69			105/70				
1960	9,15	0,6	13,4	1460						
1965	9,46	0,77	19,1	2000						
1969						6,75				
1970	9,68	0,96	27,7	2860						
1972					6,14					
1975	10,0	1,21	37,1	3710	7,05	9,2	0,09	600		
1980	10,3	1,51	49,4	4800	9,4	12,2	0,08	700	1,5	1,5
1985	10,7	1,87	63,9	6000	12,1	15,7	0,07	800		
1990	11,0	2,29	80,5	7300	15,3	19,9	0,07	1000	9	9

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,3

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	600	491	59	9,66		68,66		9,8	
	800	435	52,2	9,31		61,5		8,8	
	1 000	404	48,5	8,96		57,46		8,2	
ÖL	600	230	27,6	90	51	117,6	78,6	16,8	11,2
	800	213	25,6	90	51	115,6	76,6	16,5	10,9
	1000	202	24,2	90	51	114,2	75,2	16,3	10,7

Anmerkungen

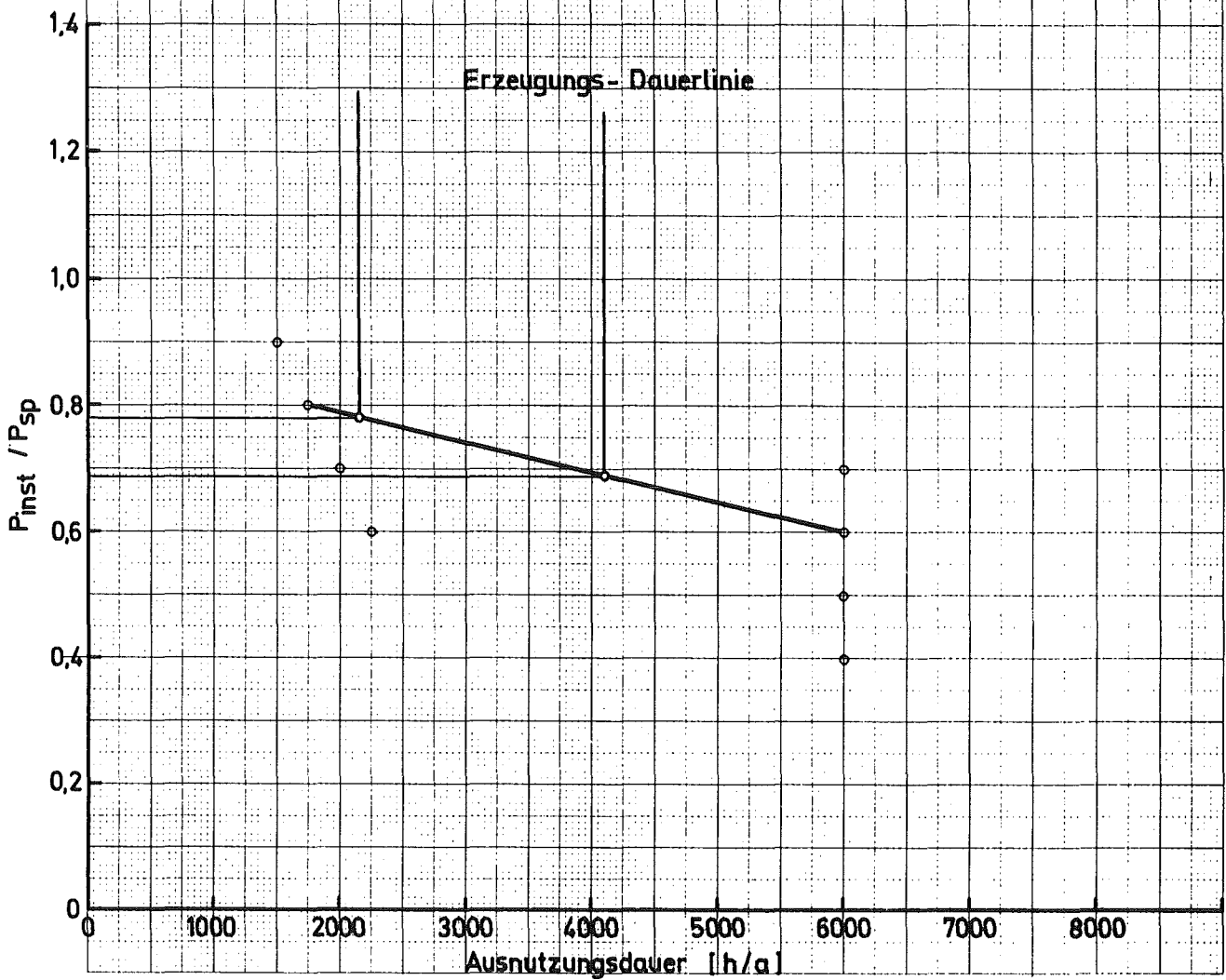
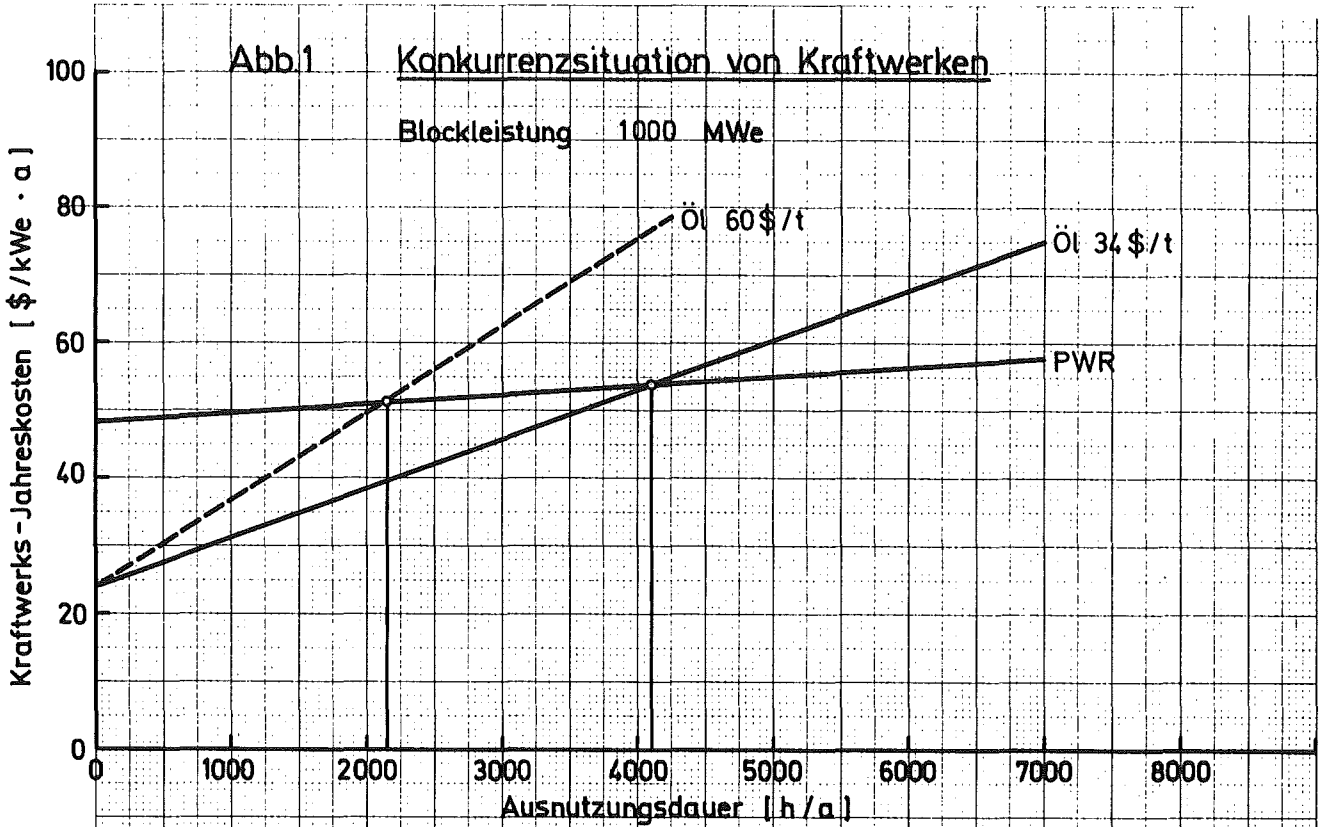
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

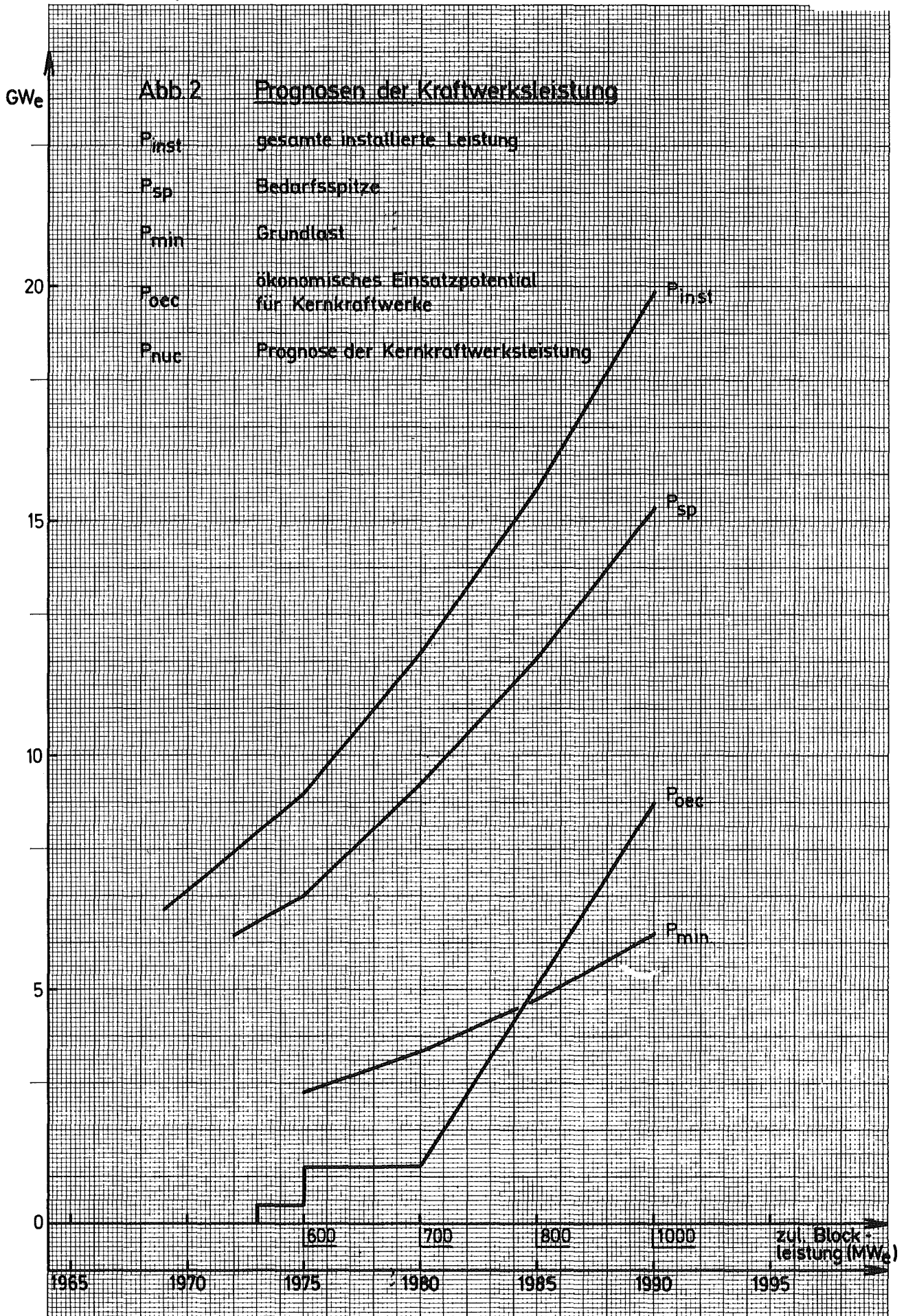
Konventionell: 0,9

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t





Erstes Kernkraftwerk: Kosloduj-1/2 2 x 440 MWe PWR (Technoprom)
Inbetriebnahme 1974/75

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1974 bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: 11,0 GWe bei 34 \$ / t Öl
11,5 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	111 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	8,40		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> [*]	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (Lw)	10,5 Mrd	1 240	1970	100/71
in US-\$	8,97 Mrd	1 060	1970	
(1 US-\$ = 1,17 Lw) ^{**}				
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	34,13 Mio	4,02	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	16,16 Mio	1,9	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	19,5 Mrd	2 300	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	19 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	1 147		1965	100/70
Braunkohle	400		1965	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	38		1970	530/70
gesamt	1 585			

*) Nettomaterialprodukt

* *) differenziertes Kurssystem

1. Allgemeine Situation

Bulgarien ist arm an Primärenergieträgern. Nur die Braunkohle spielt eine Rolle. Im Jahr 1969 betrug die Förderung 30 Mio t. Deswegen müssen Energieträger und elektrische Energie (in der Hauptsache aus der Sowjetunion) eingeführt werden: Jährlich werden ca. 2 Mill t Steinkohle importiert, bis 1975 ist eine Steigerung des Importes bis auf 6 Mill t jährlich geplant. Der Bau einer Erdgasleitung aus der Sowjetunion ist geplant, durch die ab 1975 jährlich 3 Mrd m³ Gas importiert werden sollen.

Daneben will Bulgarien Strom aus der Sowjetunion importieren. Ein Anschluß an das Netz der Moldauischen Sowjetrepublik soll bis 1975 fertiggestellt sein. Eine Einfuhr von 4 TWh p.a. ist beabsichtigt.
/310/72/

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung betrug 1970 19,5 TWh (2 300 kWh pro Einw.) von denen 89% in Wärmekraftwerken und 11% in Wasserkraftwerken erzeugt wurden. Es war eine Gesamtkapazität von 4,1 GWe installiert. Bulgarien ist an das Elektroverbundnetz "Frieden" über Rumänien angeschlossen. Eine Energienetzverbindung mit Griechenland wird angestrebt. Wegen dieser Netzverbindungen ist der Faktor für die Kraftwerks-Leistungsreserve niedriger als in autarken Ländern. Nordbulgarien wird teilweise aus Südbulgarien über Hochspannungsleitungen versorgt.

Die Kraftwerksausbaupläne des Landes sehen vor, zusammen mit Rumänien zu je 50% ein Wasserkraftwerk (Somovit, 760-850 MW) an der Donau zu errichten.

Die Steigerung der Elektrizitätserzeugung soll jedoch hauptsächlich durch thermische Kraftwerke erbracht werden. Bei Koslodnj an der Donau ist neben dem ersten Kernkraftwerk (2x440 MWe) bereits die Errichtung eines zweiten Kernkraftwerks (ebenfalls 2x440 MWe vom Nowoworoneschtyp) geplant.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,7% 1980: 0,66%	Ex-Post: recht gut
Elektrizitätsverbrauch	Parabel	1970: 11,7% 1980: 7,5%	Ex-Post: recht gut

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt für Kernkraftwerke ab 500 MWe niedrigere Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich als für Kohle- oder Ölkraftwerke gleicher Leistung (Tab. 3), Kernkraftwerke von 1000 MWe können bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 3300 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden. (Abb.1)

Bei einem weiteren Ansteigen des Ölpreises wird im Mittellastbereich der Import von Kohle oder Kohlestrom aus der UdSSR wirtschaftlicher als der Einsatz von Ölkraftwerken. Kernkraftwerke könnten dann etwa ab 2700 h/a eingesetzt werden. Diese Kostenangaben haben mehr hinweisenden als definitiven Charakter, da uns für sowjetische Kohle, Kohlestrom oder Kernkraftwerke keine Kostenangaben vorliegen.

5. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 9 GWe. 1980 werden voraussichtlich bereits 2,7 GWe an Kernkraftwerken in Betrieb sein. Unter Einbeziehung dieser Kraftwerke schätzen wir das nukleare Einsatzpotential bis 1990 auf etwa 11 GWe bei den beiden betrachteten Ölpreisen von 34 \$/t und 60 \$/t. Bulgarische Experten schätzen, daß 1990 etwa 8 GWe an Kernkraftwerksleistung installiert sein werden /700, Bd 13 S. 473 (1973)/.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70		490			100/71				
1960	7,87		4,04	513		0,875				
1965	8,2		8,4	1025		2,1				
1969			13,8		2,42	4,02				
1970	8,49		15,8	1860	2,77	4,1				
1975	8,82		26,4	2990	4,63	6,5	0,12	550		0,9
1980	9,12		40,3	4420	7,07	9,9	0,1	700	2,7	2,7
1985	9,41		57,2	6080	10,0	14,0	0,08	800		
1990	9,69		77,3	7980	13,5	19,0	0,07	1000	11,5	11,0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,65 für 1969, 1,4 für Prognosewerte (ab 1975 wird Strom aus der UdSSR importiert).

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	500	405	48,6	9,8		58,4		8,34	
	800	332	39,8	9,3		49,1		7,03	
	1000	308	36,94	8,96		45,9		6,55	
ÖL	500	174	20,9	90	51	110,9	71,9	15,8	10,25
	800	153	18,4	90	51	108,4	69,4	15,5	9,9
	1000	146	17,5	90	51	107,5	68,5	15,3	9,8
KOHLE	500	197	23,6		50		73,6		10,5
	800	173	20,8		50		70,8		10,1

Anmerkungen

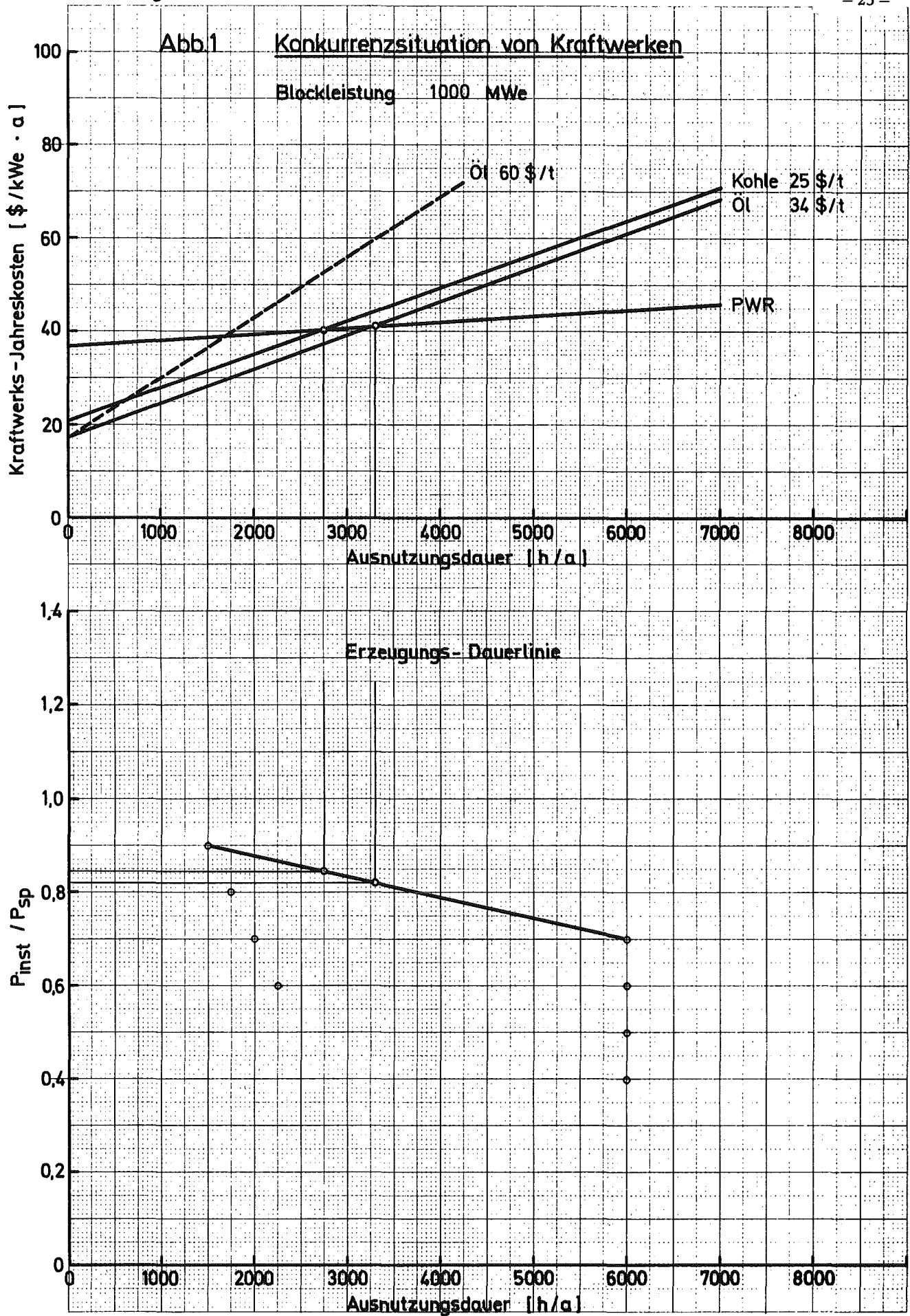
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,75

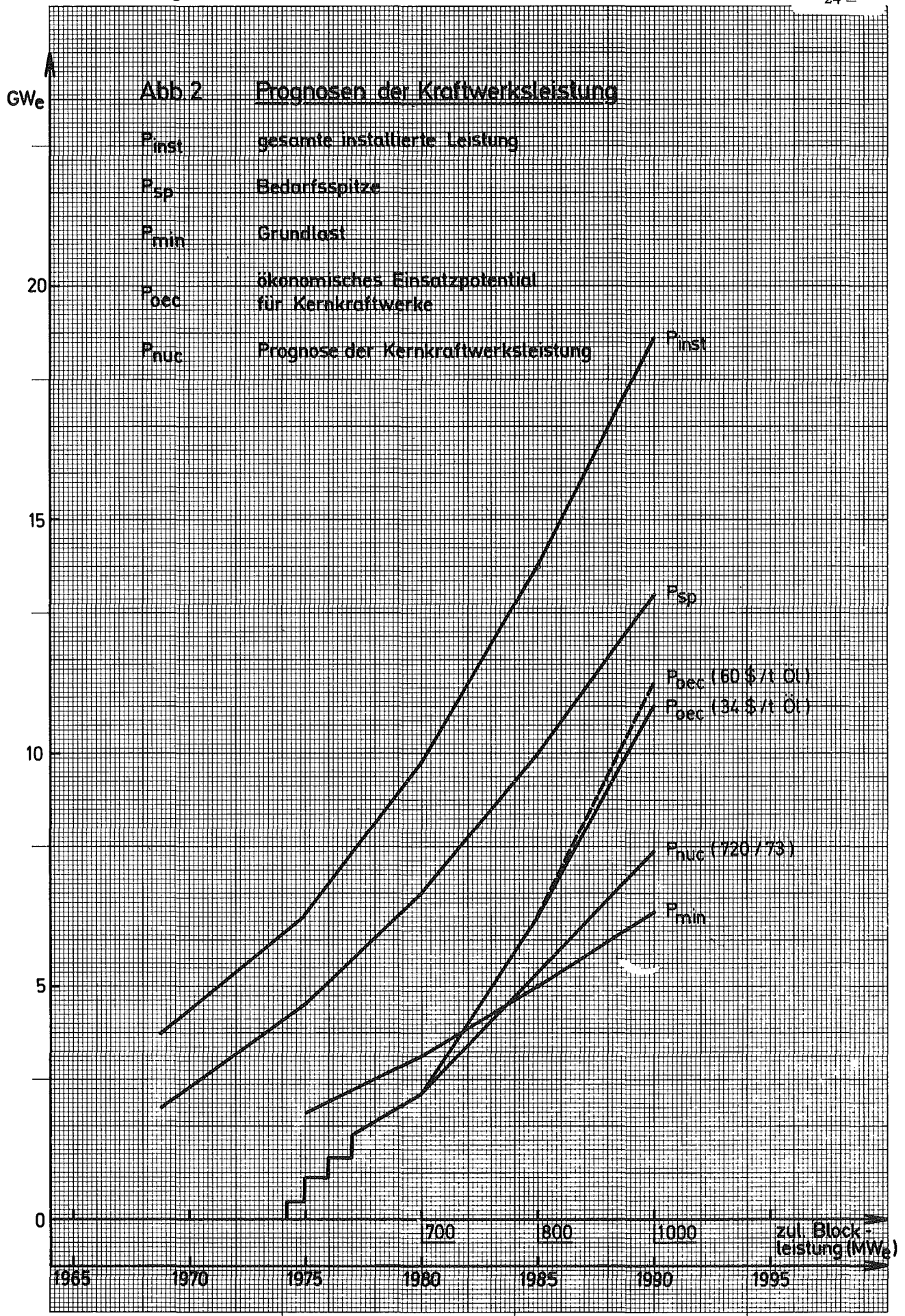
Konventionell: 0,65

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t, Kohlepreis 25 \$/t (geschätzt)





Erstes Kernkraftwerk:Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 bei 34 \$ / t Öl und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

4,8 GWe bei 34 \$ / t Öl

5,3 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	43 040		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	4,92		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (DKr)	117 Mrd	23 800	1970	210/70
in US-\$	15,6 Mrd	3 170		
(1 US-\$ = 7,5 DKr)			1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	29 Mio	5,9	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	50 000	0,01	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	19,8 Mrd	4 030	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	24 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0		1970	100/70
Braunkohle	16		1967	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt	16			

1. Allgemeine Situation

Das eigene Primärenergievorkommen Dänemarks ist gering: Es gibt Torf- und kleine Braunkohlenvorkommen. Erdgasleitungen von den Niederlanden und den Vorkommen der Nordseefestlandschelfs nach Dänemark sind geplant. Ein Drittel der Industrie ist im Raum Kopenhagen konzentriert. Es gibt drei Forschungsreaktoren bei Roskilde. Auf Grönland wurden bedeutende Kohlelager entdeckt. Uran ist dort ebenfalls vorhanden, Erdöl wird vermutet.

2. Elektrizitätsversorgung

Das dänische Netz ist mit dem der BRD und der skandinavischen Länder verbunden.

Die Elektrizitätsversorgung erfolgt überwiegend in ölgefeuerten Kraftwerken.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,7% 1980: 0,8%	gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 5,0% 1980: 4,4%	gut
Elektrizitätsverbrauch	Parabel	1970: 8,8% 1980: 6,4%	gut

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung (Tab. 3) ergibt für Kernkraftwerke ab 500 MWe niedrigere Stromerzeugungskosten als für Ölkraftwerke gleicher Leistung. Kernkraftwerke von 600 MWe können bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 500 h/a, bei einem Ölpreis von 60 \$/t ab 3000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden.

5. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980 - 1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerken von 5,3 GWe. Bei einem Ölpreis von 34 \$/t könnten aus ökonomischer Sicht 4,8 GWe an Kernkraftwerken bis 1990 eingesetzt werden, bei einem Ölpreis von 60 \$/t der gesamte Zubaubedarf von 5,3 GWe.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd D Kr (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	210/70	200/69			105/70				
1960	4,58	48,4	4,63	1010		1,8				
1965	4,76	62,5	8,14	1710		2,6				
1968	4,87	69,6	10,5	2160	2,17	3,6				
1969	4,91	75,4				4,2				
1970	4,92	77,7								
1975	5,13	98,9	18,4	3590	3,81	5,71	0,12	450		
1980	5,33	124	25,6	4800	5,31	7,43	0,1	500	0	0
1985	5,55	152	34	6130	7,05	9,87	0,09	600	2,4	2,4
1990	5,77	185	44	7630	9,13	12,78	0,08	700	5,3	4,8

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55

7: Reservefaktor 1,65 in 1968, 1,5 in 1975, 1,4 ab 1980.

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	500	530	63,5	9,8		73,3		10,5	
	600	491	59,0	9,66		68,66		9,8	
	800	435	52,2	9,31		61,5		8,8	
ÖL	500	242	29,0	90	51	119	80	17	11,4
	600	230	27,6	90	51	117,6	78,6	16,8	11,2
	800	213	25,6	90		115,6		16,5	

Anmerkungen

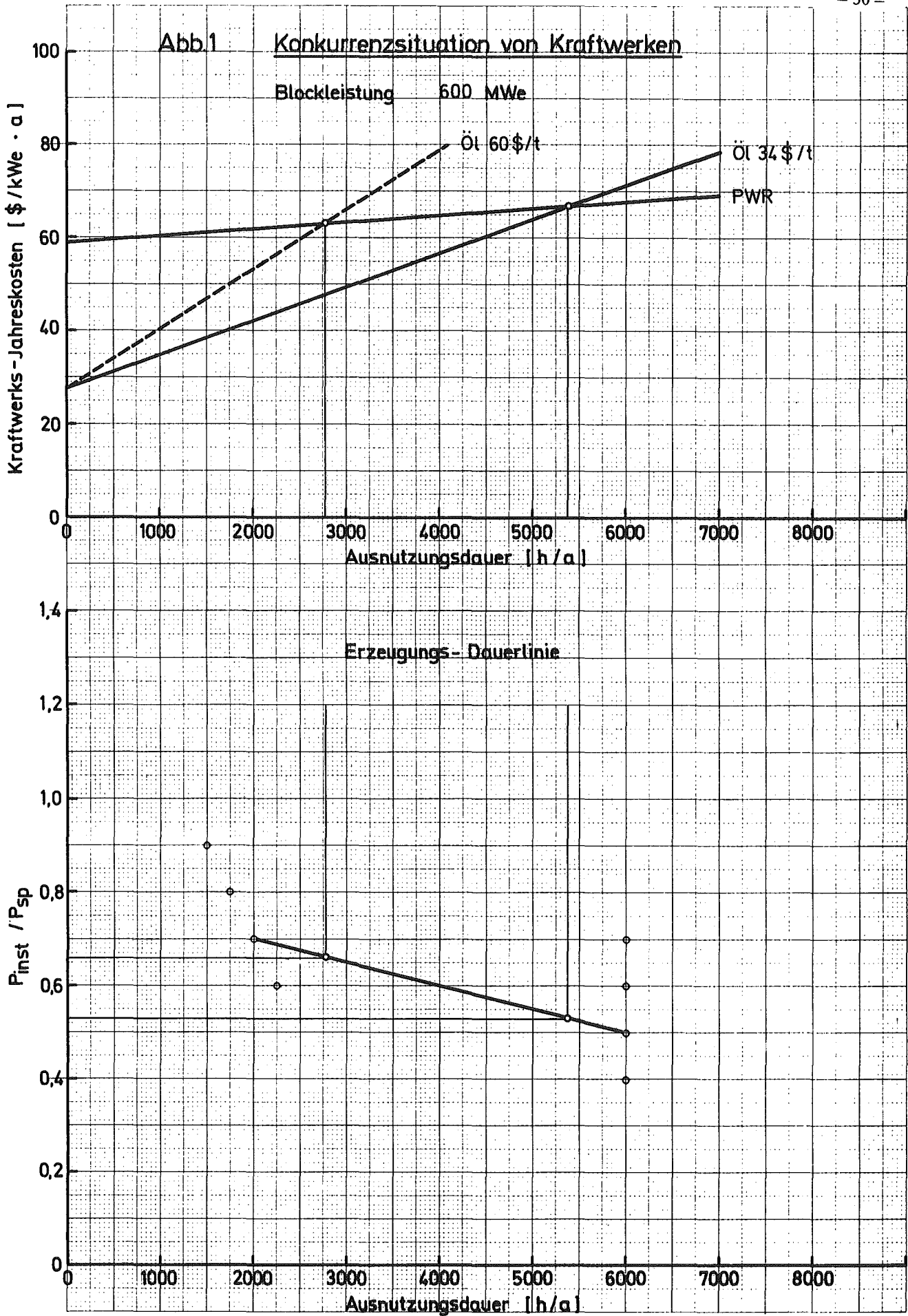
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

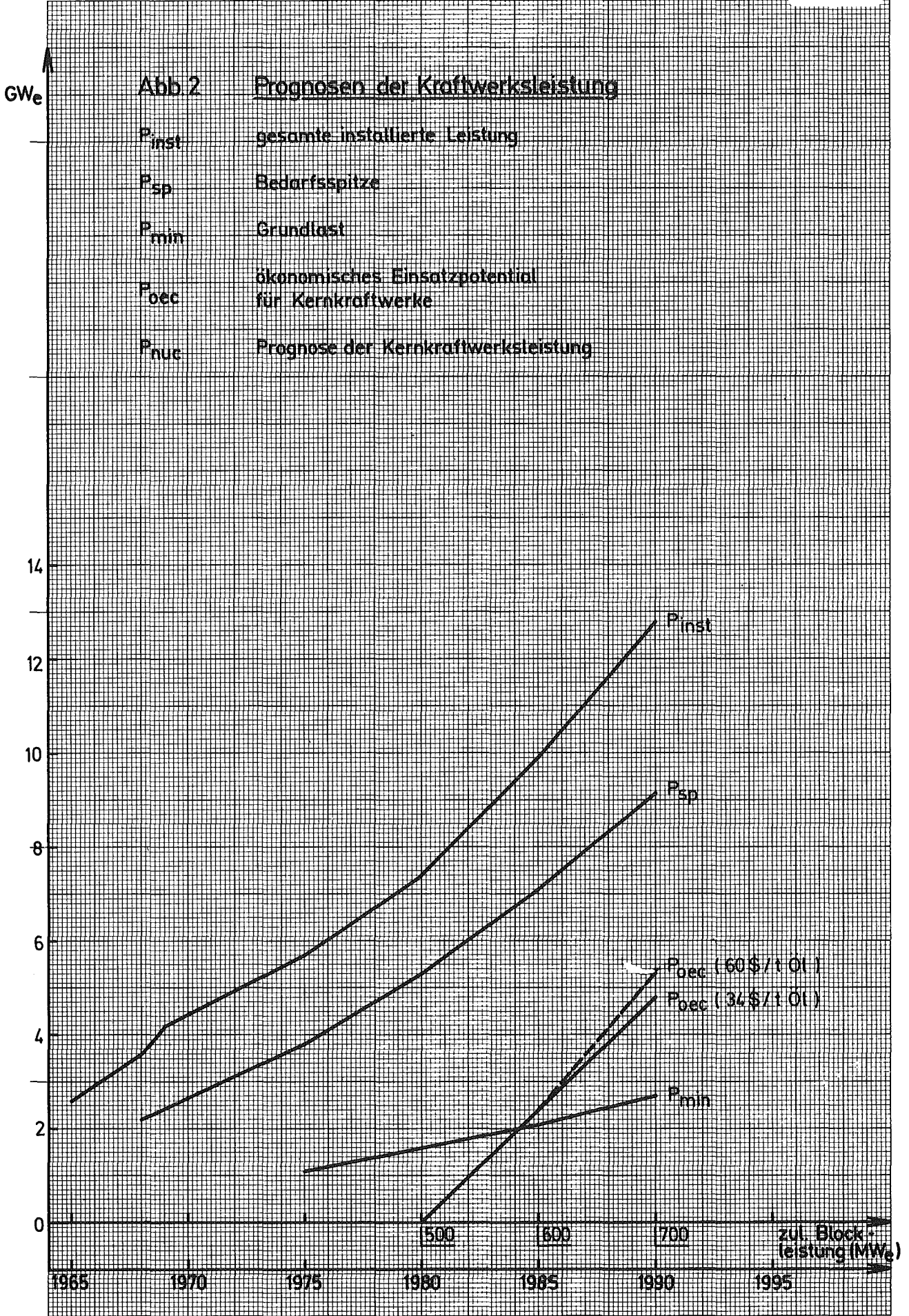
Konventionell: 0,9

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t





Erstes Kernkraftwerk:

VAK Kahl 15 MWe BWR (AEG, GE)
Inbetriebnahme 1961

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1972 (Inbetriebnahme Stade)

Einsatzpotential bis 1990:

66 GWe bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	248 600		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	61,28		1971	305/72
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (DM)	683,5 Mrd	11 260	1970	210/70
in US-\$	186,7 Mrd	3 075		
(1 US-\$ = 3,66 DM)			1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	315 Mio	5,19	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	175 Mio	2,88	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	242,6 Mrd	4 000	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	25 %			
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	70 000		1967	100/70
Braunkohle	20 000		1967	100/70
Erdöl	110		1970	530/70
Erdgas	500		1970	530/70
gesamt	90 000			

1. Allgemeine Situation

Die BRD verfügt über bedeutende Steinkohle- und Braunkohlevorkommen, dagegen nur über geringe Erdöl- und Erdgasmengen. Die Wettbewerbssituation der Steinkohle hat sich wegen des hohen Lohnkostenanteils in den letzten Jahren verschlechtert.

Während der Anteil der Steinkohle an der Deckung des Primärenergiebedarfs 1955 noch 70% betrug, ist er jetzt auf ca. 25% gesunken. Im gleichen Zeitraum ist der Anteil des Erdöls von 10% auf über 50% gestiegen.

2. Energieversorgung

In der Elektrizitätswirtschaft ist durch das Steinkohleverstromungsgesetz der Anteil der Steinkohle am Primärenergieeinsatz nicht so stark abgesunken wie in den übrigen Bereichen der Elektrizitätswirtschaft. Die Aufteilung der einzelnen Brennstoffarten für die Elektrizitätserzeugung in den öffentlichen Kraftwerken war 1971 folgendermaßen /710, Jg 71 (1972), S. 557/

Wasser	7,1%
Braunkohle	34,2%
Steinkohle	33,9%
Erdgas	7,6%
andere Gase	0,8%
Heizöl	12,5%
Kernenergie	3,4%
Müll	0,5%

100%

Eine Reihe von Faktoren begünstigt den verstärkten Einsatz der Kernenergie in den nächsten Dekaden: die Preise von Kohle und Öl zeigen eine stark steigende Tendenz; die Energiebedarfsdichte und der Grundlastbedarf sind hoch; das Netz mit über 50 GWe verbundener Leistung kann die größten z.Z. angebotenen Kraftwerkseinheiten aufnehmen. Es ist in das europäische Verbundnetz integriert. Die kern-technische Industrie der BRD ist international wettbewerbsfähig.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,9% 1980: 0,7%	recht gut
BIP-real zu Markt- preisen von 1963	Gerade	1970: 4,0% 1980: 2,8%	gut
Elektrizitätsverbrauch	Parabel	1970: 6,4% 1980: 5,0%	gut

Die Prognose des Elektrizitätsverbrauchs liegt unter dem Ergebnis anderer Prognosen (vgl. z.B./590/).

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt für Kernkraftwerke von 1200 MWe deutlich geringere Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich als für Ölkraftwerke gleicher Leistung (Tab.3). Kernkraftwerke von 1200 MWe können bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 3700 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden (siehe Abb. 1). Bei einem Ölpreis von 60 \$/t wird der Einsatzbereich für Kernkraftwerke durch die Konkurrenzsituation gegenüber Braunkohlekraftwerken begrenzt. Sie können dann ab einer Ausnutzungsdauer von 3000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden. Für Braunkohle wurde dabei mit einer Blockleistung von 600 MWe als technisch bedingter Grenzleistung gerechnet /560/.

5. Weitere Kriterien

Die BRD ist bemüht, ihre Abhängigkeit von Ölimporten zu verringern. Es ist beabsichtigt, die Kernenergie auch zur Deckung des Prozeßwärmebedarfes einzusetzen und damit den Anwendungsbereich der Kernenergie über die Stromerzeugung hinaus zu erweitern.

Da Deutschland keine nennenswerten Uranreserven besitzt, beteiligen sich deutsche Firmen an Schürfungen in anderen Ländern. Zur langfristigen Sicherung des Bedarfes an Anreicherungsarbeit wird zusammen mit England und den Niederlanden das Zentrifugenverfahren, ferner (nur in der BRD) das Trenndüsenverfahren entwickelt.

6. Schlußfolgerungen

Der Zubaubedarf von 1980 bis 1990 wird auf 46 GWe geschätzt. 1980 werden voraussichtlich ca. 20 GWe an Kernkraftwerken im Einsatz sein. Unter Einbeziehung dieser Kernkraftwerke ergibt sich ein nukleares Einsatzpotential von 66 GWe bis 1990, unabhängig von einem weiteren Anstieg des Ölpreises. Darüberhinaus kommt auch ein Einsatz der Kernenergie zur Erzeugung von Prozeßwärme in Frage.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd DM (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	305/72	210/70	200/69 490			105/70				
1960	55,4	339	107	1930		30,7				
1965	59,0	434	153	2600		43,3				
1970	60,7	543	219	3650	38,4	50,8				
1971	61,3		233			54,0				
1975	63,8	629	283	4450	49,6	64,5		1200		
1980	66,2	730	365	5500	64,0	83			20	20
1985	68,5	831	459	6700	80,5	105				
1990	70,6	932	564	8000	99,0	129			66	66

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,34 für 1970, 1,3 für Prognosewerte.

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	1200	384	46		8,96		55,0		7,9
ÖL	1200	194	23,2	90	51	113,2	74,2	16,2	10,6
BRAUN- KOHLE	600	300	36,0		35		71		10,1
STEIN- KOHLE	800	238	28,6		87		115		16,4

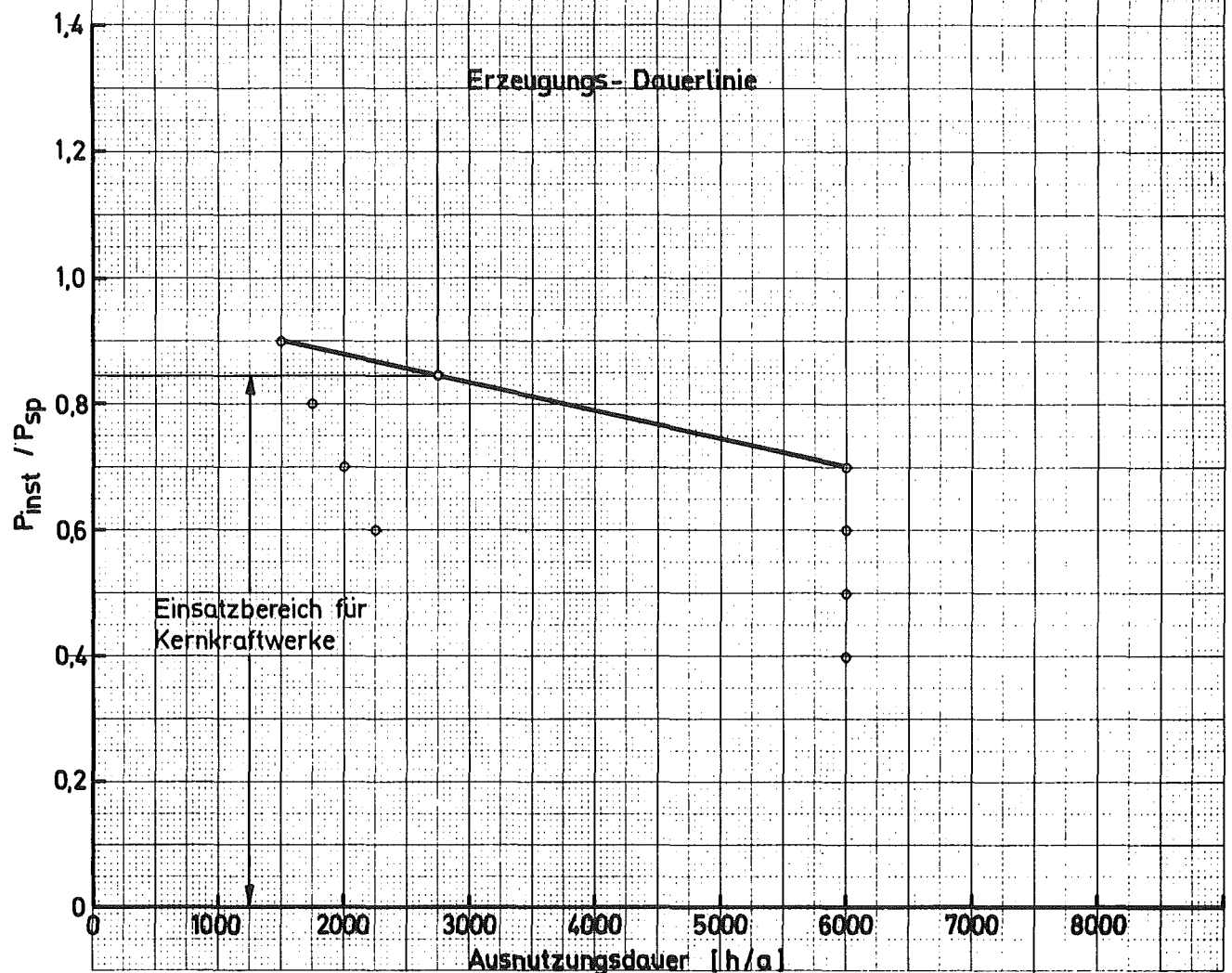
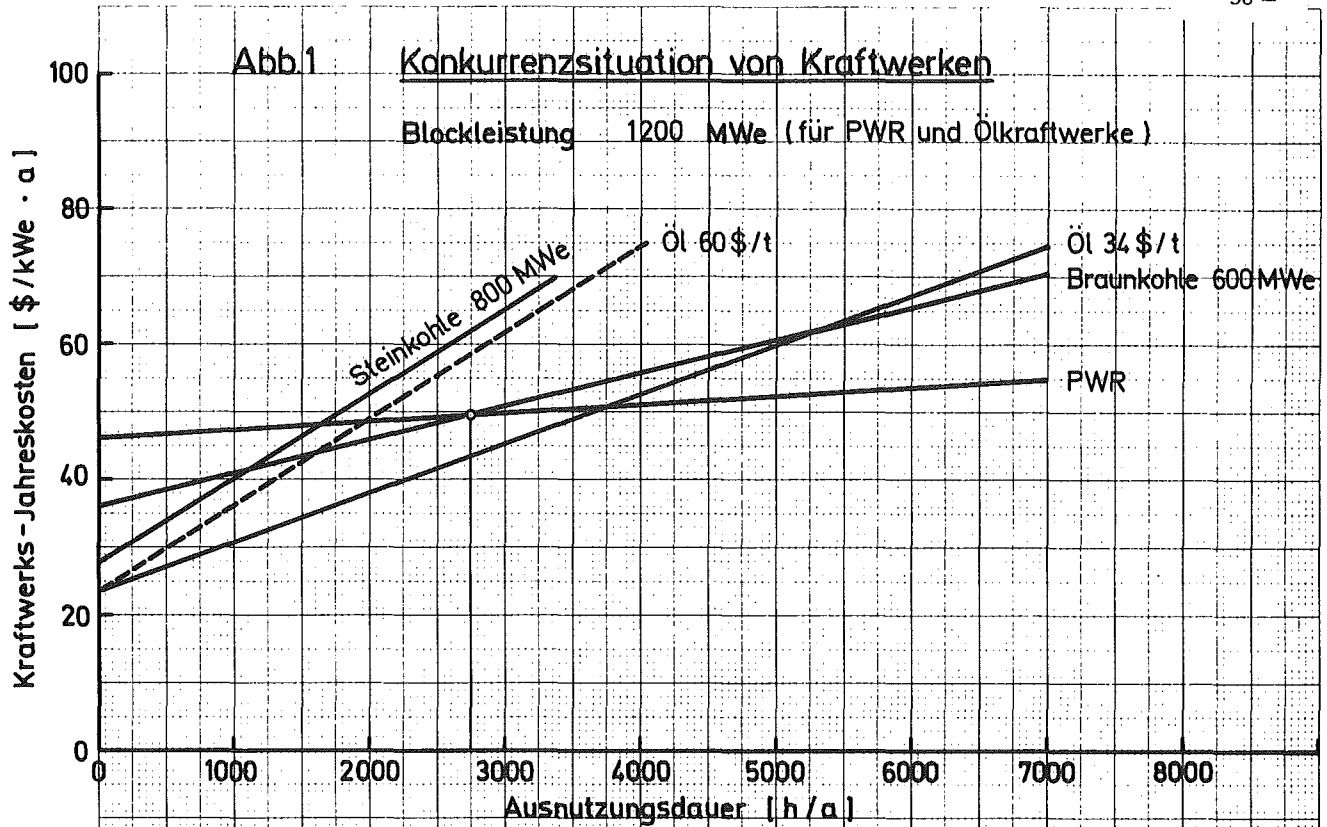
Anmerkungen

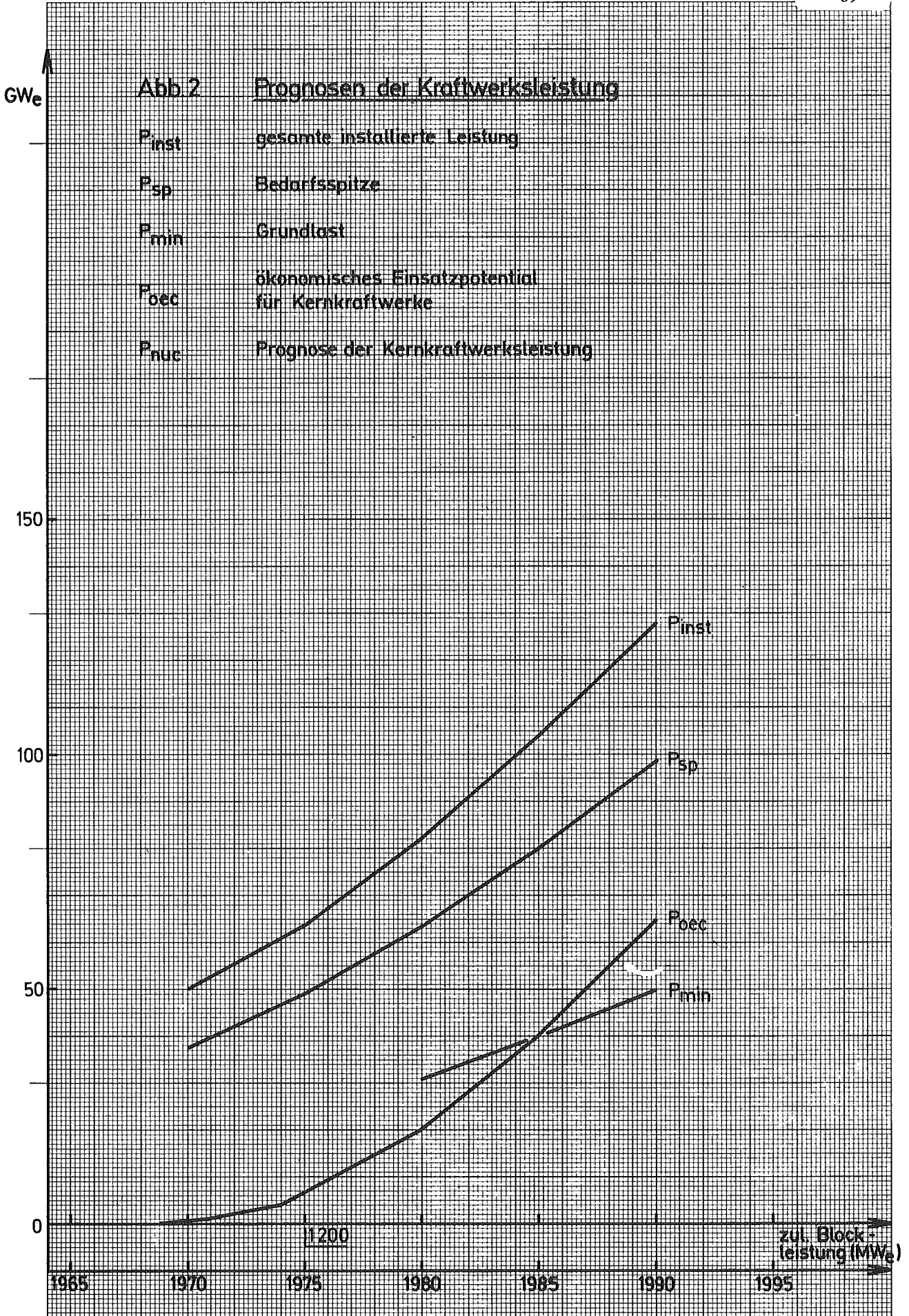
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0 Konventionell: 0,9

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t





Erstes Kernkraftwerk: Rheinsberg 80 MWe PWR (Technoprom)
Inbetriebnahme 1966

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1974 (Inbetriebnahme Greifswald-1)

Einsatzpotential bis 1990: 8,4 GWe bei 34 \$ / t Öl und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	108 100		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	17,25		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal) ¹⁾</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (M)	92,2 Mrd	5390	1967	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 4,2 M) ²⁾	21,95 Mrd	1280	1967	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	101,5 Mio	5,88	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	80,4 Mio	4,66	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	67,7 Mrd	3940	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	23 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	50		1956	100/70
Braunkohle	10 000		1966	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	6,4 ³⁾		1970	530/70
gesamt	ca. 10 000			

1) Nettomaterialprodukt zu Marktpreisen

2) kommerzieller Kurs

3) nach / 500 / ca. 60 Mio t SKE

1. Allgemeine Situation

Die DDR verfügt über große Braunkohlevorkommen. Ferner ist Steinkohle in geringerem Umfange vorhanden.

Die Förderungen betragen 1969:

Steinkohle	1,3 Mio t
Braunkohle	254,6 Mio t.

Produktionsziffern für Erdöl werden nicht bekannt gegeben. Wie die anderen europäischen Comecon-Länder ist die DDR an das Erdöl- und Erdgasnetz der Sowjetunion angeschlossen.

2. Elektrizitätsversorgung

1970 verteilte sich die Elektrizitätserzeugung auf die Energieträger folgendermaßen:

	TWh	%
Steinkohle	0,97	1,4
Rohbraunkohle	56,3	83,2
Braunkohlen- brikett	1,2	1,8
Wasser	1,2	1,8
Mineralöl	1,8	2,6
Sonstiges	6,2	9,1

Bedeutung hat der Elektrizitätsverbund mit Polen und der CSSR (Einfuhr 1970 1,23 TWh, Ausfuhr 0,83 TWh).

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,3% 1980: 0,9%	Ex-Post: recht gut
NMP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 5,8% 1980: 5,9%	sehr gut
Elektrizitätsver- brauch	Parabel	1970: 4% 1980: 3%	Ex-Post: recht gut

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt für Kernkraftwerke von 800 MWe deutlich geringere Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich als für Ölkraftwerke gleicher Leistung (Tab. 3). Kernkraftwerke von 1000 MWe können bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 3500 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden (siehe Abb. 1). Bei einem Ölpreis von 60 \$/t wird der Einsatzbereich für Kernkraftwerke durch die Konkurrenzsituation gegenüber Braunkohlekraftwerken begrenzt. Sie können dann ab einer Ausnutzungsdauer von 3000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden. Für Braunkohle wurde dabei mit einer Blockleistung von 600 MWe als technisch bedingter Grenzleistung gerechnet /560/. Die laufenden Kosten wurden mit 35 \$/ kWe.a ebenso hoch wie bei westdeutschen Braunkohlekraftwerken angesetzt.

5. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 6,6 GWe. Unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten könnte dieser Zubaubedarf ganz durch Kernkraftwerke gedeckt werden. Einschließlich der 1,8 GWe an Kernkraftwerken, die voraussichtlich 1980 in Betrieb sein werden, schätzen wir das nukleare Einsatzpotential auf 8,4 GWe unabhängig von einem weiteren Ansteigen des Ölpreises.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd M (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	490			100/71				
1960	17,2	71,0	35,1	2040		7,84				
1965	17,0	84,2	44,4	2610	7,23	9,5				
1969		103				11,2				
1970	17,3		55,4	3200	9,02	11,72				
1975	17,6	146	67,0	3810	10,91	14,18	0,07	760		
1980	18,3	196	78,4	4280	12,93	16,80	0,07	900	1,8	1,8
1985	19,3	257	90,2	4670	14,70	13,10	0,07	1000		
1990	20,6	329	102	4950	16,60	21,60	0,06	1000	6,6	6,6

Anmerkungen:

Spalte 3: Nettomaterialprodukt

6: Lastfaktor 0,7

7: Reservefaktor 1,3

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	800	353	42,4	9,3		51,7		7,4	
	1000	327	39,2	8,96		48,2		6,9	
ÖL	1000	157	18,8	90	52,5	108,8	71,3	15,5	10,2
BRAUN- KOHLE	600	233	28,0	35		63,0			

Anmerkungen

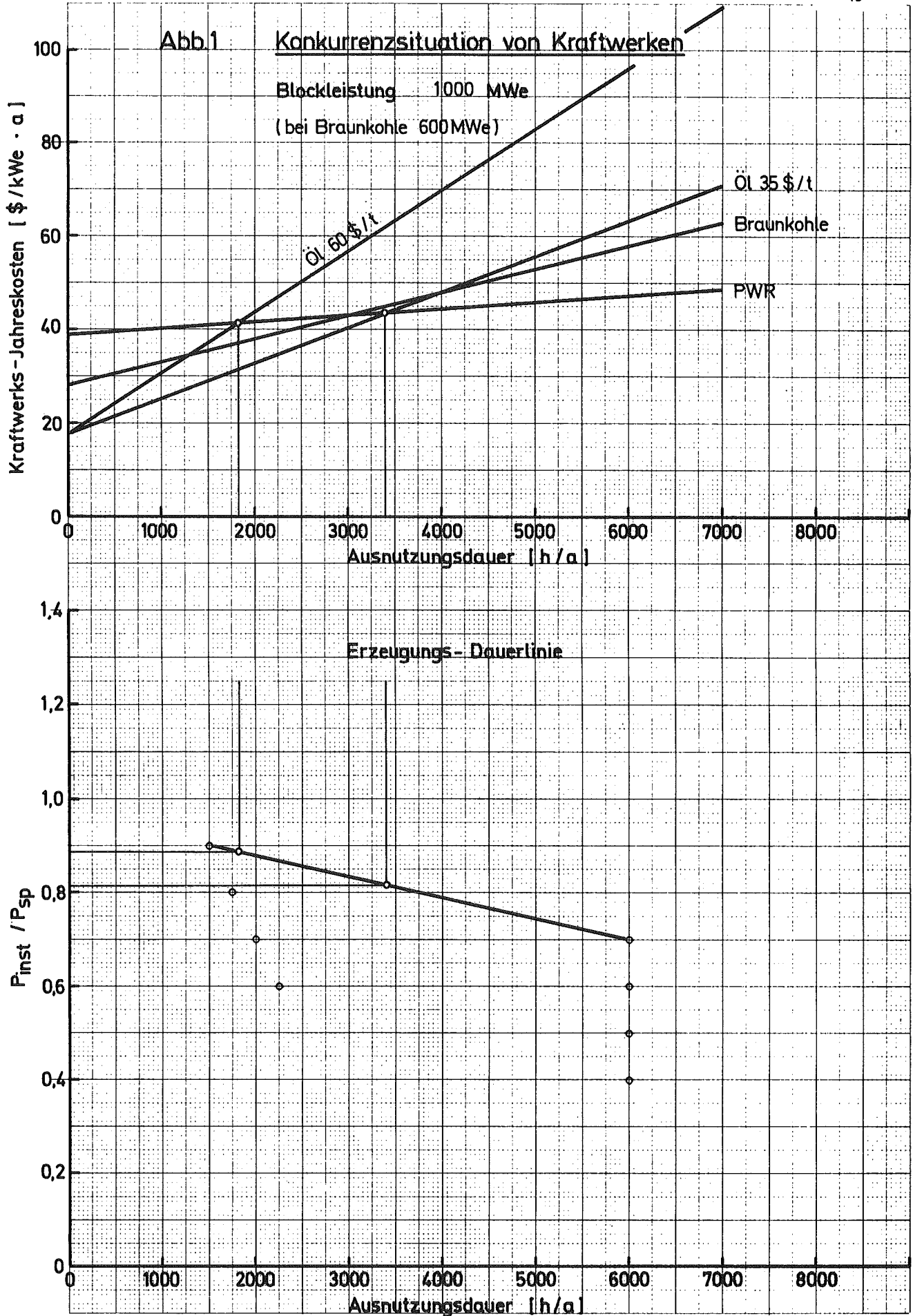
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,8

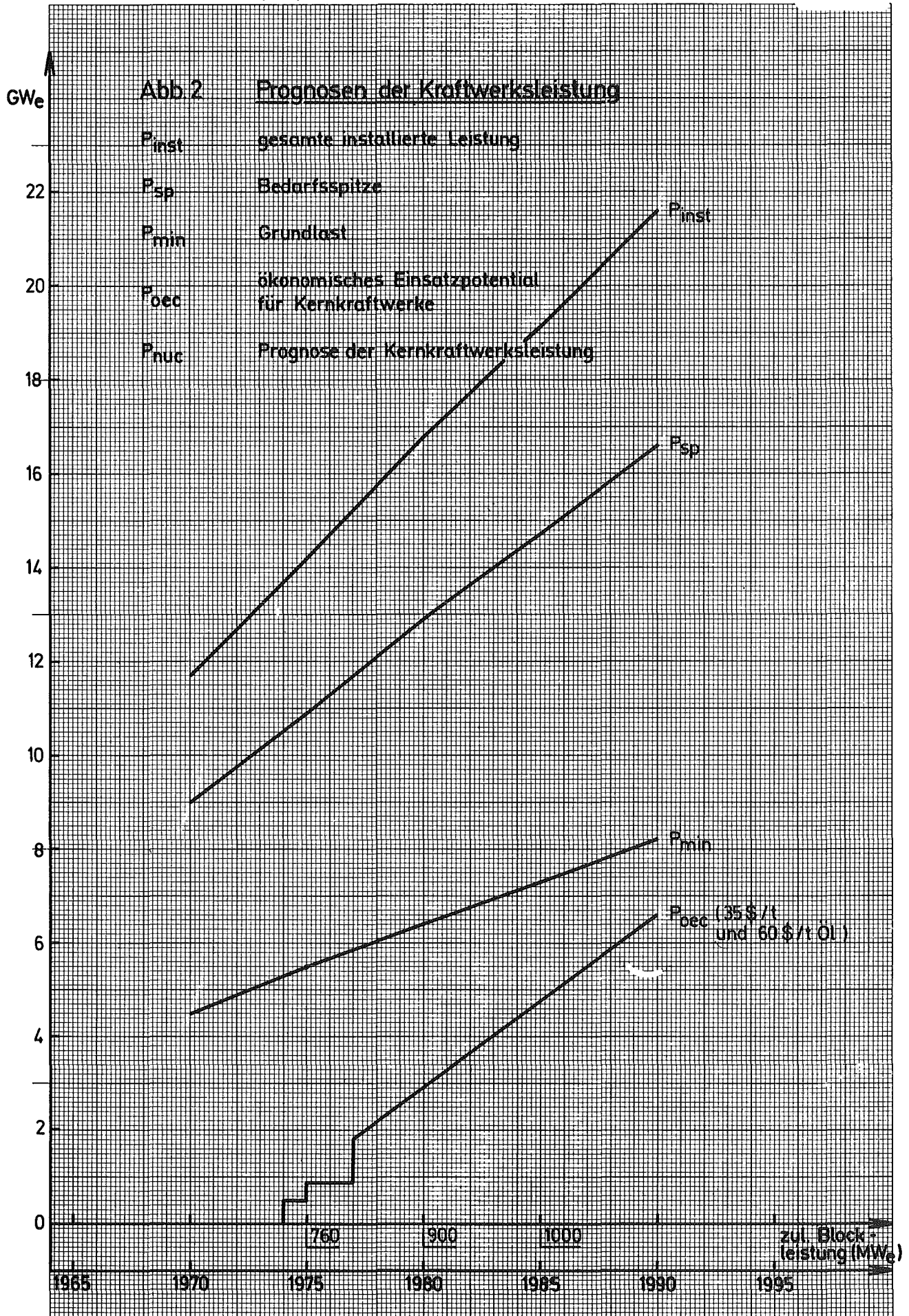
Konventionell: 0,7

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 35 \$/t





Erstes Kernkraftwerk: Loviisa-1 440 MWe PWR (Technoprom)
Inbetriebnahme 1976

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1976 (Inbetriebnahme Loviisa-1)

Einsatzpotential bis 1990: 7,7 GWe bei 34 \$ / t Öl
und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	337 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	4,7		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (Fmk)	43,2 Mrd	9190	1970	210/70
in US-\$ (1 US-\$ = 4,2 Fmk)	10,3 Mrd	2190	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	19,5 Mio	4,15	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	1,05 Mio	0,22	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	22,6 Mrd	4800	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	30 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0		1970	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt	0			

1. Allgemeine Situation

Das Land verfügt über keine nennenswerten Kohle- und Erdölvorkommen. Uranvorkommen sind vorhanden. Laut IAEA/580/ sind 1.300 t Uran der Preiskategorie 10-15 \$/lb U_3O_8 im Lande gefunden worden. Diese Vorkommen sollen für die eigenen Kernkraftwerksvorhaben eingesetzt werden. An vorzeitigen Abbau und Export ist nicht gedacht.

2. Elektrizitätsversorgung

Die wirtschaftlich nutzbaren Wasserkräfte gelten als ausgebaut. Der wachsende Energiebedarf wird deswegen durch den Zubau von Wärmekraftwerken gedeckt. Sie bestreiten schon jetzt etwa 50% der Elektrizitätserzeugung. Es besteht ein Verbundnetz mit Schweden und der Sowjetunion. Mit beiden Ländern wird beim Bau von Kernkraftwerken zusammengearbeitet.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,5% 1980: 0,1%	recht gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 4,8% 1980: 4,2%	mäßig
Elektrizitätsver- brauch	Parabel	1970: 7,6% 1980: 5,8%	gut

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt für Kernkraftwerke ab 600 MWe geringere Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich als für Ölkraftwerke gleicher Leistung (Tab. 3). Kernkraftwerke von 800 MWe können bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 4000 h/a, bei einem Ölpreis von 60 \$/t ab 2000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden (siehe Abb. 1).

5. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 6,2 GWe (Tab. 2). 1980 werden voraussichtlich drei Kernkraftwerke mit insgesamt 1,5 GWe in Betrieb sein. Einschließlich dieser Kernkraftwerke schätzen wir das nukleare Einsatzpotential bis 1990 auf 7,7 GWe, unabhängig von einem weiteren Anstieg des Ölpreises.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd F mk (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	210/70	200/69			105/70				
1960	4,43	17,8	8,15	1840		2,7				
1965	4,61	23,0	13,0	2820		3,96				
1969	4,7	27,4	18,0	3830	3,422	4,7				
1970	4,7	29,5								
1975	4,81	35,8	26,7	5550	5,07	7,1	0,12	600		
1980	4,85	44,2	35,8	7380	6,80	9,5	0,1	700	1,5	1,5
1985	4,86	53,7	46,5	9570	8,84	12,37	0,09	800		
1990	4,83	64,4	59	12200	11,21	15,7	0,08	900	7,5	7,5

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,4

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	600	445	53,4	9,66		63,06		9,01	
	800	394	47,28	9,31		56,6		8,1	
ÖL	600	204	24,5	90	51	114,5	75,5	16,4	10,8
	800	189	22,7	90	51	112,7	73,7	16,1	10,5

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9

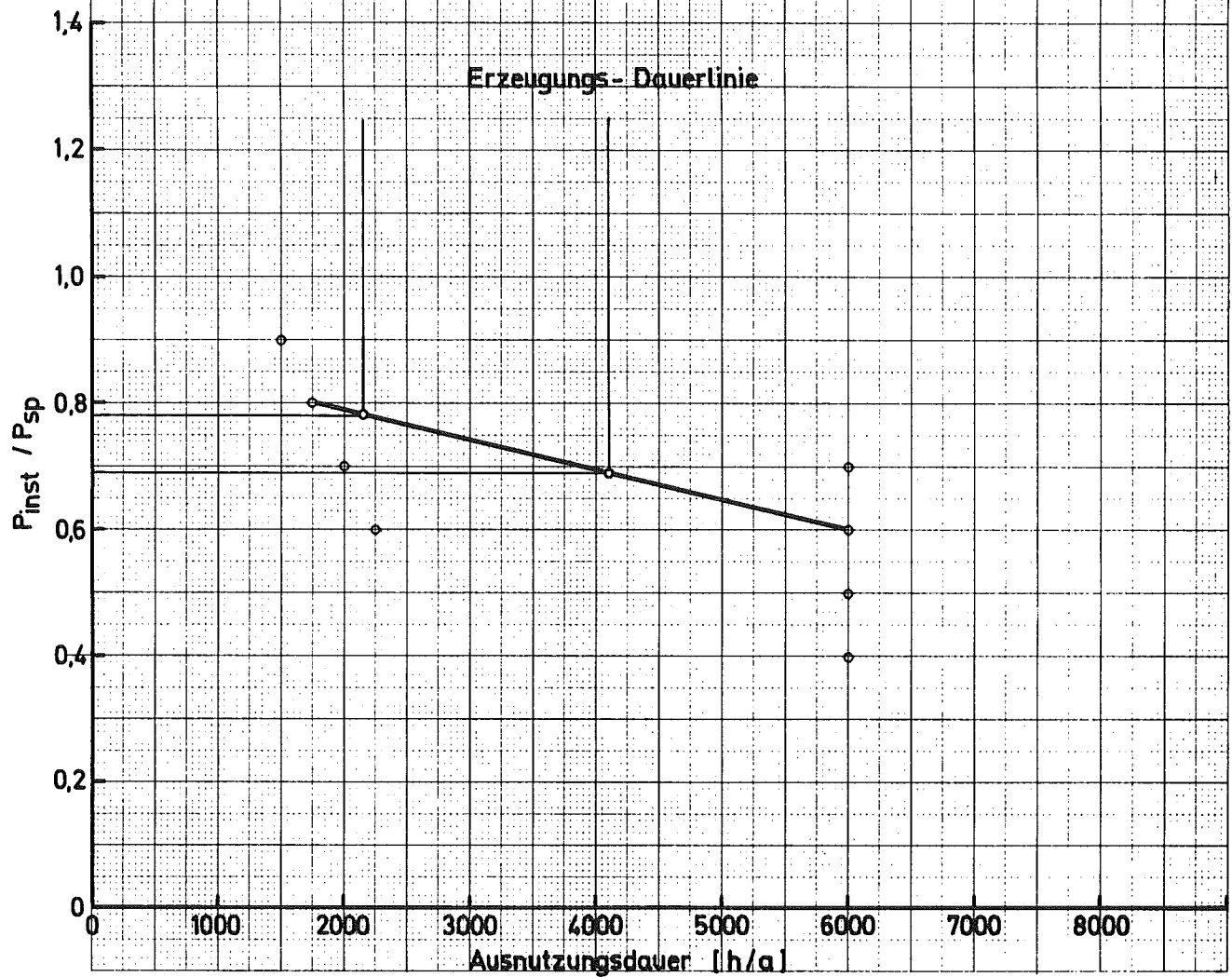
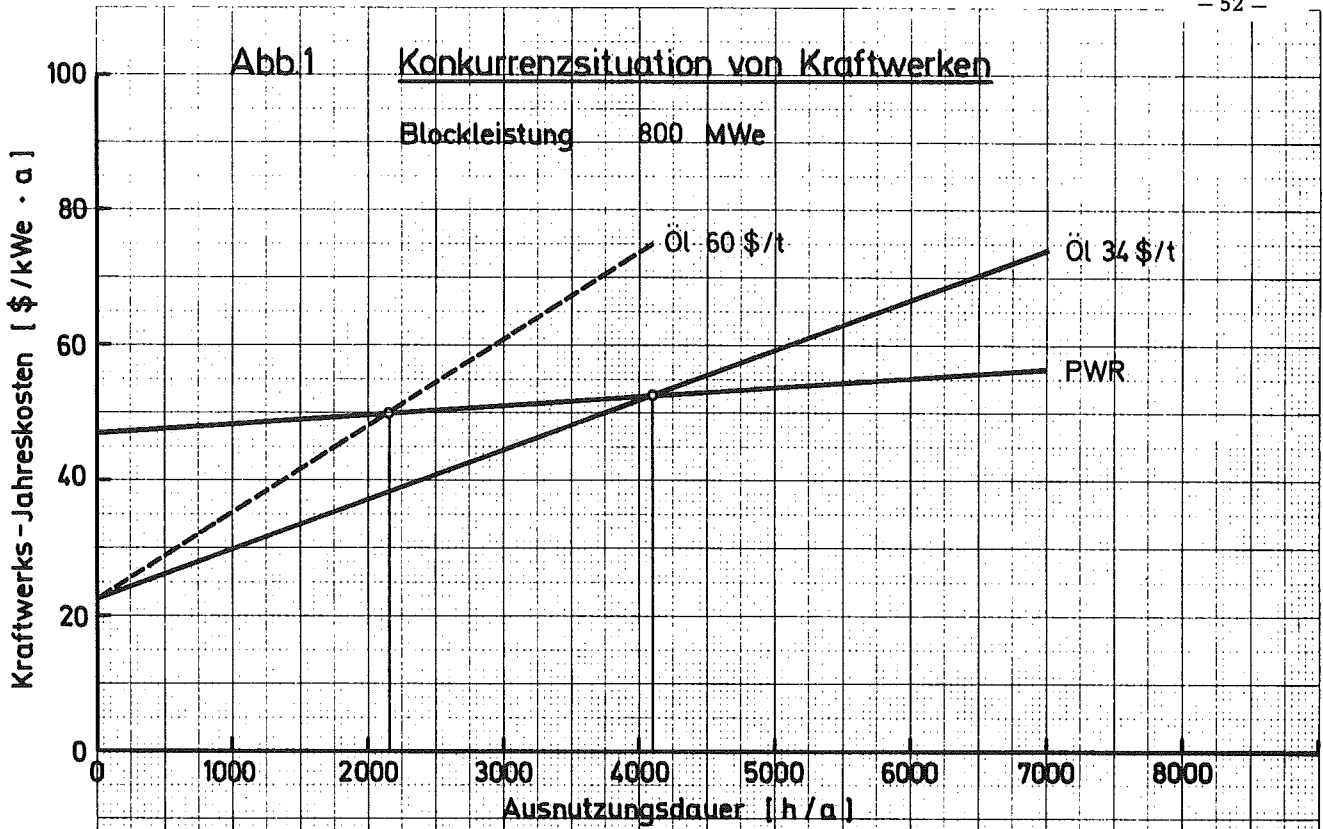
Konventionell: 0,8

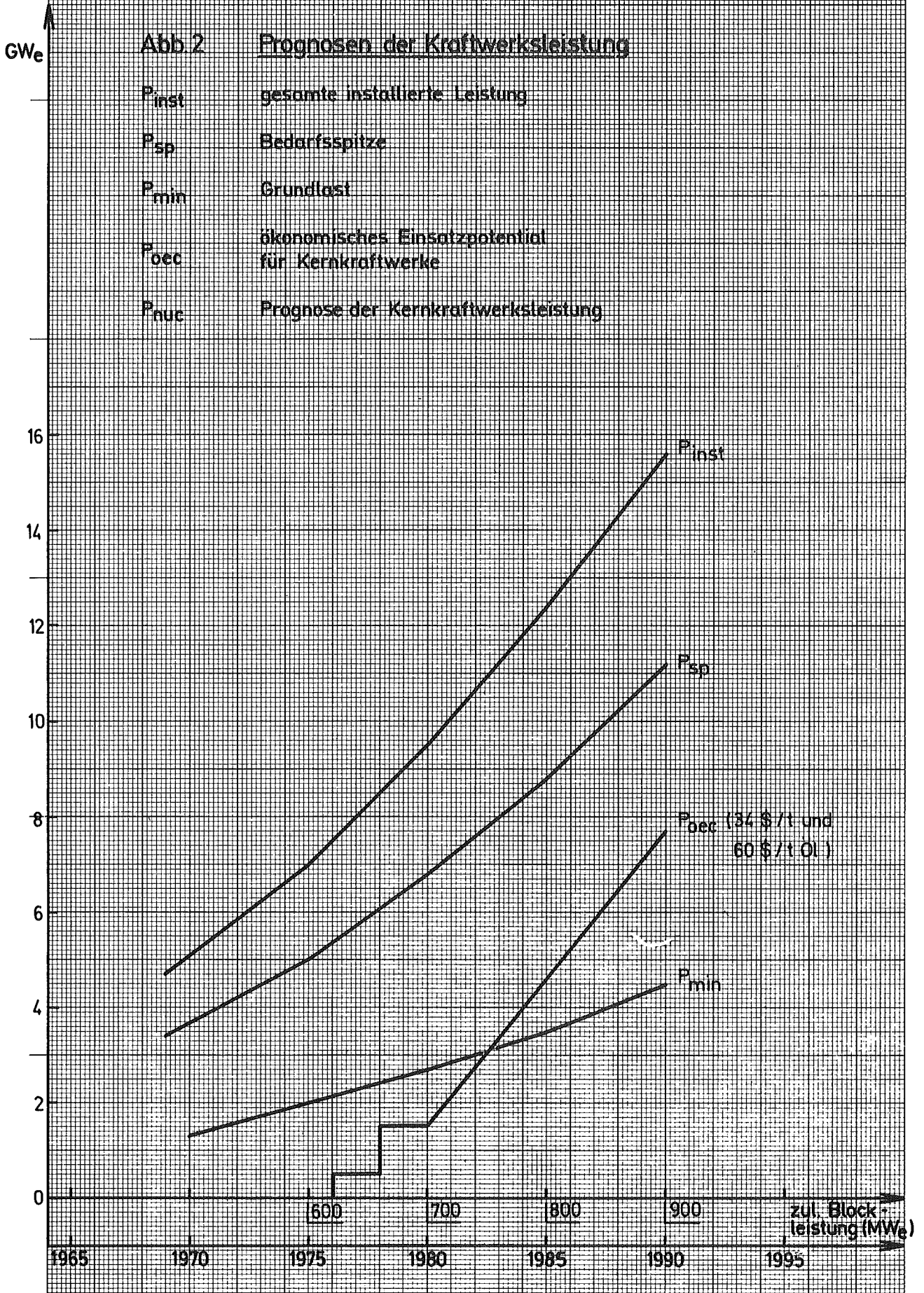
4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t

Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken





Erstes Kernkraftwerk: G-2 Marcoule GG 40 MWe 1958

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1975 bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:
78 GWe bei 34 \$ / t Öl
78 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	547 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	51		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (FF)	818 Mrd	16 040	1970	210/70
in US-\$ (1 US-\$ = 5,55 FF)	147 Mrd	2 890	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	193 Mio	3,78	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	59 Mio	1,16	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	147 Mrd	2 880	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	20 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	2 800		1966	100/70
Braunkohle	10		1967	100/70
Erdöl	23		1970	530/70
Erdgas	233		1970	530/70
gesamt	3 066			

1. Allgemeine Situation

Frankreich verfügt über Stein- und Braunkohle, Erdöl und Erdgas.

Die Förderungen betragen 1969

Steinkohle	40,6	Mio t
Braunkohle	3	Mio t
Erdöl	2,5	Mio t
Erdgas	6,5	Mrd m ³

Die Eigenerzeugung an Primärenergie reicht nicht hin, um den Energiebedarf zu decken. 1970 konnten nur etwa ein Drittel des gesamten Energieverbrauchs aus einheimischer Förderung gedeckt werden. Dabei ist die Steinkohlenförderung aus Kostengründen rückläufig.

Die Uranreserven werden geschätzt auf:

36 600 t Uran der Preisklasse bis 10 \$/lb U₃O₈, zusätzlich vermutlich
24 300 t
20 000 t Uran der Preisklasse 10-15 \$/lb U₃O₈, zusätzlich vermutlich
25 000 t

In drei Anlagen (gesamte Kapazität 1 Mio t/a Erz) wurde 1973 etwa 1 500 t Uran produziert /580/. Daneben wird Uranerz aus Gabun, Niger etc. eingeführt.

2. Elektrizitätsversorgung

Der Elektrizitätsbedarf wird zu ca. 50% durch Wärmekraftwerke gedeckt. Neun Kernkraftwerke (Blockleistung bis zu 540 MWe) mit insgesamt 2,6 GWe sind bisher in Betrieb genommen worden. Fünf weitere Kernkraftwerke mit insgesamt 3,7 GWe sind im Bau.

Frankreich ist an das Europäische Verbundnetz angeschlossen.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel Werte ab 1956 benutzt	1970: 0,8% 1980: 0,5%	gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 5,5% 1980: 4,7%	sehr gut
Elektrizitätsverbrauch	Exp.-Funktion	7,2%	sehr gut

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt für Kernkraftwerke von 1200 MWe deutlich geringere Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich als für Ölkraftwerke gleicher Leistung (Tab. 3). Kernkraftwerke von 1200 MWe können bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 4000 h/a, bei einem Ölpreis von 60 \$/t ab 2000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden (s. Abb.1).

5. Weitere Kriterien

Aus mehreren Gründen wird Kerntechnik und Nuklearindustrie in Frankreich von staatlicher Seite sehr stark gefördert. Es existieren mehrere Großforschungszentren. Eine Diffusionsanlage zur Urananreicherung (Pierrelatte 400-500 t TAE/a) ist in Betrieb.

Der Bau einer größeren Anlage ist geplant.

Neben eigenen Kernkraftwerken betreibt und baut Frankreich Gemeinschaftskraftwerke mit Belgien, der Schweiz und Spanien.

6. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 70 GWe (Tab. 2). 1980 werden voraussichtlich sechzehn Kernkraftwerke mit insgesamt 8 GWe in Betrieb sein. Einschließlich dieser Kernkraftwerke schätzen wir das nukleare Einsatzpotential bis 1990 auf 78 GWe, unabhängig von einem weiteren Anstieg des Ölpreises.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd FF (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	210/70	200/69 490			105/70				
1960	45,7	346	65,2	1430						
1965	48,8	459	94,1	1930						
1969						36,3				
1970	50,7	607	130	2560	23					
1975	52,6	779	188	3570	33	46	0,04	1300		
1980	54,1	989	269	5000	47	66			8	8
1985	55,2	1230	385	7000	67,5	95				
1990	55,9	1510	552	9900	97	136			78	78

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,4

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	12000	384	46	8,96		54,96		7,85	
ÖL	1200	194	23,3	90	51	113,3	74,3	16,2	10,6

Anmerkungen

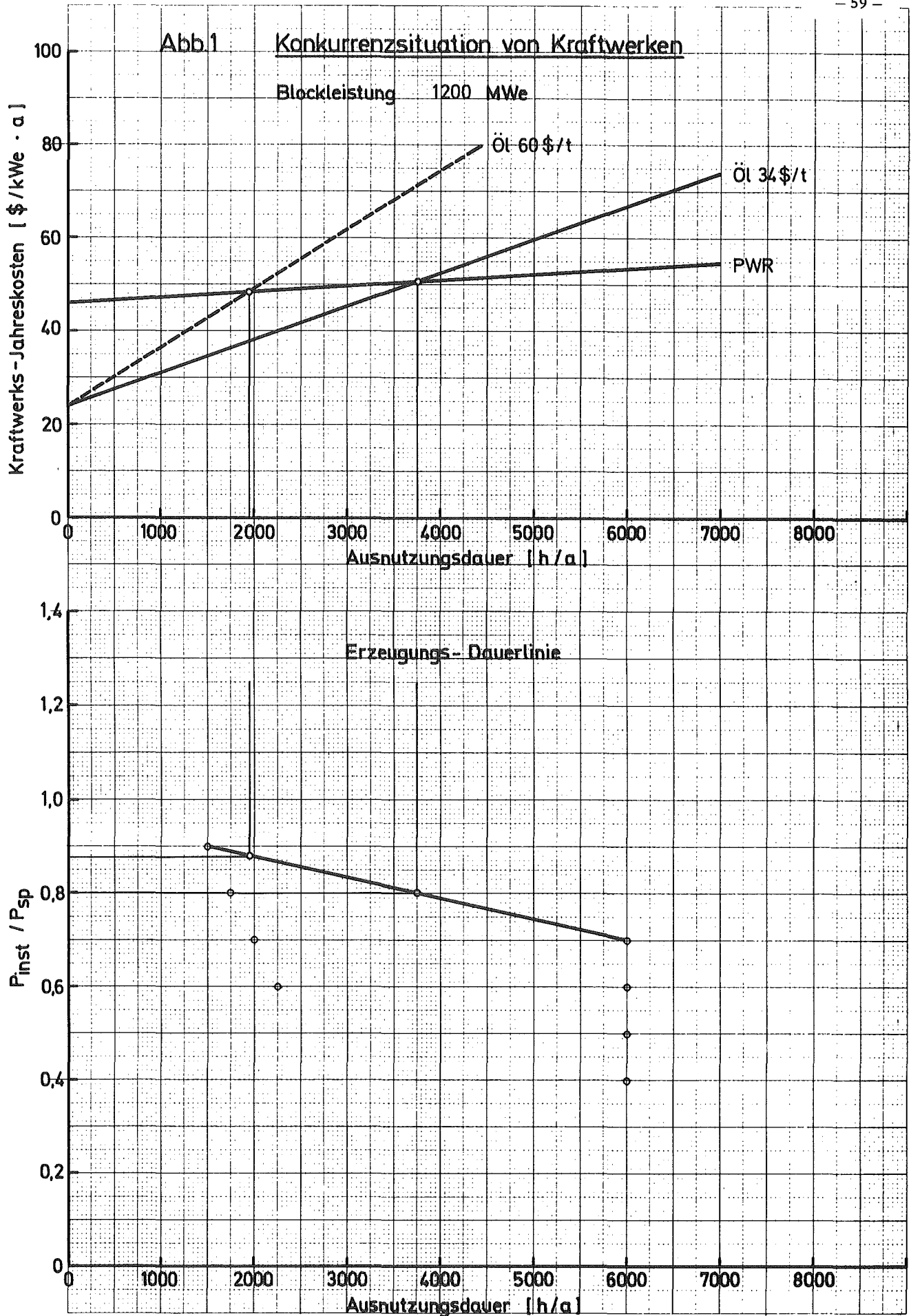
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

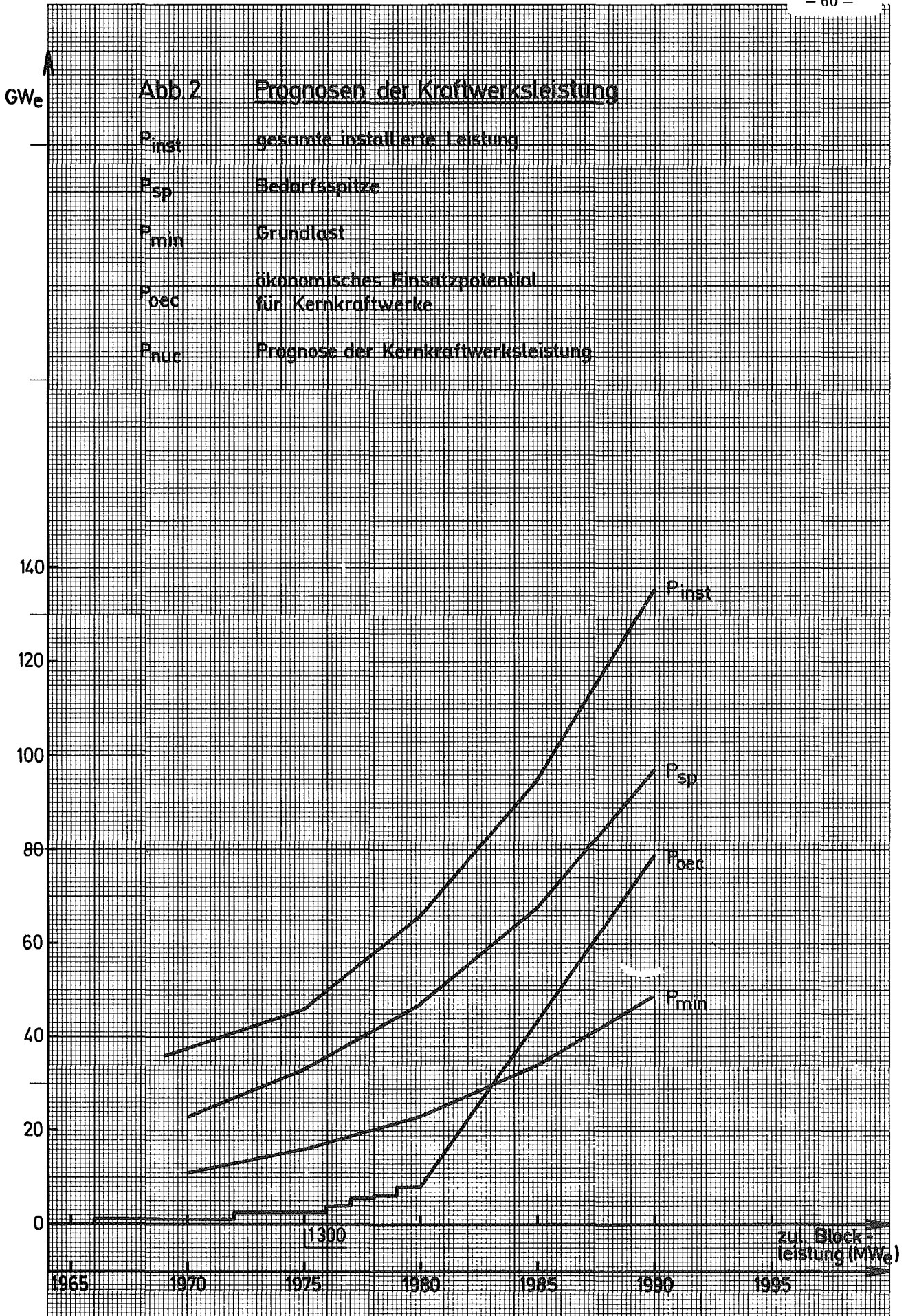
Konventionell: 0,9

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t





Erstes Kernkraftwerk:Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:1980 bei 60 \$ / t Öl
1985 bei 33 \$ / t ÖlEinsatzpotential bis 1990:4,4 GWe bei einem Ölpreis von 33 \$ / t
und 60 \$ / tTabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	131 900		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	8,89		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (Dr)	247,2 Mrd	27 960	1969	210/69
in US-\$ (1 US-\$ = 30 Dr)	8,2 Mrd	930	1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	11,2 Mrd	1,26	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	2,9 Mrd	0,33	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	9,5 Mrd	1070	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	24 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0		1970	} 450
Braunkohle	280		1970	
Erdöl	0		1970	
Erdgas	0		1970	
gesamt	280			

1. Allgemeine Situation

Griechenland hat in den 60er Jahren einen starken wirtschaftlichen Aufschwung erlebt. Es wird erwartet, daß der derzeitige Trend, verbunden mit einem Strukturwandel zum Industriestaat hin, bis in die 80er Jahre anhält. Der Energieverbrauch des Landes (12 Mio t SKE im Jahr 1970) wird zu über 70% mit Öl gedeckt. Das Land ist bestrebt, seine starke Abhängigkeit von importiertem Öl zu mildern. Die einheimischen Reserven an Wasserkraft und Braunkohle sollen daher in den kommenden Jahren vorrangig genutzt werden.

Griechenland besitzt ausbauwürdige Wasserkraftreserven mit einer möglichen Energieausbeute von 15-20 TWh/a, von denen ca. 20% ausgebaut sind. Die Braunkohlevorräte reichen aus, um Kraftwerke von insgesamt ca. 3 000 MWe für 30 Jahre mit Brennstoff zu versorgen. Dies entspricht etwa dem Grundlastbedarf von 1985.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung hat sich von 1965 - 1970 mehr als verdoppelt. Seit 1966 wurden 4000 Dörfer und Siedlungen neu an das Netz angeschlossen. Jetzt sind nur noch ca. 3% der Bevölkerung ohne Elektrizitätsversorgung. In die Elektrizitätserzeugung teilen sich Wasserkraft, Braunkohle und importiertes Öl zu etwa gleichen Teilen. Die heute genutzten Wasserkräfte mit einem Energieangebot von ca. 3 TWh/a werden vorwiegend zur Spitzenlastdeckung eingesetzt. Bis 1985 sollen ca. 6 TWh/a ausgebaut werden, auch diese überwiegend zur Spitzenlastdeckung.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,6% 1980: 0,4%	gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 6,7% 1980: 5,5%	sehr gut
	Extrapolations- kurve:		
Elektrizitätsverbrauch	Exp.-Funktion	10%	

Der Elektrizitätsverbrauch hatte in den letzten Jahren Wachstumsraten über 15%/a. Da in dieser Zeit große Elektrifizierungsprogramme durchgeführt wurden, nehmen wir an, daß diese hohen Wachstumsraten nicht beibehalten werden. Wir extrapolieren mit einer Wachstumsrate von 10%/a, wobei wir mit einer fortschreitenden Industrialisierung rechnen.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung für 400 und 500 MWe Blockleistung zeigt bei beiden verwendeten Ölpreisen (33 \$/t und 60 \$/t Öl) Kostenvorteile für Kernkraftwerke im Grundlastbereich.

Braunkohlenkraftwerke dieser Blockgröße arbeiten jedoch kostengünstiger. Wegen der beschränkten Braunkohlenreserven kann aber nicht der gesamte Zubau an zu installierender Leistung bis 1990 alleine durch Braunkohlenkraftwerke erfolgen.

5. Weitere Kriterien

Griechenland plant den Ausbau seiner Braunkohle-Kraftwerke bis auf ca. 2 700 MWe. Die sicheren Braunkohle-Reserven garantieren einen Betrieb dieser Kraftwerke über mindestens 30 Jahre. Ob mehr Braunkohle-Kraftwerke installiert werden können, hängt davon ab, ob Vermutungen über weitere Braunkohlereserven sich bewahrheiten. Bei Planungen für Kernkraftwerke wird erwogen, die ersten Anlagen als Zwei-Turbinen-Anlagen auszuführen, um Blockleistungen von 600 MWe einsetzen zu können. Dabei geht man davon aus, daß beim unvorhergesehenen Ausfall des Kraftwerkes zunächst nur eine Turbine vom Netz getrennt werden soll, während die andere vorübergehend noch mit Dampf versorgt wird.

6. Schlußfolgerungen

Der Grundlastbedarf wird bis 1985 am kostengünstigsten mit Braunkohlekraftwerken gedeckt. Danach ist auf der Basis der heute bekannten Reserven kein nennenswerter Zubau von Braunkohlekraftwerken zu erwarten. Nach 1985 sind bei einem Ölpreis von 33 \$/t Kernkraftwerke im Grundlastbereich am kostengünstigsten. Von 1985 bis 1990 ist ein weiterer Zubau von ca. 1,5 GWe an Wasserkraftwerken in Aussicht genommen /450/. Das nukleare Einsatzpotential bis 1990 beträgt somit ca. 4,4 GWe, unabhängig von einem weiteren Anstieg des Ölpreises.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd Dr (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential		
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Quelle	120/70	210/69	200/69			105/70					
1960	8,33	111	1,89	240		0,6					
1965	8,55	163	3,57	420		1,0					
1969	8,84	211	7,27	820	1,28	2,3					
1970	8,89										
1975	9,1	306	13	1400	2,28	3,88	0,07	160			
1980	9,3	406	21	2250	3,68	6,25	0,07	250			
1985	9,4	522	33	3500	5,8	9,3	0,07	400	0	0	
1990	9,6	657	54	5600	9,5	15,2	0,05	500	4,4	4,4	

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,8 in 1969, 1,7 bis 1980, 1,6 nach 1980

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	400	473	56,76	10,0		66,76		9,55	
	500	430	51,6	9,8		61,4		8,76	
ÖL	400	202	24,2	90	49,5	114,2	73,7	16,3	10,5
	500	188	22,6	90	49,5	112,6	72,1	16	10,3
BRAUN- KOHLE	400	262	31,4	22,4		53,8		7,7	
	500	244	29,4	22,4		51,8		7,4	

Anmerkungen

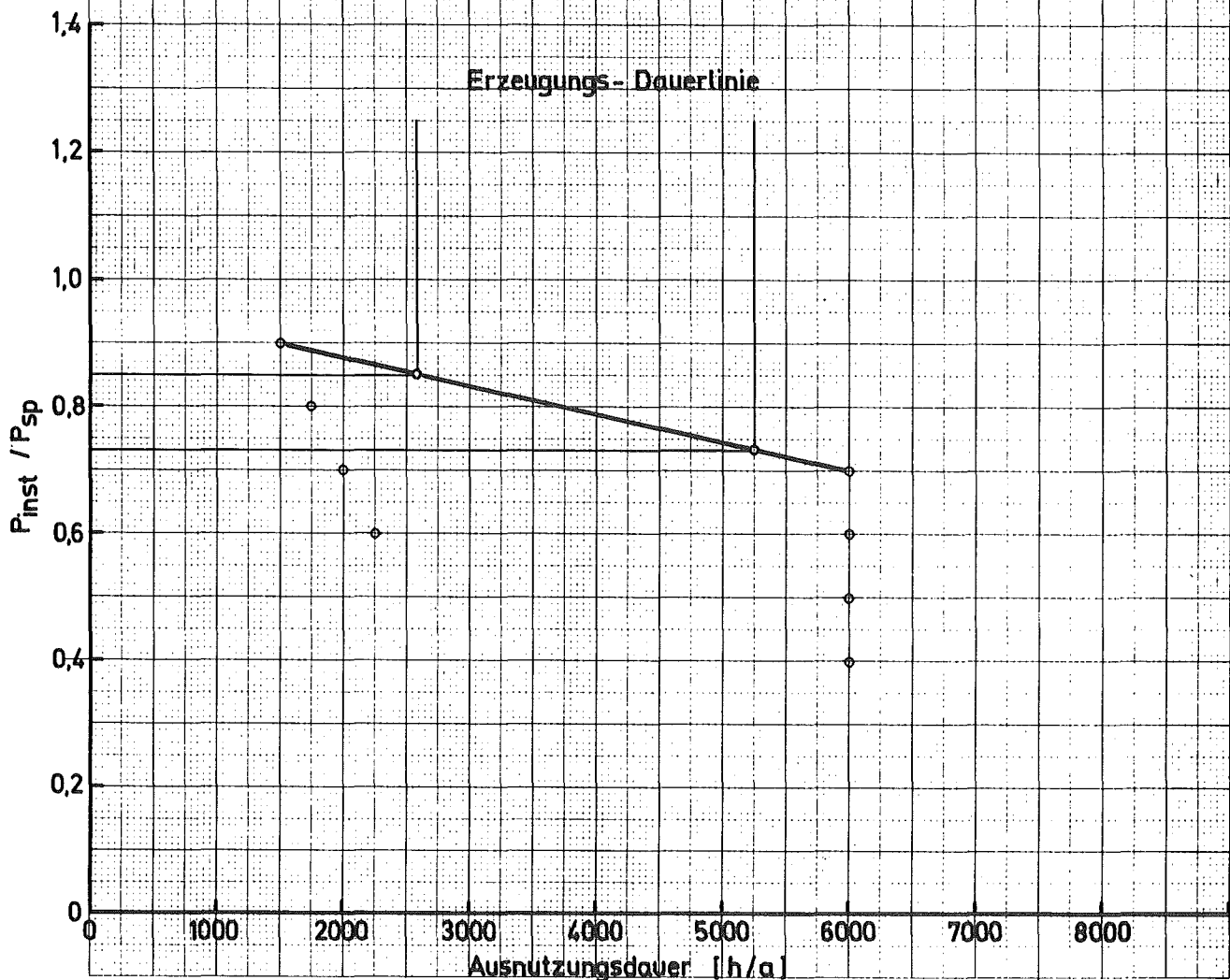
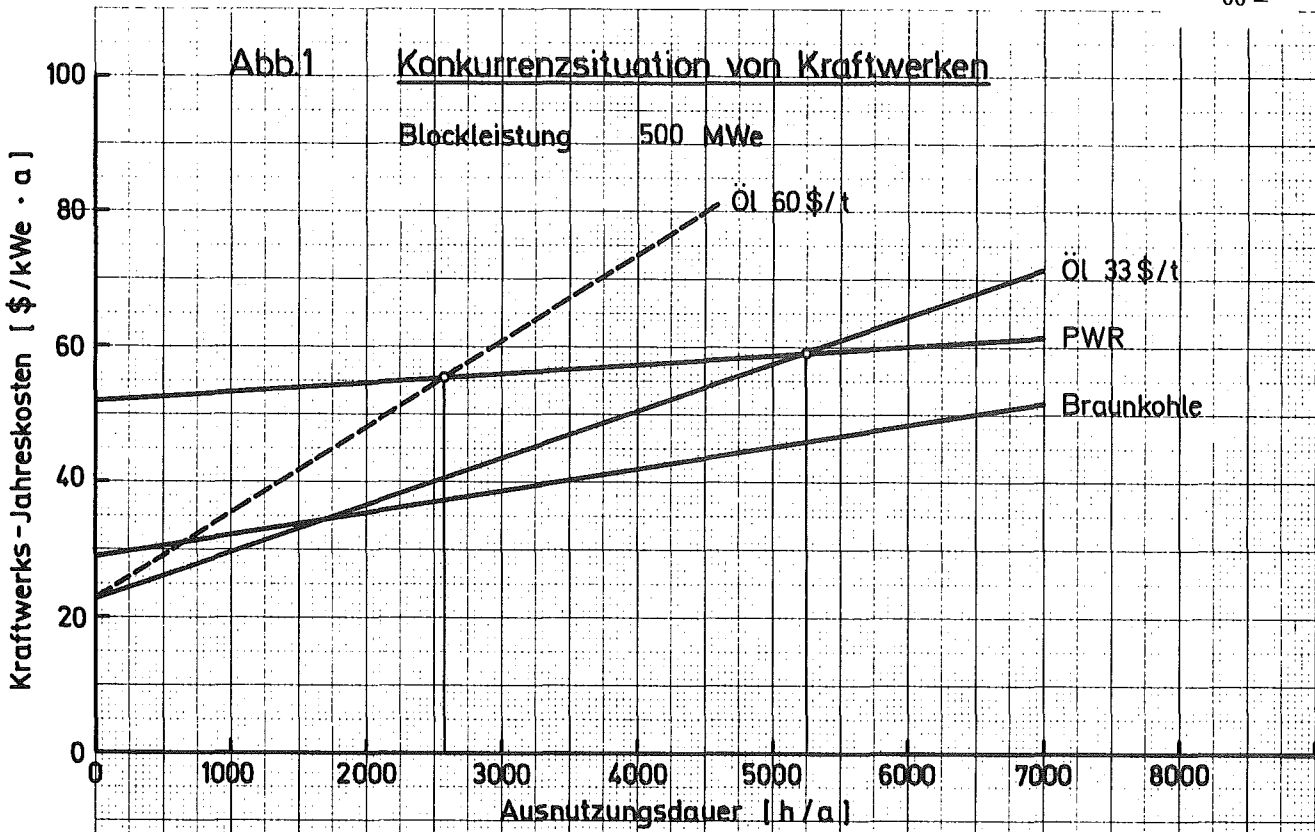
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,8

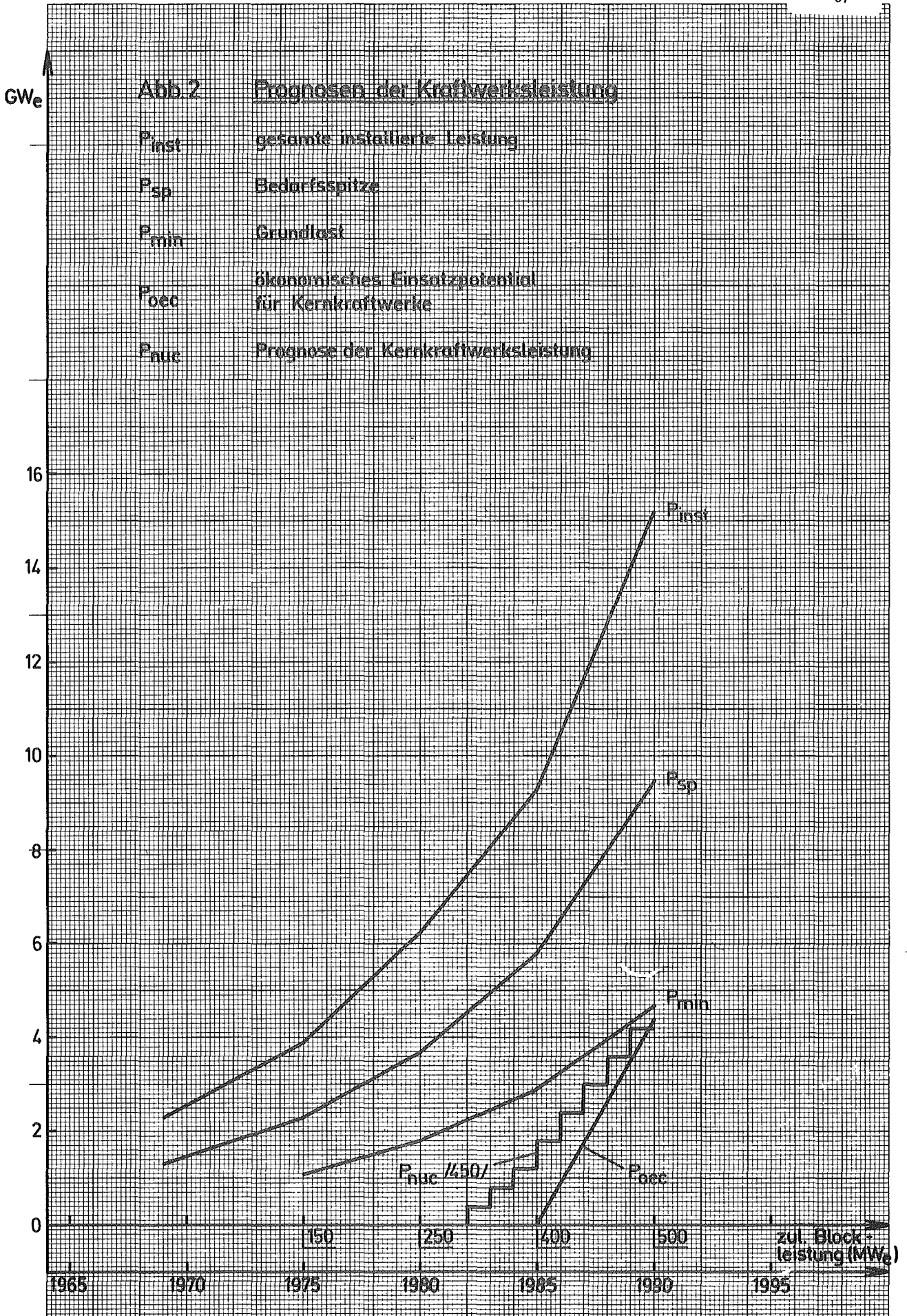
Konventionell: 0,7

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 33 \$/t





Erstes Kernkraftwerk: Calder Hall 4 x 50 MWe GG (AEA)
Inbetriebnahme 1956/59

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1965 (Inbetriebnahme von Hinkley Point-A, Dungeness-A und Sizewell)

Einsatzpotential bis 1990: 114 GWe bei 34 \$ / t Öl
und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	244 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	55,7		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreisen)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (£)	49,4 Mrd	887	1970	210/70
in US-\$ (1 US-\$ = 0,416 £)	119 Mrd	2 130	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	300 Mio	5,39	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	144 Mio	2,59	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	249 Mrd	4 460	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	26 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	15 500		1967	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	185		1970	530/70
Erdgas	700		1970	530/70
gesamt	16 385			

1. Allgemeine Situation

Als hochindustrialisiertes Land ist Großbritannien auf reichliche und billige Energiequellen angewiesen. An einheimischen Primärenergieträgern steht Steinkohle, daneben in geringem Umfange Erdgas und Erdöl zur Verfügung.

Die Steinkohlenförderung betrug 1970 145 Mio t. Wegen der wachsenden Kosten ist sie rückläufig, es erfolgt eine Umstellung auf importiertes Erdöl und auf Erdgas. Die eigenen Förderungen betragen 1969 an Erdöl 76.000 t, an Erdgas 2 Mrd m³.

2. Elektrizitätserzeugung

Die Strom- und Gasversorgung ist verstaatlicht. 1970 erfolgte die Elektrizitätserzeugung überwiegend (85%) in konventionellen Wärmekraftwerken und zu über 10% in Kernkraftwerken. Es existiert eine 200 kV-Gleichstromleitung (160 MW) nach Frankreich, die 1961 in Betrieb genommen wurde.

3. Prognosen

	Regressionskurve	Wachstumsrate	Ex-Post-Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,7% 1980: 0,9%	mäßig
BIP real zu Marktpreisen von 1963	Parabel	1970: 2,8% 1980: 2,7%	mäßig
Elektrizitätsverbrauch	Exp.-Funktion	6,7%	gut

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt für Kernkraftwerke von 1200 MWe deutlich geringere Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich als für Ölkraftwerke gleicher Leistung (Tab. 3). Kernkraftwerke von 1200 MWe können bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 3700 h/a, bei einem Ölpreis von 60 \$/t ab 2000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden (s. Abb. 1).

5. Weitere Kriterien

Kerntechnik und Nuklearindustrie wurden in England vom Staat stark gefördert. Z.Z. sind 14 Kernkraftwerke mit zusammen 5,6 GWe in Betrieb. Eine Urananreicherungsanlage nach dem Diffusionsverfahren ist vorhanden. Zusammen mit der BRD und den Niederlanden entwickelt England das Zentrifugenverfahren zur Urananreicherung.

6. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 102 GWe (Tab. 2). 1980 werden voraussichtlich 20 Kernkraftwerke mit insgesamt 12 GWe in Betrieb sein. Einschließlich dieser Kernkraftwerke schätzen wir das nukleare Einsatzpotential bis 1990 auf 114 GWe.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd £ (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe Prog. 1 Prog. 2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	210/70	200/69			100/70				
1960	52,4	27,8	118	2250						
1965	54,4	32,5	168	3090		49,4				
1969	55,5	35,6	205	3700	39	61,4				
1970	55,7	36,3								
1975	58,2	42,2	314	5400	59,7	86	0,02	1200		
1980	60,7	48,3	439	7200	77,0	108			12	12
1985	63,4	54,9	614	9700	107,5	151				
1990	66,4	62,2	857	12900	150	210			114	114

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,60 bis 1975, 0,65 nach 1975

7: Reservefaktor 1,57 in 1969, 1,45 in 1975, 1,4 nach 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	1200	384	46	8,96		54,96		7,85	
ÖL	1200	194	23,3	90	51	113,3	74,3	16,2	10,6

Anmerkungen

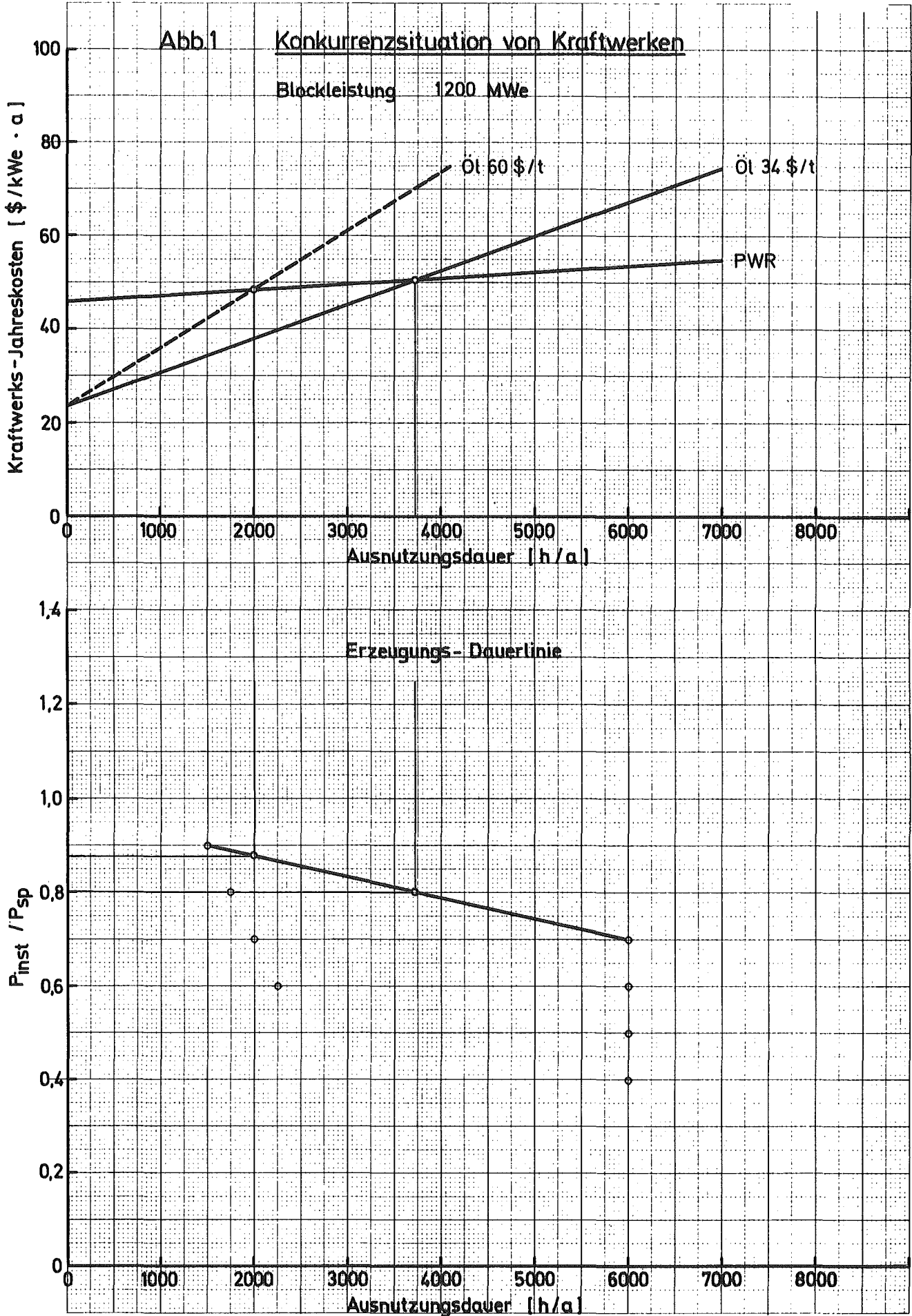
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

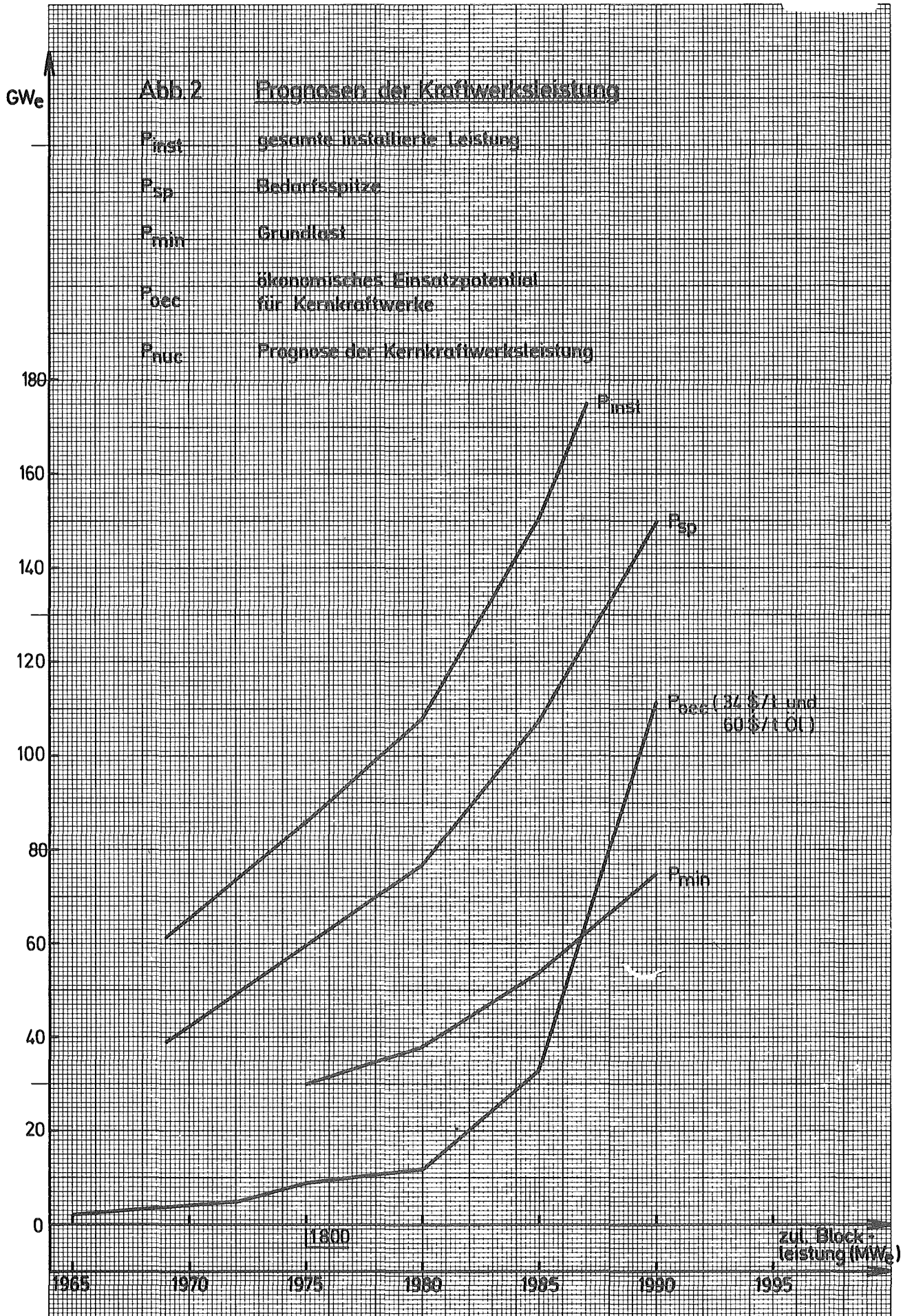
Konventionell: 0,9

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t





Erstes Kernkraftwerk:Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 bei 34 \$ / t Öl und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:2 GWe bei 34 \$ / t Öl
und 60 \$ / t ÖlTabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	70 280		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	2,97		1971	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (Ir£)	1,42 Mrd	490	1969	210/69
in US-\$ (1 US-\$ = 0,417 Ir£)	3,4 Mrd	1160	1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	8,8 Mio	2,99	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	2,5 Mio	0,85	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	5,9 Mrd	2000	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	19,3 %			
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	48		1967	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt	48			

1. Allgemeine Situation

Irland verfügt über Kohle, Torf und Wasserkräfte. In der Torfproduktion steht Irland nach der Sowjetunion an zweiter Stelle. Die Steinkohlevorkommen sind größtenteils nicht abbauwürdig, da die Lagerverhältnisse ungünstig sind.

Erdöl wurde in Irland noch nicht gefunden.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätsversorgung basiert zu 60% auf heimischen Primärenergieträgern. Es gibt elf Torfkraftwerke die etwa ein Drittel der elektrischen Energie erzeugen. Gut 10% der Elektrizitätsversorgung wird durch Wasserkräfte gedeckt.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,7% 1980: 1,3%	gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 5,0% 1980: 4,9%	recht gut
Elektrizitätsver- brauch	Parabel	1970: 9,2% 1980: 6,7%	gut

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung (Tab. 3) ergibt für Kernkraftwerke ab 400 MWe (um 1980 einsetzbar) niedrigere Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich als für Ölkraftwerke gleicher Leistung. Kernkraftwerke von 500 MWe können bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 6000 h/a, bei einem Ölpreis von 60 \$/t ab 3500 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden.

5. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von etwa 2 GWe. Das ökonomische Einsatzpotential für Kernkraftwerke schätzen wir ebenfalls auf 2 GWe bis 1990, da neben dem teureren Öl voraussichtlich keine andere Möglichkeit, den zukünftigen Strombedarf zu befriedigen, besteht.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd Ir £ (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe Prog. 1 Prog. 2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	210/69	200/69 490			105/69				
1960	2,83	0,71	1,86	657		0,68				
1965	2,88	0,85	3,07	1066		1,06				
1968	2,91	0,91	4,17	1430		1,25				
1969	2,92	1,02	4,6	1580	0,87	1,20				
1970	2,94		5,05	1720	0,96					
1971	2,97									
1975	3,08	1,37	7,38	2400	1,4	1,96	0,2	300		
1980	3,27	1,75	10,4	3200	1,97	2,76	0,2	400	0	0
1985	3,53	2,2	14,0	3970	2,66	3,72	0,2	500		
1990	3,84	2,7	18,2	4740	3,46	4,85	0,15	500	2	2

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,48 in 1969, 1,4 für Prognosewerte

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	400	584	70,0	10,0		80,0		11,4	
	500	530	63,5	9,8		73,3		10,5	
ÖL	400	259	31,0	90	51	121	82	17,3	11,7
	500	242	29,0	90	51	119	80	17	11,4

Anmerkungen

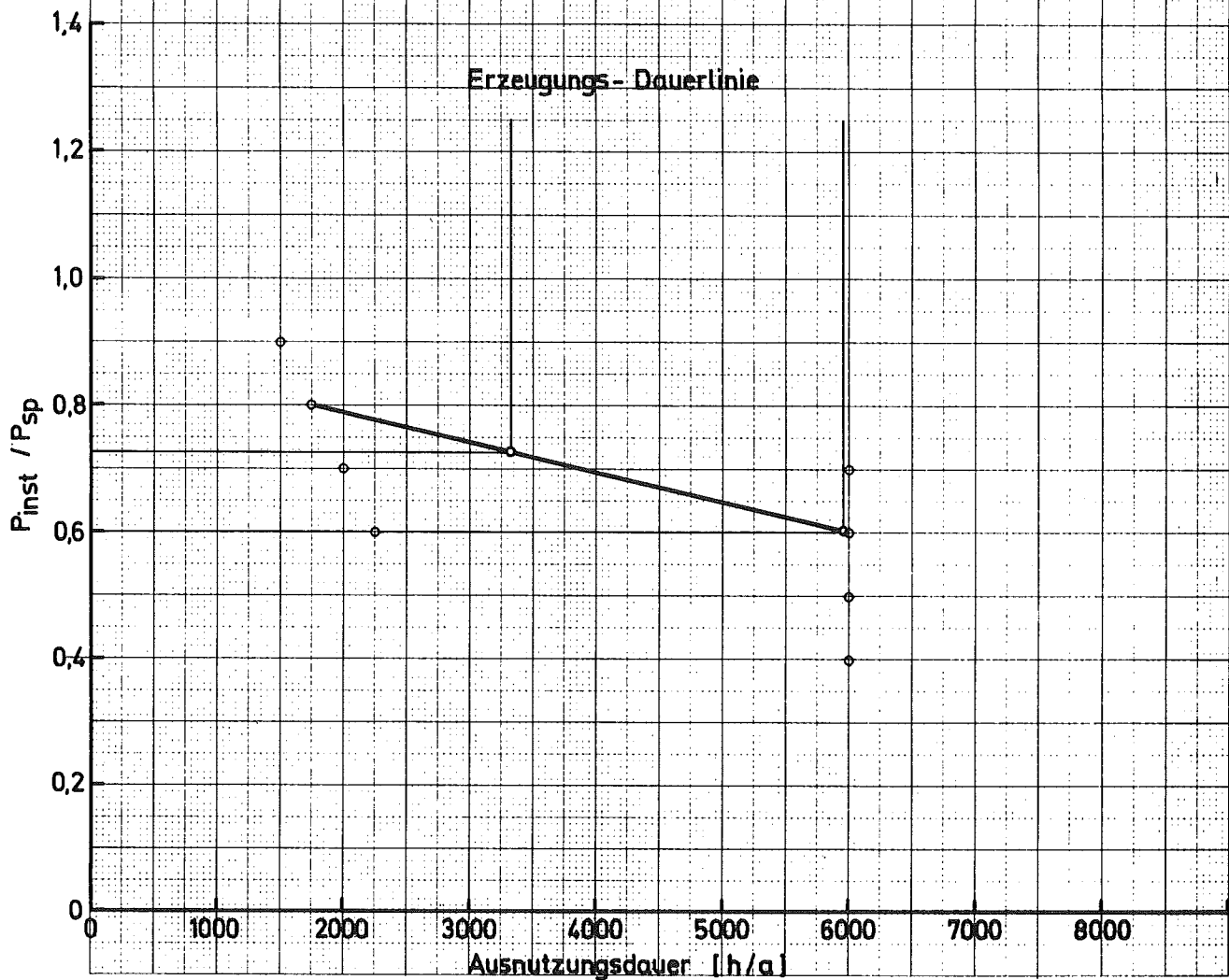
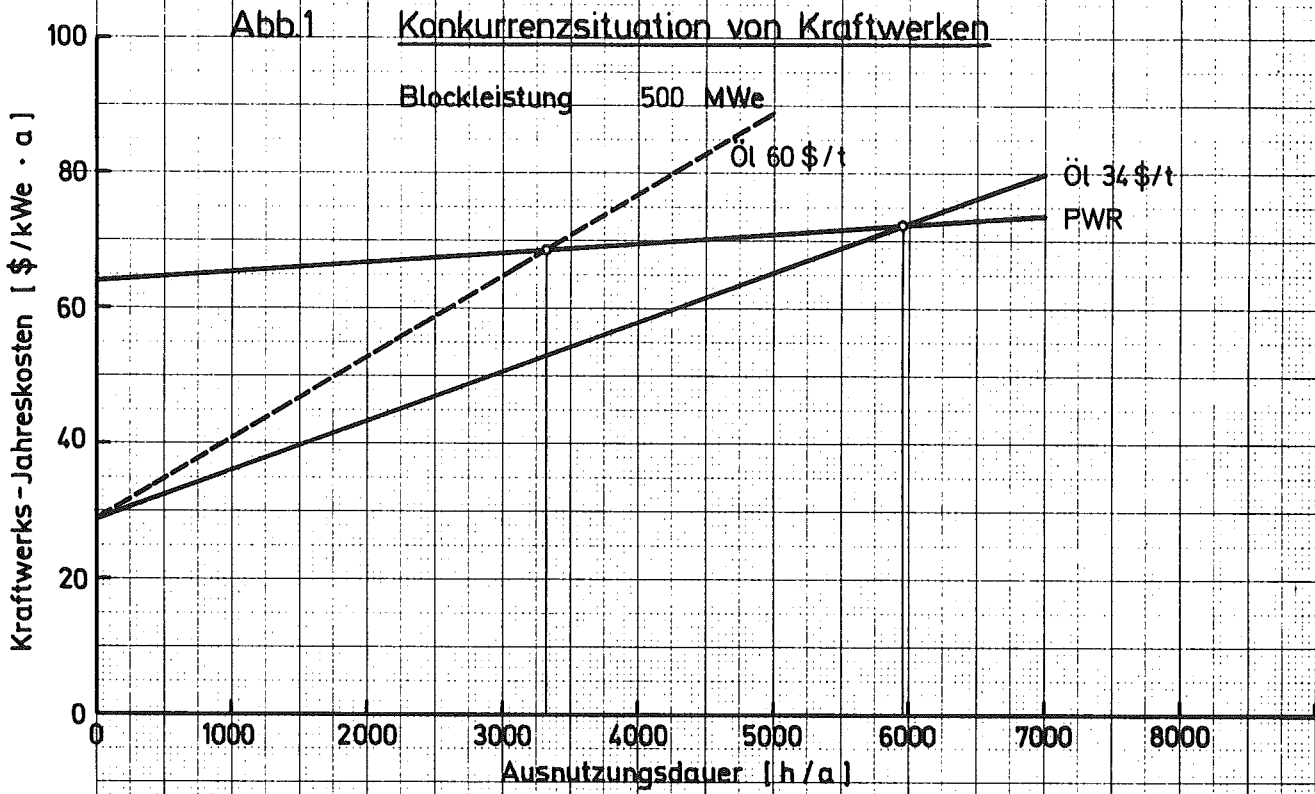
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

Konventionell: 0,9

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

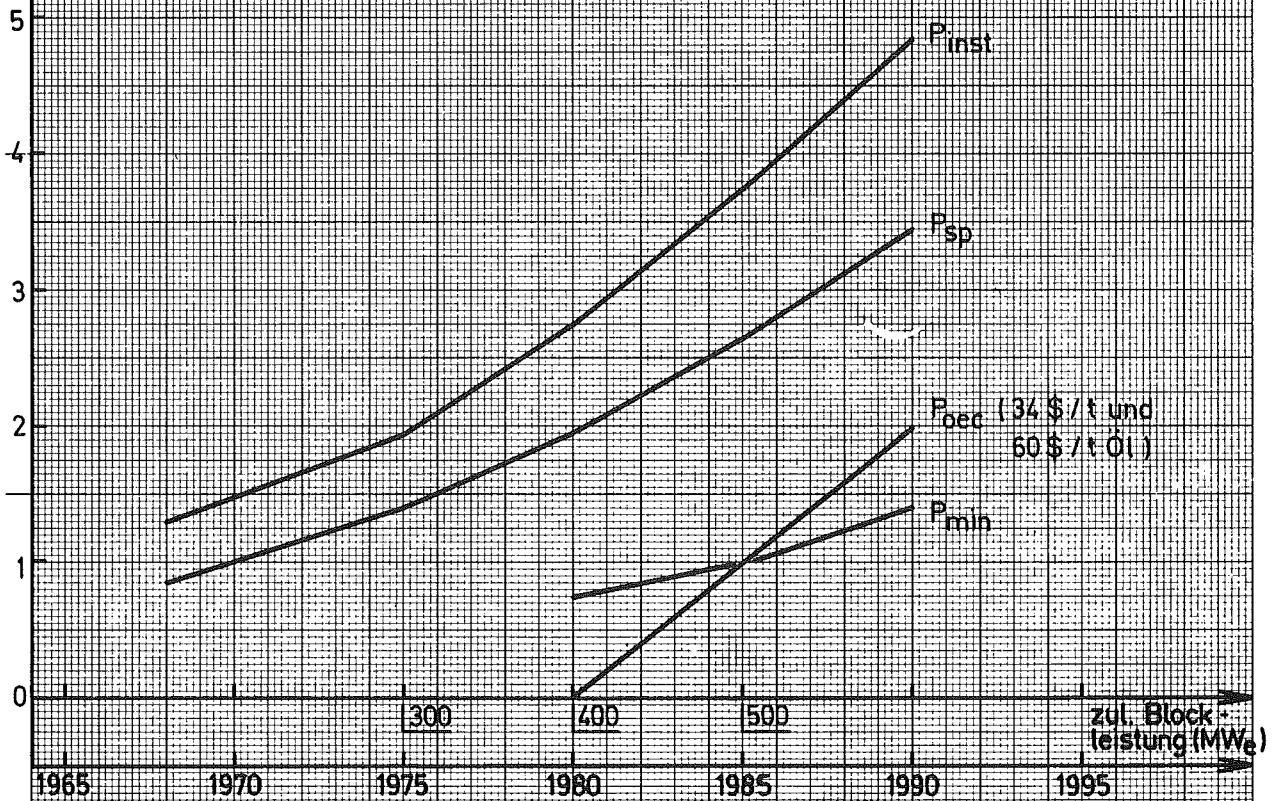
6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t



GWe

Abb. 2 Prognosen der Kraftwerksleistung

- P_{inst} gesamte installierte Leistung
- P_{sp} Bedarfsspitze
- P_{min} Grundlast
- P_{oec} ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke
- P_{nuc} Prognose der Kernkraftwerksleistung



Erstes Kernkraftwerk:

Latina 200 MWe GG (TNPG) Inbetriebnahme 1962

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1975 bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

34 GWe bei 34 \$ / t Öl
und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	301 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	53,7		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (Lit)	57,9 Bio	1,08 Mio	1970	210/70
in US-\$ (1 US-\$ = 625 Lit)	92,6 Mrd	1724	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	144 Mio	2,680	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	26,4 Mio	0,492	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	117,4 Mrd	2190	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	21%		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0		1970	100/70
Braunkohle	157		1967	100/70
Erdöl	44,5		1970	530/70
Erdgas	140		1970	530/70
gesamt	341			

1. Allgemeine Situation

Italien ist relativ arm an einheimischen Energieträgern. Die Steinkohlenförderung betrug im Jahre 1971 256.000 t, die Braunkohleförderung 1,3 Mio t.

Diese Mengen decken den einheimischen Bedarf nicht und machen Importe erforderlich.

Aus Erdölvorkommen in Sizilien wurden 1971 etwa 1,3 Mio t Öl gefördert. Die Erdgasvorkommen, vorwiegend in der Po-Ebene lieferten in diesem Jahr 13,4 Mrd m³.

Die Uranvorkommen in Italien werden auf 1 200 t Uran (10\$/1b U₃O₈) geschätzt. Eine Produktion findet nicht statt.

Bei Siena wird seit 1904 geothermische Energie zur Elektrizitätserzeugung genutzt (Lardarello, 365 MWe Ausbaustand Ende 1972).

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätsversorgung basiert zunehmend auf Wärmekraftwerken, die mit einheimischem und importiertem Öl und Erdgas gefeuert werden. Etwa 35% der erzeugten Elektrizität stammt aus Wasserkraftwerken. Z.Z sind drei Kernkraftwerke in Betrieb (größter Block 257 MWe), weitere Anlagen sind geplant.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,8% 1980: 1,0%	gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 5,2% 1980: 4,4%	gut
Elektrizitätsver- brauch	Parabel	1970: 7,4% 1980: 5,7%	gut

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt für Kernkraftwerke von 1200 MWe geringere Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich als für Ölkraftwerke von gleicher Leistung (Tab. 3). Kernkraftwerke von 1200 MWe können bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 4000 h/a, bei einem Ölpreis von 60 \$/t ab 2000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden (siehe Abb. 1).

5. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 33 GWe (Tab. 2). 1980 werden voraussichtlich fünf Kernkraftwerke mit insgesamt 1,4 GWe in Betrieb sein. Einschließlich dieser Kernkraftwerke schätzen wir das nukleare Einsatzpotential bis 1990 auf 34 GWe, unabhängig von einem weiteren Anstieg des Ölpreises.

Tabelle 2 : Prognosen

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Bio Lit (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	210/70	200/69 490			105/70				
1960	49,6	25,7	47,6	960						
1965	51,6	33,1	72,3	1400						
1969						31				
1970	53,7	44,4	105	1960	20					
1975	56,1	56,2	147	2600	27,9	39	0,05	1400	1,4	
1980	58,8	70,4	197	3350	37,4	52,4			1,4	1,4
1985	61,8	86,5	255	4100	48,5	68			17	17
1990	65,1	105	321	4900	61	85,4			34	34

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,4

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	1200	384	46	8,96		54,96		7,8	
ÖL	1200	194	23,3	90	51	113,3	74,3	16,2	10,6

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

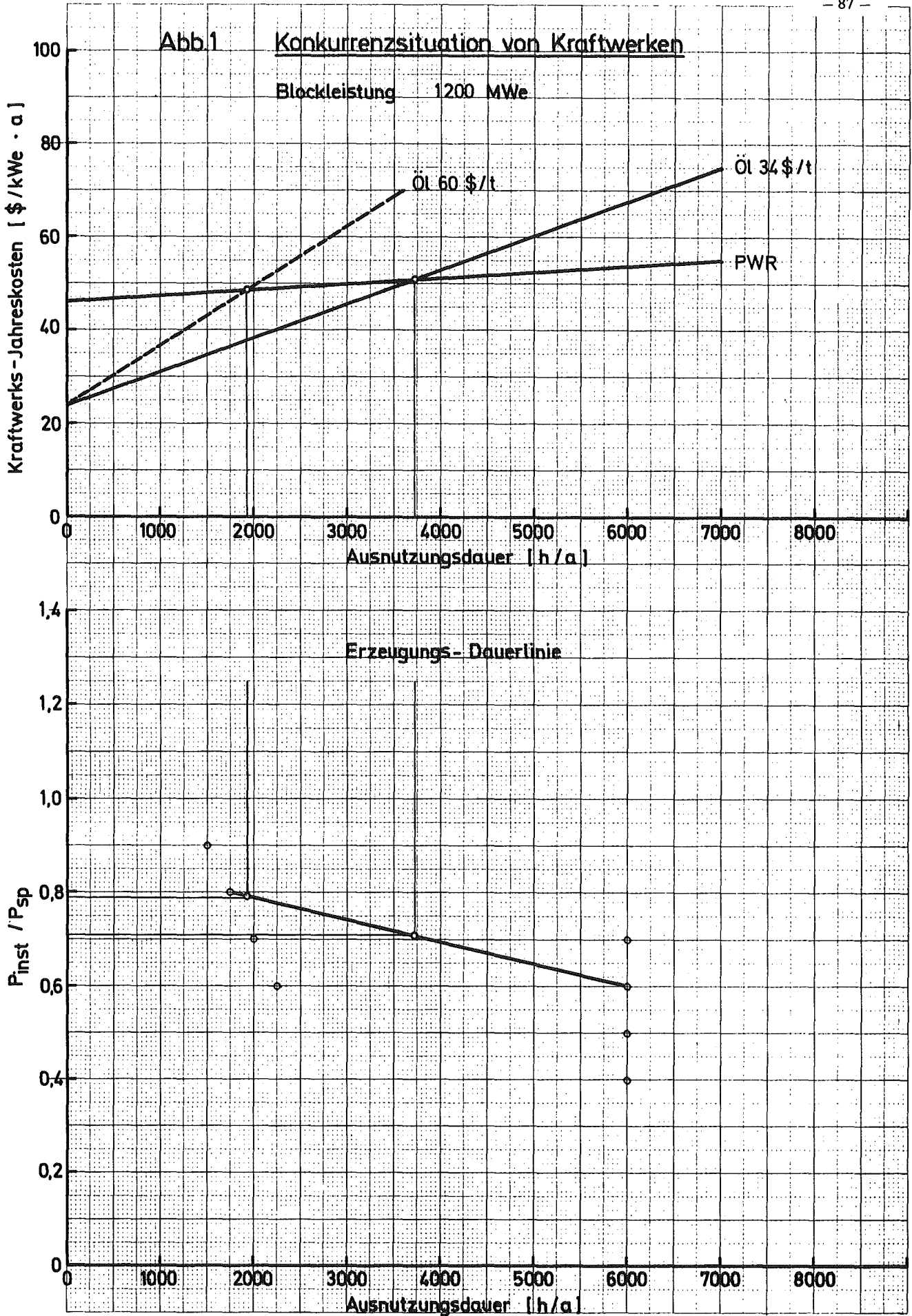
Konventionell: 0,9

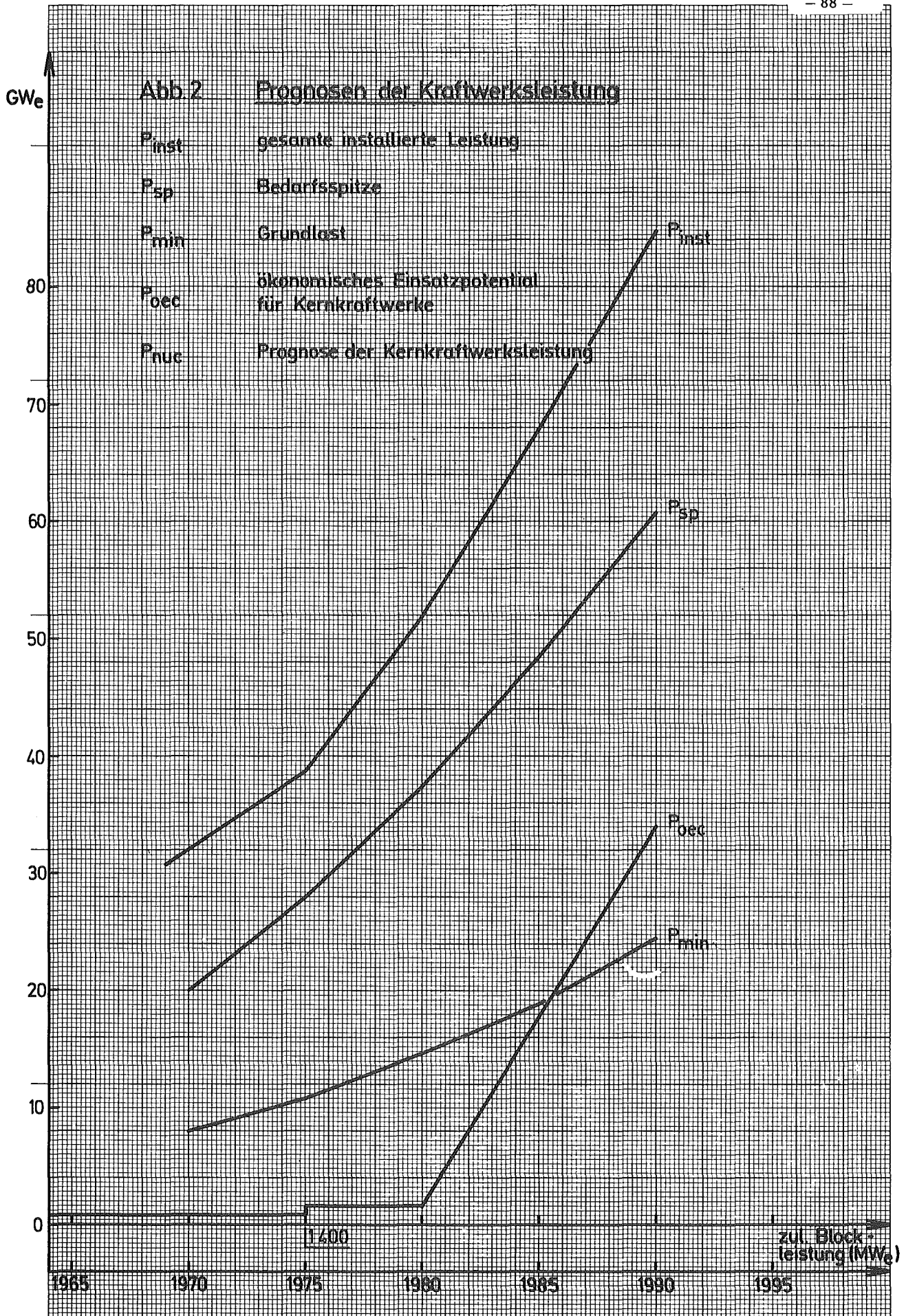
4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t

Abb 1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken





J u g o s l a w i e n

Erstes Kernkraftwerk: 1980 ?

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1980 bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: ca. 5 GWe bei einem Ölpreis von 34 \$ / t und 60 \$ / t

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	255 800		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	20,8		1971	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (DN)	1 30,5 Mrd	6 480	1968	210/70
in US-\$ (1 US-\$ = 12,5 DN)	10,4 Mrd	516	1968	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	29,2 Mio	1,420	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	21,4 Mio	1,040	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	26,02 Mrd	1 260	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	20 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	100		1970	} 450
Braunkohle	6 800		1970	
Erdöl	1 220		1970	
Erdgas	180		1970	
gesamt	8 300			

1. Allgemeine Situation

Jugoslawiens stabile politische Verhältnisse ermöglichen eine stetige wirtschaftliche Entwicklung. Das Land verfügt über bedeutende Energiereserven, insbesondere an Braunkohle und Wasserkraft. Die Erdölförderung deckt ca. 50% des Inlandbedarfs.

Die Uranvorkommen werden geschätzt auf 6000 t Uran der Preisklasse bis 10 \$/lb U_3O_8 , zusätzlich vermutlich 10000 t.

Ab 1976 soll eine Produktion von etwa 300 t aufgenommen werden/580/.

2. Elektrizitätsversorgung

Jugoslawien ist über Ungarn und Österreich an das europäische Verbundnetz angeschlossen. Über 50% der Kraftwerksleistung sind in Wasserkraftwerken installiert. Zusammen mit Rumänien wurde ein Wasserkraftwerk am Eisernen Tor gebaut, das zu gleichen Teilen genutzt wird. Etwa im Ausmaß des weiteren Ausbaus von Wasserkraften werden auch weitere Wärmekraftwerke gebaut, vorzugsweise auf der Basis der billigen Braunkohle.

3. Prognosen

	Regressionskurve	Wachstumsrate	Ex-Post-Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 1,1% 1980: 1,0%	recht gut
Elektrizitätsverbrauch	Parabel	1970: 9,3% 1980: 6,5%	gut

4. Kostenrechnung

Aus Tab. 2 ist ersichtlich, daß ab 1980 Kraftwerksblöcke von 500 MWe, ab 1985 von 600 MWe eingesetzt werden können. Eine Kostenrechnung ergibt bei 500 MWe für Braunkohlekraftwerke die niedrigsten Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich (Braunkohlekosten nach /450/).

Ab 600 MWe sind Kernkraftwerke im Grundlastbereich kostengünstiger. Ölkraftwerke von 600 MWe arbeiten bei einem Ölpreis von 34 \$/t unterhalb 2000 h/a am kostengünstigsten.

5. Schlußfolgerungen

Mit den hier verwendeten Daten ergibt sich ab 1985 eine wirtschaftliche Überlegenheit der Kernkraftwerke im Grundlastbereich. Das Einsatzpotential bis 1990 beträgt 4,9 GWe, wenn ab 1985 der gesamte Zubaubedarf durch Kernkraftwerke gedeckt wird. Wegen der billigen Braunkohle ist dieses Ergebnis unabhängig vom Ölpreis. Jugoslawien selbst plant, bereits um 1980 ein Kernkraftwerk in Betrieb zu nehmen.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71		490			490				
1960	18,4		7,3			2,4				
1965	19,5		13,3			3,4				
1970	20,6		22	1060	3,86	6,41				
1971	20,8									
1975	21,6		32,6	1510	5,71	9,15	0,06	350		
1980	22,7		45,5	2010	8,0	12,8	0,06	500		
1985	23,8		60,7	2550	10,65	17,0	0,06	600		
1990	24,9		78,1	3100	13,7	21,9	0,05	700	4,9	4,9

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,65 in 1970, 1,6 bis 1980, 1,5 ab 1985.

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	500	405	48,6	9,8		58,4		8,34	
	600	376	45,1	9,66		54,6		7,8	
ÖL	500	166	19,9	90	51	109,9	70,9	15,7	10,1
	600	174	20,9	90	51	110,9	71,9	15,8	10,2
BRAUN- KOHLE	500	216	25,9	30		55,9		8,0	
	600	226	27,2	30		57,2		8,16	

Anmerkungen

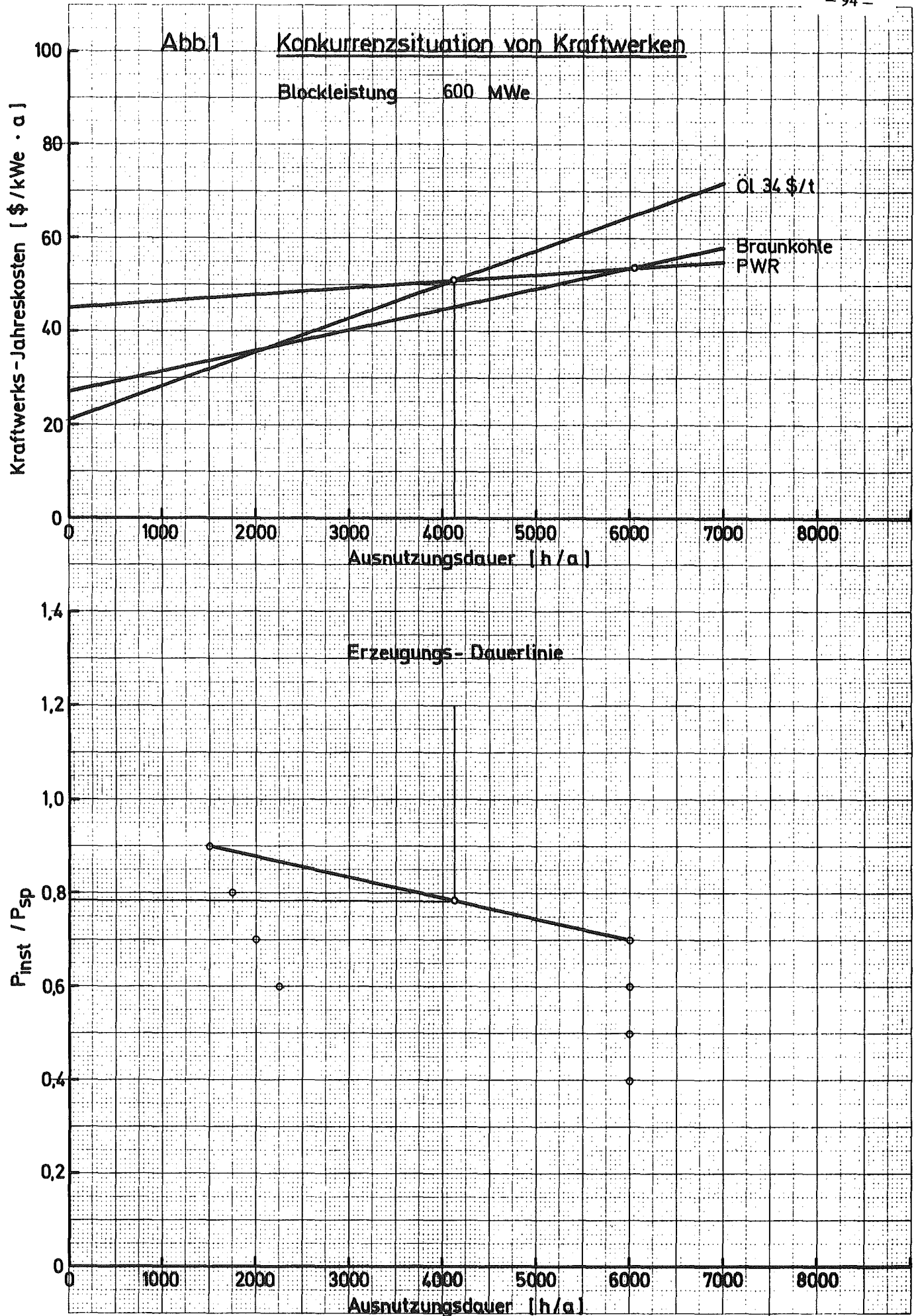
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,75

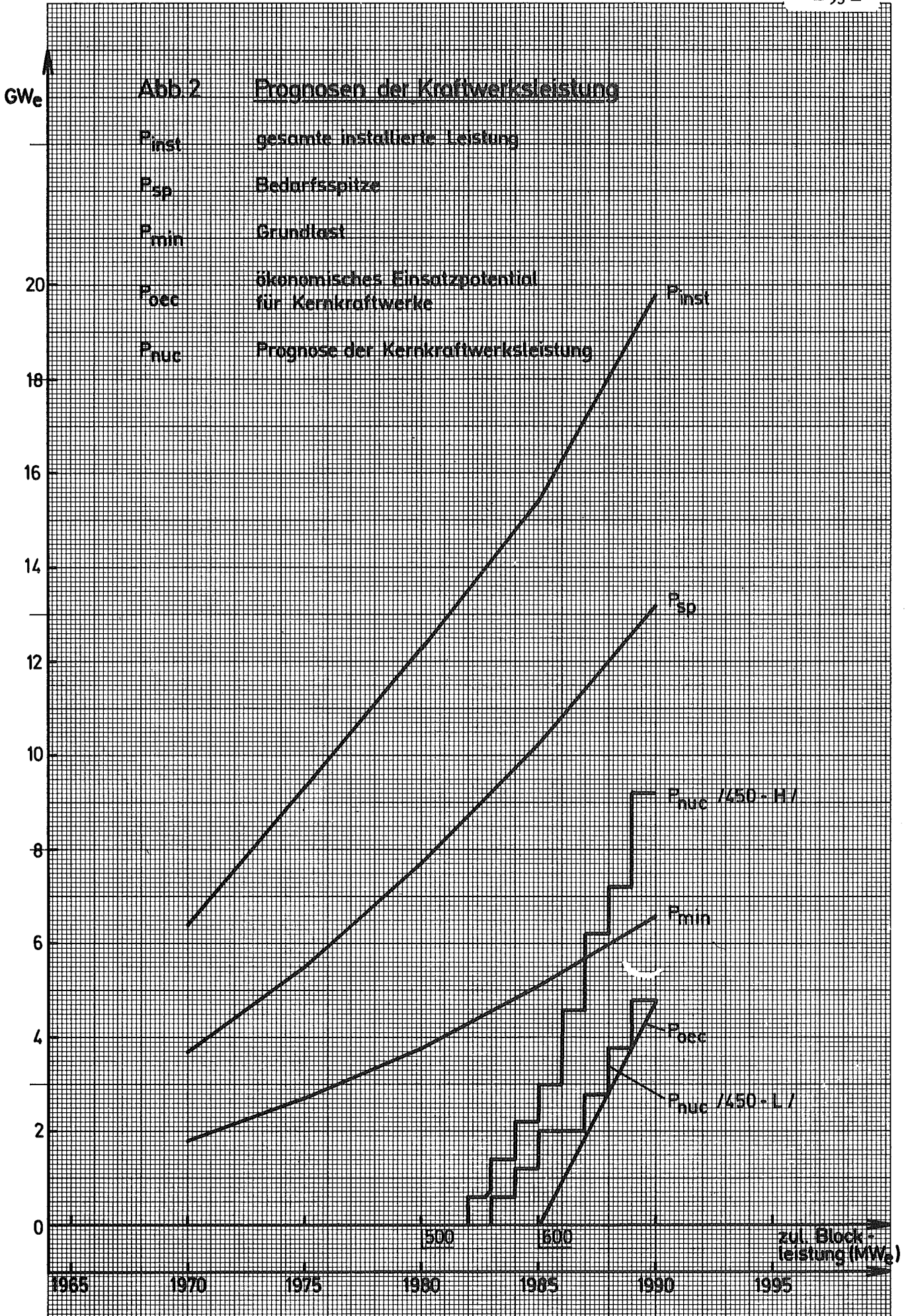
Konventionell: 0,65

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t





Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

Einsatzpotential bis 1990:

0 GWe bei 34 \$ / t Öl
und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	2 600		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	0,34		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (Lfr)	50 Mrd	147 000	1970	210/70
in US-\$ (1 US-\$ = 50 Lfr)	1 Mrd	2 940	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>				
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>				
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	2,1 Mrd	6 200	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch				
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	keine Angaben		1970	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt				

1. Allgemeine Situation

Die Eisen- und Stahlindustrie ist für die Wirtschaft des Landes von großer Bedeutung.

Natürliche Energiequellen fehlen.

Aus den Niederlanden wird Erdgas über eine Rohrleitung bezogen.

2. Elektrizitätsverbrauch

Luxemburg ist an das europäische Verbundnetz angeschlossen. Es stellt dem Netz der BRD das Pumpspeicherwerk Vianden (900 MW, z.Z. größtes der Welt) zur Verfügung. Es gibt einige Wärmekraftwerke auf Hochofengasbasis und mehrere kleine Wasserkraftwerke (z.B. an der Mosel) Luxemburg importiert elektrische Energie aus der BRD und aus Belgien.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,8% 1980: 0,9%	Ex-Post: mäßig
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Exp.-Funktion	3%	gut
Elektrizitätsver- brauch	Exp.-Funktion	6,1%	Ex-Post: sehr gut

4. Kostenrechnung

Betrachtet man den Elektrizitätsverbrauch von Luxemburg isoliert, so sind die zulässigen Blockgrößen so gering, daß der Import elektrischer Energie wirtschaftlicher ist als der Zubau von Kraftwerken entsprechend dem wachsenden Bedarf.

5. Schlußfolgerungen

In Luxemburg allein existiert bis 1990 kein wirtschaftliches Einsatzpotential für Kernkraftwerke. Eine Beteiligung an Gemeinschaftskraftwerken mit Nachbarländern kommt in Betracht.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd Lfr (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	210/70	200/69 490							
1960	0,31	25,8	1,4	4520						
1965	0,33	30,3	1,8	5450						
1969	0,34	34,7	2,3	6760						
1970	0,34		2,4	7060	0,5		0,2	100		
1975	0,36	40,6	3,3	9200	0,685					
1980	0,37	47,3	4,5	12200	0,93			200		
1985	0,39	55,1	6,1	15600	1,26					
1990	0,41	64,1	8,3	20200	1,72			300	0	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55

Erstes Kernkraftwerk:

Dodewaard 50 MWe SWR (GE) Inbetriebnahme 1968

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1975 bei 34 \$ / t Öl und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:12 GWe bei 34 \$ / t Öl
und 60 \$ / t ÖlTabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	37 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	13		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (hfl)	113 Mrd	8 690	1970	210/70
in US-\$	31,23 Mrd	2 400		
(1 US-\$ = 3,62 hfl)			1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	66 Mio	5,08	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	49 Mio	3,77	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	40,9 Mrd	3 150	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	21 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	2 400		1956	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	52		1970	530/70
Erdgas	2 800		1970	590
gesamt	5 252			

1. Allgemeine Situation

Die Niederlande verfügen über große Erdgaslager; die Vorräte wurden 1970 auf 2,1 Bio m³ geschätzt. Im Schelfgebiet der Nordsee wird Erdöl und neuerdings auch Uran gefördert.

Die Kohlevorkommen in der Provinz Limburg sind heute kommerziell nahezu bedeutungslos. Die Bergwerke sollen 1975 stillgelegt werden.

2. Elektrizitätsversorgung

Bei der Elektrizitätserzeugung findet eine Umstrukturierung hinsichtlich der Primärenergieträger statt. Die Kraftwerke liefen 1969 zu 22% mit Steinkohle, 61% mit Erdöl und 17% mit Erdgas. Erdgas ist weiter im Vordringen. Das erste Kernkraftwerk (50 MWe SWR Dodewaard) läuft seit 1969. Die Inbetriebnahme des zweiten Kernkraftwerks (Borssele, 450 MWe, Lieferung durch KWU) erfolgte 1973. Weitere Kernkraftwerksprojekte haben begonnen. Die Niederlande sind an das europäische Verbundnetz angeschlossen.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 1,3% 1980: 1,2%	gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 5,4% 1980: 4,8%	recht gut
Elektrizitätsver- brauch	Parabel	1970: 8,3% 1980: 6,2%	mäßig

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung für Kraftwerksblöcke von 600-1000 MWe ergibt für Kernkraftwerke durchweg die niedrigsten Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich. Bei einem Erdgaspreis von 3,4 \$/Gcal können Kernkraftwerke von 1000 MWe auch im Mittellastbereich ab einer Ausnutzungsdauer von 4500 h/a eingesetzt werden.

5. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 11,9 GWe. Unter rein ökonomischen Aspekten könnte dieser Zubaubedarf ganz durch Kernkraftwerke gedeckt werden. Unter Einbeziehung der bereits in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke mit insgesamt 0,5 GWe schätzen wir das nukleare Einsatzpotential auf 12,5 GWe, unabhängig von einem weiteren Preisanstieg für fossile Energieträger.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd hf1 (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	210/70	200/69 490			105/70				
1960	11,5	47,1	14,7	1 280						
1965	12,3	60,1	22,2	1 800						
1969						10,1				
1970	13,0	78,3	36,5	2 810	6,4					
1975	13,9	100	50,7	3 650	8,9	12,5	0,08	700	0,5	
1980	14,8	128	69,6	4 700	12,2	17,1	0,07	800	0,5	0,5
1985	15,8	160	92,1	5 800	16,2	22,7	0,06	1000		
1990	16,8	197	118	7 000	20,7	29,0	0,05	1000	12,4	12,4

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,4

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	600	491	59	9,66		68,66		9,8	
	800	435	52,2	9,31		61,5		8,8	
	1000	404	48,5	8,96		57,46		8,2	
ÖL	600	230	27,6	90	51	117,6	78,6	16,8	11,2
	800	213	25,6	90	51	115,6	76,6	16,5	10,9
	1000	202	24,2	90	51	114,2	75,2	16,3	10,7
GAS	600	200	24,0	90	51	114,0	75,0		
	800	186	22,3	90	51	112,3	73,3		
	1000	176	21,0	90	51	111,0	72,0		

Anmerkungen

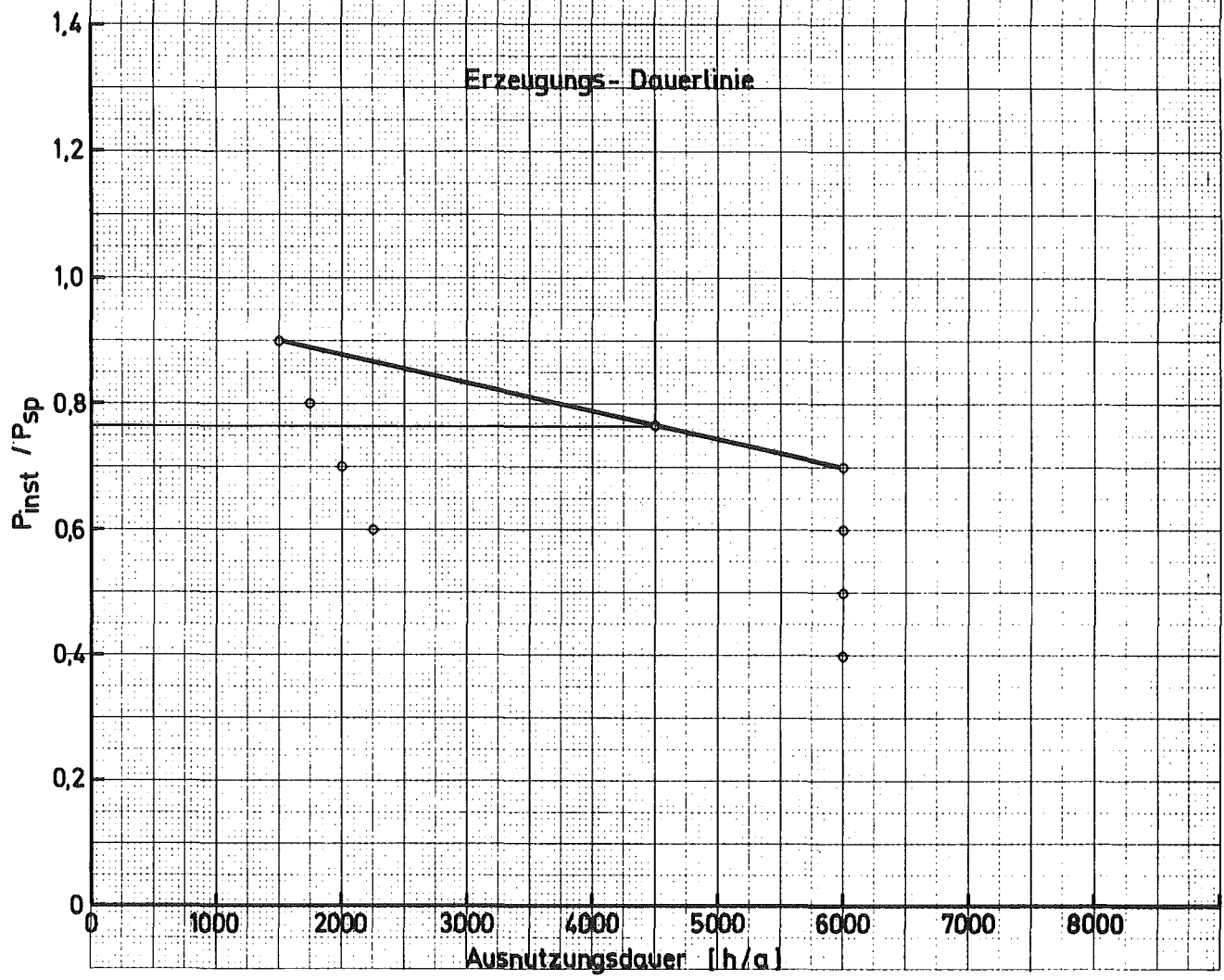
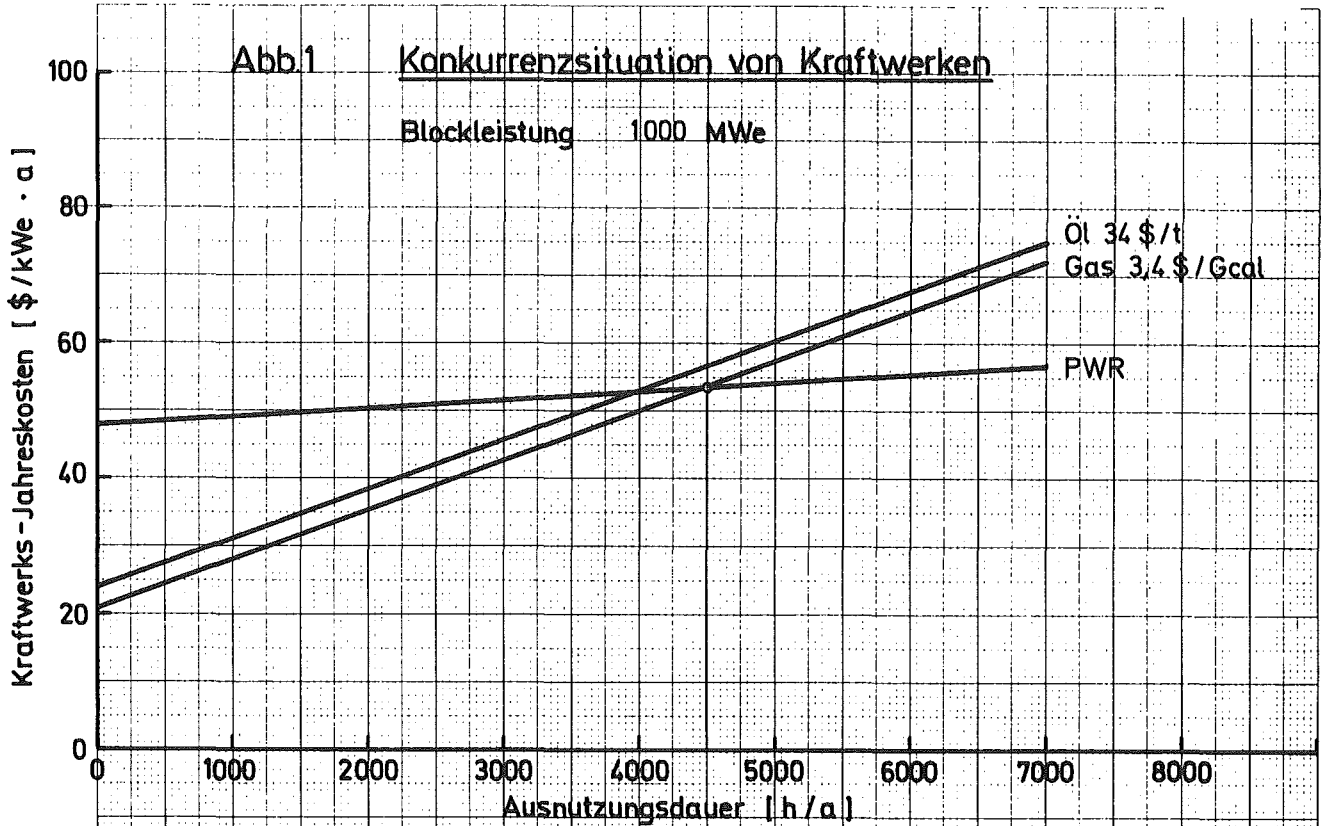
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

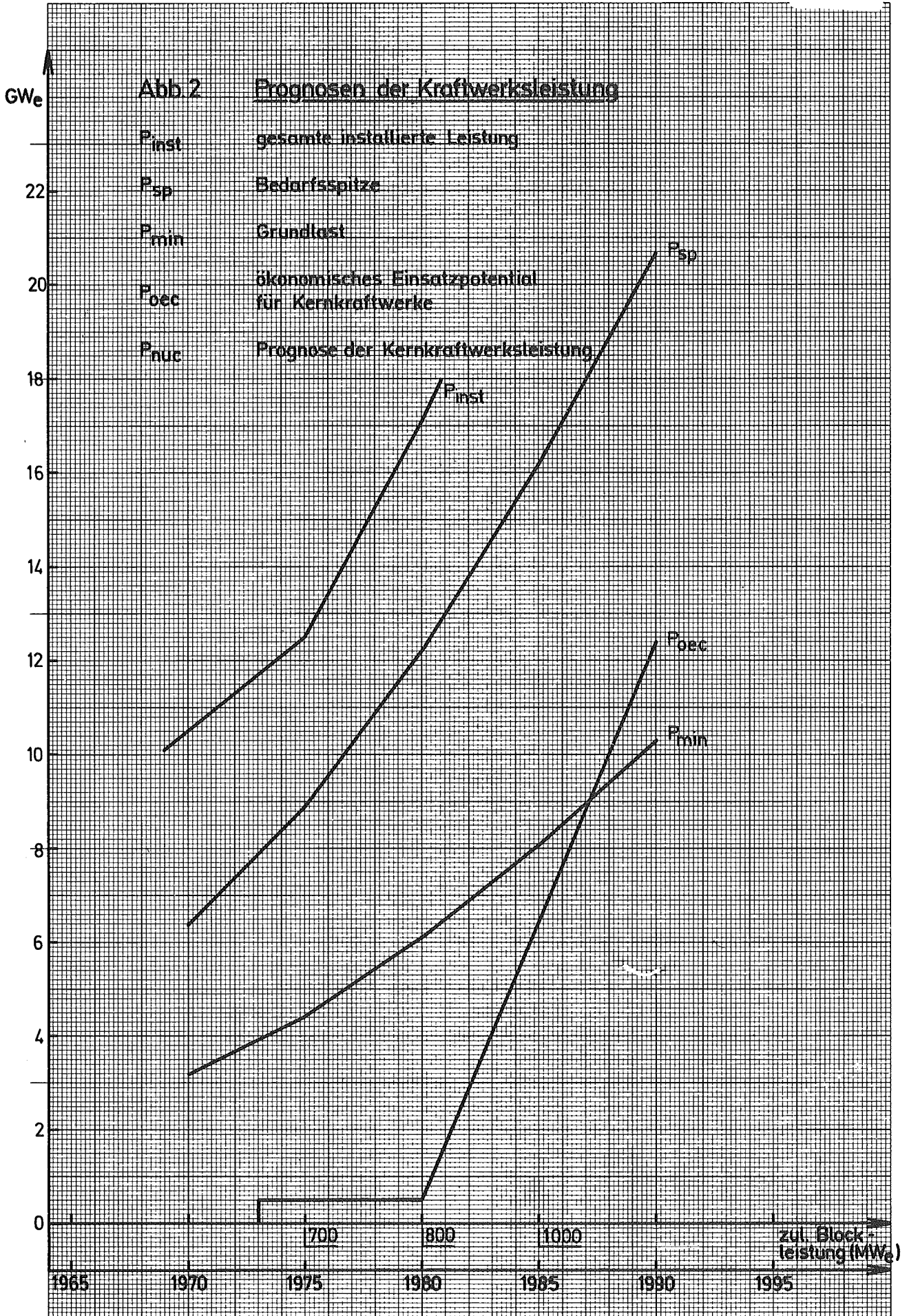
Konventionell: 0,9

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t





Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1985 bei 34 \$ / t Öl und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

8 GWe bei 34 \$ / t Öl und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	324 200		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	3,88		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (NKr)	82,1 Mrd	11 500	1970	210/70
in US-\$	11,5 Mrd	2 960	1970	
(1 US-\$ = 7,14 NKr)			1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	18,7 Mio	4 820	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	7,6 Mio	1 960	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u> ¹⁾	58,3 Mrd	15 000	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	40 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	166		1967	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	185		1970	530/70
Erdgas	Menge unbekannt			
gesamt	über 350			

1) Netto-Erzeugung

1. Allgemeine Situation

Norwegen verfügt über vermutlich sehr große Erdöl- und Erdgasreserven (Nordsee). Erst seit 1971 wird Öl für wirtschaftliche Zwecke gefördert, es bestehen noch Transportprobleme.

Die Kohleförderung auf Spitzbergen ist rückläufig.

Auf Grund der billigen Stromerzeugung aus Wasserkräften zieht Norwegen bevorzugt energieintensive Industriezweige an. Z.B. ist Norwegen der größte westeuropäische Rohaluminiumerzeuger.

2. Elektrizitätsversorgung

Fast 100% der Elektrizität des Landes wird aus Wasserkraft gewonnen. Das Wasserkraftpotential ist über das ganze Land verteilt.

Die sehr niedrigen Strompreise bedingen den extrem hohen Pro-Kopf-Verbrauch von ca. 13 500 kWh/a (1970).

In keinem europäischen Land ist der Anteil der Elektrizität am gesamten Energieverbrauch so hoch wie in Norwegen. Er beläuft sich auf 40%.

3. Prognosen

	Regressionskurve	Wachstumsrate	Ex-Post-Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,7% 1980: 0,6%	gut
BIP real zu Marktpreisen von 1963	Parabel	1970: 5,1% 1980: 4,7%	recht gut
Elektrizitätsverbrauch	Exp-Funktion	bis 1985: 6,9%	sehr gut
	Extrapolationskurve:	nach 1985: 4%	
	Exp.-Funktion		

Nach 1985 wird wegen des sehr hohen Pro-Kopf-Verbrauches und der zu erwartenden Erschöpfung der billigen auszubauenden Wasserkraftreserven eine geringere Wachstumsrate des Elektrizitätsverbrauchs angenommen.

Zum Vergleich: Norwegische Experten ¹⁾ rechnen mit einer Zuwachsrate des Elektrizitätsverbrauches von etwa 5,5%/a.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung für thermische Kraftwerke ergibt, daß Kernkraftwerke von 1200 MWe schon bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 4000 h/a mit niedrigeren Stromerzeugungskosten arbeiten als Ölkraftwerke gleicher Leistung.

5. Weitere Kriterien

Das norwegische Wasserkraftpotential wird auf insgesamt etwa 130 TWh/a geschätzt. Da erst die Hälfte der zu günstigen Bedingungen nutzbaren Wasserkräfte ausgebaut sind, kann der größte Teil des Mehrbedarfs etwa bis 1985 durch Wasserkraft gedeckt werden. Schwankungen in der Niederschlagsmenge können durch einige Spitzenkraftwerke auf Ölbasis oder durch Strombezug aus den anderen nordischen Ländern ausgeglichen werden, mit denen Norwegen durch das Nordel-Verbundnetz gekoppelt ist.

6. Schlußfolgerungen

Neben dem weiteren Ausbau von Wasserkraften wird bis 1990 ein Zubaubedarf von etwa 8 GWe an Wärmekraftwerken zu decken sein. Wegen der für Kernkraftwerke günstigen Konkurrenzsituation schätzen wir das Einsatzpotential für Kernkraftwerke auf 8 GWe, unabhängig von weiteren Erhöhungen des Ölpreises.

Einheimische Experten (R. Strömme et al., loc.cit) schätzen das Potential auf 3 bis 9 GWe.

1) R. Strömme et al.: Long-term Planning for Nuclear Power in the Nordic Countries
Genf 1971, P. 300

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd NKr (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	210/70	200/69			105/69				
1960	3,58	35,3	27,5	7680		6,2				
1965	3,72	46,1	42	11290		9,9				
1968	3,82	52,8	51	13350	8,3	12,1				
1969	3,85	55,3	50	12990						
1970	3,88	57,3								
1975	4,02	74,2	80,2	19950	13	19,5	0,07	900		
1980	4,15	93,7	114	27500	18,6	27,9	0,06	1100		
1985	4,28	117	161	37600	26,2	39,3	0,05	1300		
1990	4,41	143	195	45600	31,6	47,7			8	8

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,7

7: Reservefaktor 1,5

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	1200	384	46		9,0		55,0		7,9
ÖL	1200	194	23,3	90	51	113,3	74,3	16,2	10,6

Anmerkungen

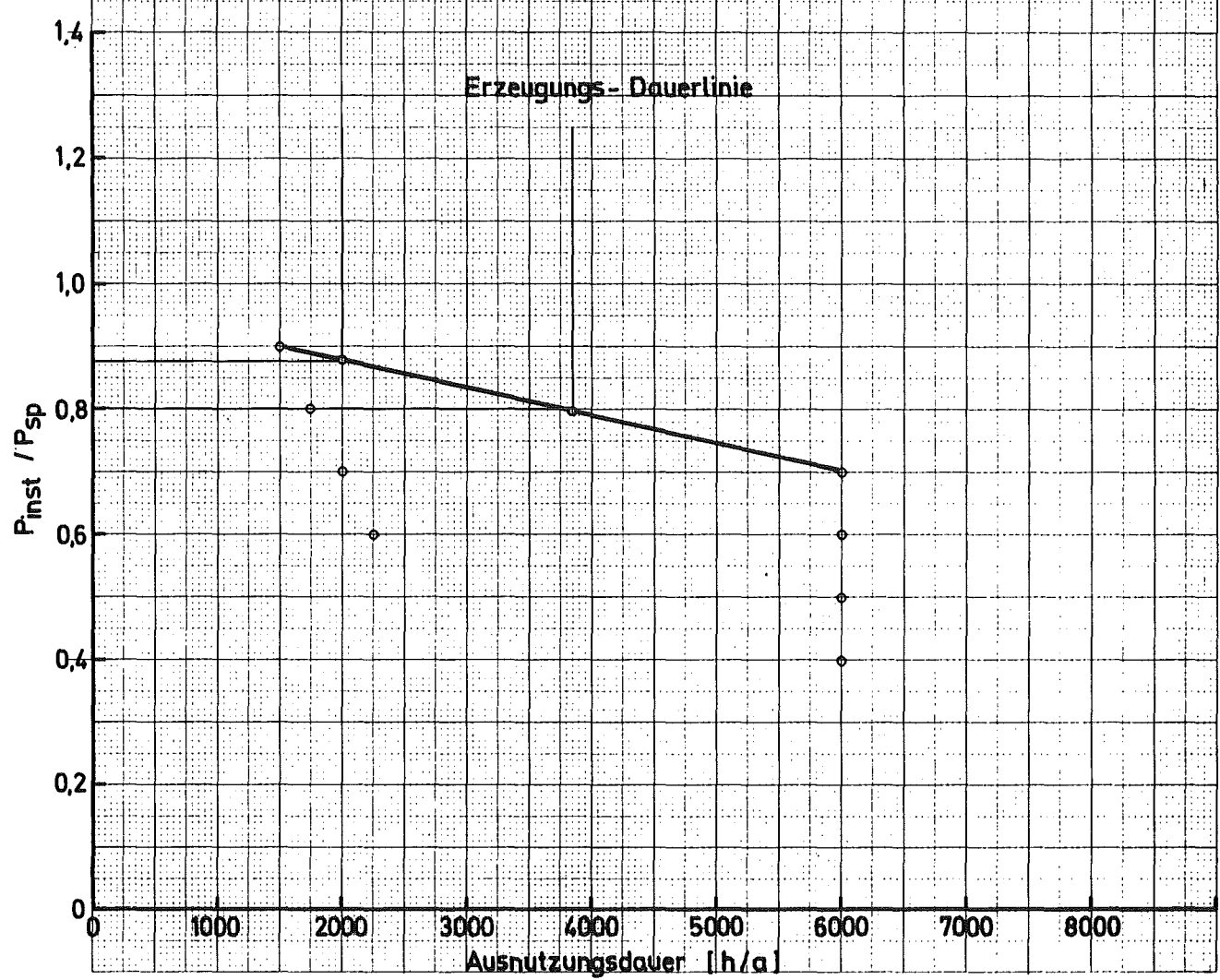
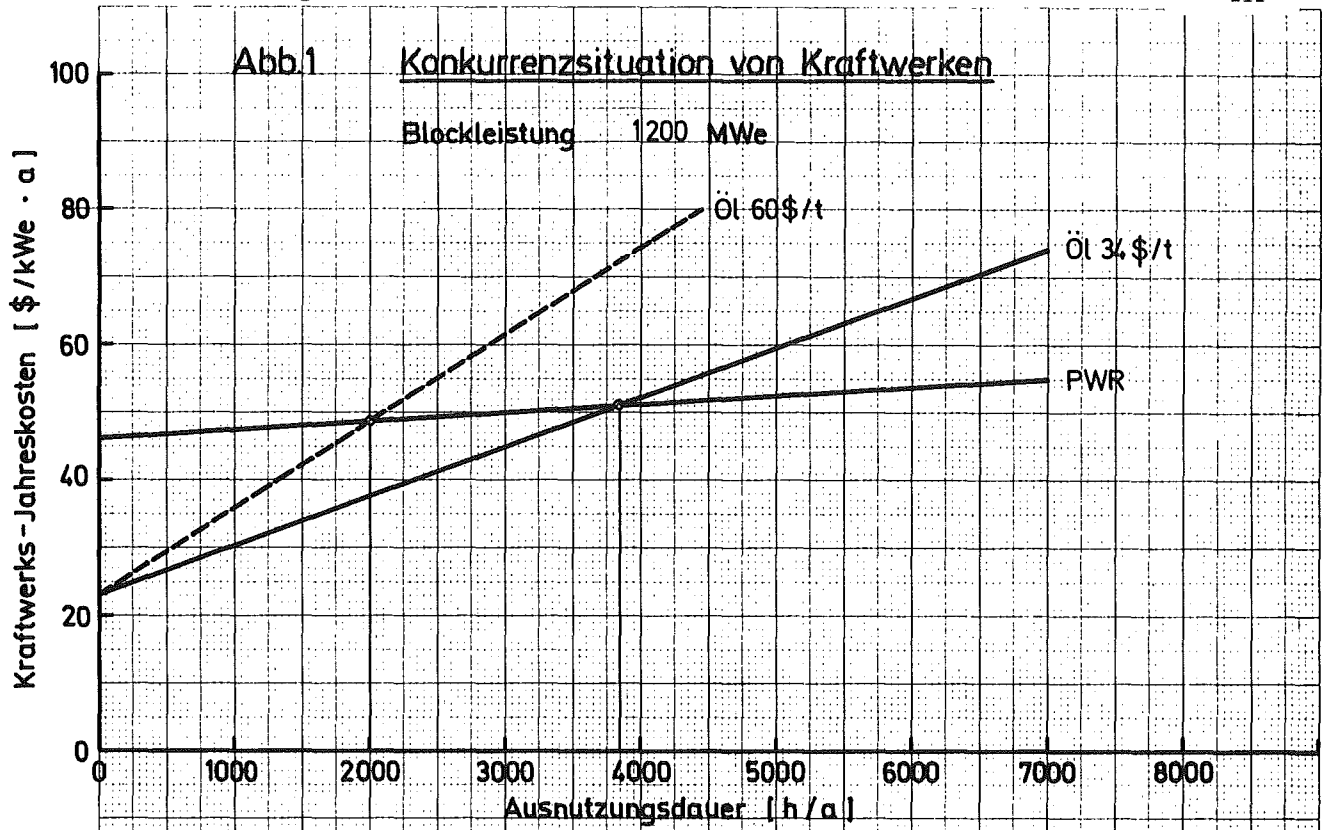
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

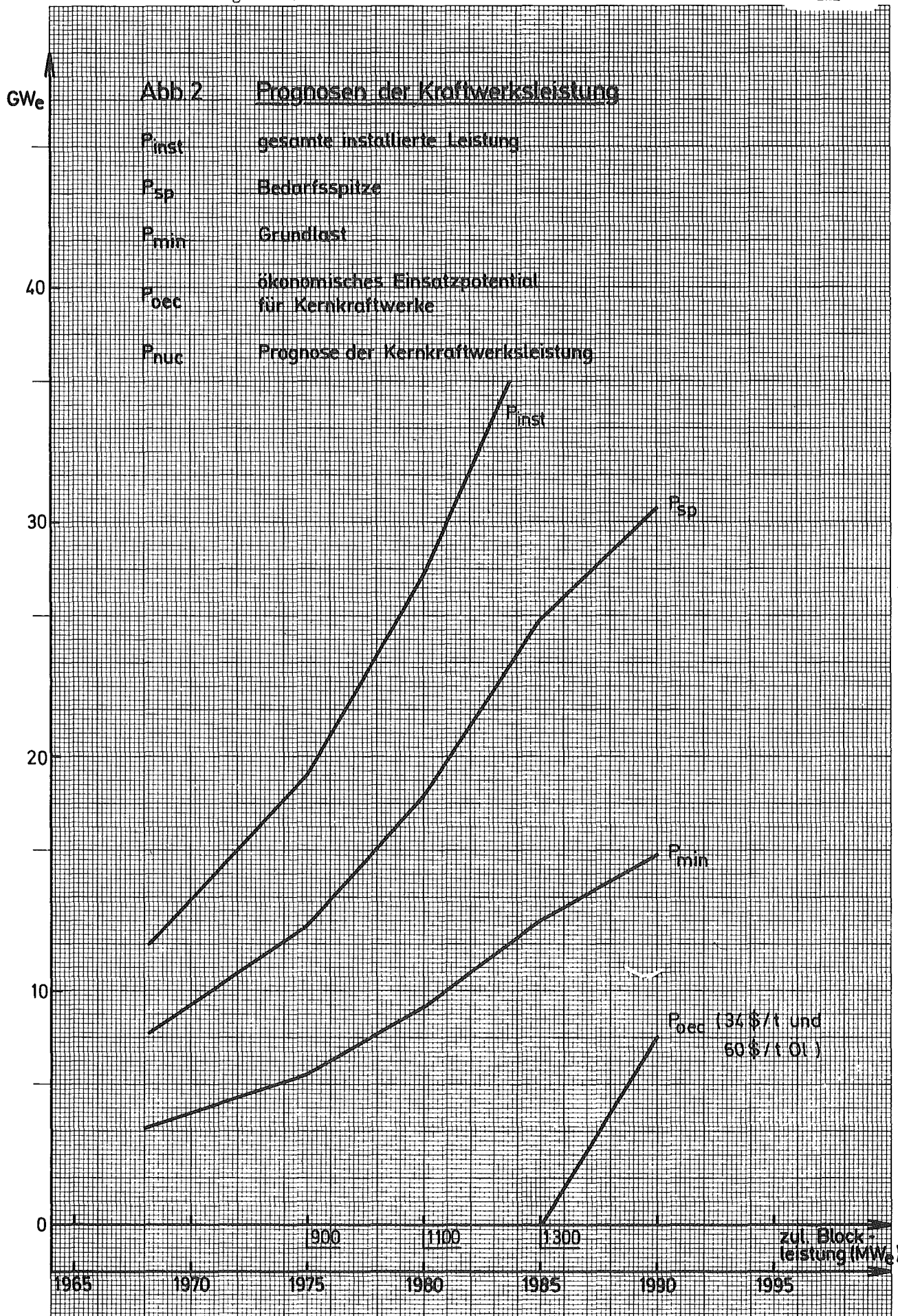
Konventionell: 0,9

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t





Erstes Kernkraftwerk: Tullnerfeld 700 MWe BWR (KWU, ELIN)
Inbetriebnahme 1976

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1976 bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: 4,0 GWe bei 34 \$ / t Öl
und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	83 840		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	7,4		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (Sh)	372 Mrd	50 300	1970	210/70
in US-\$	14,3 Mrd	1 930		
(1 US-\$ = 26 Sh)			1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	25,3 Mio	3,420	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	10,7 Mio	1,450	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	30 Mrd	4 050	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	23 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	3		1966	100/70
Braunkohle	70		1966	100/70
Erdöl	35		1970	530/70
Erdgas	40		1970	530/70
gesamt	150			

1. Allgemeine Situation

Die Steinkohlenförderung wurde 1968 eingestellt.

Braunkohle ist bei abnehmender Förderung (1965 : 5,45 Mio t, 1970: 3,67 Mio t) immer noch von Bedeutung.

Die Erdölproduktion ist leicht rückläufig (1965: 2,86 Mio t, 1970: 2,80 Mio t), 60% des benötigten Rohöls werden importiert. Nordöstlich von Wien (Schönkirchen) gibt es Erdgasfelder. Die Förderung betrug 1965 : 1,7 Mrd m³, 1970 : 1,9 Mrd m³.

2. Elektrizitätsversorgung

In niederschlagsarmen Jahren ist die Erzeugung elektrischer Energie nicht immer ausreichend. Der Anteil der Wasserkraftwerke liegt bei 60% der erzeugten Energie, jedoch mit abnehmender Tendenz.

Die Elektrizitätsversorgung wird von den neun staatlichen EVU kontrolliert. Das österreichische Netz ist in das europäische Verbundnetz integriert. Die Wasserkraftwerke werden im internationalen Verband mit den Nachbarländern weitgehend als Spitzenlastkraftwerke eingesetzt.

Das erste Kernkraftwerk Tullnerfeld bei Zwentendorf an der Donau (BWR, 700 MWe, Inbetriebnahme 1976) wird von KWU gebaut.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,7% 1980: 0,9%	gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 3,6% 1980: 2,8%	gut
Elektrizitätsver- brauch	Parabel	1970: 5,3% 1980: 4,3%	gut

4. Kostenberechnung

Die Kosten für Kernkraft- und Ölkraftwerke werden verglichen, da billig auszubauende Wasserkraftreserven nicht mehr vorhanden sind. Bereits bei 800 MWe-Anlagen ergibt sich ein 5-prozentiger Kostenvorteil der Kernkraftwerke im Grundlastbereich, der bei 1000 MWe-Anlagen auf 10% anwächst.

5. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 3,3 GWe.

Unter rein ökonomischen Aspekten könnten alle Kraftwerkszubauten nach 1980 durch Kernkraft gedeckt werden. Unter Einbeziehung des im Bau befindlichen Kernkraftwerkes Tullnerfeld schätzen wir das nukleare Einsatzpotential bis 1990 auf 4 GWe, unabhängig von einem weiteren Steigen des Ölpreises.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd Sh (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	210/70	200/69 490			105/70				
1960	7,5	181	11,6	1 650		4,2				
1965	7,26	221	15,6	2 150		6,0				
19	7,37	265	19,5	2 650		7,47				
19	7,42		21,0	2 800	3,7					
1975	7,73	317	26,1	3 400	4,57	9,14	0,15	700		
1980	8,08	367	32,5	4 000	5,7	10,83	0,15	900	0,7	0,7
1985	8,49	419	39,6	4 700	6,95	12,51	0,15	1 000		
1990	8,96	471	47,5	5 300	8,33	14,16	0,12	1 000	4,0	4,0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 2,0 in 1970-75, 1,9 in 1980, 1,8 in 1985, 1,7 in 1990

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	800	435	52,2	9,31		61,5		8,8	
	1000	404	48,5	8,96		57,46		8,2	
ÖL	800	213	25,6	90	51	115,6	76,6	16,5	10,9
	1000	202	24,2	90	51	114,2	75,2	16,3	10,7

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

Konventionell: 0,9

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t

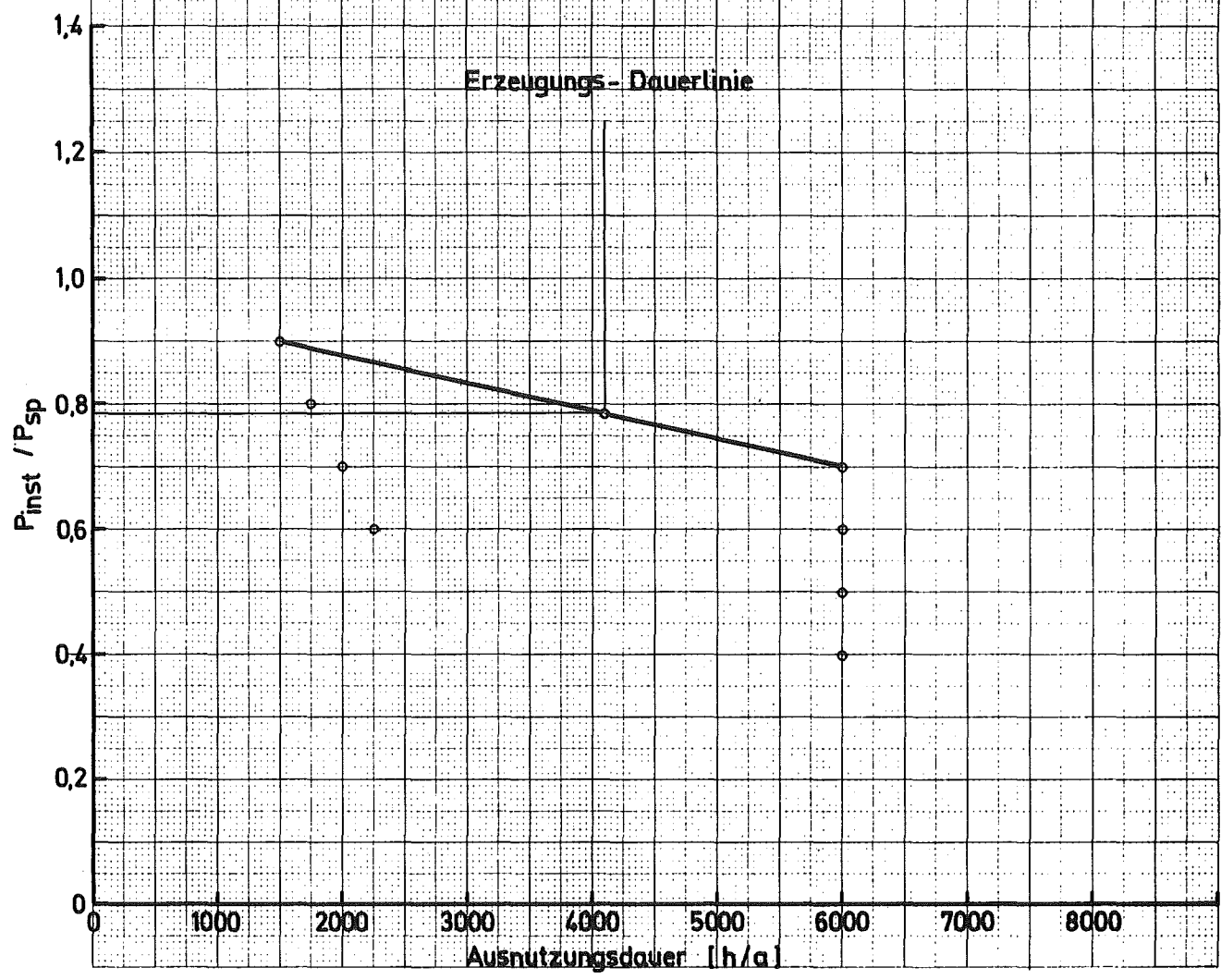
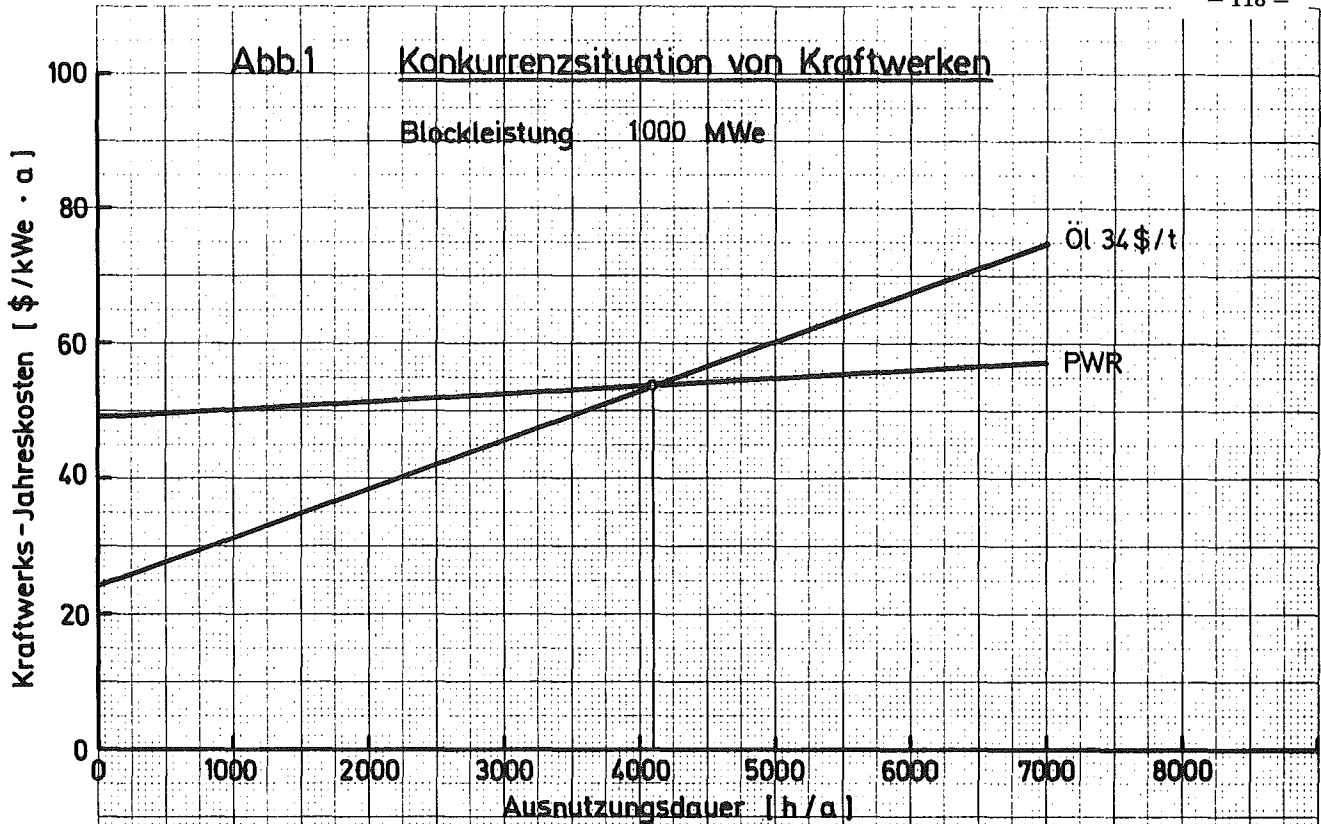
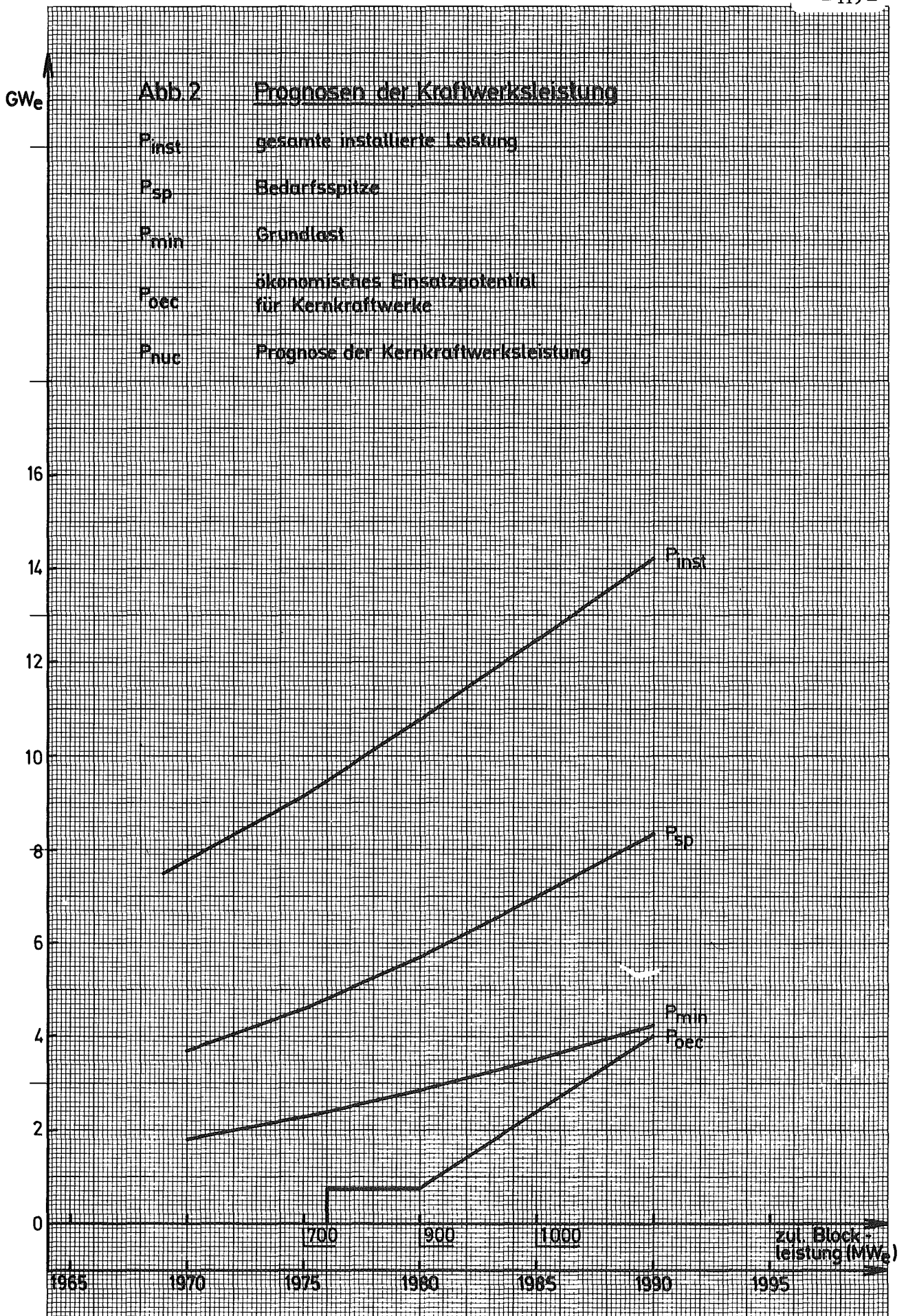


Abb.2 Prognosen der Kraftwerksleistung

- P_{inst} gesamte installierte Leistung
- P_{sp} Bedarfsspitze
- P_{min} Grundlast
- P_{oec} ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke
- P_{nuc} Prognose der Kernkraftwerksleistung



zul. Blockleistung (MW_e)

P o l e n

Erstes Kernkraftwerk:Wirtschaftlicher Einsatz der
Kernenergie ab:

nach 1990

Einsatzpotential bis 1990:

4 GWe

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	312 500		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	32,6		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal) *)</u> (Marktpreise)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (Zł)	738 Mrd	22 600	1970	100/71
in US-\$ (1 US-\$ = 4 Zł) **)	184,5 Mrd	5 700	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	138 Mio	4,200	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	158 Mio	4,850	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	64,5 Mrd	2 000	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	16 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	45 700		1967	100/70
Braunkohle	5 000		1967	100/70
Erdöl	3		1970	530/70
Erdgas	140		1970	530/70
gesamt	50 850			

*) Nettomaterialprodukt

***) autonom festgesetzte US-\$-Parität

1. Allgemeine Situation

Polen besitzt große Kohlevorräte (sichere Steinkohlenreserven: 32 Mrd t) und steht mit seiner Steinkohleförderung von 140 Mio t/a (1970) an siebenter Stelle in der Welt ¹⁾. Die rechnerische Reichweite der Kohlereserven bei konstanter Fördermenge beträgt mehr als 200 Jahre.

Polen exportiert Energie. Die Gesamtenergieproduktion liegt ca. 10% über dem Gesamtenergieverbrauch.

2. Elektrizitätsversorgung

Der Elektroenergiebedarf des Landes wird fast ausschließlich (etwa zu 98%) aus Kohle gedeckt (Stein- und Braunkohle). Polen ist über das Verbundnetz "Frieden" mit den benachbarten Ostblockländern verbunden. In letzter Zeit betrug die durchschnittliche jährliche Zuwachsrate der Elektroenergieerzeugung 12,7%.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Extrapolations- kurve: Exp.-Funktion	1%	-
NMP real zu Markt- preisen von 1961	Parabel	1970: 8,1% 1980: 6,7%	recht gut
Elektrizitätsver- brauch	Parabel	1970: 7,3% 1980: 5,5%	recht gut

4. Kostenrechnung

Ein Kostenvergleich für Kraftwerke in Polen ist durch verschiedene Umstände sehr schwierig, besonders durch die nicht dem Kaufkraftverhältnis entsprechende offizielle Währungsparität. Der offizielle Wechselkurs von 4 Złoty/U.S.\$ weicht stark vom Freimarktkurs der Banken ab. Unserer Untersuchung wurde ein Wechselkurs von 100 Złoty = 3,70 DM (lt. Auskunft der Deutschen Bank am 7.8.73) zugrundegelegt.

Für die Dollarparität des Złoty ergibt sich damit 1 \$ = 65 Złoty. Damit resultiert für Steinkohle ein Energiepreis (nur Brennstoffkosten) von 3,4 mills/kWh, für Braunkohle von 2,6 mills/kWh (Kostenangaben nach /425/72/).

Auf dieser Basis ergibt der Kostenvergleich etwa gleiche Kosten für Kernkraftwerke von 1200 MWe, Kohlekraftwerke von 1000 MWe³⁾ und Braunkohlekraftwerke von 600 MWe³⁾ bei einer Benutzungsdauer von 7000 h/a.

Aufgrund mangelnder Informationen für die Anlagekosten von Kernkraftwerken und konventionellen Kraftwerken mußte auf eine Diskussion der Konkurrenzsituation (wie sie gewöhnlich in Abb. 1 schematisch gegeben wird) verzichtet werden.

5. Schlußfolgerungen

Mit den hier verwendeten Kostenangaben bieten Kernkraftwerke in den Kohlerevieren keinen Kostenvorteil gegenüber Steinkohle- und Braunkohlekraftwerken.

In revierfernen Gebieten würde jedoch ein Kostenvorteil für Kernkraftwerke im Grundlastbereich resultieren.

Nimmt man an, daß (maximal) 50% des Zubaubedarfs nach 1985 auf Kernkraftwerke entfällt, so ergibt sich ein Einsatzpotential von 4 GWe bis 1990 (unabhängig von der Höhe des Ölpreises). Polnische Stellen schätzen¹⁾, daß unter den ökonomischen Bedingungen des Landes bis zum Jahr 2000 ein Anteil der Kernkraftwerke von mindestens 20% angestrebt werden sollte. Von den zur Auswahl stehenden Reaktortypen werden Druckwasserreaktoren und (nach 1990) Brutreaktoren als die aussichtsreichsten Typen angesehen.

1) W. Fiszer: On the Fundamental Economic and National Energy Balance Considerations Underlying the Future Development of the Nuclear Power Industry in Poland Genf 1971, P. 338

2) Lavrencio, D. atw 18 (1973) 473

3) technische Grenzgrößen; siehe allgemeiner Teil

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd Zł (1961)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe Prog. 1	GWe Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	100/71	490			490				
1960	29,6	0,38	24,3	820		5,3				
1965	31,5	0,51	25,2	1100		8,8				
1968		0,657								
1969	32,5		50,9	1560	8,92	12,8				
1970	32,6									
1975	34,3	1,12	74,3	2170	13,1	18,3	0,07	900		
1980	36,0	1,57	98,6	2750	17,3	24,2	0,06	1000		
1985	37,8	2,13	127	3340	22,3	31,2	0,05	1100	0	0
1990	39,8	2,79	160	4050	28,2	39,4	0,05	1400	4	4

Anmerkungen:

Spalte 3: Nettomaterialprodukt

6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,4

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

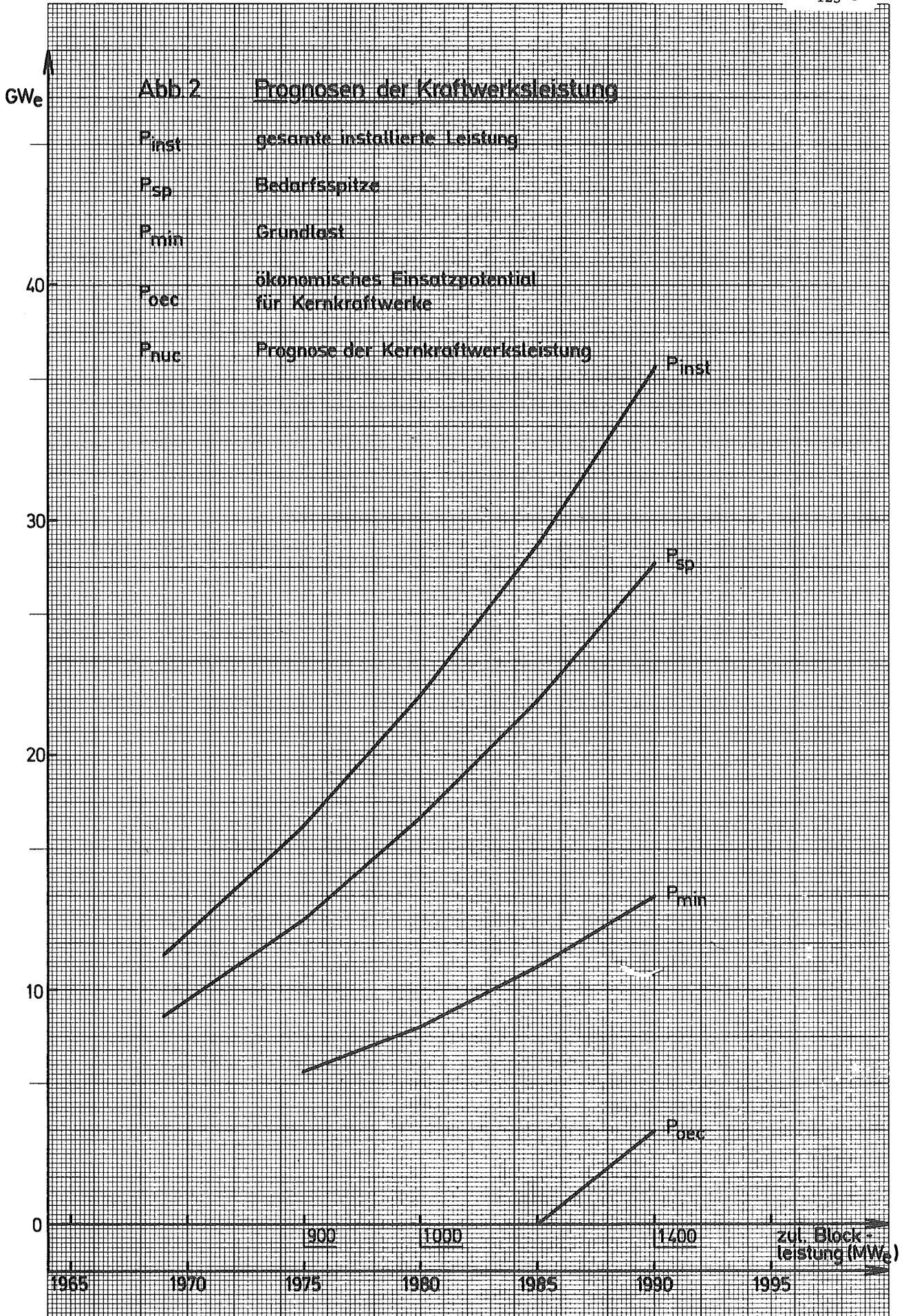
Kraftwerk		feste Kosten		Lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	1200	293	35,2	8,96		44,16		6,3	
STEIN- KOHLE	1000	165	19,8	23,9		43,7		6,25	
BRAUN- KOHLE	600	216	25,9	18,1		44,0		6,3	

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,75

Konventionell: 0,65

4 : Annuitätsfaktor 12%



Portugal

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

4,0 GWe bei 34 \$ / t Öl
4,7 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	92 082		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	9,63		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (Esc)	178 Mrd	18 480	1970	210/70
in US-\$	6,2 Mrd	640		
(1 US-\$ = 28,75 Esc)			1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	6,6 Mrd	0,69	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	1 Mrd	0,104	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	7,4 Mrd	770	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	19 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	26		1960	100/70
Braunkohle	13		1960	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt	39			

1. Allgemeine Situation

Portugal gehört zu den schwach industrialisierten Ländern Europas. Die Kohlevorkommen sind gering. Die Suche nach Erdöl war bisher (1971) erfolglos. Nur ca. 15% des Gesamtenergieverbrauchs kann aus heimischen Vorkommen gedeckt werden.

Die billigen Uranvorkommen (Preis unter 10 \$/lb U_3O_8) im Land werden auf 6 400 t Uran geschätzt, weitere 5 900 t werden vermutet. Für Angola wird ein Vorkommen von 13 000 t Uran der teureren Preiskategorie (10-15 \$/lb U_3O_8) vermutet. Z.Z. werden in Europa ca. 80 t Uran pro Jahr gefördert, die installierte Kapazität beträgt ca. 115t/a. Die Anlagen gehören der Junta de Energia Nuclear von Portugal/580/.

2. Elektrizitätsversorgung

Die elektrische Energie wird vorwiegend aus Wasserkraft gewonnen (1970 zu 64%). Ein großes Kohlekraftwerk befindet sich bei Porto, ein 500 MW-Ölkraftwerk bei Lissabon. Portugal ist an das europäische Verbundnetz angeschlossen.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 1,0% 1980: 1,3%	sehr gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 6,6% 1980: 5,5%	sehr gut
Elektrizitätsver- brauch	Exp.-Funktion	8,6%	sehr gut

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt für Kernkraftwerke ab 400 MWe (ab 1980 einsetzbar) niedrigere Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich als für Ölkraftwerke gleicher Leistung. Kernkraftwerke von 600 MWe (ab 1990 einsetzbar) können auch im Mittellastbereich ab einer Ausnutzungsdauer von 500 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden (bei einem Ölpreis von 60 \$/t ab 2500 h/a).

5. Schlußfolgerungen

Aus unserer Prognose ergibt sich für 1980-1990 ein Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 6,4 GWe. Das ökonomische Einsatzpotential für Kernkraftwerke schätzen wir bei einem Ölpreis von 34 \$/t auf 4 GWe, bei einem Ölpreis von 60 \$/t auf 4,7 GWe.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd Esc (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe Prog. 1	GWe Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	210/70	200/69			105/70				
1960	9,2	75,1	2,79	316		1,3				
1965	9,2	102	4,26	460		1,8				
1969	9,56	126	5,82	610	1,2	2,1				
1970	9,63	135								
1975	10,2	180	9,9	970	2,05	3,1	0,15	300		
1980	10,9	235	15,2	1400	3,15	4,72	0,12	400	0	0
1985	11,6	299	23,3	2000	4,83	7,24	0,1	500		
1990	12,4	373	35,6	2900	7,38	11,1	0,09	600	4,7	4,0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55

7: Reservefaktor 1,75 in 1969, 1,5 für Prognosewerte

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	300	599	71,88	10,15		82		11,7	
	400	539	64,68	10,01		74,7		10,7	
	600	445	53,4	9,66		63,06		9,01	
ÖL	300	255	30,6	90	51	120,6	81,6	17,2	11,65
	400	230	27,6	90	51	117,6	78,6	16,8	11,22
	600	204	24,5	90	51	114,5	75,5	16,3	10,78

Anmerkungen

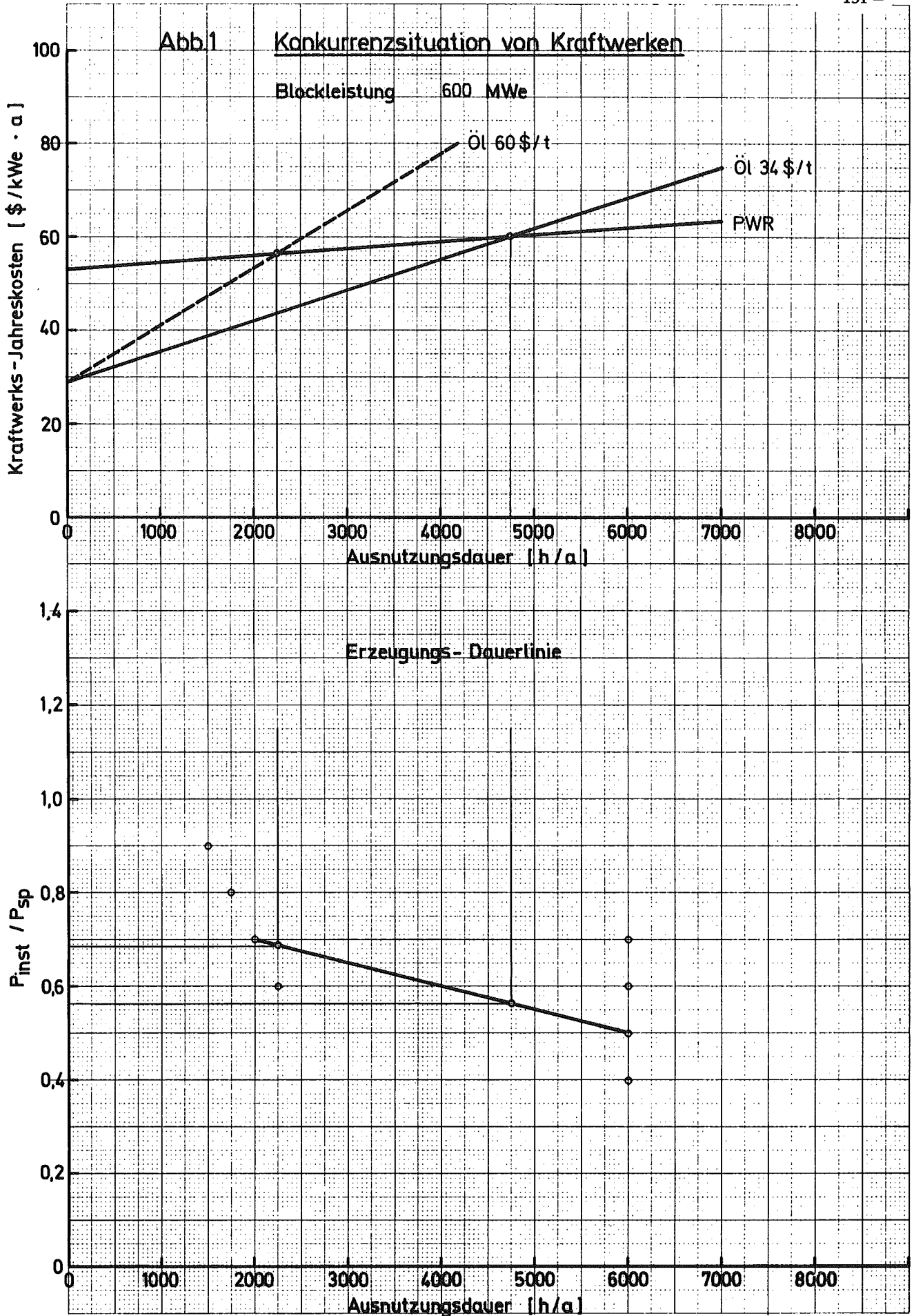
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9

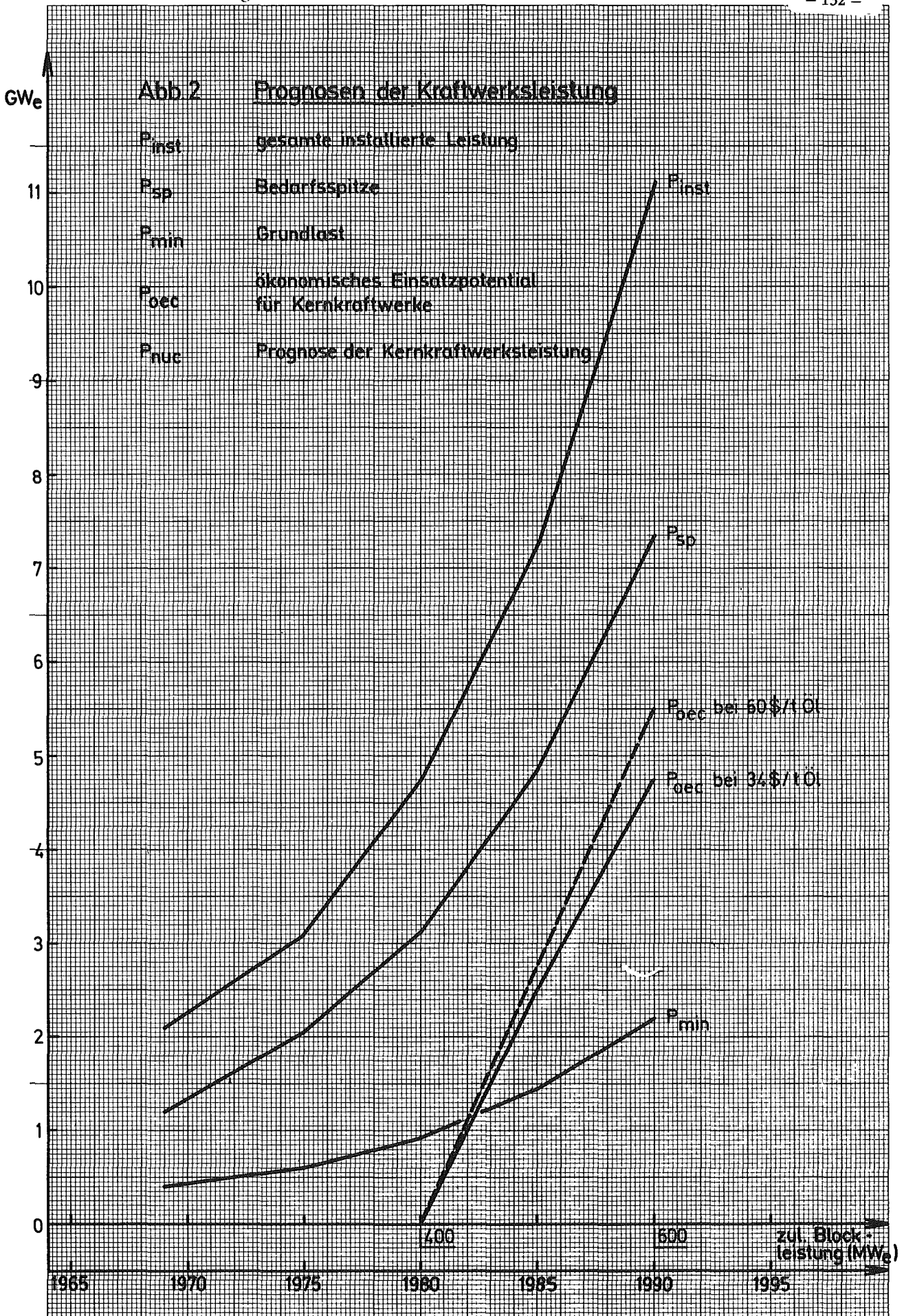
Konventionell: 0,8

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34\$/t





R u m ä n i e n

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

12,5 GWe bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	237 500		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	20,3		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	total	pro Kopf		
in Landeswährung (1)				
in US-\$				
(1 US-\$ =)				
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	56,9 Mio	2,800	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	59,4 Mio	2,930	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	35,1 Mrd	1730	1970	311/72
Anteil am gesamten Energieverbrauch	20,5 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	590		1966	100/70
Braunkohle	400		1966	100/70
Erdöl	16		1970	530/70
Erdgas	244		1970	530/70
gesamt	1 240			

1. Allgemeine Situation

Rumänien ist in der glücklichen Lage, sowohl Kohle-, Öl- und Erdgasvorräte als auch Wasserkräfte und Uran zu besitzen. Es kann daher eine variable und unabhängige Energiepolitik betreiben. Die Industrialisierung macht gute Fortschritte, jedoch treten zeitweilig Engpässe in der Stromversorgung auf.

Im Jahr 1971 betrug die Produktion 6,8 Mio t Steinkohle, 13,8 Mio t Braunkohle, 13,8 Mio t Erdöl, 26,5 Mrd m³ Erdgas. Die noch verfügbare Wasserkraft wird auf 36 TWh/a geschätzt ¹⁾.

2. Elektrizitätsversorgung

95% des Strombedarfs wird durch Wärmekraftwerke gedeckt. Der Anteil der Wasserkraft wird jedoch nach Fertigstellung der Staustufe am Eisernen Tor (gemeinsam mit Jugoslawien), das etwa 11,4 TWh/a erzeugen soll, und weiterer Wasserkraftwerke steigen.

Rumänien ist an das Verbundnetz "Frieden" angeschlossen.

3. Prognosen

	Regressionskurve	Wachstumsrate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel Werte ab 1957 benutzt	1970: 1,2% 1980: 1,5%	gut
Elektrizitätsverbrauch	Parabel	1970: 11,6% 1980: 7,5%	Ex-Post: recht gut

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung für Kraftwerksblöcke von 800 und 1200 MWe ergibt einen deutlichen Kostenvorteil für Kernkraftwerke gegenüber Ölkraftwerken bei einem Ölpreis von 34 \$/t bis unter eine Ausnutzungsdauer von 3 500 h/a (bei einem Ölpreis von 60 \$/t unter 2 000 h/a).

5. Weitere Kriterien

Rumänien hat die Bedeutung seiner Brennstoffvorräte als Rohstoffe für die chemische Industrie voll erkannt. Mit aus diesem Grunde soll in Zukunft ein Teil des elektrischen Grundlastbedarfs durch Kernkraftwerke gedeckt werden. Das Vorhandensein eigener Uranreserven legt es nahe, den Brennstoffzyklus selbst in die Hand zu nehmen, um die Unabhängigkeit auf dem Energiesektor beizubehalten. Hierfür werden Schwerwasserreaktoren mit späterer Ergänzung durch Brutreaktoren untersucht.

6. Schlußfolgerungen

Kernkraftwerke könnten schon vor 1980 wirtschaftlich eingesetzt werden, es sind jedoch noch keine Bestellungen erfolgt. Das nukleare Einsatzpotential bis 1990 beträgt 12,5 GWe unabhängig von einem weiteren Anstieg des Ölpreises.

1) Lavrencic, D.: Stand der Kernenergie in Osteuropa, atw 13 (1973) 473.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70		490			490				
1960	18,4		6,3	340		1,8				
1965	19,0		13,5	710		3,3				
1969	20,0		23,4	1170	4,1	6,43				
1970	20,3									
1975	21,6		41,0	1900	7,2	10,8	0,1	700		
1980	23,6		60,6	2600	10,6	14,8	0,08	800	0	0
1985	25,2		84,3	3350	14,8	20,7	0,07	1000		
1990	27,4		112	4100	19,6	27,4	0,06	1200	12,5	12,5

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,56 in 1969, 1,5 in 1975, 1,4 nach 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	800	332	39,8	9,31		49,2		7,03	
	1200	293	35,2	8,96		44,16		6,3	
ÖL	800	153	18,4	90	51	108,4	69,4	15,5	9,9
	1200	138	16,5	90	51	106,5	67,5	15,2	9,65

Anmerkungen

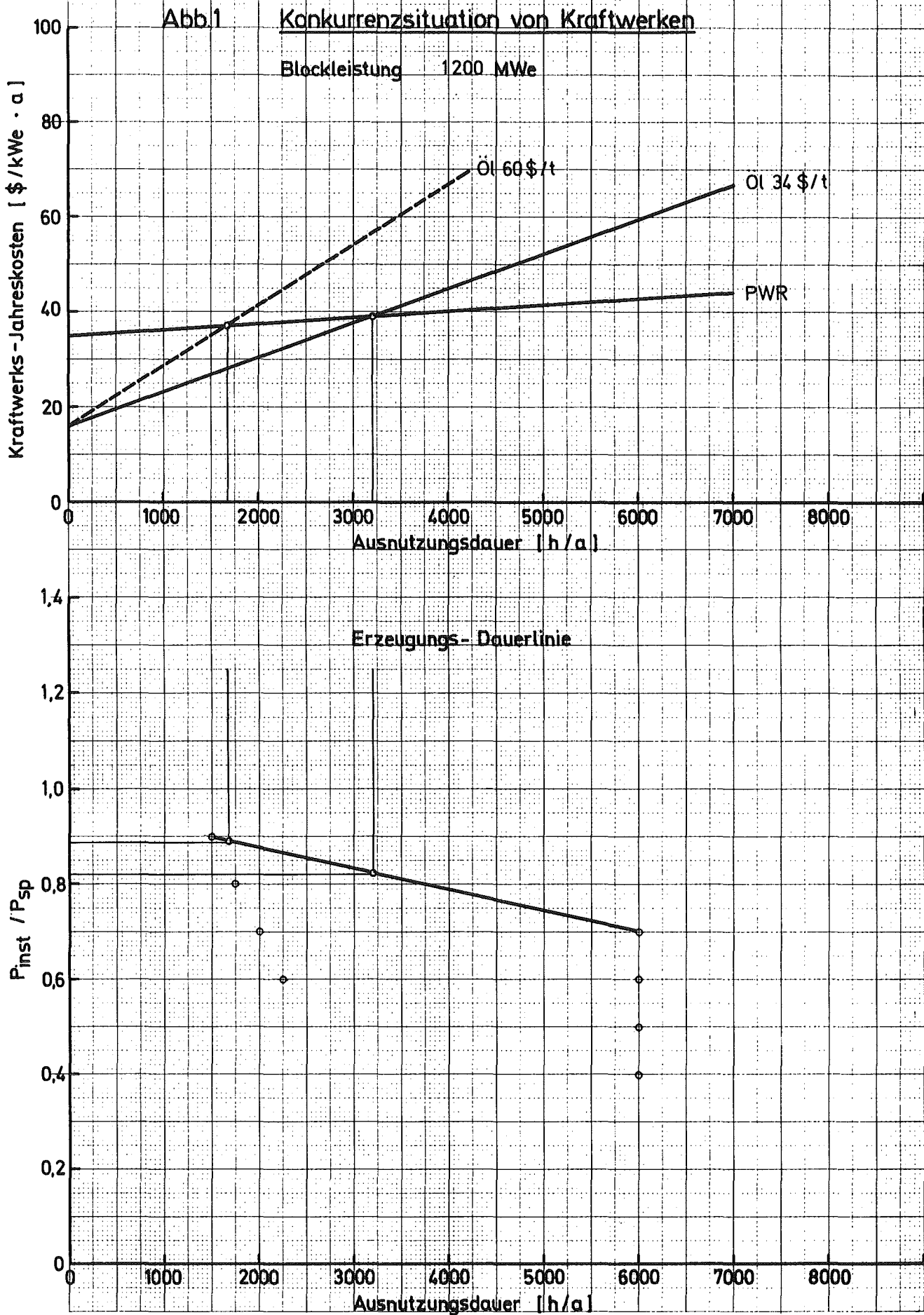
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,75

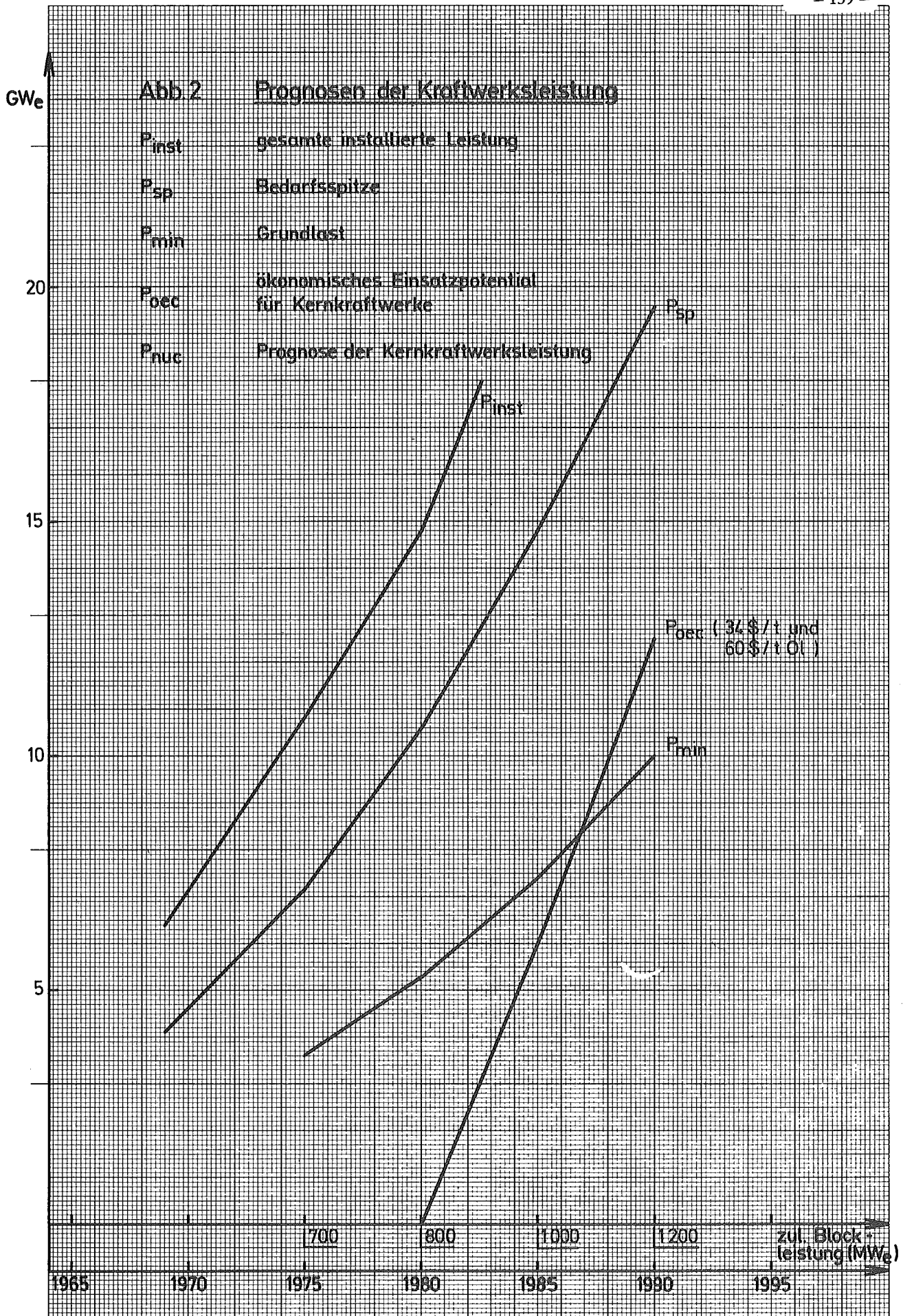
Konventionell: 0,65

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60\$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34\$/t





Erstes Kernkraftwerk:

Ågesta 12 MWe HWR (ASEA, AB At)
Inbetriebnahme 1963

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1974 (Inbetriebnahme Ringhals-1/2 und Oskarshamn-2)

Einsatzpotential bis 1990:

29 GWe bei 34 \$ / t Öl
31 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	449 700		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	8,05		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (S Kr)	132,2 Mrd	16 690	1968	210/68
in US-\$	25,6 Mrd	3 230	1968	
(1 US-\$ = 5,17 SKr)				
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	50,8 Mio	6,31	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	5,2 Mio	0,65	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	60,6	7 520	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	23 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	90		1967	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt	90			

1. Allgemeine Situation

Die schwedischen Kohle- und Ölschiefervorkommen sind von geringer Qualität und spielen eine untergeordnete Rolle.

Erdgas- und Erdöllager werden vermutet.

In Västergötland gibt es umfangreiche Uranlagerstätten. Die Vorkommen werden auf 270.000 t Uran in der Preiskategorie 10-15 \$/lb U_3O_8 geschätzt./580/.

2. Elektrizitätsversorgung

70% der elektrischen Energie wird aus Wasserkraft erzeugt. Acht Wasserkraftwerke mit je mehr als 200 MW versorgen die Industrie und das skandinavische Verbundnetz. Wasserkräfte sind vorwiegend im Norden des Landes vorhanden.

In Zukunft sollen mehr Wärmekraftwerke gebaut werden, die mit importiertem Öl betrieben werden, da die Ausbaurkosten der Wasserkraftreserven steigen.

1963 wurde das erste Kernkraftwerk bei Stockholm in Betrieb genommen (Ågesta, 80 MW_{th}).

Ein zweites Kernkraftwerk (440 MWe), Oskarshamn-1) wurde 1972 in Dienst gestellt.

Es ist geplant, daß 1980 etwa 30% der schwedischen Elektrizitätserzeugung in Kernkraftwerken erfolgt.

3. Prognosen

	Regressionskurve	Wachstumsrate	Ex-Post-Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,7% 1980: 0,8%	gut
BIP real zu Marktpreisen von 1963	Parabel	1970: 4,3% 1980: 3,7%	recht gut
Elektrizitätsverbrauch	Exp.-Funktion	6,5%	sehr gut

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt für Kernkraftwerke von 1000 MWe geringere Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich als für Ölkraftwerke gleicher Leistung (Tab. 3). Kernkraftwerke von 1200 MWe können bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 3800 h/a, bei einem Ölpreis von 60 \$/t ab 2000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden (s. Abb. 1).

5. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 24,8 GWe (Tab. 2). 1980 werden voraussichtlich 10 Kernkraftwerke mit insgesamt 6,5 GWe in Betrieb sein. Einschließlich dieser Kernkraftwerke schätzen wir das nukleare Einsatzpotential bis 1990 bei einem Ölpreis von 34 \$/t auf 29 GWe, bei einem Ölpreis von 60 \$/t auf 31 GWe.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd SKr (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential		
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Quelle	120/71	210/70	200/69			105/70					
1960	7,48	79,4	29,3	3900		8,96					
1965	7,73	101	40,1	5200		11,7					
1969	7,98	117	54,2	6800	9,50	14,8					
1970	8,05	122			0						
1975	8,35	150	79,3	9500	13,91	19,47	0,07	1000			
1980	8,7	180	110	12600	19,29	27,0	0,05	1000	6,5	6,5	
1985	9,07	214	152	16800	26,66	37,32	0,05	1300			
1990	9,46	252	211	22300	37,01	51,8			31	29	

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,55 für 1969, 1,4 für Prognosewerte

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	1000	404	48,5	8,96		57,46		8,35	
	1200	384	46	8,96		54,96		7,85	
ÖL	1000	202	24,2	90	51	114,2	75,2	16,3	10,7
	1200	194	23,3	90	51	113,3	74,3	16,2	10,6

Schweden - 5

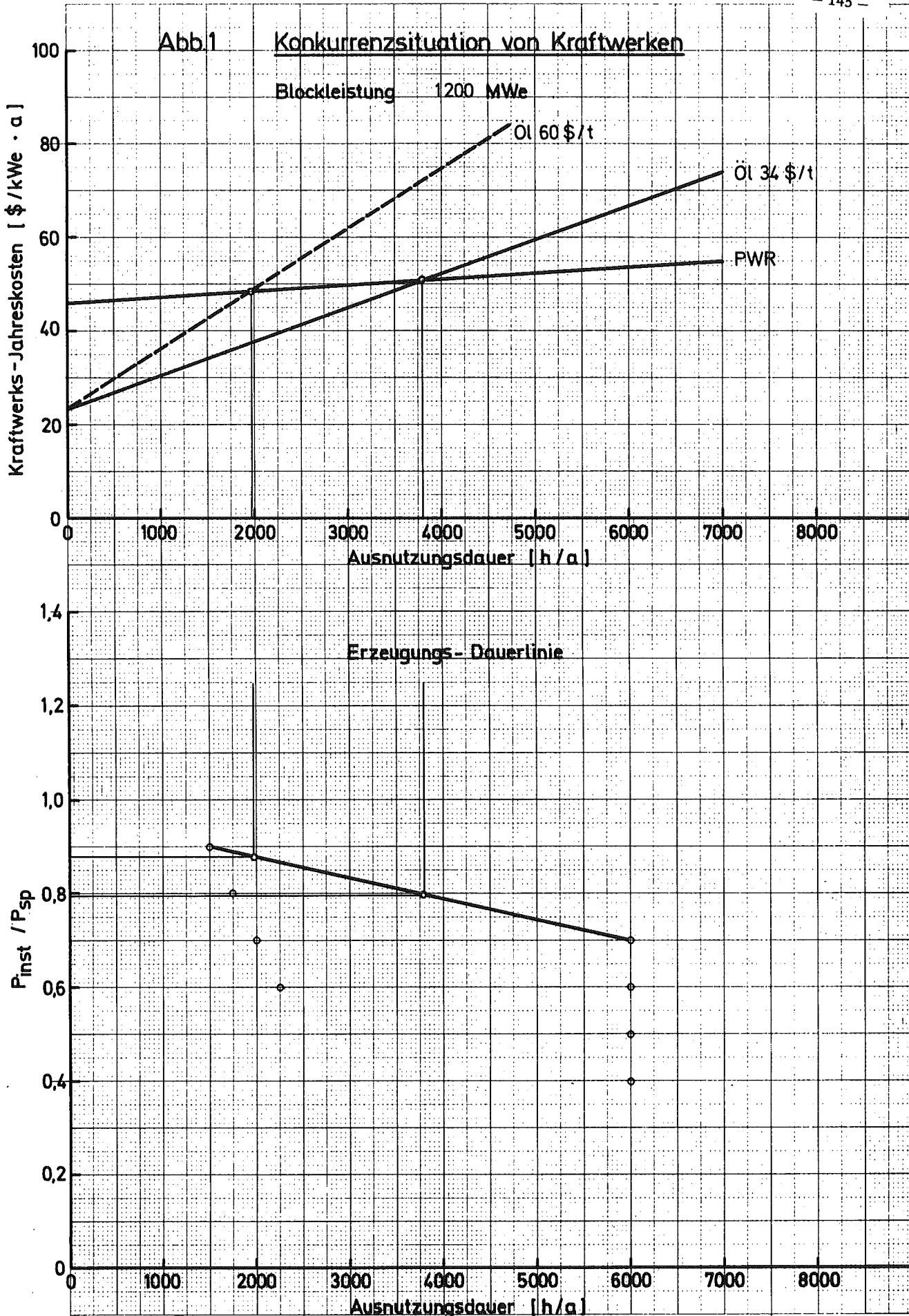
Anmerkungen

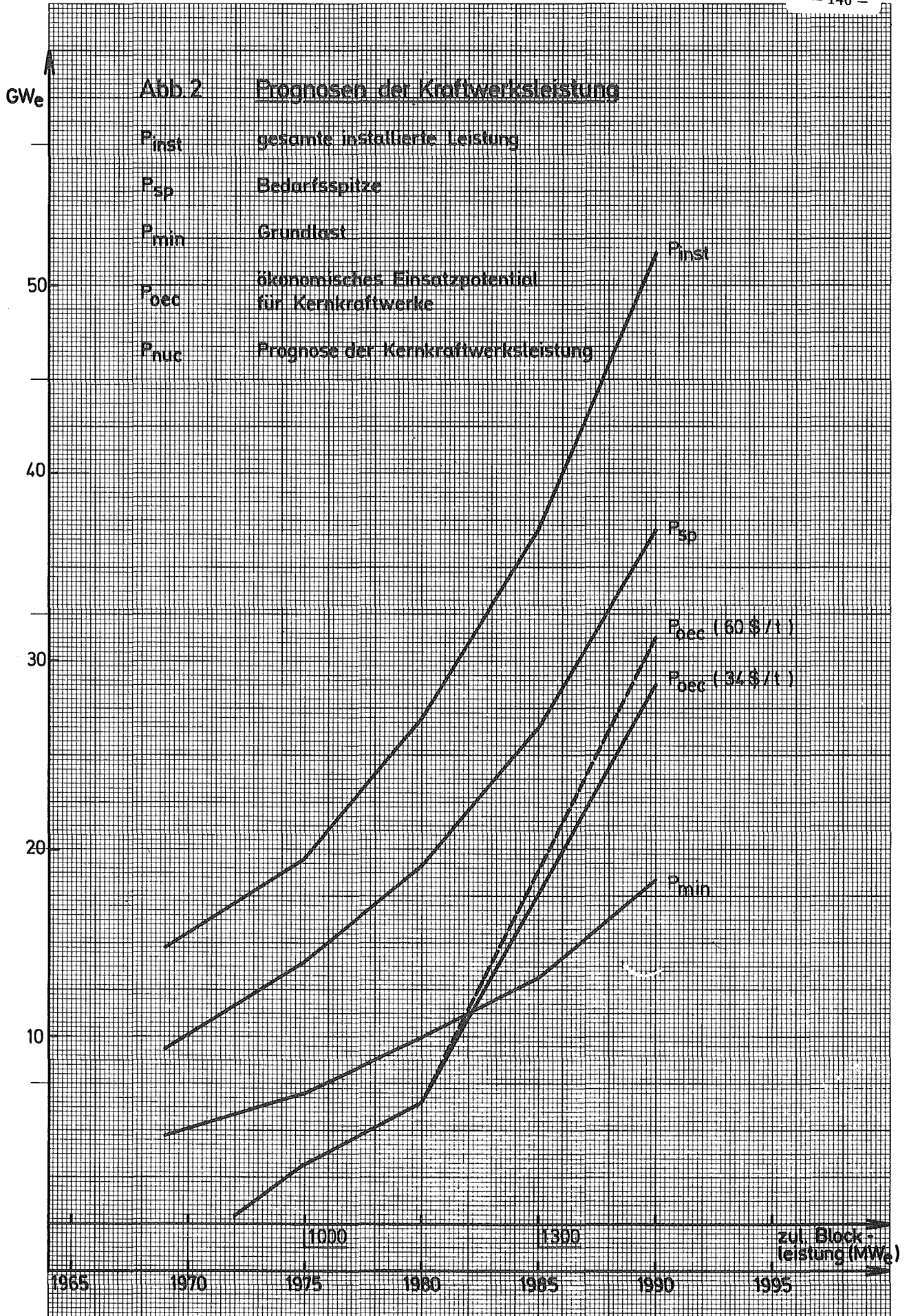
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0 Konventionell: 0,9

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34\$/t





S c h w e i z

Erstes Kernkraftwerk:

Beznau-1 350 MWe PWR (West-BBC) Inbetriebnahme 1969

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

sofort bei 60 \$ / t Öl und 1978 bei 34 \$ / t

Einsatzpotential bis 1990:

9,3 GWe bei 34 \$ / t Öl
10 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	41 280		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	6,28		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (Sfr)	79,2 Mrd	12 700	1969	210/69
in US-\$	18,1 Mrd	2 900	1969	
(1 US-\$ = 4,3728 Sfr)				
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	21,1 Mio	3,36	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	3,7 Mio	0,59	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	34,6 Mrd	5 510	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	25 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0		1970	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt				

1. Allgemeine Situation

Die Schweiz besitzt keine fossilen Energieträger, die wirtschaftlich nutzbaren Wasserkräfte sind fast vollständig ausgebaut.

2. Elektrizitätsversorgung

Etwa 90% der installierten Kraftwerksleistung entfallen auf Wasserkraftwerke, ebenso stammen ca. 90% der erzeugten elektrischen Energie aus der Nutzung von Wasserkräften.

Das Verteilungsnetz der Schweiz ist gut ausgebaut, es ist in das europäische Verbundnetz integriert. Es sind jetzt (1973) bereits drei Kernkraftwerke mit je 300 -350 MWe in Betrieb, die Aufträge für drei weitere mit Blockgrößen von 850-940 MWe sind erteilt.

3. Prognosen

	Regressionskurve	Wachstumsrate	Ex-Post-Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 1,6% 1980: 1,6%	mäßig
BIP real zu Marktpreisen von 1963	Parabel	1970: 3,7% 1980: 3,1%	mäßig
Elektrizitätsverbrauch	Exp.-Funktion	4,9%	gut

4. Kostenrechnung

Wir gehen davon aus, daß Wasserkraftwerke in nennenswertem Ausmaß nicht mehr gebaut werden (vgl. 5).

Eine Kostenrechnung ergibt für Kernkraftwerke von 800 MWe deutlich geringere Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich als für Ölkraftwerke gleicher Leistung (Tab. 3). Kernkraftwerke von 1200 MWe können bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 3700 h/a, bei einem Ölpreis von 60 \$/t ab 200 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden (s. Abb. 1).

5. Weitere Kriterien

In der Schweiz ist das Bemühen um die Erhaltung natürlicher Lebensräume besonders stark ausgeprägt. Dieses Bemühen hat wegen der Bedeutung des Fremdenverkehrs auch einen wirtschaftlichen Hintergrund. Strenge Landschafts- und Umweltschutzbestimmungen verhindern einerseits die Nutzung weiterer Wasserkraftreserven, andererseits aber auch den Betrieb Öl- oder Kohle- gefeuerter Kraftwerke. Auch bei Kernkraftwerken werden besondere Auflagen zum Umweltschutz gemacht. Mit aus diesen Gründen hat sich die Schweiz an mehreren französischen Kernkraftwerken beteiligt.

6. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 6,2 GWe (Tab. 2) 1980 werden voraussichtlich 6 Kernkraftwerke mit insgesamt 4,2 GWe in Betrieb sein. Einschließlich dieser Kernkraftwerke schätzen wir das nukleare Einsatzpotential bis 1990 bei einem Ölpreis von 34 \$/t auf 9,3 GWe, bei einem Ölpreis von 60 \$/t auf 10 GWe.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd Sfr (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	210/69	200/69			105/70				
1960	5,36	42,2	15,9	2970		5,84				
1965	5,95	54,3	20,2	3400		8,5				
1969	6,23	61,6	24,2	3900	4,25	9,53				
1970	6,28									
1975	6,9	76	32,4	4700	5,68	11,35	0,12	700		
1980	7,5	89	41,3	5500	7,25	13,8	0,12	900	4,2	4,2
1985	8,1	103	52,7	6500	9,25	16,6	0,11	1000		
1990	8,8	118	67,2	7600	11,8	20	0,1	1200	10	9,3

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 2,2 in 1969, 2,0 in 1975, 1,9 in 1980, 1,8 in 1985, 1,7 in 1990.

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	800	435	52,2	9,31		61,5		8,8	
	1200	384	46	8,96		54,96		7,85	
ÖL	800	213	25,6	60	51	115,6	76,6	16,5	11,0
	1200	194	23,3	60	51	113,3	74,3	16,2	10,6

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

Konventionell: 0,9

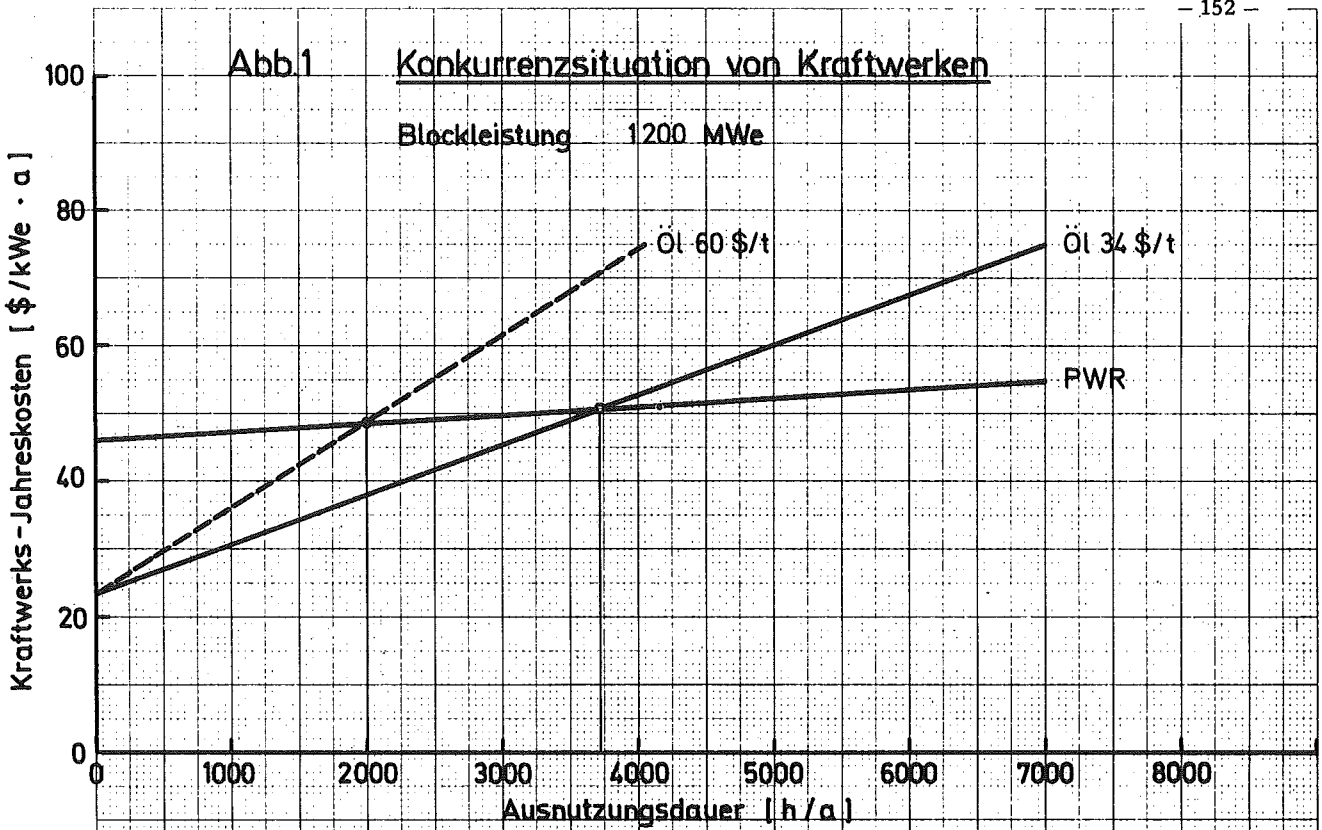
4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

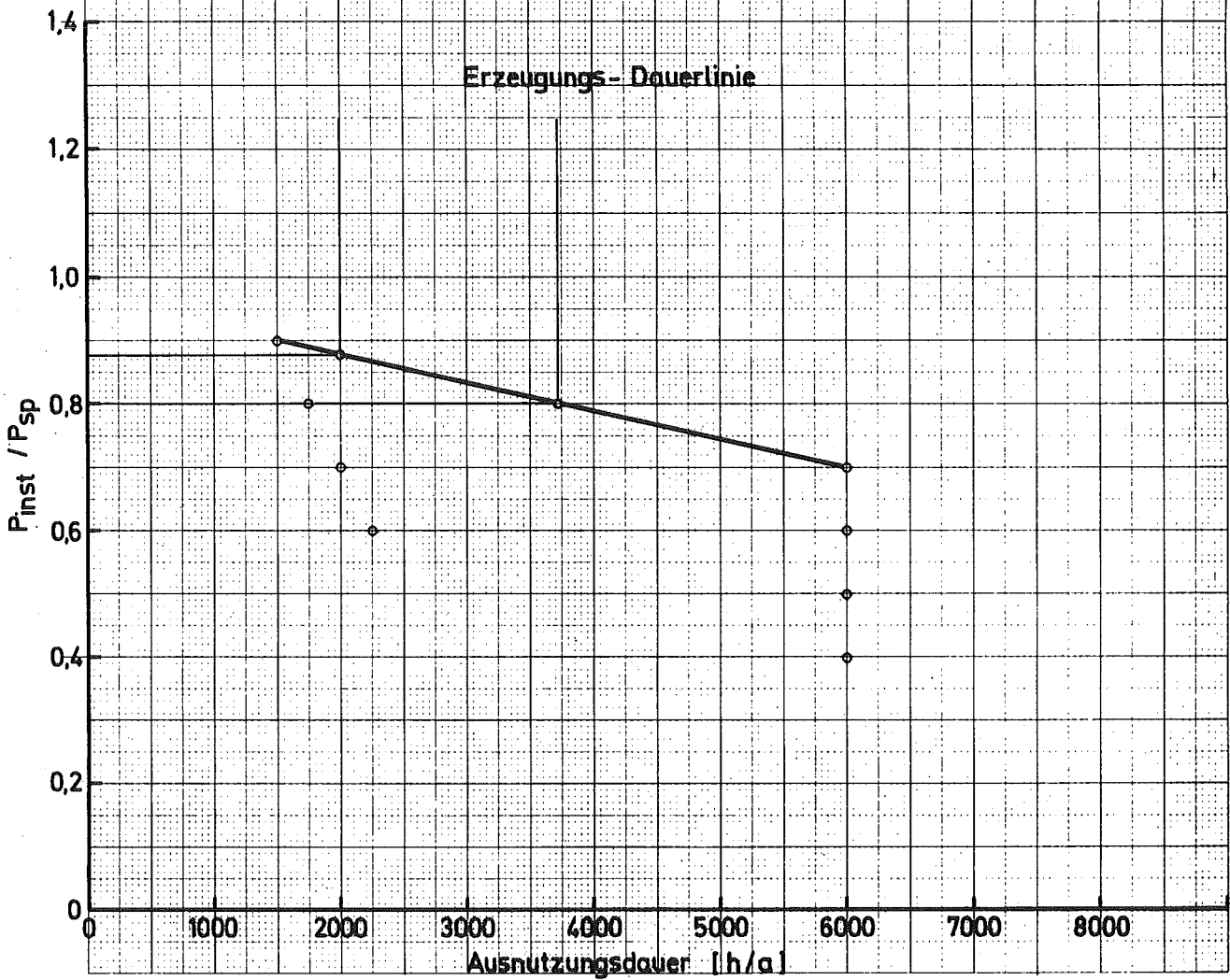
6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t

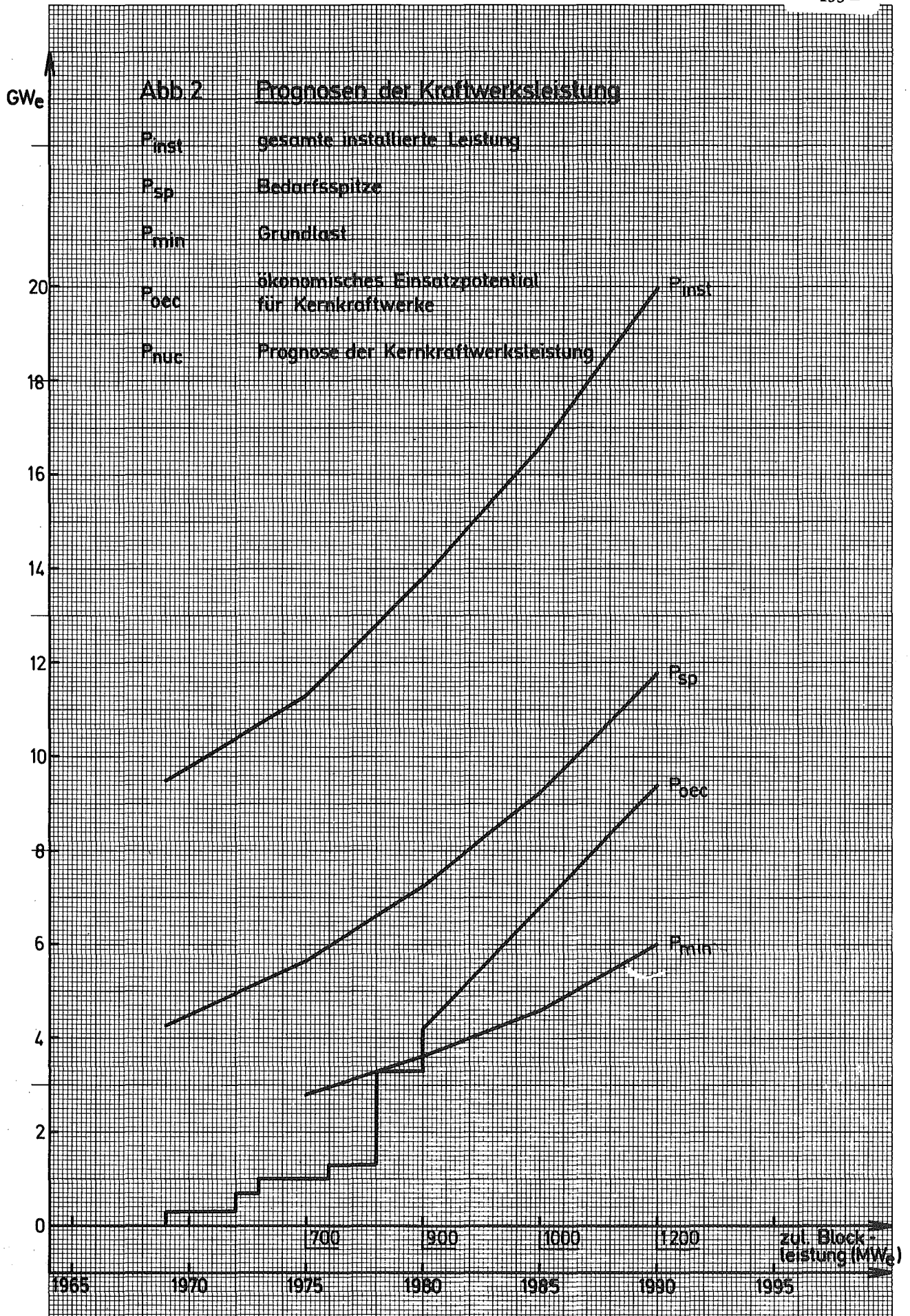
Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken

Blockleistung 1200 MWe



Erzeugungs-Dauerlinie





Erstes Kernkraftwerk:

Troitsk 6 x 100 MWe LWGR Inbetriebnahme 1958-62

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1970 (Inbetriebnahme WWER-2)

Einsatzpotential bis 1990:

240 GWe bei 33 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	22,4 Mio		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	242,8		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal) *)</u> (Marktpreise)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (Rbl)	289,6 Mrd	1 190	1970	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 0,9 Rbl)	322 Mrd	1 325	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	1,1 Mrd	4,5	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	1,2 Mrd	4,9	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	740 Mrd	3 040	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	21 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	4,1 Bio		1966	100/70
Braunkohle	0,7 Bio		1966	100/70
Erdöl	15 000		1970	530/70
Erdgas	15 500		1970	530/70
gesamt	4,83 Bio			

*) Nettomaterialprodukt

1. Allgemeine Situation

Die UdSSR ist der Fläche nach das größte Land der Erde und verfügt über die größten Reserven an Kohle (ca. 55% der Weltvorräte), Erdöl (ca. 30%), Erdgas (ca. 45%) und Wasserkraft.

Die Nutzung der Energiereserven ist wegen der klimatischen Bedingungen (Sibirien) und der großen Entfernungen zu den Verbrauchszentren z.T. sehr schwierig. Die UdSSR exportiert Kohle, Erdöl, Erdgas, Elektroenergie und neuerdings auch Uran.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätsversorgung erfolgt vorwiegend auf Kohle, Erdöl- und Erdgasbasis. Die Zentren der Stromerzeugung sind Moskau, Gorkij, Dnepr-Donec-System, Leningrad, Ural. Ein umfassendes Verbundnetz besteht noch nicht. In Zentralasien ist ein Stromverbundsystem im Bau.

Die Wasserkraftwerke von Bratsh (Angara, 4,5 GW) und Krasnojarsk (Jenissei, 6 GW) gehören zu den größten der Erde.

Kernkraftwerke waren bis jetzt aufgrund des Reichtums an fossilen Brennstoffen und Wasserkraftreserven von geringerer Bedeutung als bei anderen Industriestaaten. Mitte 1973 waren 3 GWe (2% der gesamten Kraftwerksleistung) an Kernkraftwerken in Betrieb. In Zukunft wird der Kernenergie jedoch wegen der ungünstigen Lage der fossilen Energiereserven zu den Verbrauchszentren eine größere Bedeutung zukommen.

Die Elektrizitätserzeugung soll laut Fünfjahresplan von 740 TWh (1970) auf 1030-1070 TWh im Jahr 1975 gesteigert werden.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post-An- passung
Bevölkerung	Parabel	1970: 1,1% 1980: 0,8%	recht gut
NMP nominal zu Marktpreisen	Parabel	1970: 6,8% 1980: 5,7%	gut
Elektrizitätsver- brauch	Parabel	1970: 8,4% 1980: 6,1%	gut

4. Kostenrechnung

Kostenangaben für die Energieträger lagen uns nicht vor. Eine Kostenrechnung mit uns plausibel erscheinenden Schätzwerten für Öl- und Kernkraftwerke von 1200 MWe ergibt ab einer Ausnutzungsdauer von 3500 h/a einen Kostenvorteil für Kernkraftwerke.

5. Weitere Kriterien

Wegen der großen Entfernungen ergeben sich große regionale Unterschiede in den Energiekosten. Eine pauschale Behandlung kann daher nur einen sehr groben Anhalt vermitteln. Zudem spielen nicht-kommerzielle Kriterien eine große Rolle bei Entscheidungen zur Deckung des zukünftigen Energiebedarfs.

In der Sowjetunion besteht neben dem Einsatz von Kernkraftwerken der üblichen Größenordnung ein spezielles Interesse an Kleinkernkraftwerken für entfernt liegende und schwierig zugängliche Gebiete; z.B. wurde 1961-63 ein transportables Kernkraftwerk mit 1,5 MWe und ein Block (ARBUS) von 0,75 MWe errichtet.

6. Schlußfolgerungen

Bis 1980 werden maximal 30 GWe an Kernkraftwerken installiert sein/730/.

Unter Einschluß dieser Kernkraftwerke ergibt sich bis 1990 ein ökonomischer Einsatzbereich von 240 GWe unabhängig von einem weiteren Ansteigen des Ölpreises. Dieses Einsatzpotential wird voraussichtlich zu weniger als 50% realisiert werden.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd Rbl	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	490			100/71				
1960	214	145	256	1200		66,72				
1965	231	193	470	2030		115,0				
1969	241	262	632	2620	111	154				
1970	243	290				166				
1975	257	387	1010	3930	177	239		1200		
1980	268	516	1380	5150	242	314			30	30
1985	279	668	1820	6520	320	415				130
1990	288	844	2310	8020	405	525			240	240

Anmerkungen:

Spalte 3: Nettomaterialprodukt nominal

6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,39 in 1969, 1,35 in 1975, 1,3 nach 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	1200	311	37,3		8,96		46,26		6,6
ÖL	1200	150	18	90	49	108	67	15,4	9,6

Anmerkungen

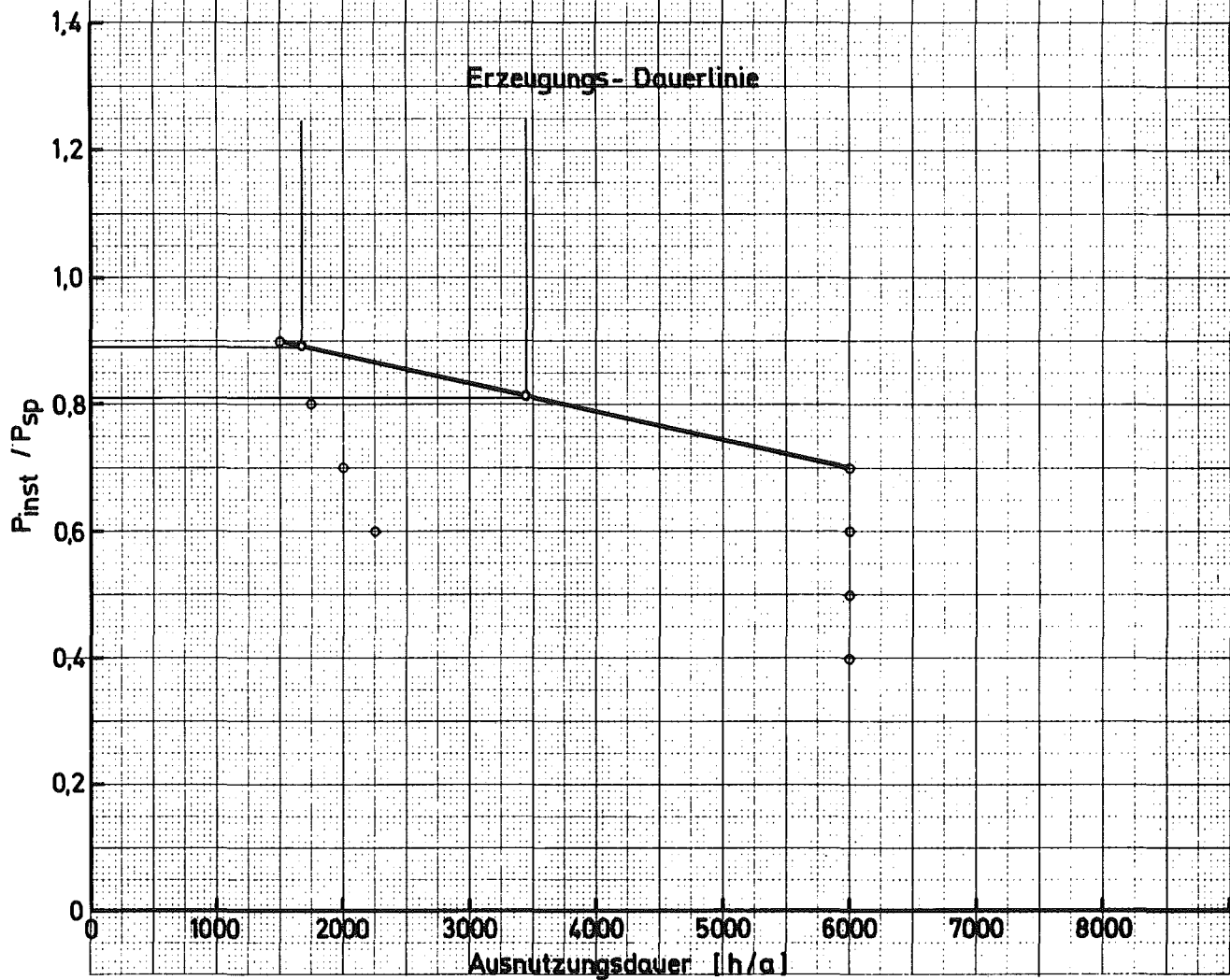
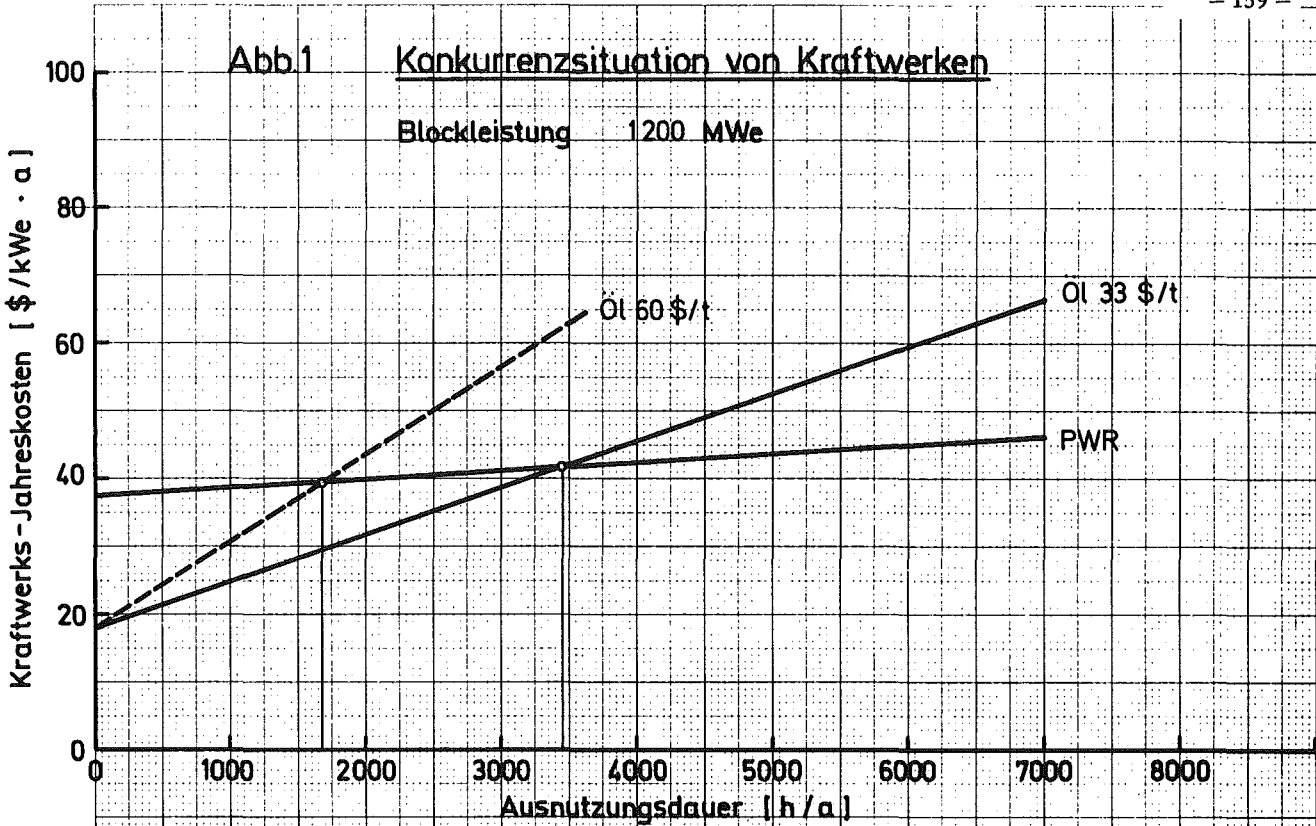
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,8

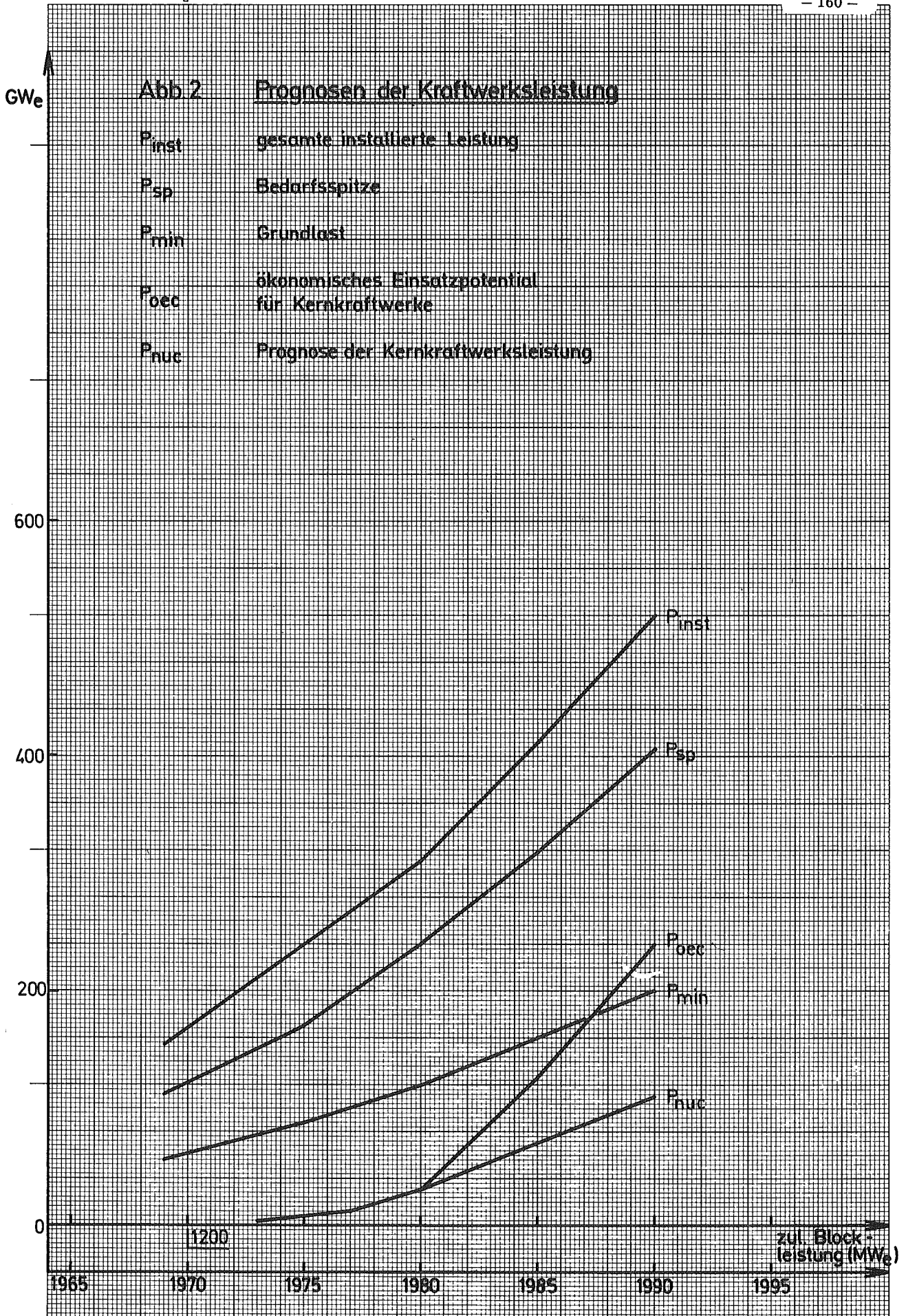
Konventionell: 0,7

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 33 \$/t





S p a n i e n

Erstes Kernkraftwerk: Zorita-1 153 MWe PWR (Westinghouse)
Inbetriebnahme 1968

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1976 (Inbetriebnahme Almaraz-1)

Einsatzpotential bis 1990:
24 GWe bei 34 \$ / t Öl
27 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	504 700		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	33,3		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (Pta)	2,27 Bio	68 100	1970	210/70
in US-\$	32,4 Mrd	970		
(1 US-\$ = 70 Pta)			1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	50,5 Mio	1,520	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	15,9 Mio	0,480	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	56,3 Mrd	1 690	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	26 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	2 830		1960	100/70
Braunkohle	390		1960	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt	3 220			

1. Allgemeine Situation

Steinkohle wird an mehreren Stellen im Lande abgebaut, daneben werden die Braunkohlevorkommen in Katalonien genutzt. Erdöllager an der Ebromündung (10 Mio t geschätzt) sollen ab 1973 ausgebeutet werden.

Erdgas wird aus Libyen und Algerien importiert.

Uranvorkommen (Pechblende) sind vorhanden. (ca. 9000 t zu 10 \$/lb U_3O_8). Die Jahresförderung in Andujas beträgt 60 t U_3O_8 /580/.

2. Elektrizitätsversorgung

Die installierte Leistung der Elektrizitätswerke verdoppelte sich im Zeitraum von 1963 bis 1970. Im Jahr 1970 machten Wasserkraftwerke 60% der installierten Kapazität aus. Da die ökonomisch ausbaufähigen Wasserkraftreserven nahezu erschöpft sind, wird der Anteil der thermischen Kraftwerke ansteigen, während Wasserkraftwerke zunehmend für den Spitzenlastbedarf eingesetzt werden. Die einheimischen fossilen Ressourcen reichen nicht aus, um den wachsenden Energiebedarf zu befriedigen. Schon jetzt wird in den meisten thermischen Kraftwerken Importöl verwendet.

Die Bedeutung der Kernenergie für die Energiewirtschaft des Landes ist erkannt. Drei Kernkraftwerke (ein PWR, ein BWR und ein GG-Gemeinschaftskraftwerk mit Frankreich) sind im Betrieb. Eine Reihe weiterer Druckwasserreaktoren (Westinghouse) ist bereits vergeben. Spanien plant, 1977 eine Kraftwerksleistung von ca. 32 GWe installiert zu haben /311/71/ davon 2,8 GW in Kernkraftwerken.¹⁾ 1970 wurden insgesamt ca. 700 Mio US-\$ im Elektrizitätssektor investiert.

Spanien ist an das europäische Verbundnetz angeschlossen.

1)

Navascués, J.M.O.: Nuclear energy in Spain, Nuclear Engineering International, Januar 1972, S. 25.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstumsrate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 1,0% 1980: 1,1%	gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 6,9% 1980: 5,7%	gut
Elektrizitätsver- brauch	Parabel	1970: 10,4% 1980: 7,2%	sehr gut

4. Kostenrechnung

Ab 1980 können 1000 MWe-Anlagen zugebaut werden; für den Kostenvergleich wurden deswegen nukleare und Ölkraftwerke von 1000 und 1200 MW Leistung zugelassen. Für beide Leistungsklassen sind Kernkraftwerke im Grundlastbereich kostengünstiger. Bei einem Ölpreis von 34 \$/t können Kernkraftwerke ab einer Ausnutzungsdauer von 4000 h/a, bei einem Ölpreis von 60 \$/t ab 2000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden.

5. Weitere Kriterien

Spanien hat zunächst Erfahrung mit verschiedenen Reaktortypen (Zorita, PWR, 153 MWe 1969; Sta Maria de Garoña, BWR, 440 MWe 1971; Vandellos, Magnox, 480 MWe, 1972) gesammelt, die von verschiedenen Elektrizitätsversorgungsunternehmen gekauft wurden und die zur Zeit ihrer Bestellung alle gute ökonomische Eigenschaften versprachen. Danach ist man konsequent zur PWR-Linie (Westinghouse) übergegangen, z.Z. sind neun LWR-Kernkraftwerke im Bau oder geplant. Ein Entwicklungsplan für die Elektrizitätswirtschaft sieht folgende Aufteilung vor:

	1973	1977	1980	1983
installierte Leistung in GWe				
total	22,5	31,9	39,9	48,7
davon nuklear	1,0	2,8	8,0	15,0

Die Empresa Nacional de Uranio (ENUSA) soll alle industriellen Aktivitäten auf dem Brennstoffzyklusgebiet steuern und koordinieren. Über ENUSA ist Spanien auch Mitglied der EURODIF (finanzieller Anteil 4,3%).

Die Mitarbeit der spanischen Industrie an den ersten drei Kernkraftwerken machte jeweils etwas über 40% aus. Beim nächsten Kernkraftwerk werden etwa 50% erwartet, bis 1980 soll dieser Anteil auf 75% steigen.

6. Schlußfolgerungen

Mit den hier verwendeten Daten ergibt sich bereits heute eine wirtschaftliche Überlegenheit der nuklearen Kraftwerke. Ein stetiges Wachstum des Kerenergieanteils ist zu erwarten.

Wir schätzen das nukleare Einsatzpotential auf 24 bzw. 27 GWe. (einschl. der bis 1980 in Betrieb gehenden Kernkraftwerke) bei einem Ölpreis von 34 \$/t bzw. 60 \$/t.

Aufgrund der jetzt festgelegten Linie wird Spanien in der nächsten Zeit bei Kernkraftwerksaufträgen meistens auf Westinghouse - PWR - Anlagen zurückgreifen.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Bio Pta (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	210/70	200/69 490			105/69				
1960	30,3	725	14,6	480		6,4				
1965	31,3	1100	25,1	800		9,8				
19 68	32,6	1310	36,2	1110		13,5				
19 70	33,3	1510	45,2	1360	8,6	16,00				
1975	34,9	2080	69	1980	13,11	19,66	0,07	900		
1980	36,8	2790	100	2720	19,0	28,5	0,05	1000	7,5	7,5
1985	38,7	3620	138	3570	26,3	39,5	0,05	1300		
1990	40,9	4590	182	4450	34,6	51,9			27	24

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,5

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	1000	366	43,92	8,96		52,88		7,5	
	1200	347	41,6	8,96		50,56		7,2	
ÖL	1000	179	21,5	90	51	111,5	72,5	15,9	10,3
	1200	172	20,6	90	51	110,6	71,6	15,8	10,2

Anmerkungen

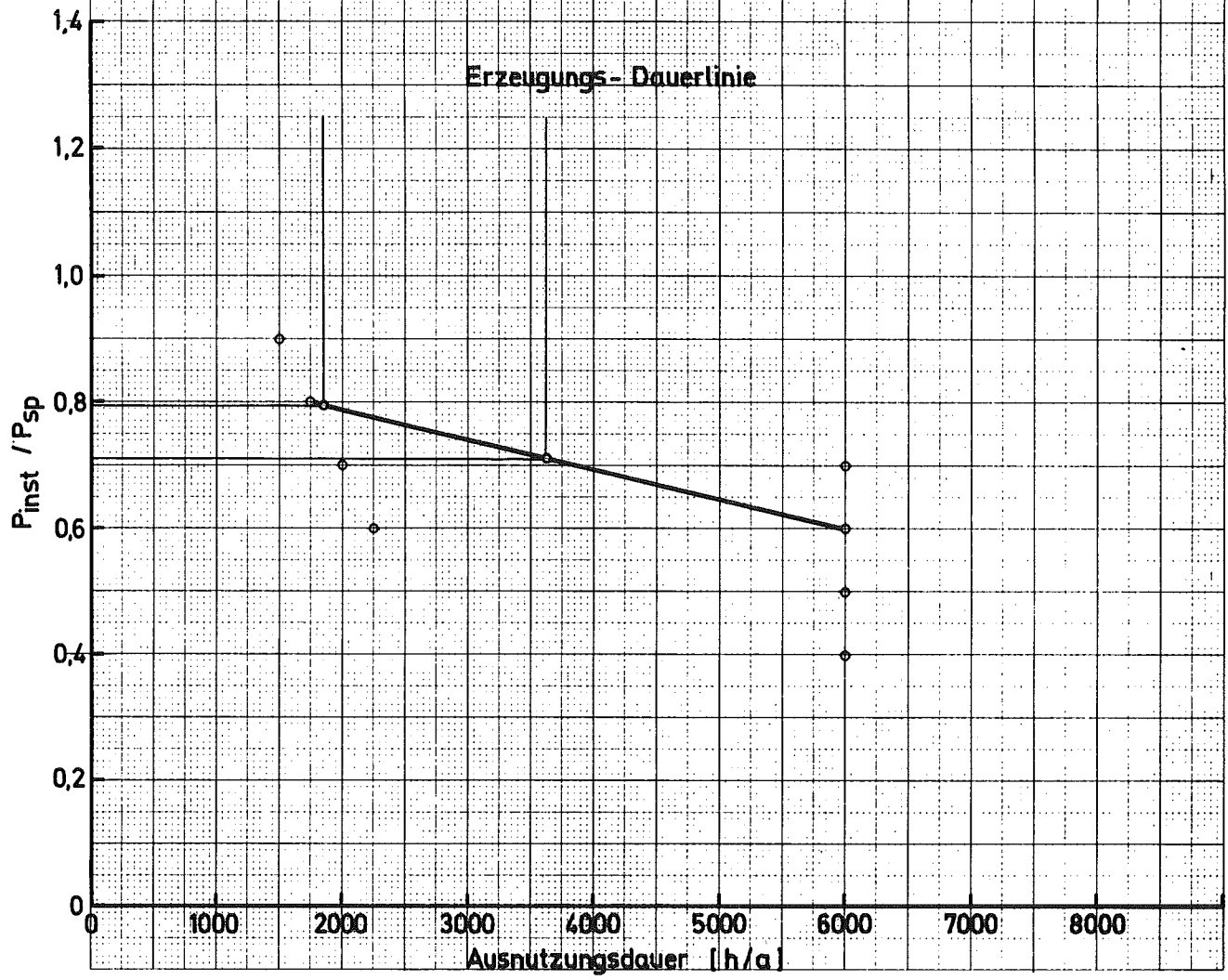
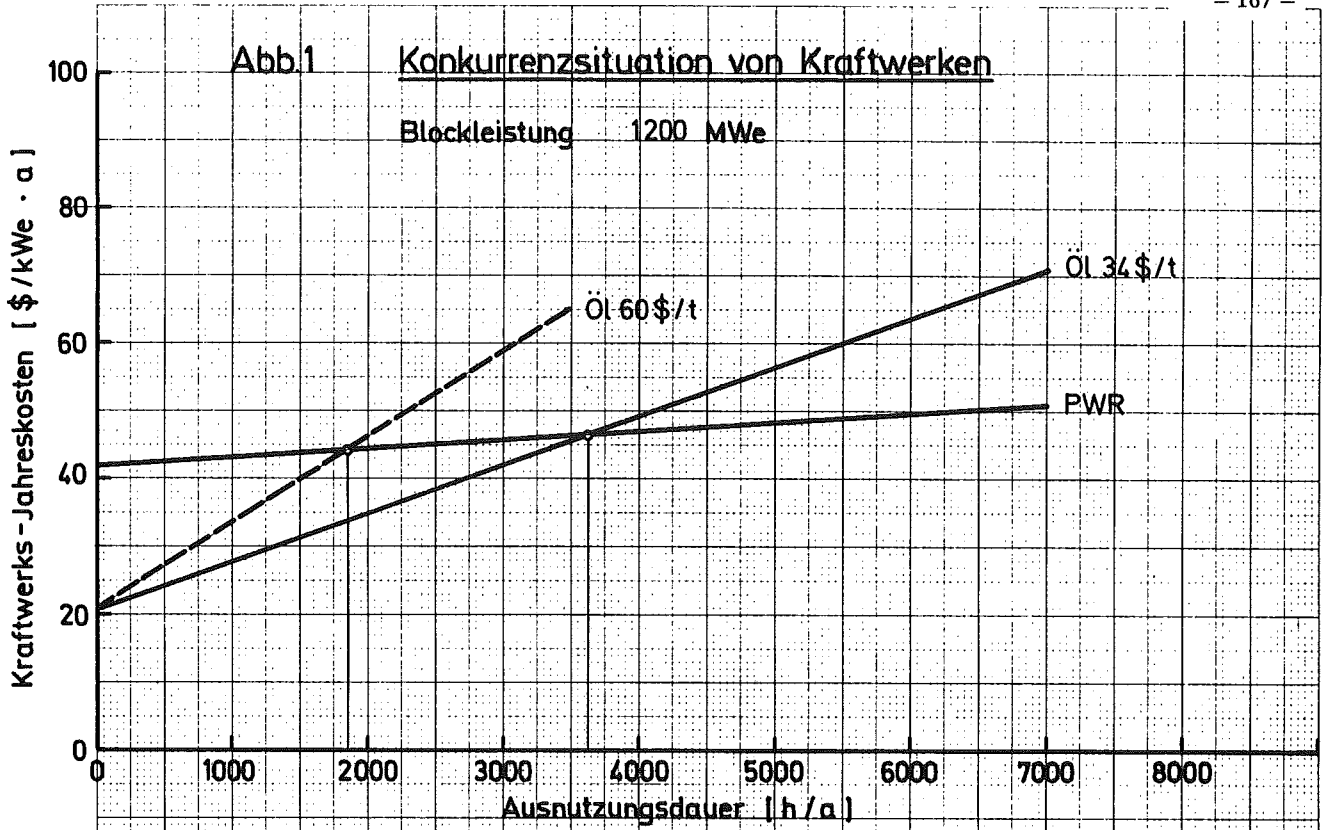
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9 Konventionell: 0,8

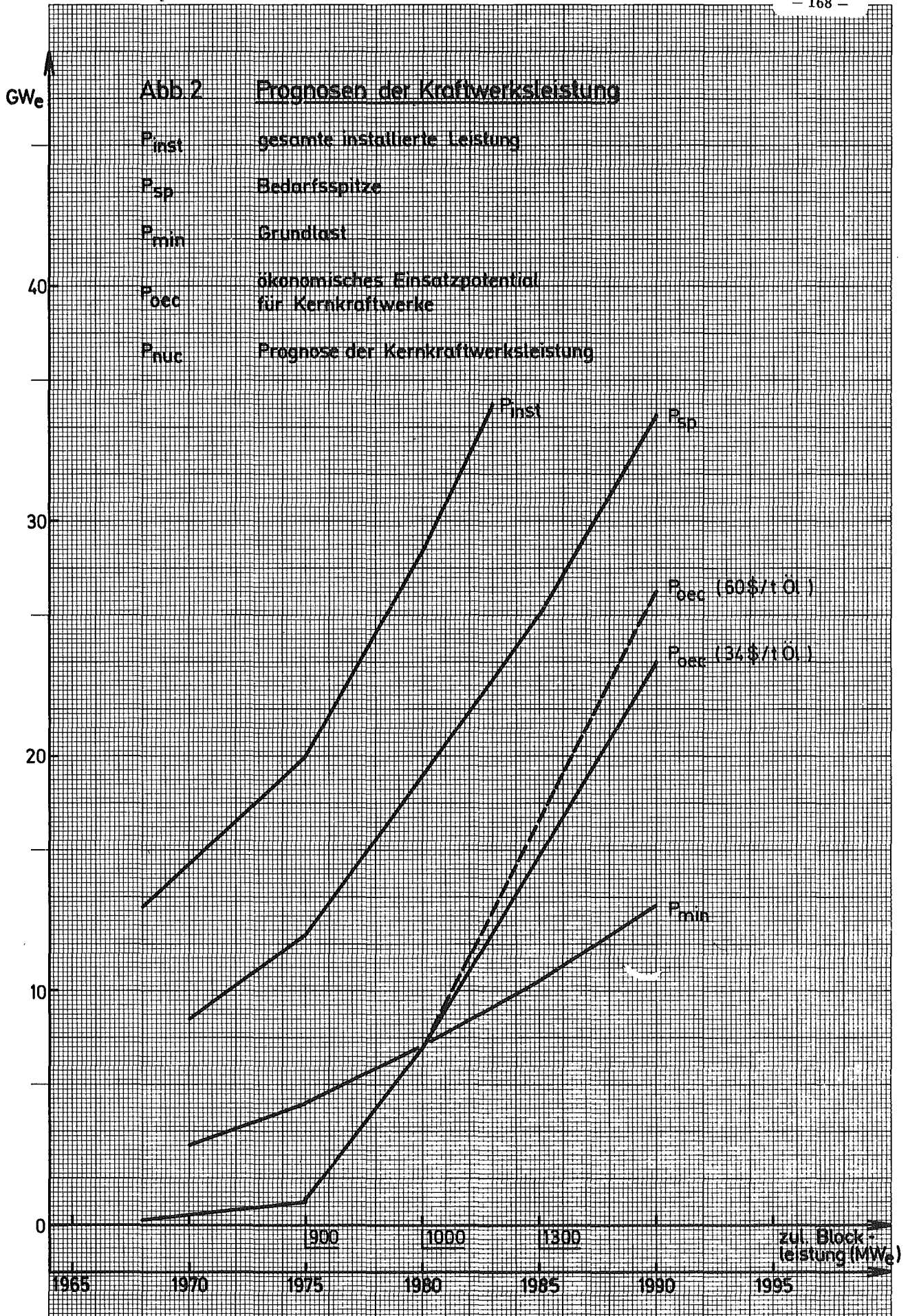
4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t

Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken





Erstes Kernkraftwerk: Bohunice A-1 110 MWe D₂O-Gas (Lenin-Werke, Pilsen)
Inbetriebnahme 1972

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1) 1974 bei 36 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: 23 GWe bei 36 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	127 800		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	14,47		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> ²⁾	total	pro Kopf		
in Landeswährung (Kčs)	311 Mrd	21 490	1970	100/71
in US-\$ (1 US-\$ = 7,2 Kčs) ³⁾	43,2	3 000	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	91,3 Mio	6,3	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	79,4 Mio	5,5	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	45 Mrd	2 970	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	16 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	11 600		1966	100/70
Braunkohle	5 900		1966	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	19		1970	530/70
gesamt	17 500			

1) laut Tabelle 3 und 2. Tatsächlich wurden aber 4 x 440 MWe vom Nowo-Woronesch Typ aus politischen Gründen bestellt. Diese Blockgröße (440 MWe) ist aber erst bei einem Ölpreis von 60 \$ / t Öl wirtschaftlich.

2) Nettomaterialprodukt zu Marktpreisen

3) offizieller Kurs

1. Allgemeine Situation

Der Primärenergiebedarf der CSSR wurde 1970 zu 30% durch Steinkohle, über 40% durch Braunkohle, zu 20% durch Erdöl gedeckt. 90% des Erdöl- und Erdgasbedarfs werden aus der UdSSR importiert. Die Braunkohlevorkommen werden nach 60 Jahren erschöpft sein, wenn die Abbaupläne für die 80er Jahre eingehalten werden. Der Fünfjahresplan 1971/75 sieht eine Steigerung der Industrieproduktion von 1970 bis 1975 um 34 - 36% vor. Die Industrieproduktion wurde 1970 u.a. durch Mängel in der Elektrizitätsversorgung behindert.

2. Elektrizitätsversorgung

Grundlage der Elektrizitätsversorgung in der Tschechoslowakei bilden z.Z. die Stein- und Braunkohle, zunehmend wird Erdöl und Erdgas eingesetzt werden.

Die Steinkohle wird von einem Anteil an der Gesamtstromerzeugung von 30% im Jahre 1970 auf unter 15% im Jahr 1990 fallen, ebenso wird sich der Anteil der Braunkohle von etwa 44% (1970) langfristig erheblich vermindern, etwa auf 28% im Jahr 1990, ⁴⁾ ca. 10% der Elektrizität wird in Wasserkraftwerken, hauptsächlich an Moldau und Waag, erzeugt. An noch verfügbaren Wasserkraften wird 40 TWh/a angegeben ⁴⁾, doch ist ein weiterer Ausbau im großen Rahmen nicht geplant.

In Nordböhmen sollen bis 1975 sieben Wärmegroßkraftwerke entstehen.

Der Einsatz von Kernenergie ist infolge eines prognostizierten Defizits in der Energiebilanz erforderlich. Nach langjährigen eigenen Bemühungen (14 Jahre Bauzeit für Jasl. Bohunice A-1) wird jetzt auf Kernkraftwerke vom Nowoworonesch-Typ zurückgegriffen.

Die CSSR ist an das Verbundsystem MIR (58 800 MW) durch 220-400 kV - Fernleitungen angeschlossen.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel Werte ab 1959 benutzt	1970: 0,4% 1980: 0,1%	Ex-Post: recht gut
NMP real zu Markt- preisen	Exp.-Funktion	5%	mäßig
Elektrizitätsver- brauch	Exp.-Funktion	7,2%	Ex-Post: gut

4. Kostenrechnung

Kostenangaben für die einheimischen Energieträger liegen nicht vor. Für Braunkohle wurde ein Wärmepreis von ca. 60% des Öl-Wärmepreises angenommen. Auf dieser Basis weisen bei einer Blockleistung von 600 MWe Kernkraftwerke die niedrigsten Stromerzeugungskosten im Grundlastbereich auf. Bei einer Blockleistung von 1200 MWe (1990 einsetzbar) können Kernkraftwerke bis weit in den Mittellastbereich vordringen (unter 3500 h/a).

5. Schlußfolgerungen

Einschließlich der bis 1980 geplanten Kernkraftwerksleistung von 1,9 GWe schätzen wir das ökonomische Einsatzpotential bis 1990 auf 23 GWe (unabhängig von einem weiteren Anstieg des Ölpreises). Die CSSR plant, bis 1990 ca. 10-12 GWe an Kernkraftwerken in Betrieb zu nehmen.⁵⁾

Ab 1977 soll jährlich ein Kernkraftwerksblock von 440 MWe (später 1000 MWe) den Betrieb aufnehmen.

4) Lavrencic, D. atw 18 (1973) 483

5) Neumann, Barabas: Experiences Gained in CSSR with Konstruktion of Nuclear Power Plants. Genf 1971, P. 541.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd Kčs	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	490	490			100/71				
1960	13,7	162	20,4	1490		5,7				
1965	14,2	178	29,8	2100		7,4				
1968		250								
1969	14,4		33,9	2350	5,95	9,5				
1970	14,5									
1975	15,9	335	59,1	3720	10,38	15,6	0,07	700		
1980	16,2	430	84,7	5200	14,85	20,8	0,06	900	1,9	1,9
1985	16,5	553	121	7300	21,2	29,7	0,05	1000	10	10
1990	16,7	709	174	10400	30,5	42,7		1200	23	23

Anmerkungen:

Spalte 3: Nettomaterialprodukt zu Marktpreisen

6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,6 in 1969, 1,5 in 1975, 1,4 nach 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	600	398	47,76		9,66		57,4		8,2
	1200	311	37,3		8,96		46,26		6,6
ÖL	600	179	21,5	90	54	111,5	75,5	16,4	10,8
	1200	150	18	90	54	108	72,0	15,4	10,3
BRAUN- KOHLE	600	233	28		35		63,0		9,0

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,8 Konventionell: 0,7

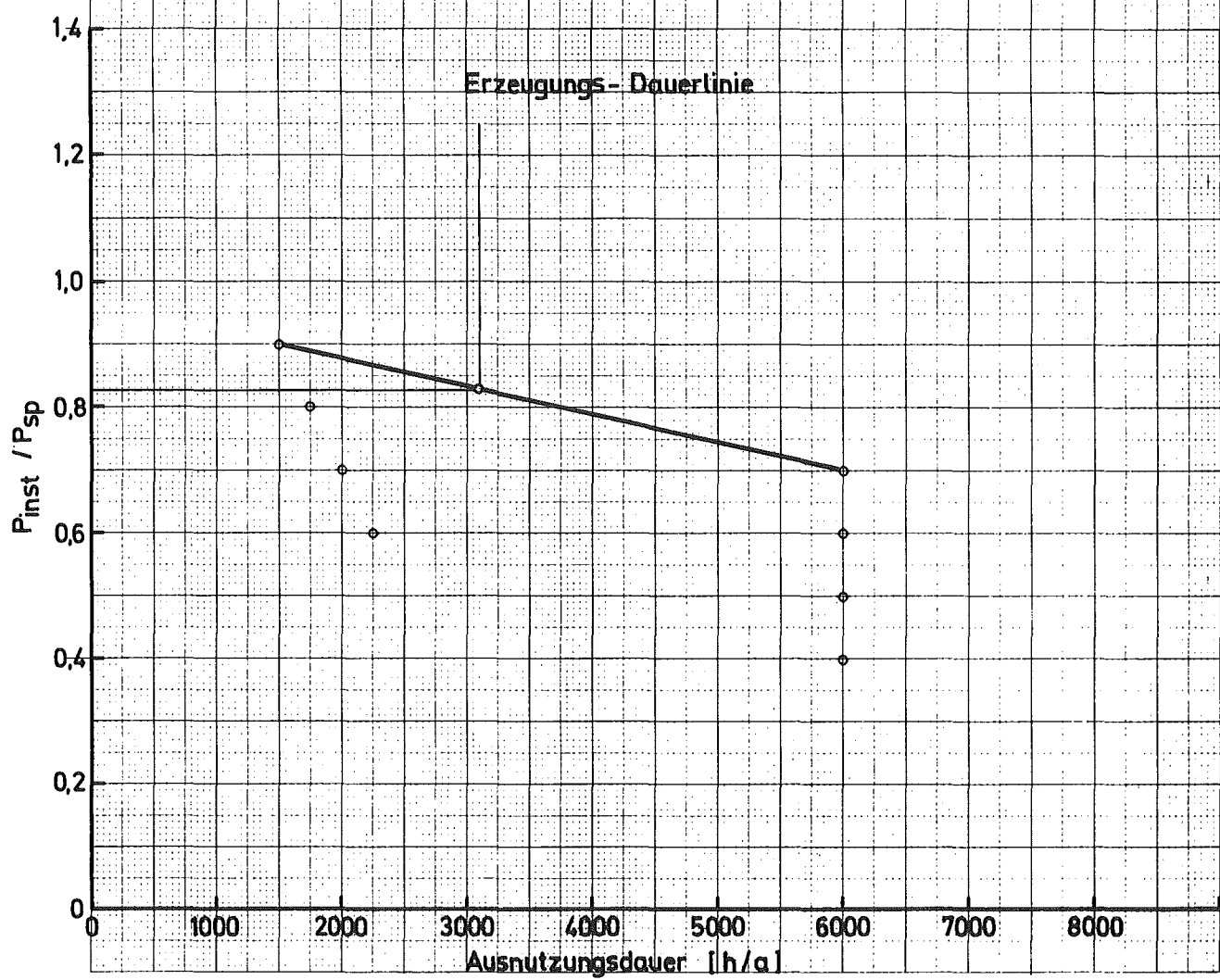
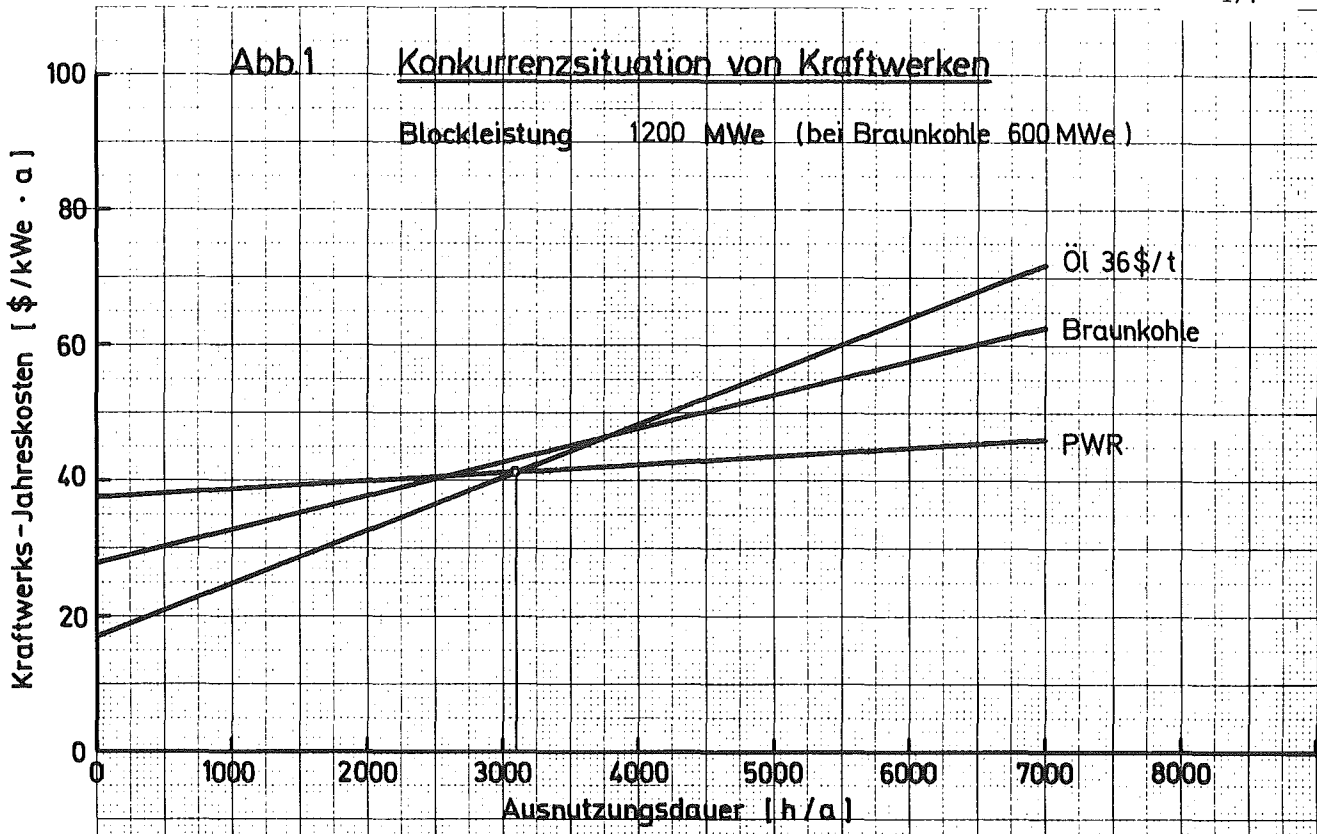
4 : Annuitätsfaktor 12%

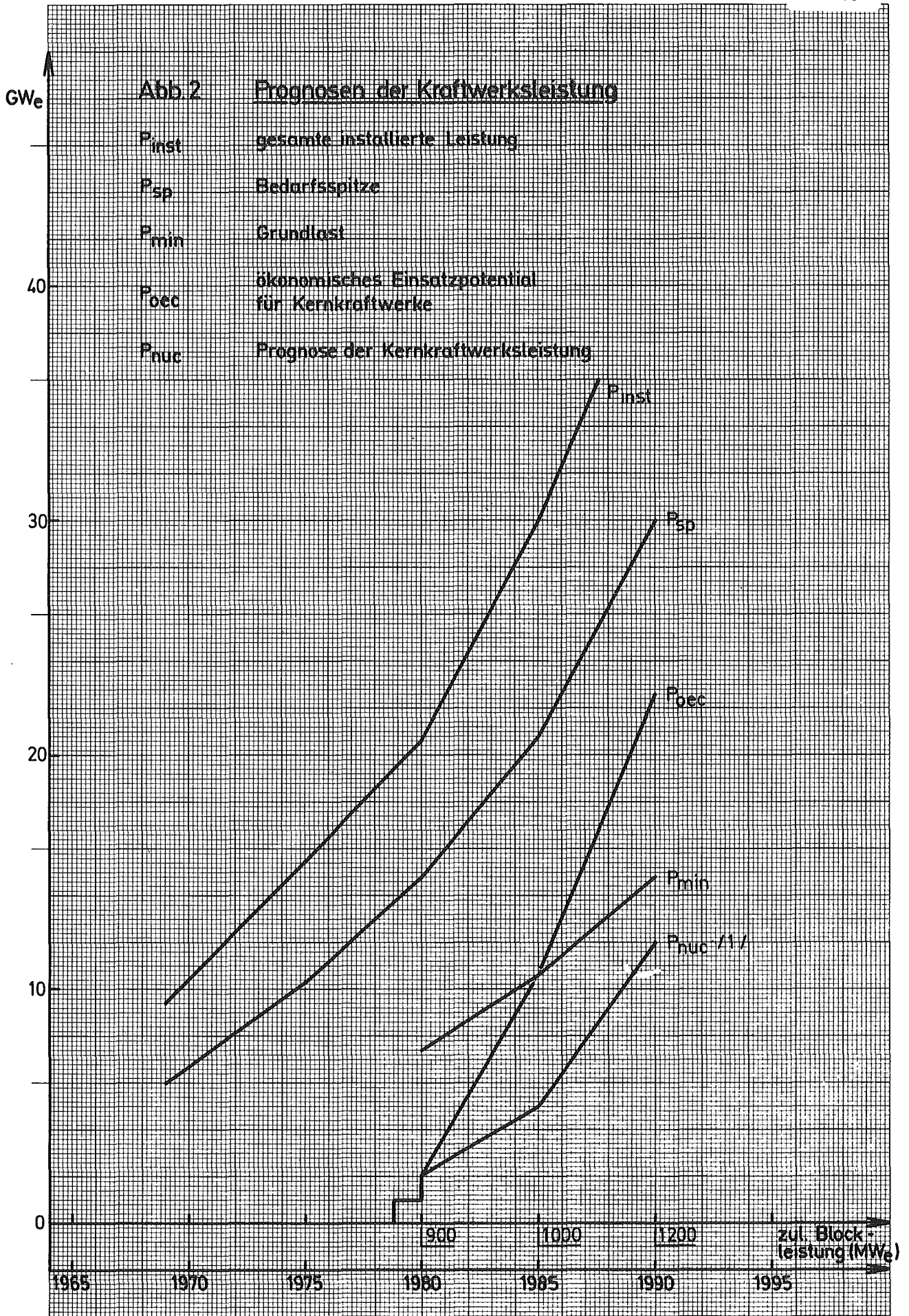
5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 36 \$/t

Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken

Blockleistung 1200 MWe (bei Braunkohle 600 MWe)





T ü r k e i

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

5,5 GWe bei 33 \$ / t Öl
5,5 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	780 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	35,2		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	total	pro Kopf		
in Landeswährung (T£)	113,3 Mrd	3 790	1970	490
in US-\$ (1 US-\$ = 15 T £) ¹⁾	8,9 Mrd	250	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	17,1 Mio	0,49	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	10,9 Mio	0,31	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	8,62 Mrd	250	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	14 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	900		1970	} 450
Braunkohle	1 300		1970	
Erdöl	100		1970	
Erdgas	0		1970	
gesamt	2 300			

1) differenziertes Kurssystem

1. Allgemeine Situation

Besondere Probleme des Landes sind das starke Bevölkerungswachstum von 2,5% pro Jahr und die Knappheit an qualifizierten Arbeitskräften. Nur ein Drittel der Bevölkerung wird mit Strom versorgt. Die Wachstumsrate der BIP beträgt zur Zeit 6,7% a. Es wird angestrebt, sie auf 7,9%/a zu steigern. Der gesamte Energieverbrauch des Landes betrug 1970 etwa 17 Mio. t SKE. Er wird zu 80% aus einheimischen Energiequellen gedeckt. (Kohle, Öl, Braunkohle und Wasserkraft). In ländlichen Gegenden spielen nicht-kommerzielle Brennstoffe eine große Rolle (Holz, Dung). Die Uranvorkommen des Landes werden auf 2 200 t Uran (10 \$/lb U_3O_8) und 500 t (10-15 \$/lb U_3O_8) geschätzt. Eine Produktion findet nicht statt, jedoch ist eine Versuchsanlage für 2 t U_3O_8 /a geplant.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung weist mit 11%/a eine hohe Zuwachsrate auf. Trotzdem bestehen Engpässe und ein großer Nachholbedarf in der Stromversorgung, u.a. verursacht durch Verzögerungen beim Bau des Keban-Staudamms (620 MWe).

Die ausbauwürdigen Wasserkraftreserven werden auf 50-70 TWh/a geschätzt. Es ist geplant, bis 1985 25-28 TWh/a zu nutzen.

3. Prognosen

	Regressionskurve	Wachstumsrate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,4% 1980: 2,2%	Ex-Post: sehr gut
BIP real zu Marktpreisen von 1963	Parabel Werte ab 1961 verwendet (Zypernkrise)	1970: 6,3% 1980: 5,3%	sehr gut
Elektrizitätsverbrauch	Exp.-Funktion	11,2%	Ex-Post: sehr gut

Der Elektrizitätsverbrauch wurde mit der relativ hohen Wachstumsrate von 11,2% prognostiziert. Eine Sättigung wurde wegen des großen Nachholbedarfs nicht angenommen. Für 1990 ergibt sich damit ein Elektrizitätsverbrauch von 70 TWh/a. Planungen der türkischen Elektrizitätsgesellschaft TEK gehen von geringfügig höheren Werten aus, während eine von der IAEA durchgeführte Prognose nur 51,2 TWh/a ergibt (beide Prognosen siehe/450/).

4. Kostenrechnung

Bei der Deckung des wachsenden Elektroenergiebedarfs der Türkei konkurrieren Wasserkraft, Öl, Braunkohle und Kernenergie. Der geplante Ausbau der Wasserkraftreserven (siehe /450/) wurde als feststehend angenommen und aus der Kostenrechnung ausgeklammert. Die Kostenrechnung zeigt folgendes Bild (s, Tab. 3):

Bei Blockleistungen bis 400 MWe sind Braunkohle und Öl (33 \$/t) kostengünstiger als Kernenergie. Ab einer Blockleistung von 600 MWe ergibt sich ein Kostenvorteil der Kernenergie bei der Deckung des Grundlastbedarfs. Bei einer Blockleistung von 800 MWe können Kernkraftwerke ab 5000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden (s. Abb. 1).

5. Weitere Kriterien

Wegen der chronischen Devisenknappheit haben einheimische Energiereserven Priorität bei der Energiebedarfsdeckung. Daher sollen die Wasserkräfte von ca. 0,8 GWe (1972) bis auf 6,8 GWe im Jahre 1985 und 9,2 GWe im Jahr 1990 ausgebaut werden.

6. Schlußfolgerungen

Ab 1985 können Kernkraftwerke wirtschaftlich eingesetzt werden. Unsere Prognose ergibt für 1985-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von ca. 8 GWe. Davon sollen nach türkischen Plänen ca. 2,5 GWe auf Wasserkraftwerke entfallen. Wir schätzen das nukleare Einsatzpotential bis 1990 auf 5,5 GWe. Dies gilt für beide Prognosewerte des Ölpreises. Kernkraftwerke werden in erster Linie für den industriell stark entwickelten Großraum Istanbul in Frage kommen, der von den bedeutenden türkischen Energiereserven weit entfernt liegt.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd T€ (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential		Wasser- kraftwerke GWe
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe Prog. 1 Prog. 2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Quelle	120/70	210/70	200/69 490			100/70					450
1960	27,5	56,6	2,4	87		1,19					
1965	31,2	69,2	4,2	135		1,37					
1969	34,4	91,7	6,7	195	1,3	1,98					0,71
1970	35,2	95,9	7,32	208	1,33						0,79
1975	39,5	130	13,0	330	2,36	3,54	0,1	250			
1980	44,1	169	22,8	517	4,13	6,2	0,09	400			3,2
1985	49	216	39,9	814	7,23	10,85	0,08	600			6,8
1990	54	270	70,1	1300	12,7	19,0	0,07	800	5,5	5,5	9,2

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,63

7: Reservefaktor 1,5

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	400	502	60,2	10,0		70,2		10,0	
	600	423	50,8	9,66		59,86		8,55	
	800	374	45,0	9,31		54,3		7,75	
ÖL	400	216	26,0	90	49,5	116	75,5	16,6	10,8
	600	192	23,0	90	49,5	113	72,5	16,2	10,35
	800	177	21,2	90	49,5	111,2	70,7	15,9	10,1
BRAUN- KOHLE	400	281	33,8	35,0		68,8		9,72	
	600	250	30,0	35,0		65,0		9,3	
	800	230	27,6	35,0		62,6		8,95	

Anmerkungen

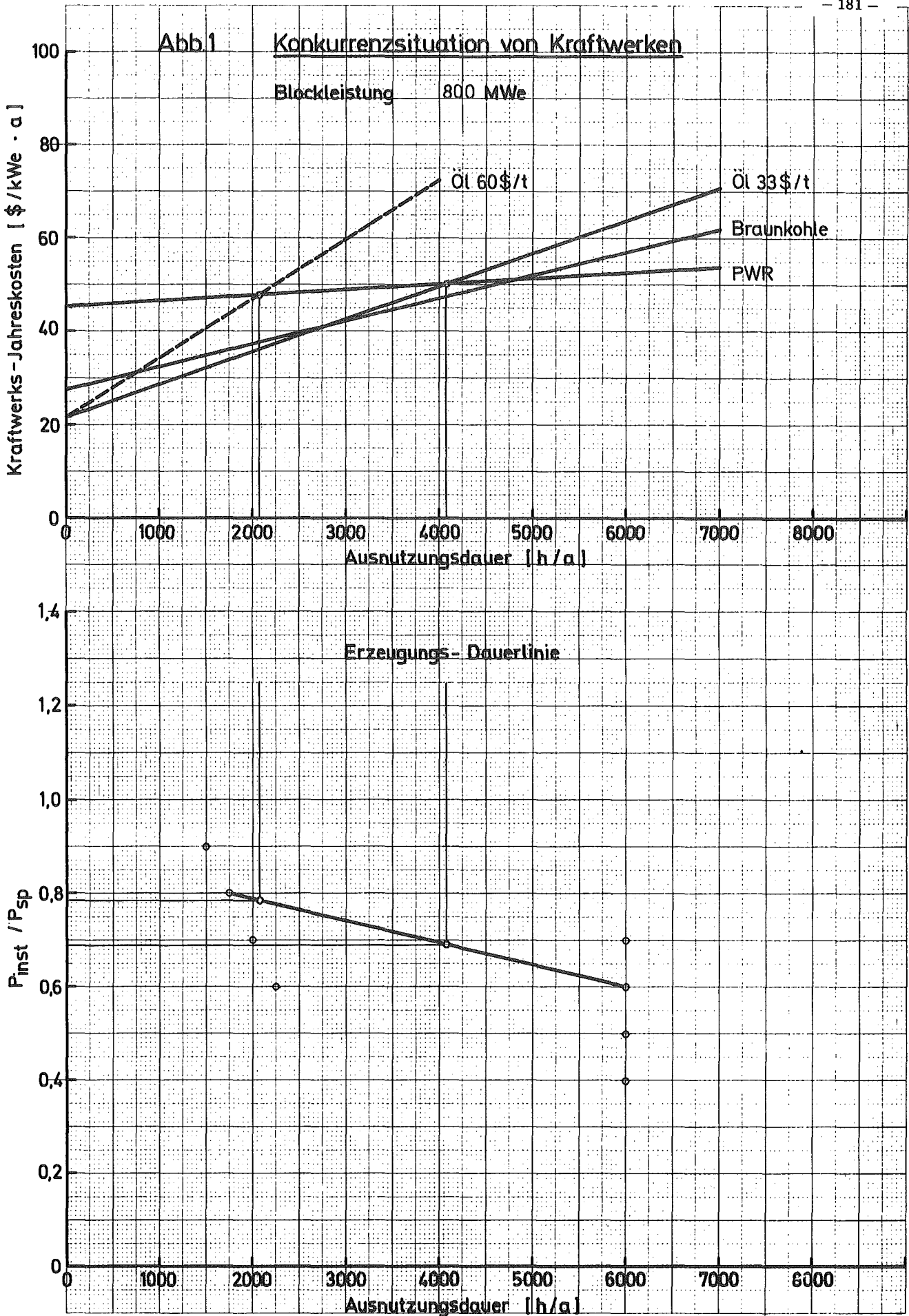
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,85

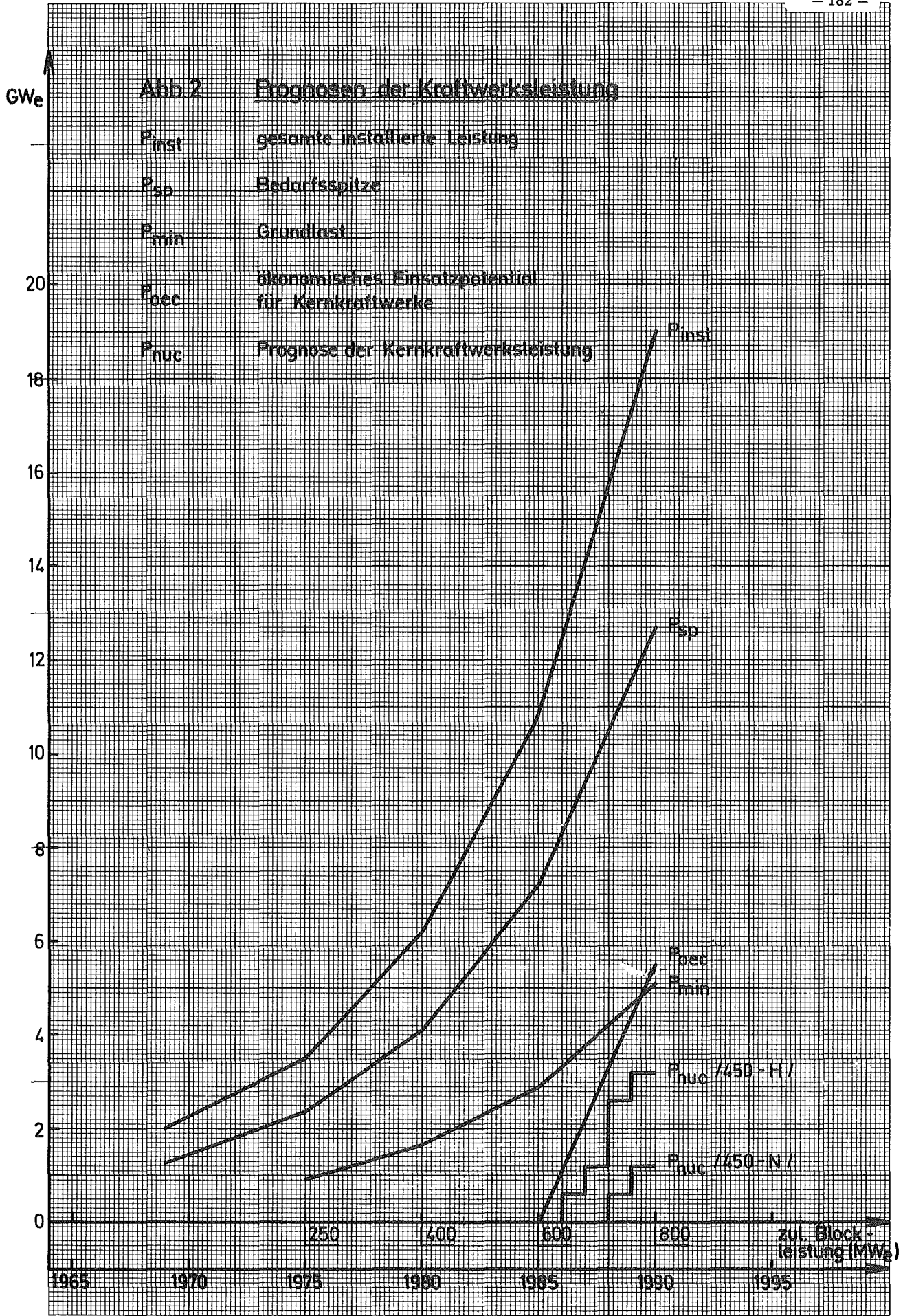
Konventionell: 0,75

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 33 \$/t





U n g a r n

Erstes Kernkraftwerk: Paks-1/2 2 x 440 MWe PWR (Technoprom)
Inbetriebnahme 1980/81

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1975 bei 36 \$/t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: 3,6 GWe bei 36 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	93 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	10,4		1971	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> *)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (Ft)	272 Mrd	26 400	1970	100/71
in US-\$ (1 US-\$ = 60 Ft) **)	4,5 Mrd	440	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	32,5 Mio	3,155	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	22,9 Mio	2,200	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	15 Mrd	1 440	1971	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	15 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	714		1966	100/70
Braunkohle	2 000		1966	100/70
Erdöl	2		1970	530/70
Erdgas	148		1970	530/70
gesamt	2 864			

*) Nettomaterialprodukt

***) Relation für den Warenverkehr

1. Allgemeine Situation

Ungarn besitzt Reserven an Kohle, Öl und Erdgas, die jedoch nicht von großer Bedeutung sind. Die Kohle ist von niedriger Qualität und ungünstiger geologischer Lage. Erdöl- und Erdgaslager werden in zunehmendem Maße erschlossen, reichen jedoch nicht für den Inlandsbedarf aus.

Die Produktionsmengen betragen im Jahre 1971 ¹⁾

Steinkohle	3,9 Mio t
Braunkohle	23,5 Mio t
Erdöl	2 Mio t
Erdgas	3,7 Mrd m ³

2. Elektrizitätsversorgung

Der Anteil der Kohle an der Stromerzeugung betrug 1970 etwa 49%, der von Erdöl und Erdgas etwa 44%.

Eine Verschiebung zu einem höheren Anteil von Erdöl und Erdgas bis zu 70% im Jahr 1985 wird erwartet. ¹⁾

Tab. 2 zeigt statistische und prognostizierte Kennzahlen der Elektrizitätsversorgung. Es fällt auf, daß der Reservefaktor sehr klein ist (1,05 im Jahr 1969). Dies wird durch den Elektrizitätsverbund mit der UdSSR, der CSSR, Jugoslawien und Österreich ermöglicht, der einer zusätzlichen Reserve entspricht. Für die Zukunft wurde ein auf 1,1 steigender Reservefaktor angenommen, um einen etwas höheren Grad von Eigenversorgung zu gewährleisten.

Das Versorgungsnetz im Land ist eng vermascht.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel Werte erst ab 1960 benutzt	1970: 0,4% 1980: 0,5%	gut
NMP-real zu Markt- preisen von 1968	Exp.-Funktion	5,3%	recht gut
Elektrizitätsver- brauch	Parabel Werte erst ab 1958 benutzt	1970: 6,8% 1980: 5,1%	Ex-Post: gut

4. Kostenrechnung

Kosten von 500 und 600 MWe-Blöcken für Öl- und Kernkraftwerke sind in Tab. 3 zusammengestellt. Aus Transportgründen (Inlands-
lage) wurde ein Wert von 36 \$/t für den niedrigeren Ölpreis an-
gesetzt. Dabei ergibt sich bereits für 500 MW-Blöcke ein Kosten-
vorteil im Grundlastbereich.

5. Schlußfolgerungen

Wie aus Tab. 2 ersichtlich, können Kernkraftwerksblöcke von
500 MWe wirtschaftlich eingesetzt werden.

Der Zubaubedarf von 1980 bis 1990 beträgt 2,7 GWe. Einschließlich
der bereits bestellten Kernkraftwerke von 2 x 440 MWe ergibt
sich ein ökonomisches Einsatzpotential von 3,6 GWe bis 1990
unabhängig vom weiteren Anstieg des Ölpreises.

1) Lavrencic, D. atw 18 (1973) 473

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd Ft (1968)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	310/72			490				
1960	9,95	150	6,7			1,3				
1965	10,15	185	10,4			1,7				
1969	10,3	244	13,8	1340	2,4	2,5				
1970	10,3									
1971	10,4		16,2	1560						
1975	10,5	329	19,9	1895	3,49	3,8	0,15	500		
1980	10,8	429	25,8	2390	4,52	5,0	0,12	500	0,9	0,9
1985	11,0	559	32,5	2950	5,7	6,3	0,1	600		
1990	11,3	726	39,9	3530	7,0	7,7	0,1	700	3,6	3,6

Anmerkungen:

Spalte 3: Nettomaterialprodukt

6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,05 in 1969, 1,1 für Prognosewerte

zusätzliche Reserve durch Verbundnetz "Freundschaft" nicht berücksichtigt

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	500	405	48,6	9,8		58,4		8,34	
	600	376	45,1	9,66		54,6		7,8	
ÖL	500	174	20,9	90	54	110,9	74,9	15,8	10,7
	600	166	19,9	90	54	109,9	73,9	15,7	10,54

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,75

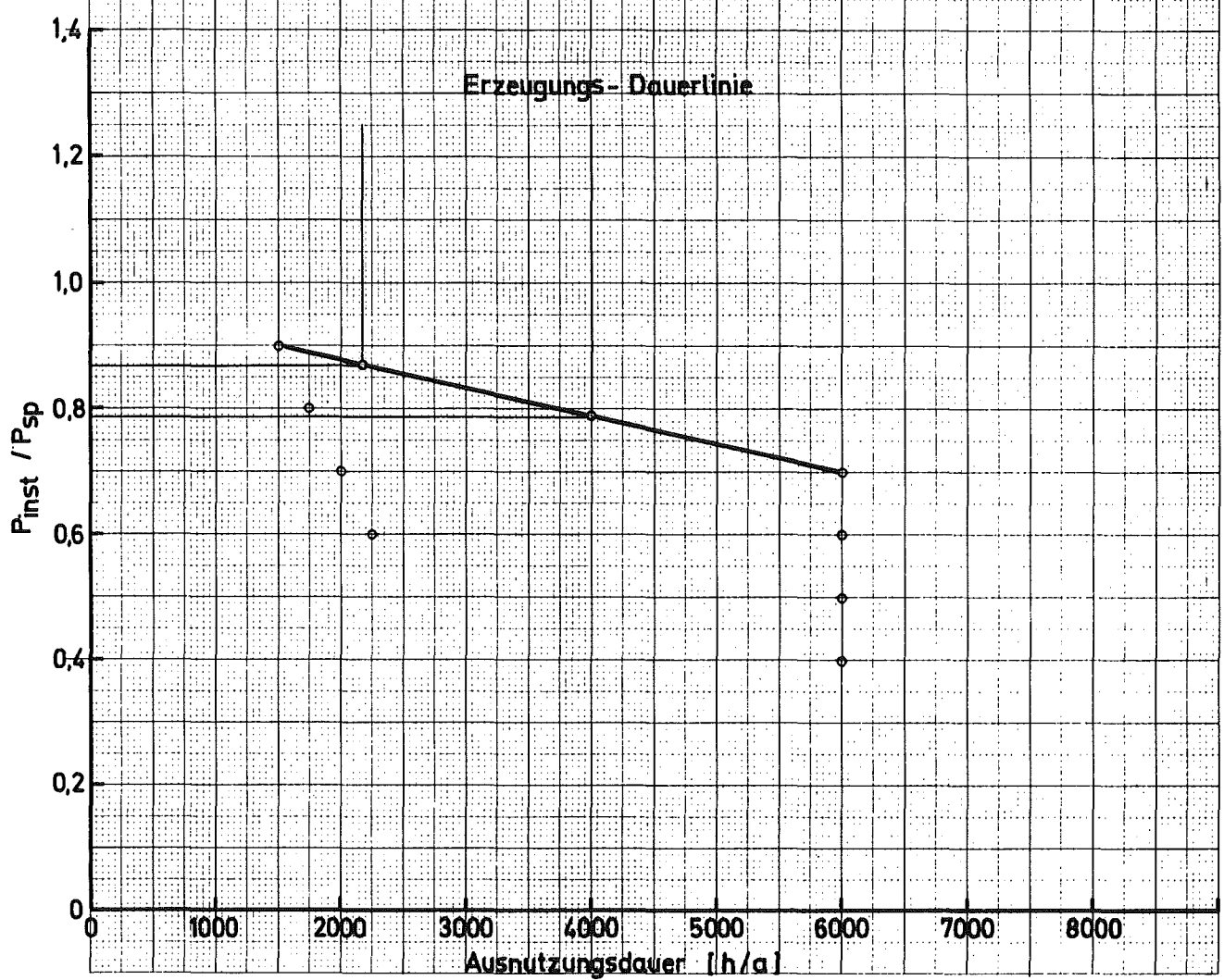
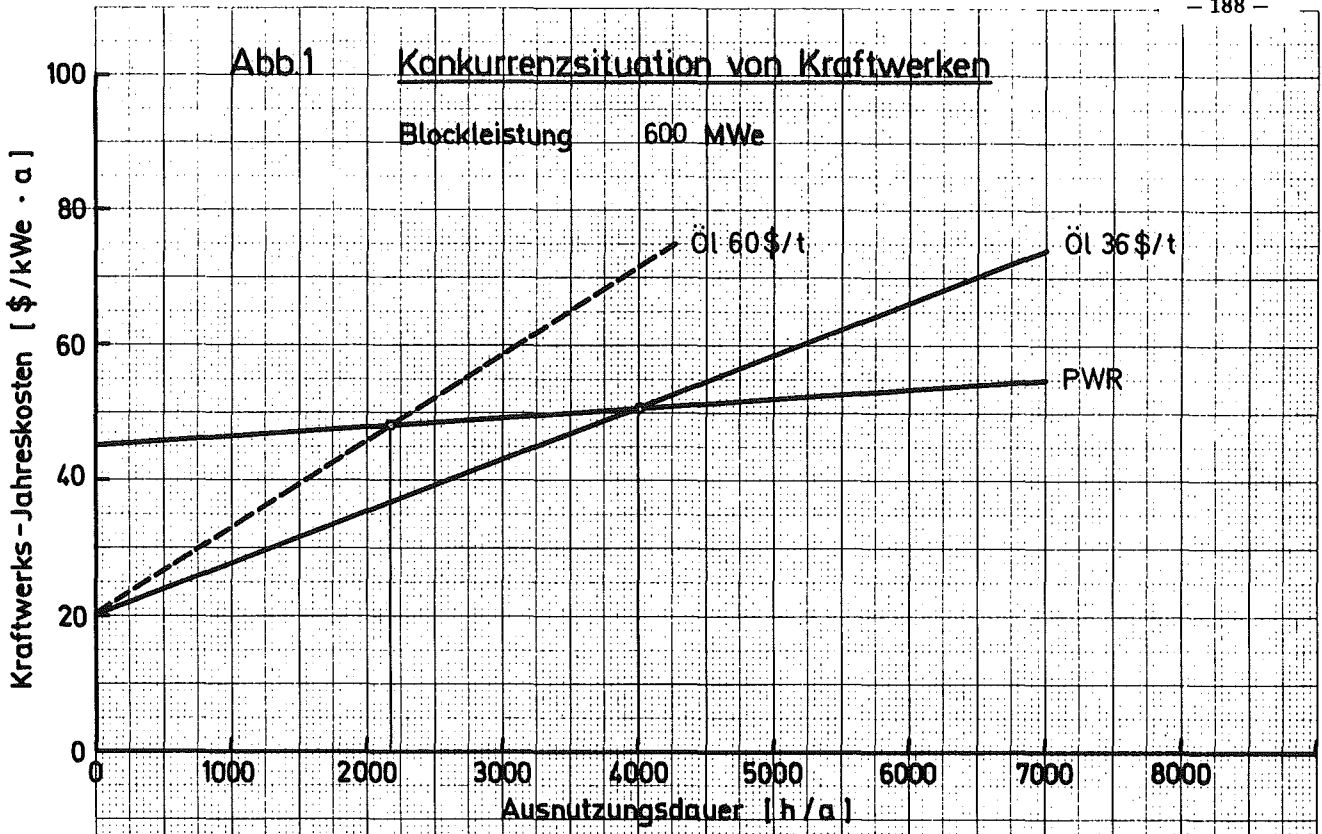
Konventionell: 0,65

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 36 \$/t

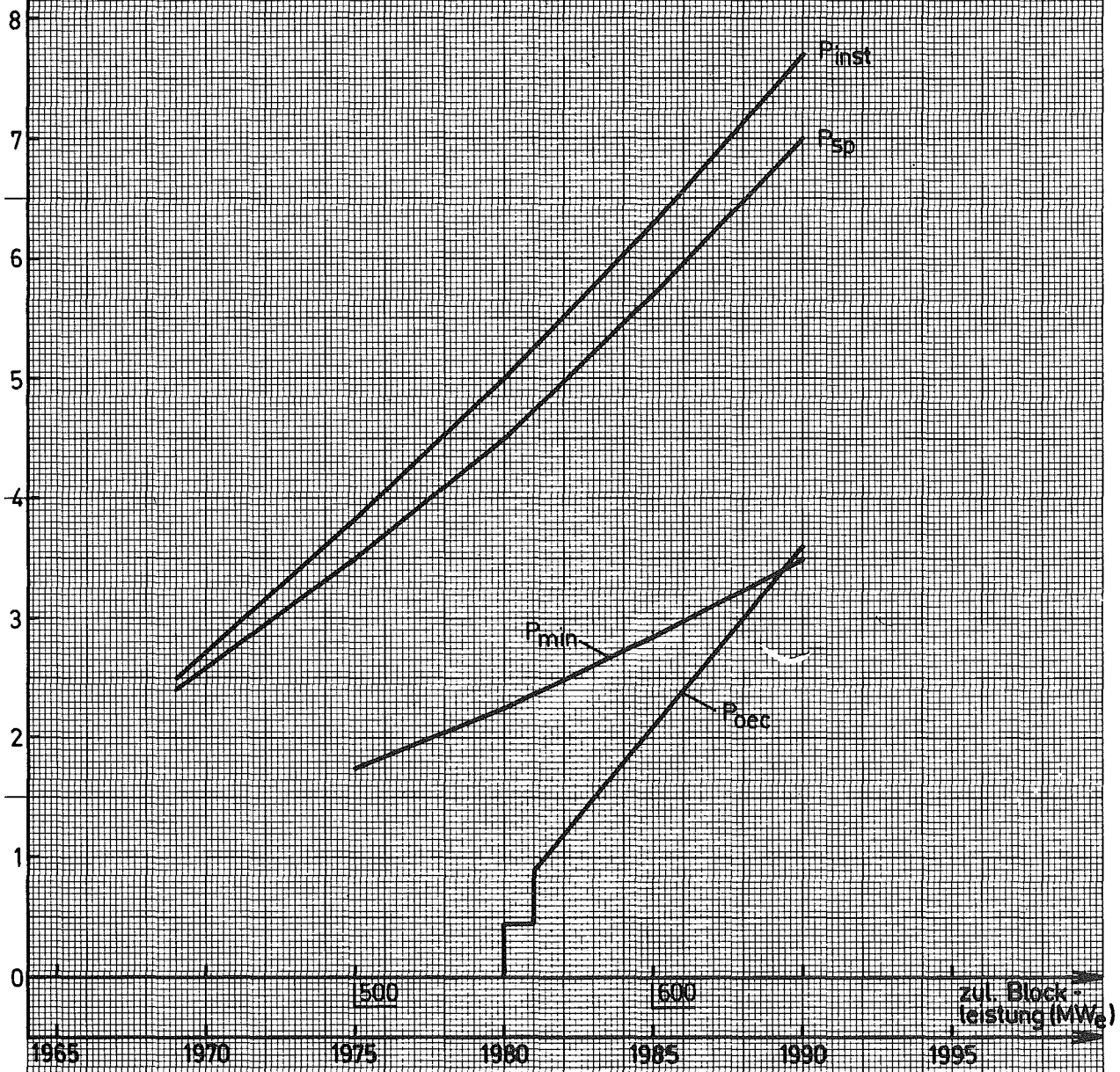
Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken



GWe

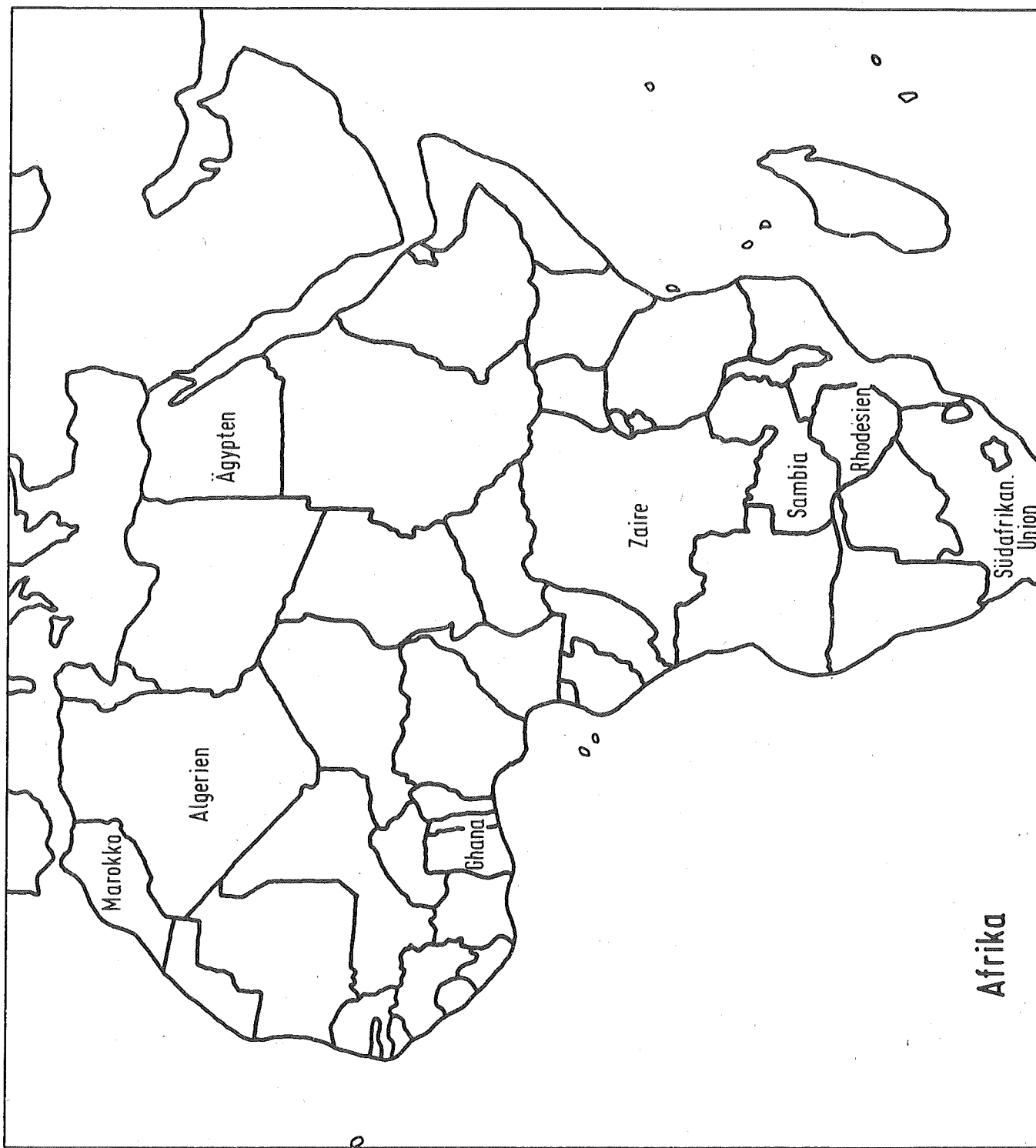
Abb 2 Prognosen der Kraftwerksleistung

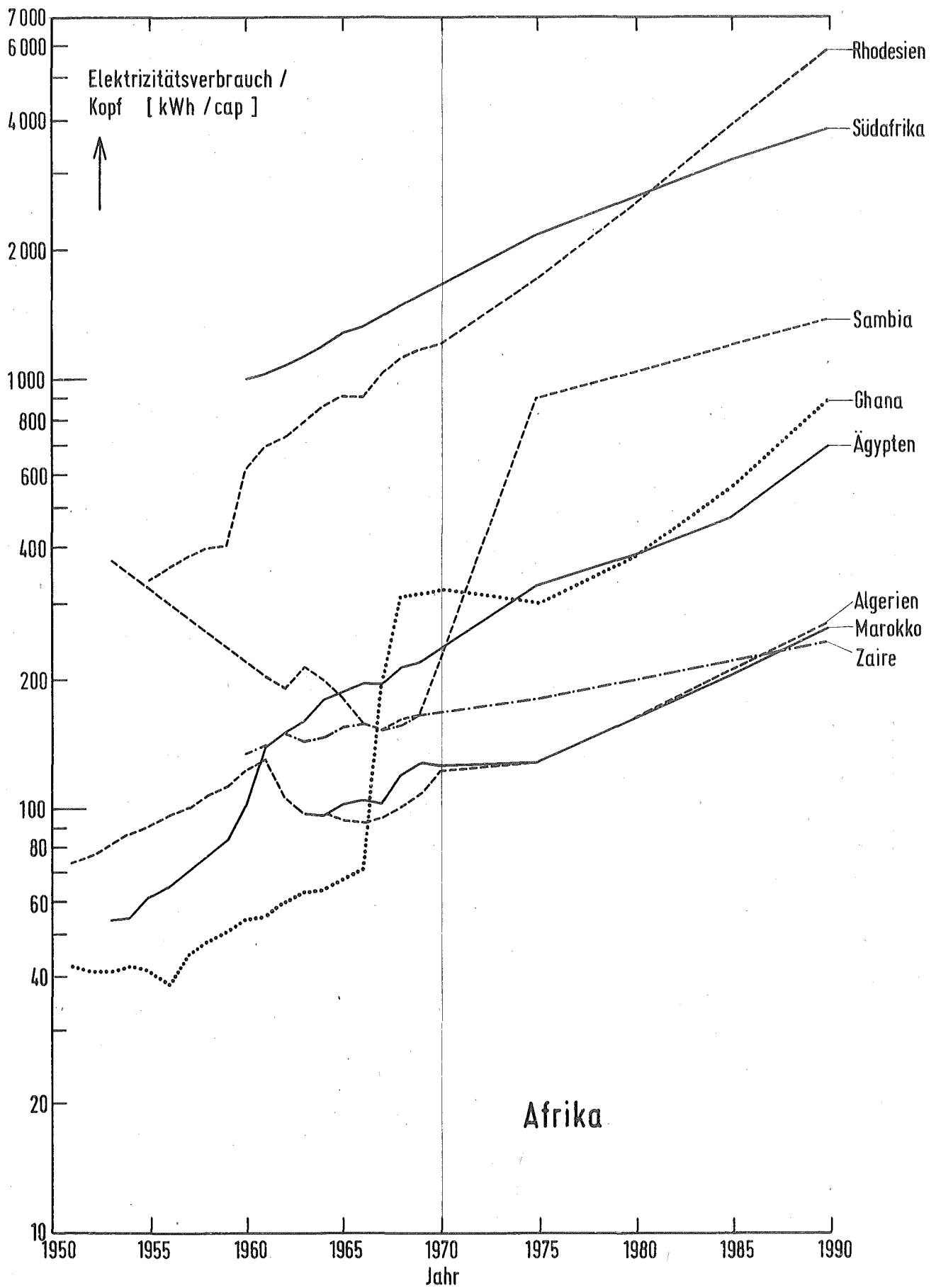
- P_{inst} gesamte installierte Leistung
- P_{sp} Bedarfsspitze
- P_{min} Grundlast
- P_{oec} ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke
- P_{nuc} Prognose der Kernkraftwerksleistung



zul. Blockleistung (MWe)

2. Afrika





Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
AFRIKA:								
Ägypten	niedrige Prog. 6,9	12,6	20,7	1,5	1,5	1,5		
	hohe Prog. 6,9	16,6	37,6	5,4	4,5	5,4	0	0
Algerien		2,9	6,4	1,1	0	0,6	0	0
Ghana		4,5	13,1	2,6	0	1,7	0	0
Marokko		3,3	7	1,2	0	0,7	0	0
Rhodesien		18,5	56	11,4	0	0	0	0
Sambia		6,1	10,5	1,3	0	1,3	0	0
Südafrikanische Union		68,1	119	16,3	2		0	0
Zaire		4,2	6,2	0,6	0		0	0
Summe:	60	120	250	40	6	10	0	0

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

Ägypten

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 für 32 \$ und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

niedrige Energiebedarfsprognose: 1,5 GWe

hohe Energiebedarfsprognose: 4,5 - 5,4 GWe

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	1 Mio		Jahr	Quelle
	33,3			
<u>Bevölkerung in Mio</u>			1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (Ägypt. £)	2,97 Mrd	91	1969	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 0,433 Ä £)	6,9 Mrd	212	1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	8,95 Mio	0,27	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	21,9 Mio	0,66	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	7,3 Mrd ¹⁾	228	1969	100/70
Anteil am gesamten Energieverbrauch	22 %		1969	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0		1970	} 450
Braunkohle	0		1970	
Erdöl	390		1970	
Erdgas	470		1970	
gesamt	860			

1) nach /450/ 6,5 TWh in 1969 und 7,4 TWh in 1971.

1. Allgemeine Situation

Die wirtschaftliche Entwicklung Ägyptens verlief im vergangenen Jahrzehnt ungleichmäßig. Ursachen hierfür sind die Auseinandersetzungen mit Israel und Strukturänderungen der Wirtschaft (Verstaatlichung von Banken, Versicherungen, Handels-, Transport-, Bergbau - und Produktionsbetrieben).

An Energiereserven sind Erdöl, Erdgas und Wasserkraft vorhanden. Erdöl deckt nicht nur den Inlandsbedarf, sondern wird auch exportiert. Die Erdgasförderung ist z.Z. unbedeutend, sie wird jedoch in Zukunft stark ansteigen.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung erfolgte bisher überwiegend in ölgefeuerten Kraftwerken.

Das Assuan-Wasserkraftwerk trägt bisher nur wenig zur Elektrizitätsversorgung bei. Die Füllung des Staudamms wird bis 1980 dauern. Als weitere Wasserkraftwerke kommen eine Nutzung der Quattara-Senke und einige Nil-Staustufen in Betracht. Es sind jedoch noch keine konkreten Planungen bekannt.

3. Prognosen

	Regressionskurven	Wachstumsraten	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,5% 1980: 2,5%	Ex-Post: sehr gut
BIP real zu Marktpreisen von 1964	Exp.-Funktion	1,7%	recht gut
Elektrizitätserzeugung niedrige Prognose	Parabel	1970: 8,4% 1980: 5,9%	Ex-Post: mäßig
	Extrapolationskurve:		
hohe Prognose	Exp.-Funktion	1969-80: 9,8% 1980-90: 8,5%	

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen. Die niedrige Prognose ergibt sich aus einer Extrapolation der am besten angepaßten Regressionskurve (Parabel).

Die höhere wurde von der Egyptian General Electricity Corporation erstellt und in der IAEA Market Survey /450/ verwendet. Es wird entscheidend von der politischen Entwicklung im Nahen Osten abhängen, welchem Trend der Elektrizitätsbedarf Ägyptens folgt. Wegen dieser Unsicherheit arbeiten wir im folgenden mit beiden Prognosen.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt, daß im Grundlastbereich Kernkraftwerke ab 400 MWe kostengünstiger arbeiten als öl- oder gasgefeuerte Kraftwerke. Für Erdgas wurde dabei ein Wärmepreis von 3,1 \$/Gcal eingesetzt (entspricht einem Ölpreis von 31 \$/t). Kernkraftwerke von 600 MWe können ab einer Auslastungsdauer von 5500 h/a (bei einem Wärmepreis von 6 \$/Gcal schon ab 2500 h/a) wirtschaftlich eingesetzt werden.

5. Schlußfolgerungen

Wir schätzen den Zubaubedarf an Kraftwerksleistung insgesamt im Zeitraum 1980-1990 auf 1,5 GWe bei der niedrigen, auf 5,4 GWe bei der hohen Energiebedarfsprognose.

Das ökonomische Einsatzpotential für Kernkraftwerke beträgt unter Verwendung eines Wärmepreises von 3,1 \$/Gcal (d.h. Ölpreis von 31 \$/t) bei der niedrigen Energie-Prognose 1,5 GWe, bei der hohen Prognose 4,5 GWe.

Bei einem Wärmepreis von 6 \$/Gcal für fossile Brennstoffe (entspricht einem Ölpreis von 60 \$/t) erhöht sich das ökonomische Einsatzpotential für Kernkraftwerke bei der hohen Energiebedarfsprognose auf 5,4 GWe. Bei der niedrigen bleibt es unverändert.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd. Ä£ (1964)	Elektrizitäts- verbrauch (niedrige Prognose)		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	100/71			311/72				
1960	26,0		2,1	81						
1965	29,4	2,3	4,4	150		1,5				
1968	31,7	2,4	5,4	170		2,7				
1969	32,5		5,9	182	1,0	3,8				
1970	33,3				1,1					
1972						3,8				
1975	37,8	2,71	9,3	246	1,58	3,8	0,2	300		
1980	42,7	2,95	12,6	295	2,14	3,8	0,2	400		
1985	48,1	3,22	16,4	341	2,8	4,2	0,2	600		
1990	54	3,52	20,7	383	3,5	5,3	0,17	600	1,5	1,5

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,67

7: Reservefaktor 3,6 in 1970, 1,8 in 1980, 1,5 nach 1980

Tabelle 2 : Prognosen (Fortsetzung)

Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch (hohe Prognose)		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
					Prog. 1	Prog. 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle										
1960										
1965										
19										
19										
1975			12,4	330	2,1	3,8	0,2	400		
1980			16,6	390	2,8	4,2	0,2	600		
1985			23,3	480	3,96	5,9	0,15	600		
1990			37,6	700	6,4	9,6	0,1	600	5,4	4,5

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,67

7: Reservefaktor 1,8 in 1975, 1,5 nach 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	400	446	53,5		10,0		63,4		9,1
	600	376	45,1		9,7		54,8		7,8
ÖL	400	187	22,5		46,5		68,5		9,8
	600	166	19,9		46,5		66,4		9,5
GAS	400	163	19,6		46,5		66,1		9,4
	600	145	17,3	90	46,5	107,3	63,8	15,3	9,1

Anmerkungen

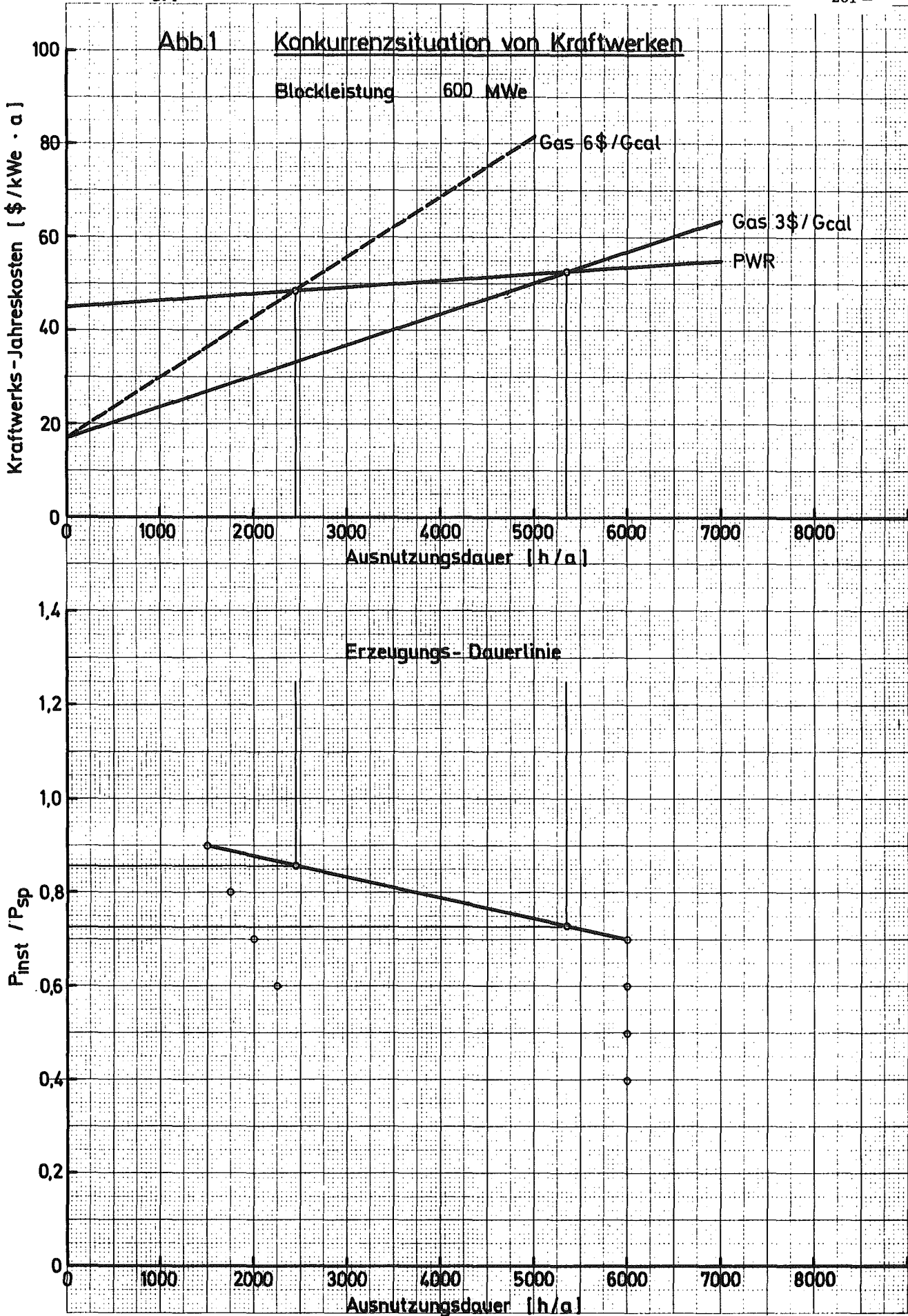
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,75

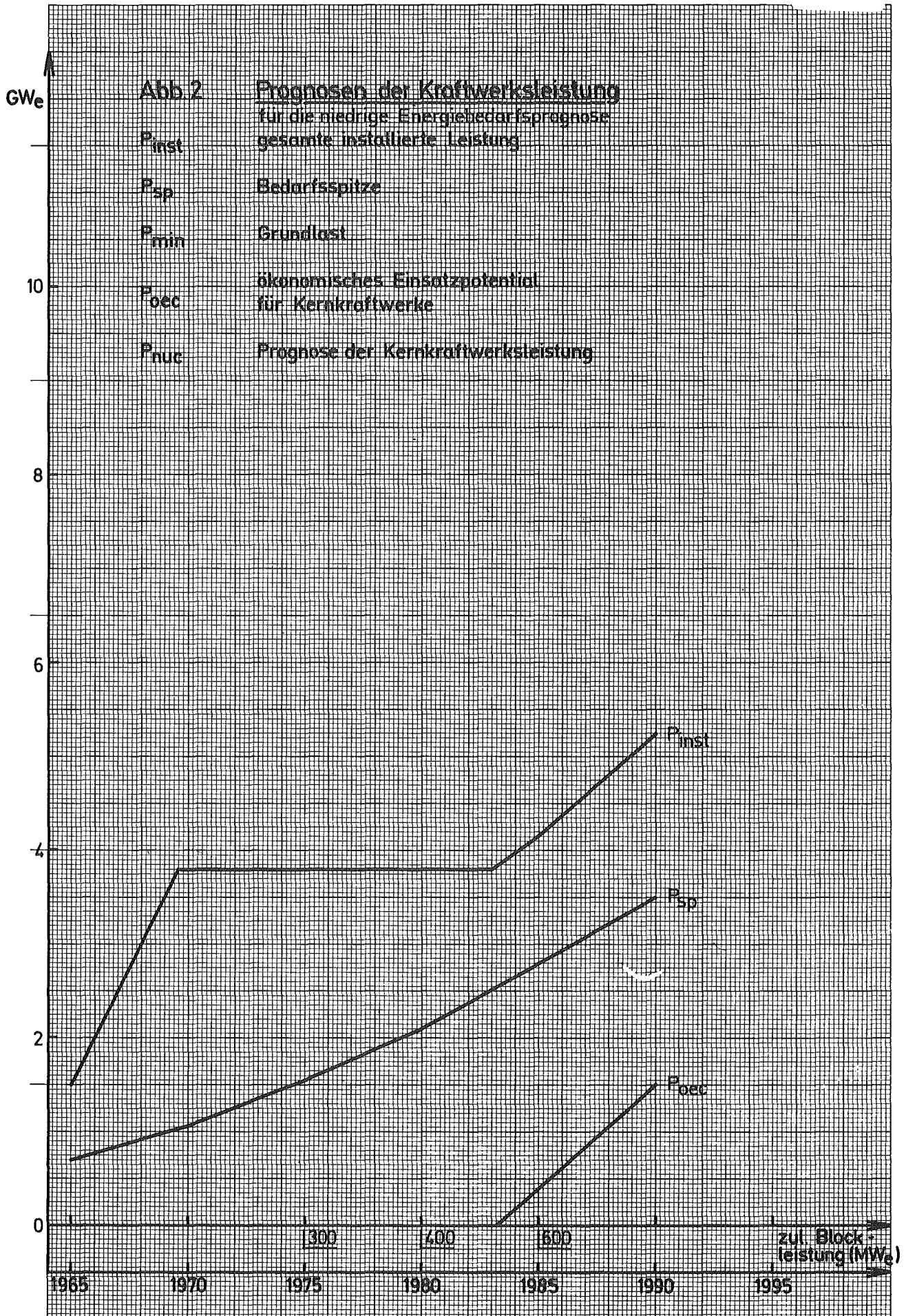
Konventionell: 0,65

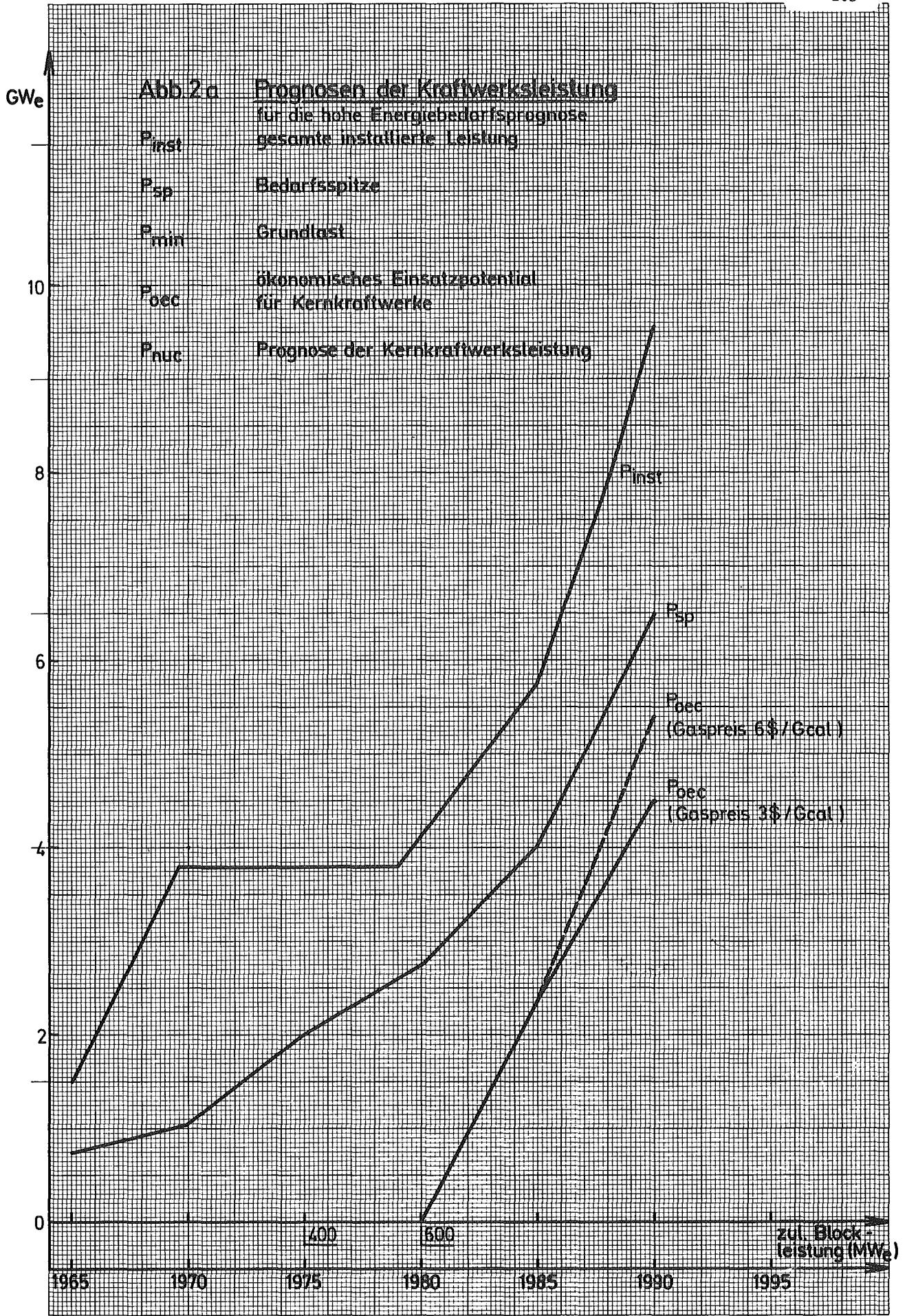
4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 31 \$/t







A l g e r i e n

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1985 bei 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

0 GWe bei 33 \$ / t Öl

0,6 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	2,38 Mio		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	14,0		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (DA)	15,76 Mrd	1260	1967	490
in US-\$ (1 US-\$ = 4,937 DA)	3,19 Mrd	255	1967	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	6,62 Mio	0,47	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	66,64 Mio	4,76	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	1,6 Mrd	100	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	7 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	20		1957	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	5300		1970	530/70
Erdgas	5000		1970	530/70
gesamt	10300			

1. Allgemeine Situation

Algerien besitzt große Vorkommen an Erdöl und Erdgas.

Wegen der günstigen Lage dieser Reserven zu den europäischen Abnehmern kommt ihnen besondere Bedeutung zu.

Auf der Basis der Förderzahlen von 1970 (47 Mio t Öl und 2,9 Mrd m³ Gas) beträgt die rechnerische Reichweite der Erdölreserven ca. 80 Jahre, die der Erdgasreserven ca. 100 Jahre.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung erfolgt überwiegend in Wärmekraftwerken (1971: 85%). Wasserkraftwerke stellen zwar etwa 50% der installierten Leistung, das stark schwankende Wasserangebot erlaubt jedoch nur eine geringe Ausnutzung.

Mehrere Erdgas-Kraftwerke sind im Bau oder geplant.

3. Prognosen

	Extrapolations- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Regressions- kurve: Parabel	1970: 2,9% 1980: 2,8%	mäßig
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	8%	

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen. Die Wachstumsrate der Elektrizitätserzeugung lag in den letzten Jahren über 8%/a (bis 19%/a). Wir führen dies auf die Inbetriebnahme des DJEN-DJEN-Staudammes zurück.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung zeigt, daß erst Kernkraftwerke ab 400 MWe im Grundlastbereich kostengünstiger arbeiten können als Erdgaskraftwerke. Für Erdgas wurde dabei ein Wärmepreis von 3,3 \$/Gcal eingesetzt (entspricht einem Ölpreis von 33 \$/t). Bei einem Wärmepreis von 6 \$/Gcal würden Kernkraftwerke ab 200 MWe im Grundlastbereich kostengünstiger als fossile Kraftwerke arbeiten.

5. Schlußfolgerungen

Die zulässige Blockleistung erreicht 1990 erst 250 MWe. Bis zu diesem Zeitpunkt existiert bei einem fossilen Wärmepreis von 3,3 \$/Gcal kein ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke. Bei einem Wärmepreis von 6 \$/Gcal würde sich ein ökonomisches Einsatzpotential von 0,6 GWe für Kernenergie ergeben.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential GWe	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71		100/71			100/71				
1960	10,8		1,06	98						
1965	11,9		0,9	76	0,186	0,5				
1969			1,15		0,24	0,64				
1970	14,0		1,4	100	0,29					
1975	15,7		2,0	127	0,414	0,828	0,2	80		
1980	17,9		2,9	162	0,600	1,14	0,2	120		
1985	20,5		4,3	210	0,892	1,60	0,2	200		
1990	23,4		6,4	270	1,32	2,24	0,2	250	0,6	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55

7: Reservefaktor 2,7 in 1969, 2,0 in 1975, 1,9 in 1980, 1,8 in 1985 und 1,7 in 1990

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		Lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	200	650	78,0		10,4		88,3		12,6
	300	537	64,5		10,1		74,6		10,7
	400	473	56,8		10,1		66,8		9,5
GAS	200	222	26,6	90		116,6			
	300	194	23,4	90	50	113,4	73,4	16,2	10,5
	400	176	21,1	90	50	111,1	71,1	15,8	10,1

Anmerkungen

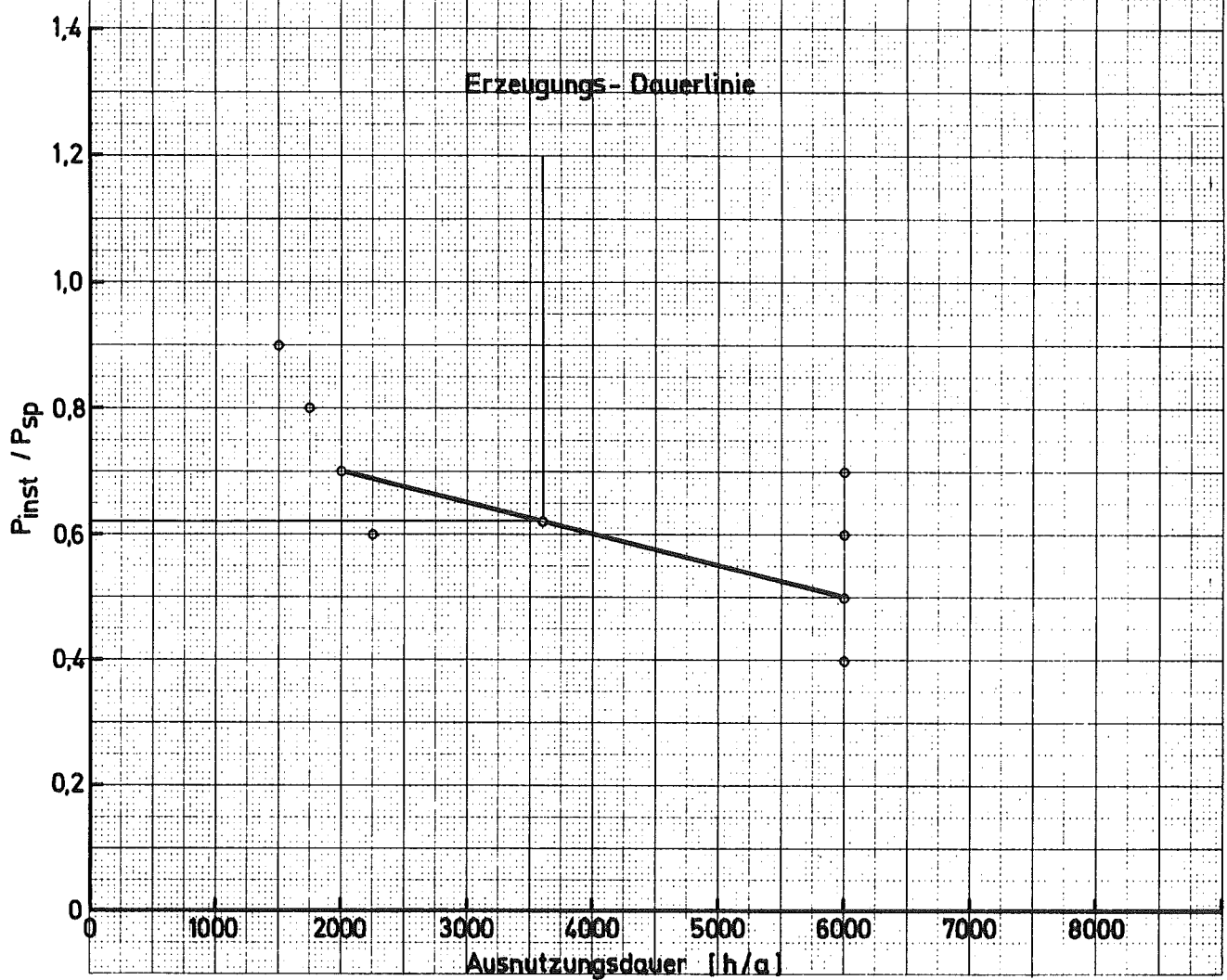
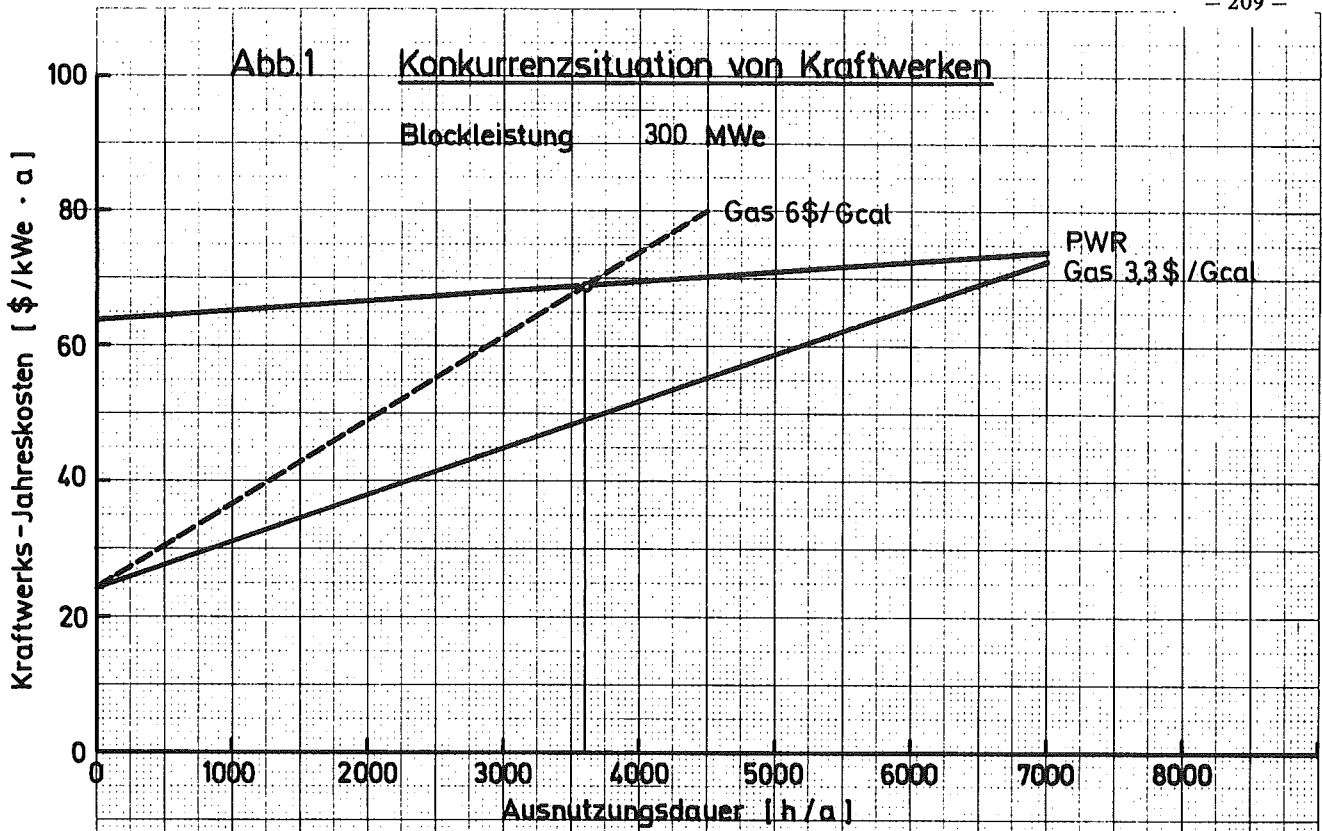
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,8

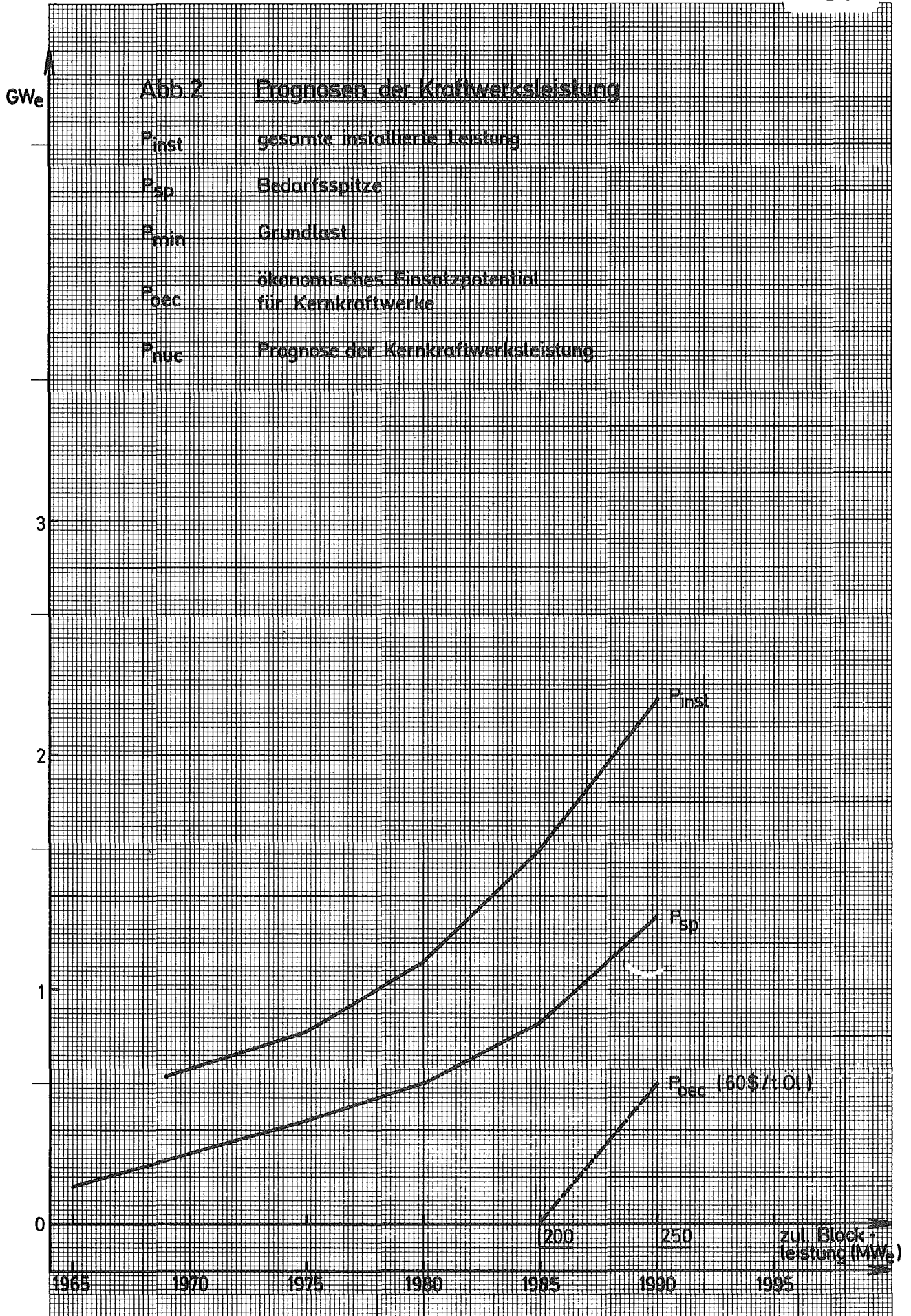
Konventionell: 0,7

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Gaspreis entsprechend einem Rohölpreis von 60 \$ / t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Gaspreis entsprechend einem Rohölpreis von 33 \$ / t





G h a n a

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1985 bei 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

0 GWe bei 33 \$ / t Öl
1,7 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	238 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	9,03		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (NC)	2,33 Mrd	266	1969	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 1,02 NC)	2,28 Mrd	261	1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	1,48 Mio	0,164	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	0,36 Mio	0,04	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	2,92 Mrd	323	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	25 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0		1970	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	vorhanden, Menge unbekannt		1970	530/70
Erdgas	0			
gesamt				

1. Allgemeine Situation

Die wirtschaftliche Entwicklung des Landes ist stark mit dem Bau des Obervolta-Staudammes gekoppelt.

Erdöl wird seit 1969 gefördert (0,2 Mio t/a).

2. Elektrizitätsversorgung

Der Obervolta-Staudamm stellt ca. 80% der insgesamt installierten Leistung und liefert 95% der erzeugten Energie (1969). 75% des erzeugten Stromes wird von einem Aluminiumschmelzwerk abgenommen. Im Norden des Landes sollen weitere Wasserkräfte ausgebeutet werden.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,7% 1980: 2,5%	Ex-Post: recht gut
BIP real zu Markt- preisen von 1960	Exp.-Funktion	2,2%	recht gut

Die Elektrizitätserzeugung hatte bisher eine sprunghafte Entwicklung. Zur Prognose der Elektrizitätserzeugung machen wir die Annahmen:

- 1) Der Stromverbrauch des Aluminiumschmelzwerkes sei konstant (2 TWh/a).
- 2) Die Zahl der Stromabnehmer verdopple sich bis 1990 alle 10 Jahre.
- 3) Die Wachstumsrate des Elektroprokopfverbrauchs dieser Stromabnehmer sei 7,2%/a.

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt für Ölkraftwerke von 300 MWe (erst ab 1990 einsetzbar) im gesamten Lastbereich niedrigere Kosten als für Kernkraftwerke gleicher Leistung. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t würden Kernkraftwerke ab 200 MWe im Grundlastbereich kostengünstiger arbeiten als Ölkraftwerke. (siehe Abb. 1)

5. Schlußfolgerungen

In Ghana existiert bis 1990 unter der Voraussetzung eines Preises von 33 \$/t Öl kein ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke. Erst bei einem Ölpreis von 60 \$/t ergibt sich ein Einsatzpotential von 1,7 GWe.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd NC (1960)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe Prog. 1 Prog. 2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	160/70	100/71			100/70				
1960	6,78	0,956	0,3	44		0,1				
1965	7,74	1,112	0,42	54		0,41				
1969	8,74	1,19	2,22	254	0,42	ca. 0,7	0,35	150		
1970	9,03		2,32	257	0,44					
1975	10,2	1,36	3,04	298	0,58	0,93	0,25	150		
1980	11,6	1,51	4,48	386	0,85	1,36	0,2	170		
1985	13,1	1,69	7,36	562	1,4	2,24	0,15	200		
1990	14,7	1,88	13,1	899	2,5	4,0	0,12	300	1,7	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,65 in 1969, 1,6 für Prognosewerte

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	300	599	71,9	10,1		82			
ÖL	300	255	30,6	90	49,5	120,6	80,1	17,2	11,4

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9 Konventionell: 0,8

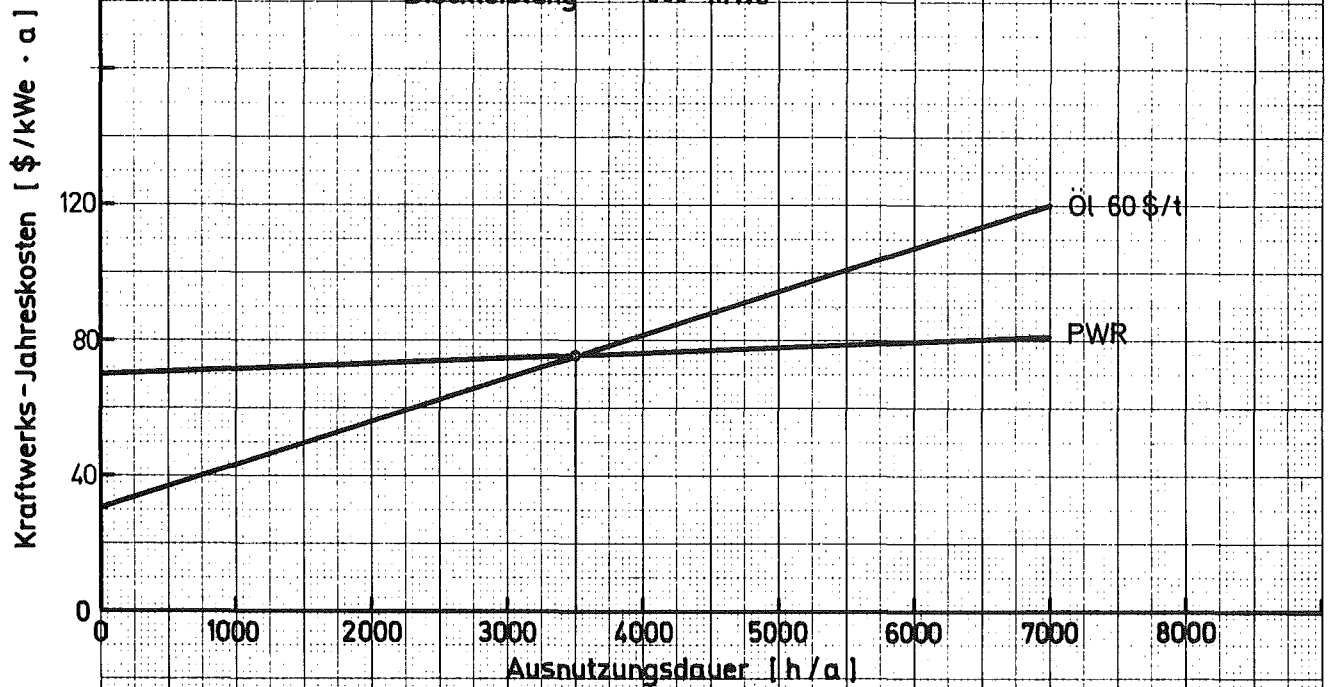
4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

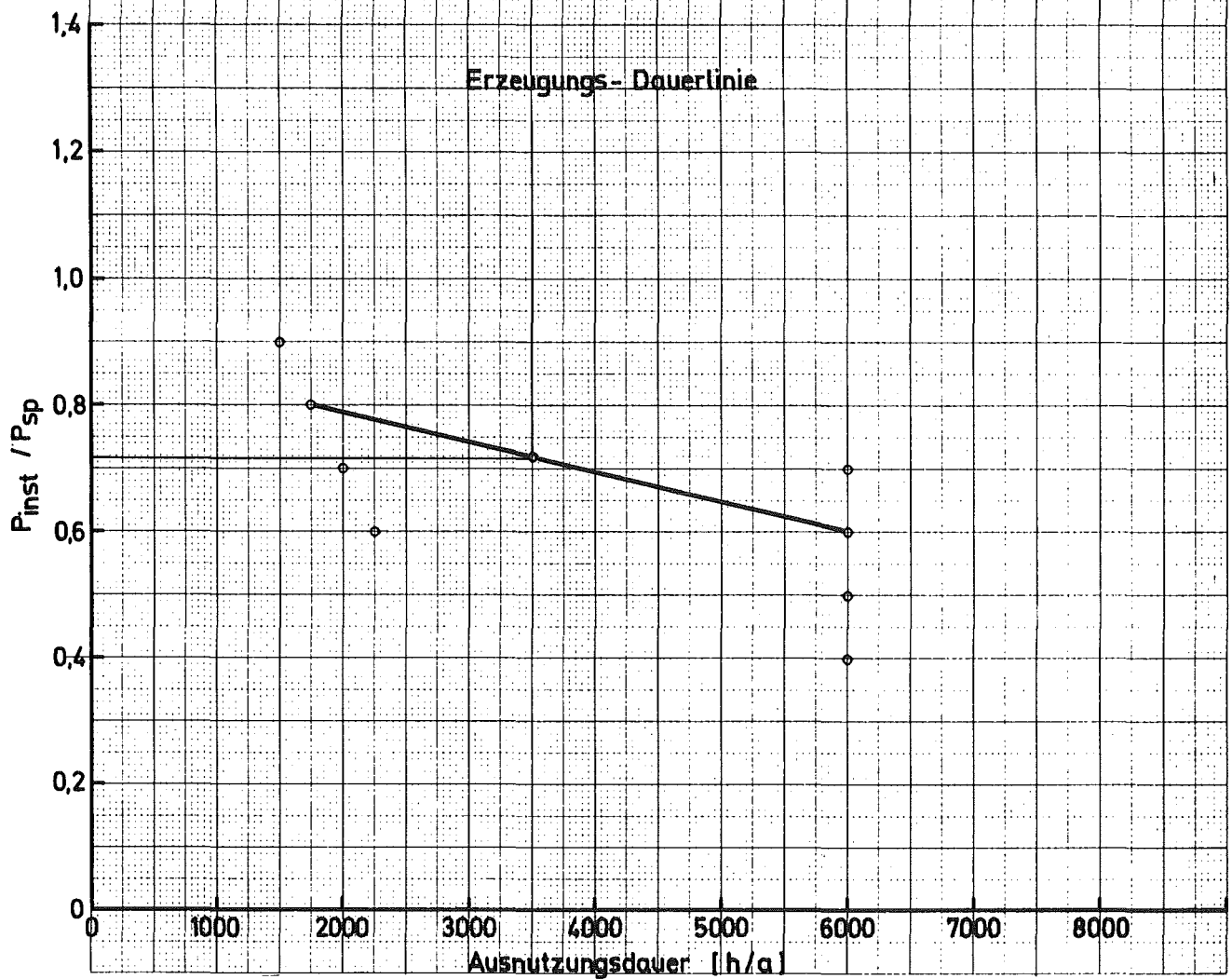
6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 33 \$/t

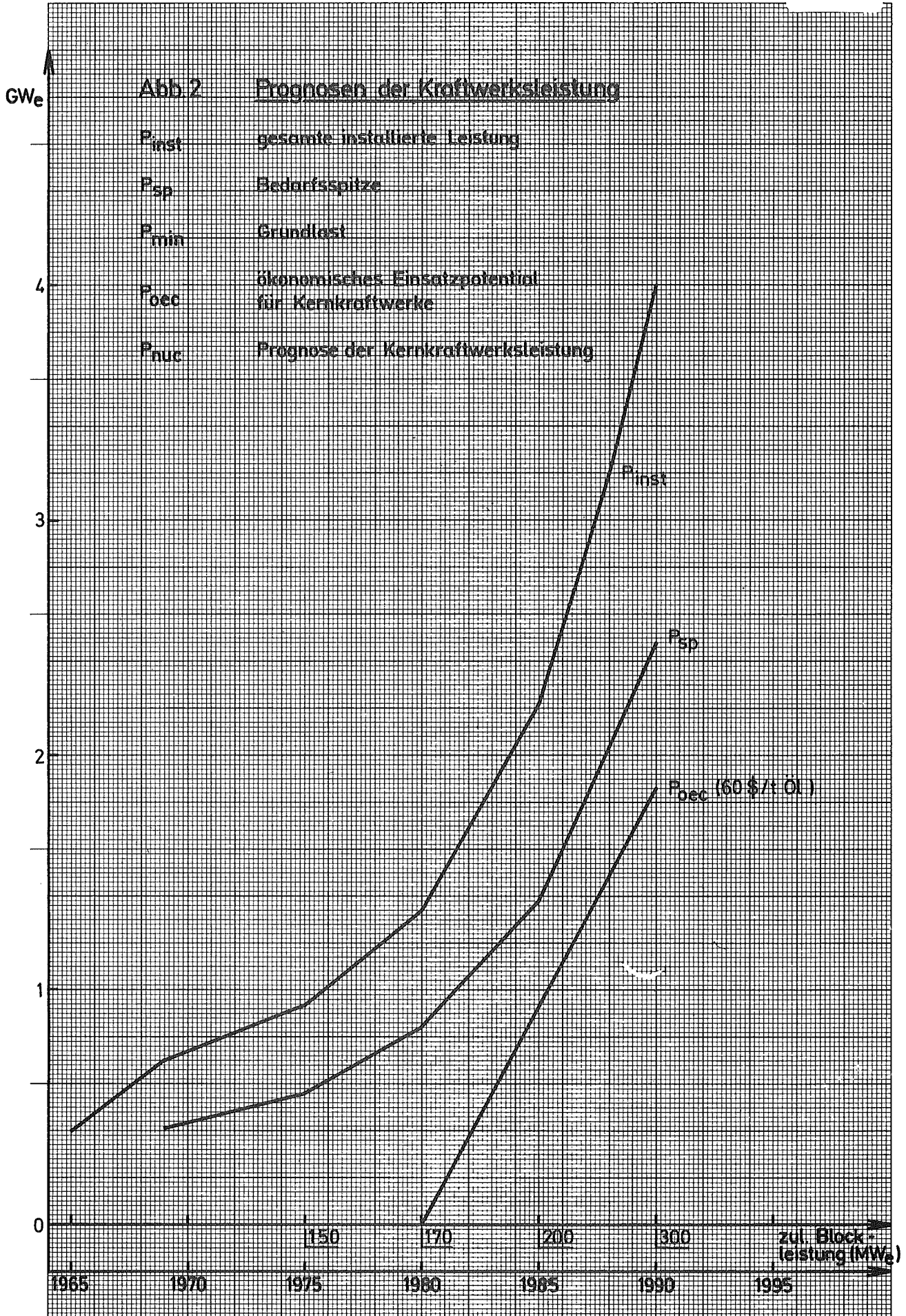
Abb 1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken

Blockleistung 300 MWe



Erzeugungs-Dauerlinie





M a r o k k o

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1985 bei 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

0 GWe bei 33 \$ / t Öl

0,7 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	445 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	15,5		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (DH)	16,9 Mrd	1090	1970	100/71
in US-\$ (1 US-\$ = 5,06 DH)	3,34 Mrd	215	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	3,01 Mio	0,194	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	0,72 Mio	0,046	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	1,94 Mrd	125	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	12,5 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	96		1960	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	geringe Mengen			
Erdgas	1		1972	311/72
gesamt	96			

1. Allgemeine Situation

Marokko verfügt über geringe Vorräte an Kohle und Erdöl. Die Förderung ist rückläufig.

In neuerer Zeit sind Erdgasfelder entdeckt aber noch nicht erschlossen worden. Die Reserve wird auf 800 Mio m³ geschätzt. Wasserkräfte werden genutzt und sind noch ausbaufähig.

Hauptstandorte der Industrie sind in Casablanca und in den anderen Hafenstädten an der Atlantikküste.

2. Elektrizitätsversorgung

Etwa zwei Drittel der Elektrizitätserzeugung werden durch Wasserkraft gedeckt. Im Jahre 1970 betrug die installierte Leistung 582 MW, davon sind 378 MW (65%) Wasserkraftwerke. Zusätzlich werden Dampf- und Dieselkraftwerke zur Stromversorgung während Spitzen- und Trockenzeiten eingesetzt.

Die Stromerzeugung reicht aus für die derzeitige Industrialisierung. Der Ausbau des Verbundnetzes und der Versorgung der ländlichen Gebiete wird vordringlich gefördert. Nordmarokko besitzt ein separates Netz.

3. Prognosen

	Regressionskurve	Wachstumsrate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,9% 1980: 2,8%	Ex-Post: recht gut
BIP real ¹⁾ zu Marktpreisen von 1960	Parabel	1970: 5,0% 1980: 5,2%	Ex-Post: recht gut
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	7,44%	recht gut

Elektrizitätsverbrauch wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung für 300 MWe-Blöcke ergibt bei Ölkraftwerken niedrigere Stromerzeugungskosten als bei Kernkraftwerken im gesamten

Lastbereich, wenn man einen Ölpreis von 33 \$/t zugrundelegt. Im Grundlastbereich ist der Kostenunterschied gering.

5. Weitere Kriterien

In Marokko können evtl. Zweizweckanlagen zur Stromerzeugung und Wasserentsalzung eingesetzt werden.

6. Schlußfolgerungen

Auf der Basis der von uns verwendeten Daten ergibt sich bei einem Ölpreis von 33 \$/t bis 1990 kein ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke in Marokko. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t dagegen würde sich ein ökonomisches Einsatzpotential von 0,7 GWe ergeben.

1)

BIP abzüglich Staatsleistungen und Neuprofitinstitutionen

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd DH (1960)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe Prog. 1	GWe Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	160/70	100/70			100/70				
1960	11,6	8,2								
1965	13,3	9,7	1,09	82		0,39				
1969	15,1	11,4	1,53	101	0,32	0,55				
1970	15,5		1,54	99						
1975	17,8	15,6	2,28	128	0,47	0,75	0,2	100		
1980	20,4	20,1	3,31	162	0,69	1,1	0,2	150		
1985	23,3	25,7	4,8	206	1,0	1,6	0,2	200		
1990	26,5	32,4	7,0	264	1,45	2,3	0,2	300	0,7	0

Anmerkungen:

Spalte 3: BIP - (Staatsleistungen + Neuprofitinstitutionen)

6: Lastfaktor 0,55

7: Reservefaktor 1,7 in 1969, 1,6 für Prognosewerte

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	300	599	71,88		10,15		82		11,7
ÖL	300	255	30,6	90	49,5	120,6	80,1	17,22	11,4

Anmerkungen

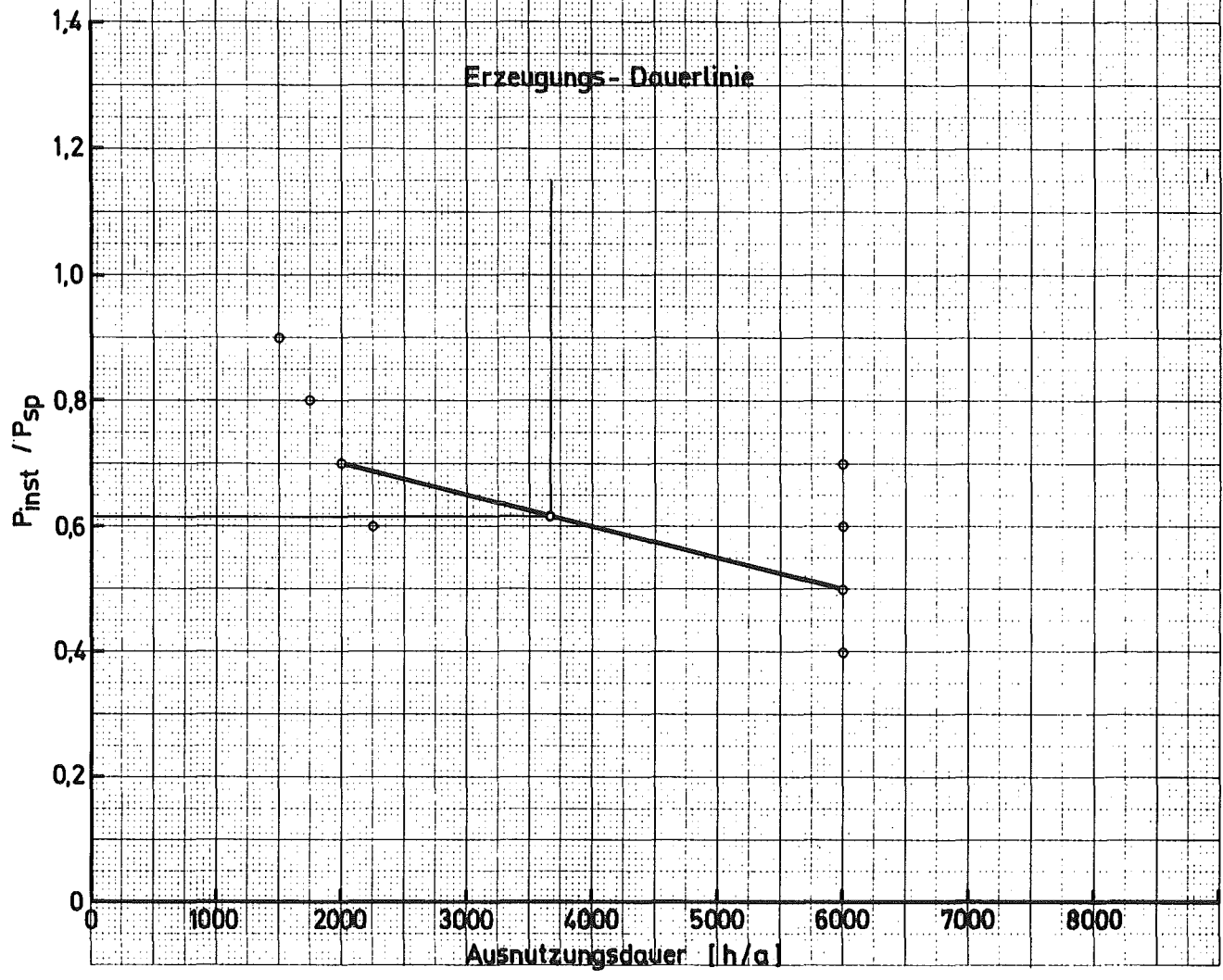
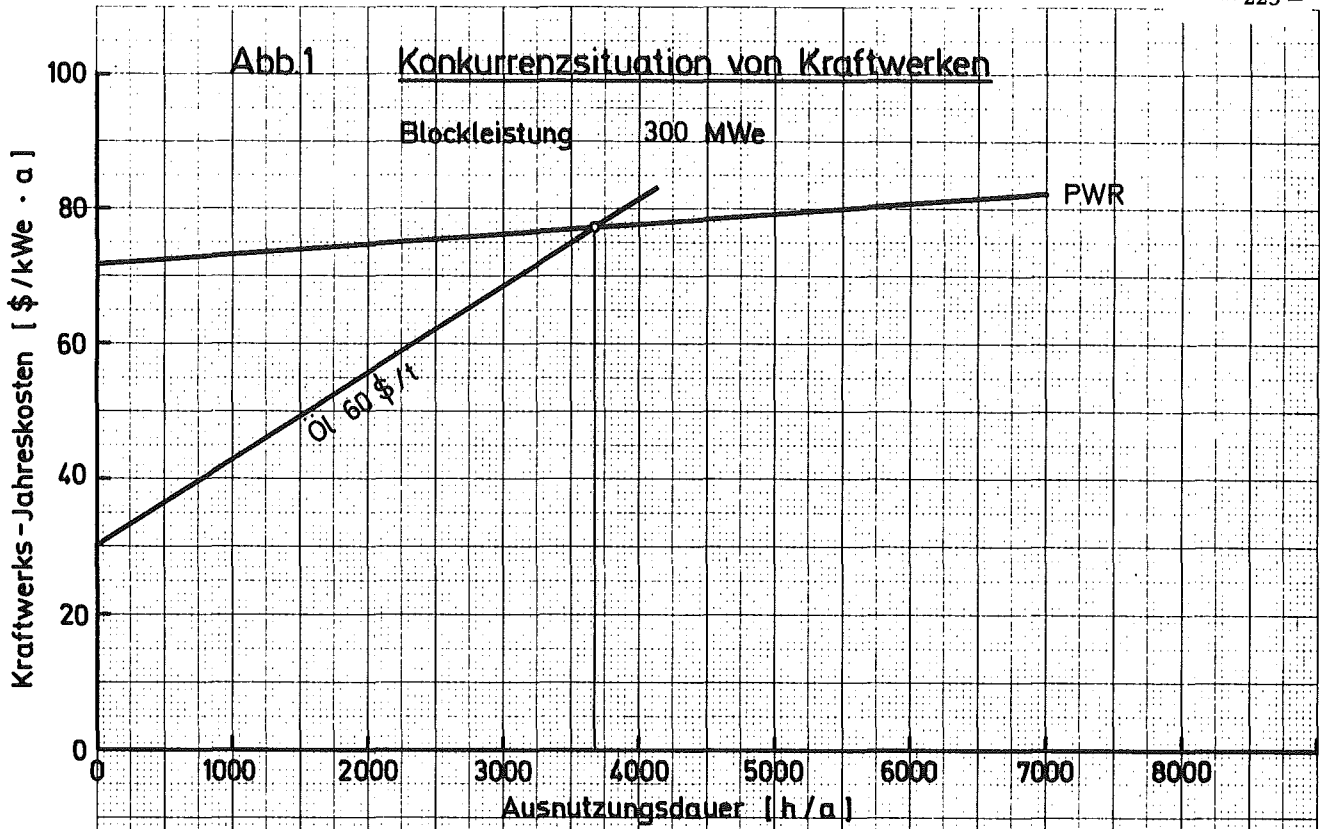
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9

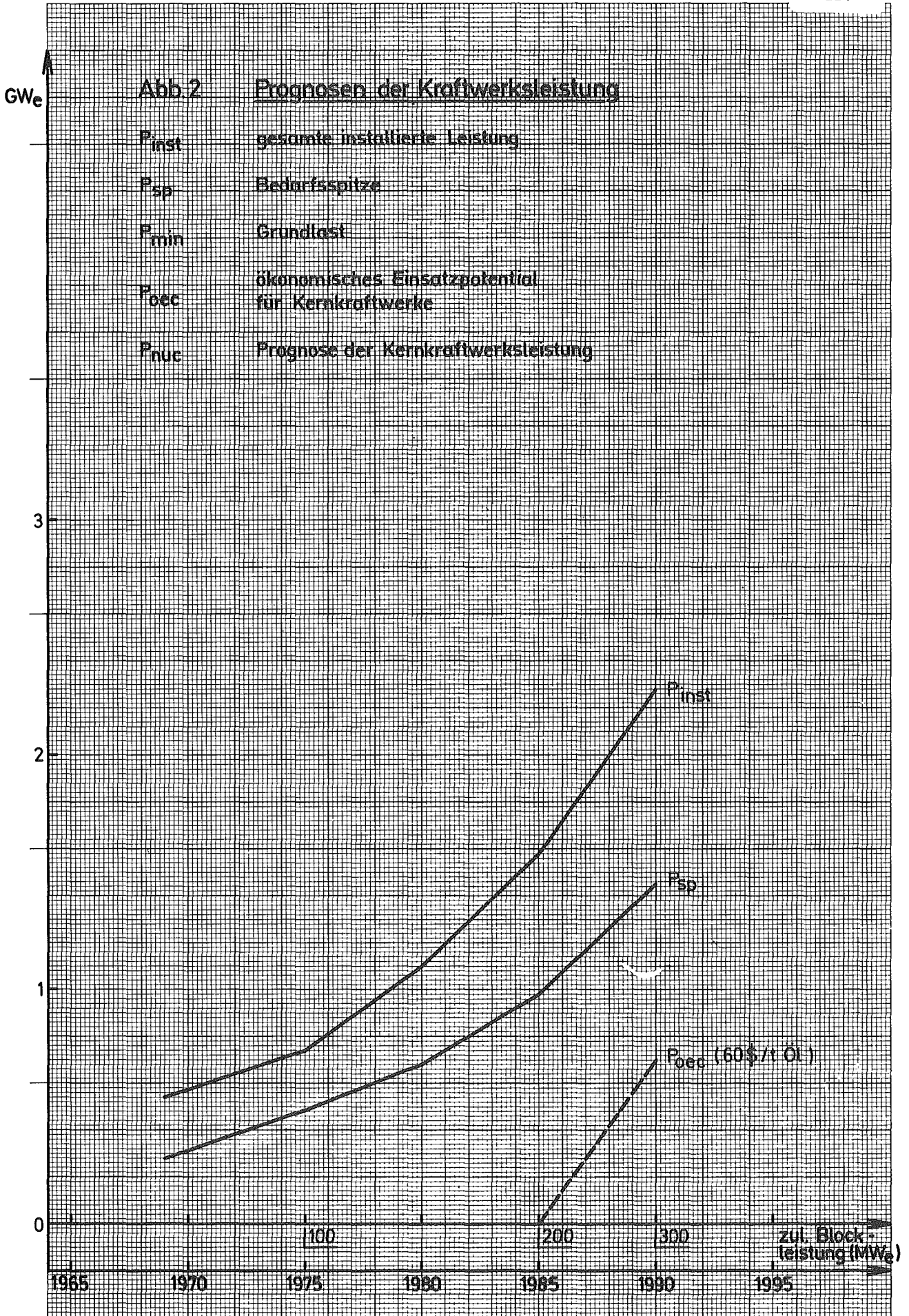
Konventionell: 0,8

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 33 \$/t





R h o d e s i e n

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

Einsatzpotential bis 1990: 0 GWe bei 36 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	389 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	5,27		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (R\$)	1,04 Mrd	197	1970	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 0,714 R\$)	1,45 Mrd	276	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	2,76 Mio	0,52	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	3,76 Mio	0,71	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	6,5 Mrd	1220	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	39 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	6 600		1960	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt	6 600			

1. Allgemeine Situation

Rhodesien gehört zu den am stärksten industrialisierten Entwicklungsländern Afrikas.

Als Primärenergien sind Wasserkräfte und Kohlelager (ausgedehnte Steinkohlevorkommen im Westen) vorhanden. Kohle wird nach Sambia, Malawi und Zaire exportiert (Steinkohleförderung 1968: 3 Mio t.)

2. Elektrizitätsversorgung

80% der Elektrizitätsversorgung wurde 1970 durch das Wasserkraftwerk Kariba gedeckt, das gemeinsam mit Sambia betrieben wird. (Der Karibasee ist der größte künstliche Stausee der Erde)./311/70/.

Große Bewässerungsprojekte, die auch der Elektrizitätsversorgung dienen, sind geplant.

3. Prognosen

	Regressionskurve	Wachstumsrate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 3,1% 1980: 2,9%	Ex-Post: recht gut
BIP real zu Marktpreisen von 1965	Exp.-Funktion	4,5%	recht gut
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	11,1%	Ex-Post: gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 90% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Kostenangaben für die in Rhodesien geförderte Kohle lagen uns nicht vor.

Wir nehmen an, daß die Kosten nicht höher als 15 US \$/t liegen; dies wäre das Vierfache der für Südafrika (Johannesburg) angegebenen Kosten¹⁾. Damit ergibt sich, daß Kohlekraftwerke bis 600 MWe im gesamten Lastbereich kostengünstiger arbeiten als Kernkraftwerke (Tab. 3). Die Kosten für Ölkraftwerke liegen schon bei einem Ölpreis von 36 \$/t am

höchsten; zudem ist die Ölversorgung Rhodesiens aus politischen Gründen besonders schwierig, so daß ölgefeuerte Kraftwerke nicht in Betracht kommen.

5. Weitere Kriterien

Aus politischen Gründen hat Rhodesien große Schwierigkeiten beim Import wichtiger Güter (z.B. Öl). Auch bei Lieferungen auf nuklearem Gebiet muß mit besonderen Erschwernissen gerechnet werden.

6. Schlußfolgerungen

Kohlekraftwerke bilden die kostengünstigste Ergänzung zu den Wasserkraftreserven Rhodesiens. Es existiert vor 1990 kein wirtschaftliches Einsatzpotential für Kernkraftwerke.

¹⁾ Maunders, Roode

8. Weltenergiekonferenz Bukarest 1971 P. 4.2 - 186.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd R\$ (1965)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	100/71			100/71				
1960	3,84		2,15	560						
1965	4,48	0,757	3,7	830	0,703	1,18				
1966						1,19				
1969		0,906								
1970	5,27		5,8	1100						
1975	6,11	1,15	10,6	1730	2,00	3,2	0,12	240		
1980	7,06	1,44	18,5	2600	3,50	5,6	0,1	350		
1985	8,11	1,81	32,2	3970	6,12	9,8	0,08	500		
1990	9,27	2,26	56,0	6000	10,64	17,0	0,07	700	0	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,69 in 1965, 1,6 ab 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	600	445	53,4	9,66		63,06			
ÖL	600	204	24,5	90	54	114,5	78,5	16,3	11,2
KOHLE	600	230	27,7	35		62,7			

Anmerkungen

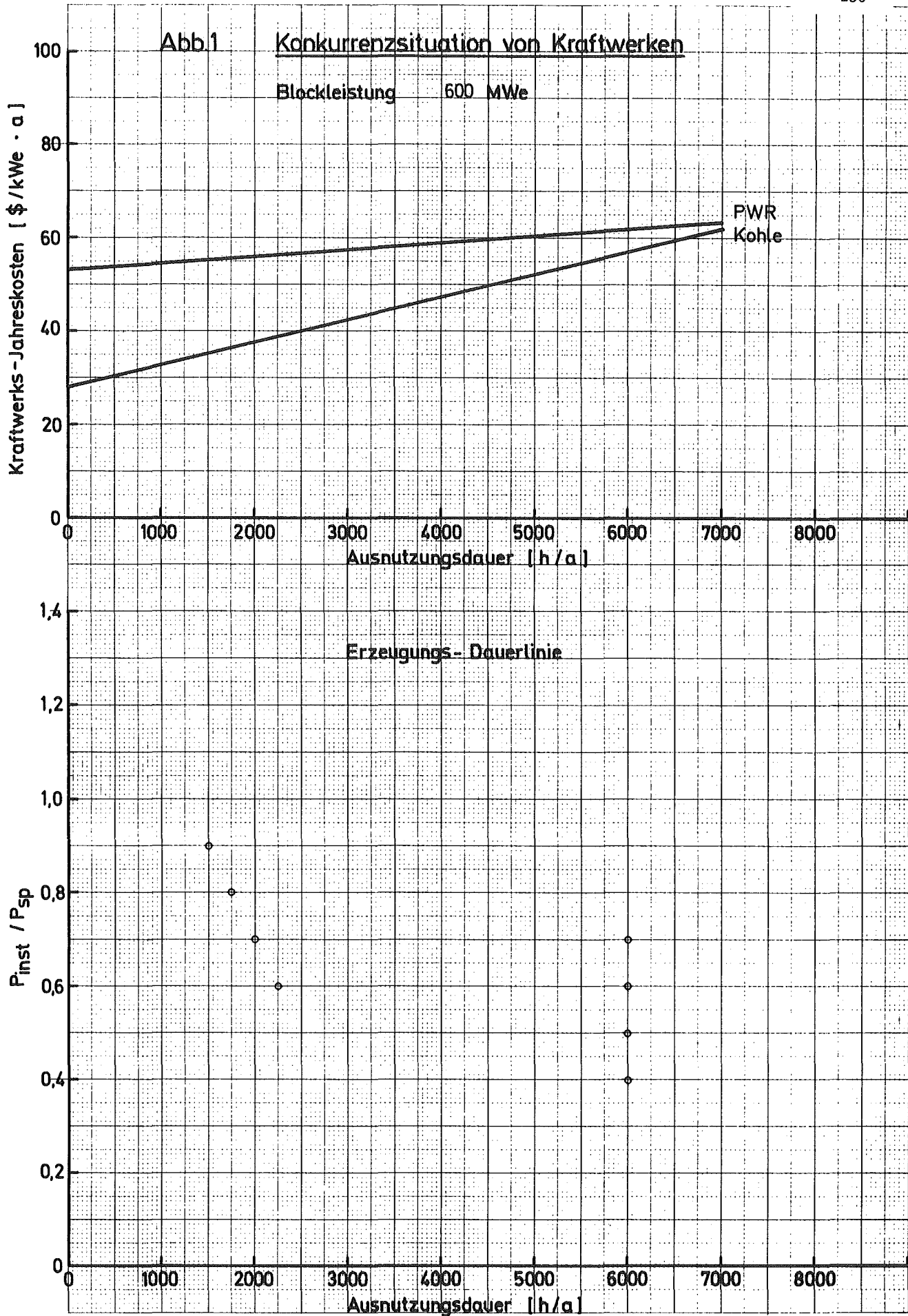
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9

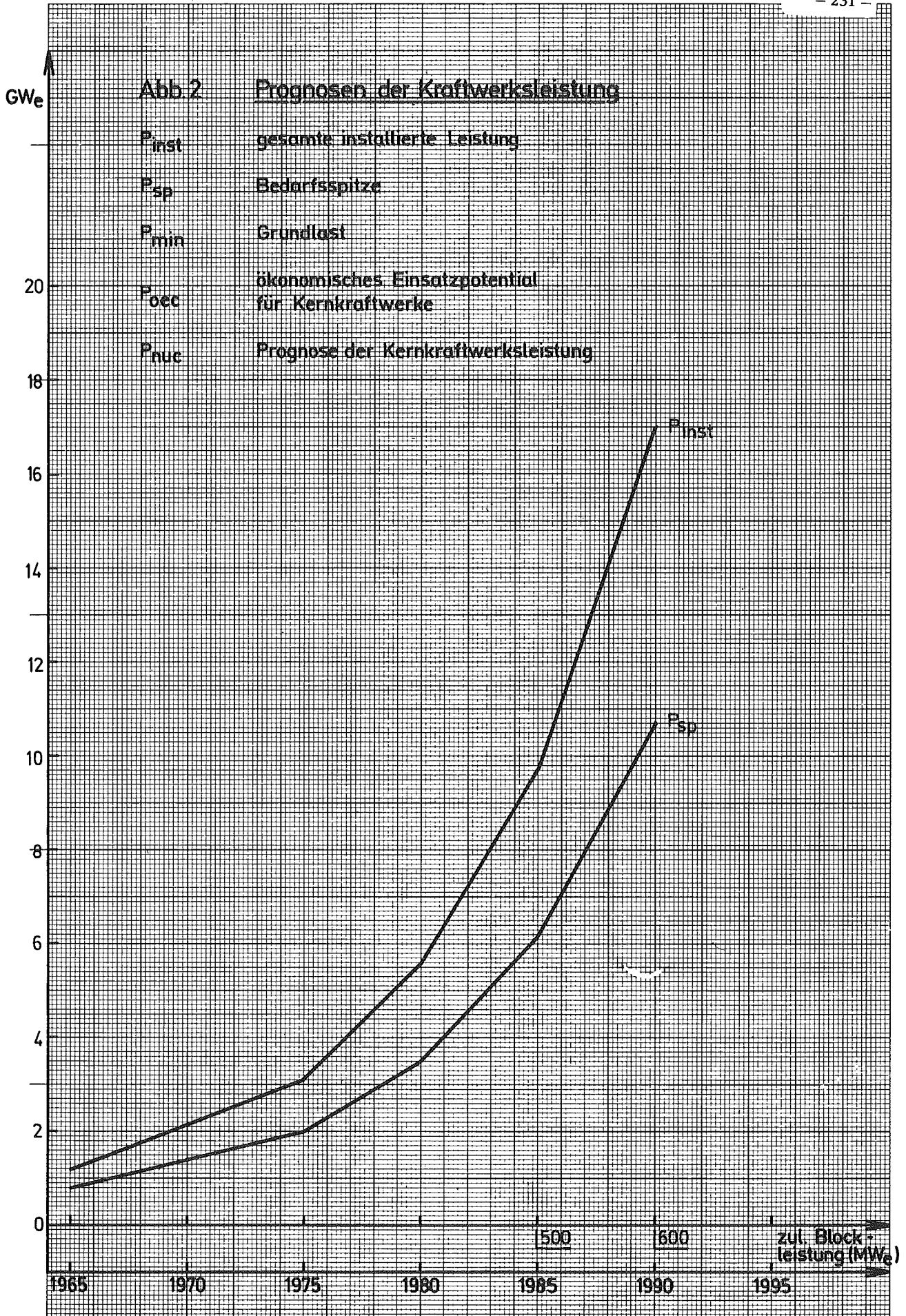
Konventionell: 0,8

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 36\$/t





S a m b i a

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 bei 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

0 GWe bei 36 \$ / t Öl

1,3 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	752 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	4,3		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (£ Z)	1,24 Mrd	295	1969	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 0,7142 £ Z)	1,74 Mrd	413	1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	2,32 Mio	0,54	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	0,67 Mio	0,16	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	0,7 Mrd	163	1969	100/70
Anteil am gesamten Energieverbrauch	ca. 10 %		1969	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	115		1967	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt	115			

1. Allgemeine Situation

Die Kohleförderung deckt den bisherigen Inlandsbedarf und erlaubt Exporte nach Zaire. (Förderung 1970: 623 000 t Steinkohle). Das Land ist reich an Kupfervorkommen und anderen Nichteisenmetallen. Sambia ist nach USA und UdSSR der drittgrößte Kupferproduzent der Welt.

2. Elektrizitätsversorgung

Der Kupferbergbau ist größter Abnehmer von elektrischer Energie. Bis 1971 wurden nur 20% der elektrischen Energie im Lande erzeugt; 70% des Elektrizitätsverbrauches lieferte das zusammen mit Rhodesien betriebene Kariba-Süd-Kraftwerk, ein Teil des Bedarfs kommt aus Katanga.

Mehrere Großkraftwerke werden die Versorgungslage verbessern und Sambia von ausländischen Elektrizitätslieferungen unabhängig machen: Das Wasserkraftwerk am Kafuedamm soll ab 1972 mit voller Leistung arbeiten, das Kariba-Nord-Kraftwerk soll 1975 fertig sein (geplante Leistung 600 MW). Die Überlandleitungen werden ausgebaut, die Versorgung ländlicher Gebiete soll verbessert werden.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 3,0% 1980: 2,8%	Ex-post: gut
BIP real zu Markt- preisen von 1967	Exp.-Funktion	9,1%	gut
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	5,6%	gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 90% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Wegen fehlender Erfahrung Sambias beim Bau von Wärmekraftwerken wurden relativ hohe Anlagekostenindices angesetzt. Die Ölkosten schätzen wir auf 36 \$/t (wegen des notwendigen Landtransportes). Angaben über Kohlekosten und Kosten weiterer Wasserkraftwerke fehlen.

Eine Vergleichsrechnung zwischen Öl- und Kernkraftwerken von 300 und 400 MWe ergibt niedrigere Kosten für Ölkraftwerke im gesamten Lastbereich bei einem Ölpreis von 36 \$/t. Erst bei der höheren Ölpreisprognose von 60 \$/t und einer Blockleistung von 400 MWe zeigt sich ein klarer Kostenvorteil für Kernkraftwerke im Grundlastbereich.

5. Schlußfolgerungen

In Sambia ist bei Zugrundelegen eines Ölpreises von 36 \$/t kein ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke vorhanden.

Dagegen berechnet man ein ökonomisches Einsatzpotential von 1,3 GWe für Kernkraftwerke, wenn ein Ölpreis von 60 \$/t angenommen wird.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd £ Z (1965)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	490			100/71				
1960	3,21									
1965	3,71	0,65	2,65	714	0,55	0,261				
1968		0,82								
1969	4,21		3,28	779	0,68	0,256(1967)				
1970	4,3									
1975	4,99	1,59	4,56	910	0,95	1,33	0,2	200		
1980	5,75	2,52	6,05	1050	1,25	1,75		250		
1985	6,59	3,98	8,01	1220	1,66	2,32		300		
1990	7,52	5,7	10,5	1400	2,18	3,05		400	1,3	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55

7: bis 1971 keine Leistungsreserve (nur ca. 20% des Elektrizitätsbedarfs im Lande erzeugt, ca. 80% importiert)

Reservefaktor 1,4 für Prognosewerte

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	300	726	87,1			97,3		13,9	
	400	639	76,7			86,7		12,4	
ÖL	300	319	38,3	90	54	128,6	92,3	18,37	13,1
	400	288	34,6	90	54	124,6	88,6	17,80	12,6

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,1

Konventionell: 1,0

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 36 \$/t

Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken

Blockleistung 400 MWe

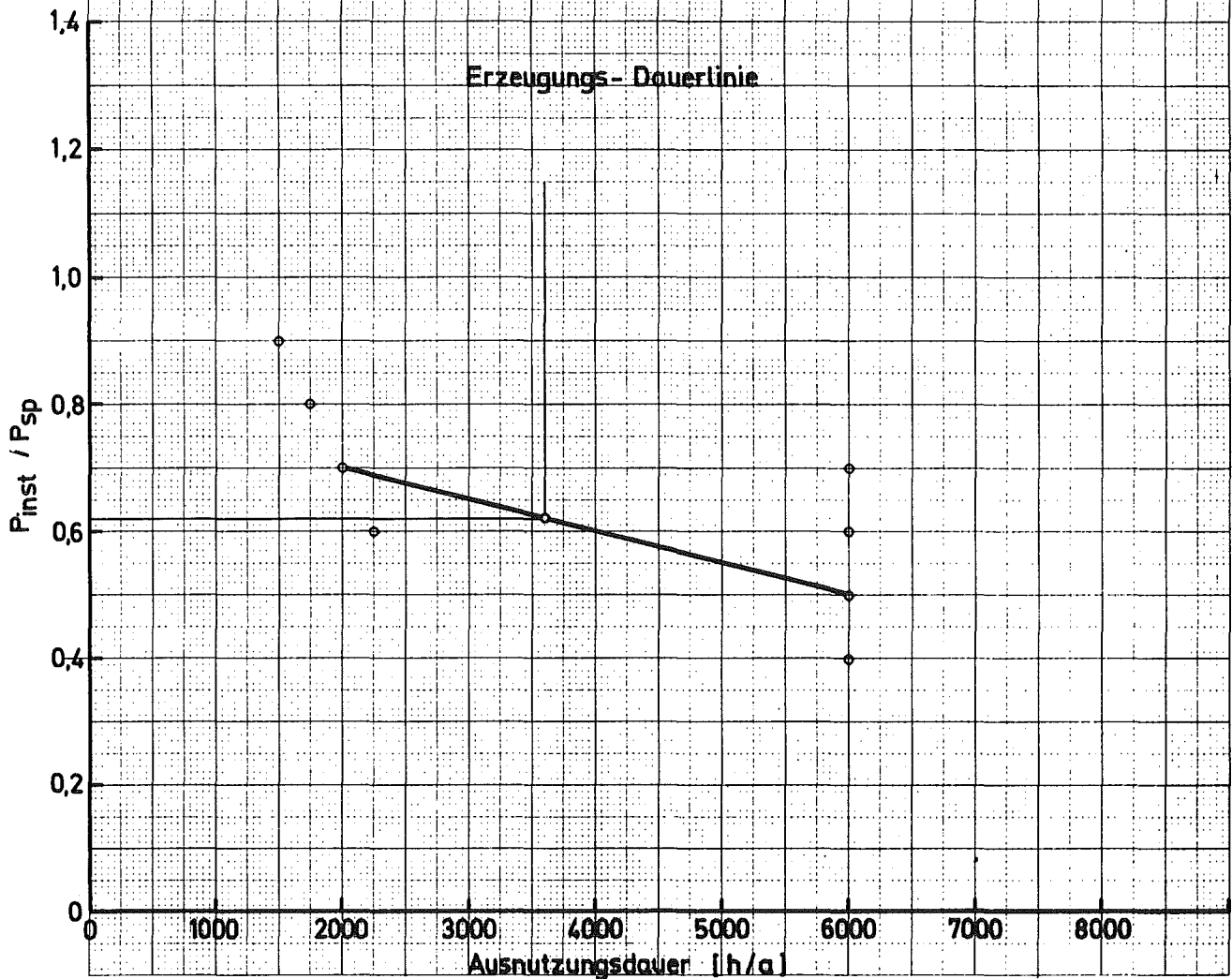
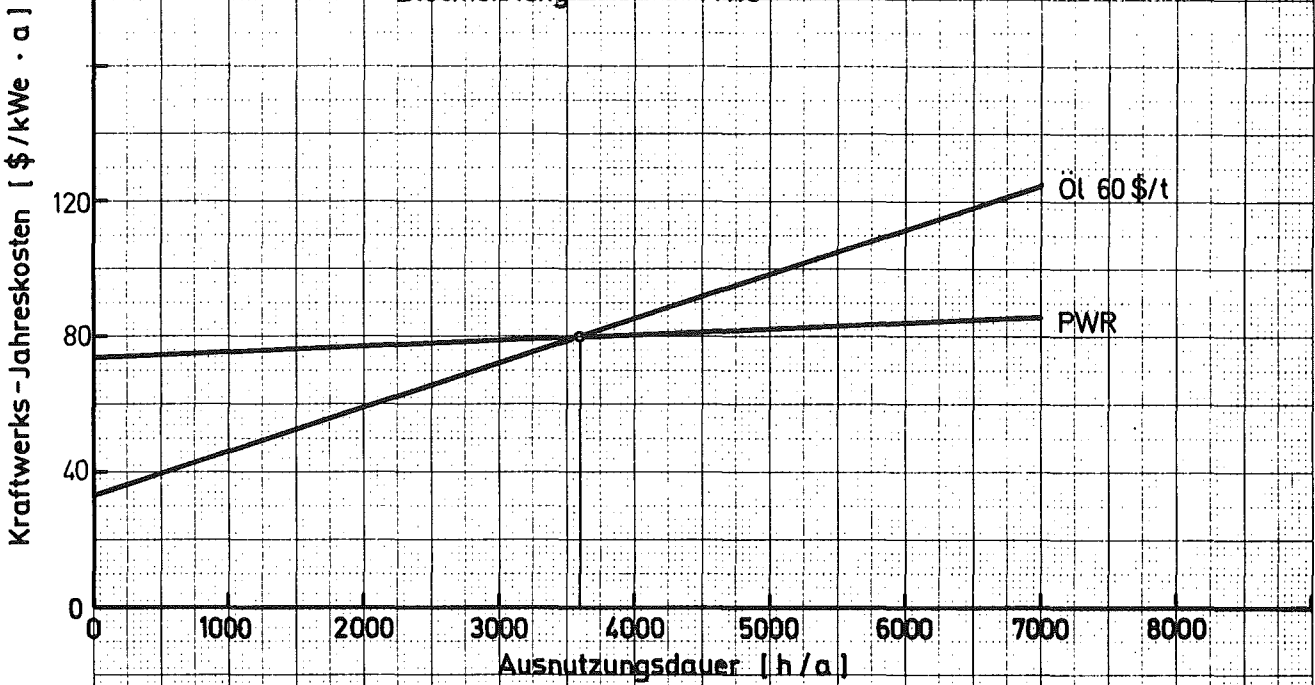
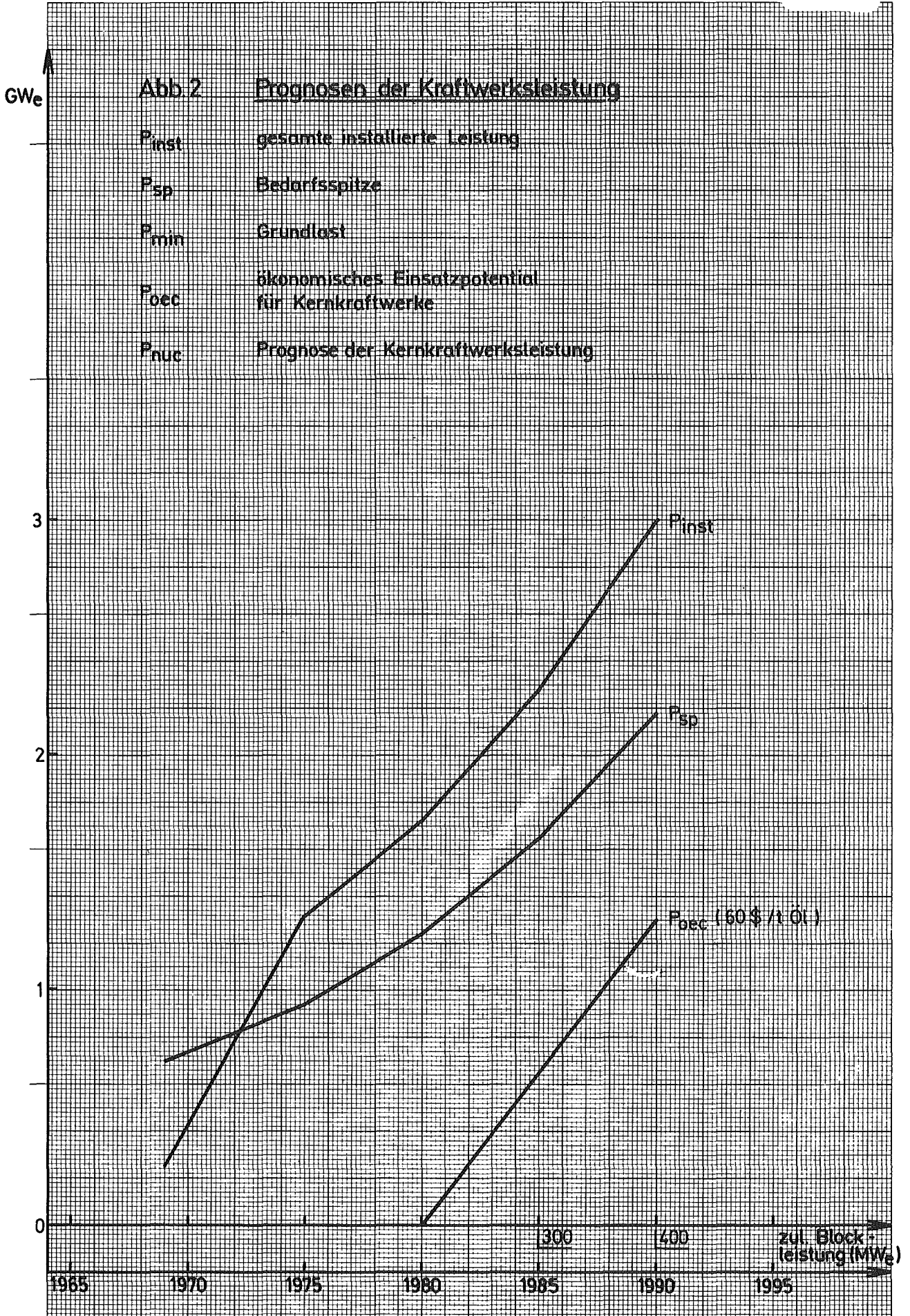


Abb 2 Prognosen der Kraftwerksleistung

- P_{inst} gesamte installierte Leistung
- P_{sp} Bedarfsspitze
- P_{min} Grundlast
- P_{oec} ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke
- P_{nuc} Prognose der Kernkraftwerkleistung



S ü d a f r i k a n i s c h e U n i o n

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1985

Einsatzpotential bis 1990: 2 GWe

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	1 222 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	20,1		1970	100/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (Rd)	12,4 Mrd	617	1970	100/71
in US-\$ (1 US-\$ = 0,715 Rd)	17,3 Mrd	861	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	63,3 Mio	3,15	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	54,7 Mio	2,72	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	48,7 Mrd	2400	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	ca 25 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	72 500 ¹⁾		1960	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt	72 500			

1) wirtschaftlich gewinnbare Reserven 10 Mrd t SKE

vgl. G.E.B. Tremeer und E.J. Maunders: Forecasting the Role of Nuclear Energy in South Africa
Genf 1971, P. 660

1. Allgemeine Situation

Südafrika besitzt billige Kohlereserven, die nahe an den großen Verbrauchszentren im Inneren des Landes liegen (Pretoria, Johannesburg). Es hat daher lange Zeit wenig Anreiz bestanden, andere Energiequellen als Kohle für die Elektrizitätserzeugung in Erwägung zu ziehen. Diese Situation ändert sich jedoch mit dem Anwachsen des Energiebedarfs der Küstenregionen, die weit entfernt von den Kohlerevieren liegen.

Die Uranvorkommen im Land werden geschätzt auf 202 000 t Uran der Preisklasse bis 10 \$/lb U_3O_8 , zusätzlich vermutlich 8 000 t, 62 000 t Uran der Preisklasse 10-15 \$/lb U_3O_8 , zusätzlich vermutlich 26 000 t.

Die Uranproduktion erreichte 1959/60 mit etwa 5 000 t einen Höhepunkt, sie betrug 1971 etwa 3 220 t/580/

2. Elektrizitätsversorgung

Bei der Energieversorgung auf der Basis einheimischer Kohle haben Untersuchungen ²⁾ ergeben, daß es vorteilhafter ist, aus der Kohle nahe den Gruben bei Johannesburg elektrischen Strom zu erzeugen und über Leitungen zu den bis über 1000 km entfernten Verbrauchszentren (z.B. Kapstadt, Durban, Port Elizabeth) zu leiten, als die Kohle zu diesen Zentren zu transportieren um sie dort zu verstromen.

Neben einem Ausbau der Wasserkräfte am Oranje wird seit 1968 auch die Einführung der Kernenergie untersucht. Während zunächst nur Natururanreaktoren dafür in Betracht gezogen wurden, werden seit 1970 ³⁾ auch Reaktoren mit angereichertem Brennstoff erwogen.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,3% 1980: 2,1%	Ex-Post: gut
BIP real zu Marktpreisen von 1963	Parabel	1970: 6,0% 1980: 5,1%	Ex-Post: gut
Elektrizitätsverbrauch	Parabel	1970: 8,1% 1980: 6,5%	sehr gut

4. Kostenrechnung

Ein Kostenvergleich für Kernkraftwerke von 800-1200 MWe und Kohlekraftwerke zeigt, daß für die Regionen Kapstadt und East-London Kernkraftwerke ab etwa 1000 MWe im Grundlastbereich günstiger arbeiten als Kohlekraftwerke. Für Kohlekraftwerke wurde dabei eine Blockgröße von 800 MWe (derzeitiger Stand der Technik) zum Vergleich herangezogen.

5. Weitere Kriterien

Südafrika verfolgt seit einigen Jahren die Entwicklung eines Verfahrens zu Herstellung von angereichertem Material. Obwohl über Einzelheiten strenges Stillschweigen gewahrt wird, ist anzunehmen, daß es sich um ein Trenndüsenverfahren handelt.

Eine erfolgreiche Entwicklung auf diesem Gebiet hätte sicher günstige Auswirkungen auf die Einführung der Kernenergie in diesem Land.

6. Schlußfolgerungen

Etwa ab 1985 können in den Regionen Kapstadt und East-London Kernkraftwerke wirtschaftlich eingesetzt werden. Der Zubaubedarf für diese Regionen wird auf ca. 2 GWe im Zeitraum 1985-1990 geschätzt, die ganz im Grundlastbereich eingesetzt werden können.

Wir schätzen daher das nukleare Einsatzpotential bis 1990 auf 2 GWe. Diese Schätzung ist unabhängig von evtl. weiteren Ölpreissteigerungen, da in Südafrika die Kernenergie hauptsächlich mit Kohle konkurriert.

- 2) E.J. Maunders, J.D. Roode, Weltenergiekonferenz 1971, paper 4.2-186
- 3) A Comparison of enriched and natural uranium power reactors
PELINDABA PEL-199, Sept. 1970.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd Rd (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe Prog. 1	GWe Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	100/71	160/70	490			100/70				
1960	15,9	5,6	16,0	1000						
1964						6,56				
1965	17,9	7,5	23,1	1290						
1968	19,2		28,9	1510	6,6	9,4				
1969	19,6	9,3								
1970	20,1									
1975	22,4	13,1	48,9	2200	11,1	15,5	0,06	600		
1980	25,0	16,9	68,1	2700	15,5	21,7	0,05	800		
1985	27,7	21,3	91,4	3300	20,8	29,3	0,05	1000		
1990	30,6	26,3	119	3900	27,1	38,0		1200		2,0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastspitze errechnet mit Lastfaktor 0,6 und einem um 20% höheren Elektrizitätsverbrauch als in Spalte 4 (Eigenverbrauch der Kohlezechen ist in Spalte 4 nicht enthalten)

7: Reservefaktor 1,4

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		Lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	800	332	39,8	9,3		49,1		7,0	
	1000	308	36,94	8,96		45,9		6,55	
	1200	293	35,2	8,96		44,16		6,3	
KOHLE	800		20,8	Kapstadt:	27,7	48,5		6,9	
	800	173	20,8	East Lond.:	24,2	45,0		6,4	
	800	173	20,8	Durban:	20,1	40,9		5,8	

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,75

Konventionell: 0,65

4 : Annuitätsfaktor 12%

Tab. 4

Kohlestromkosten in verschiedenen Regionen Südafrikas ¹⁾

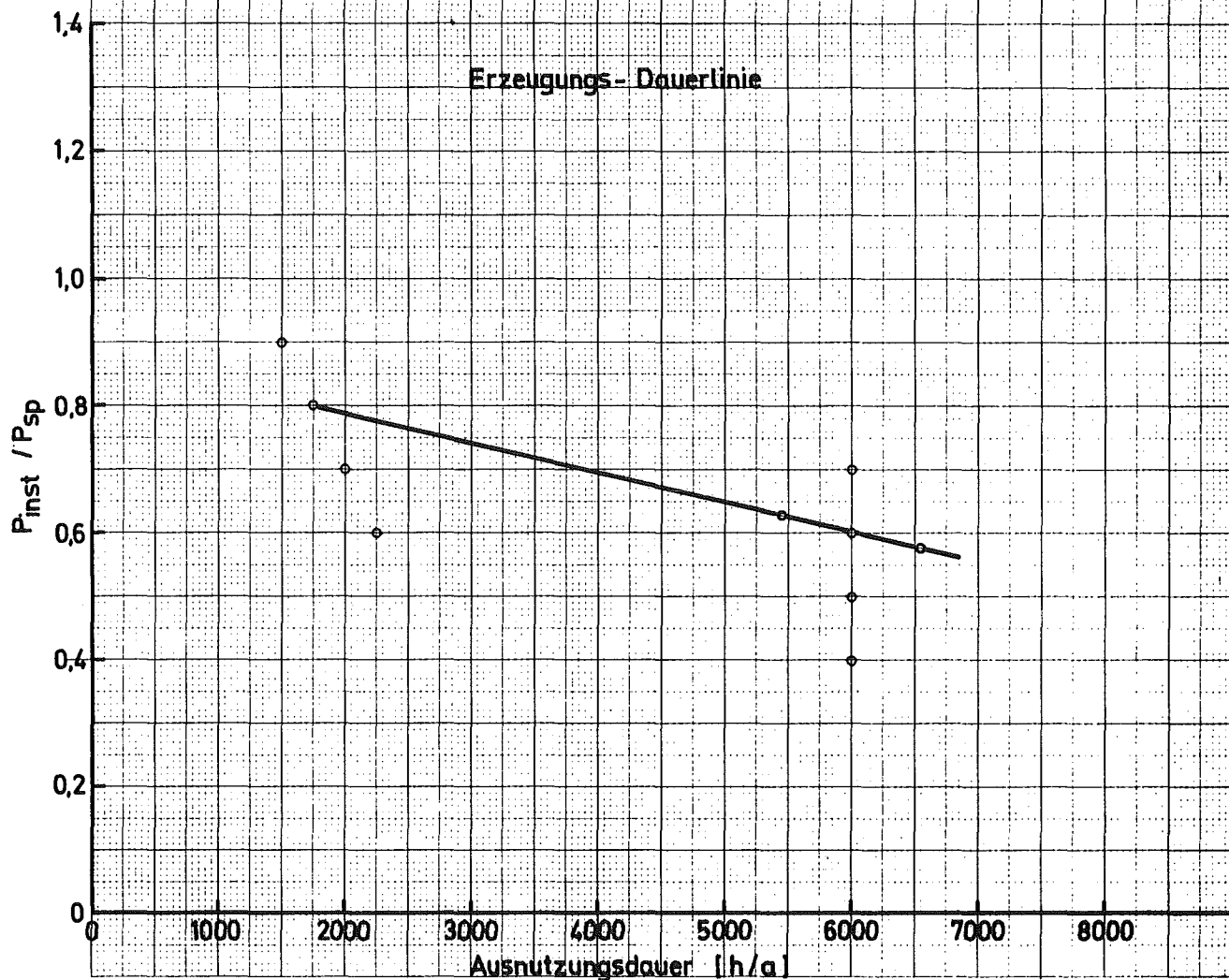
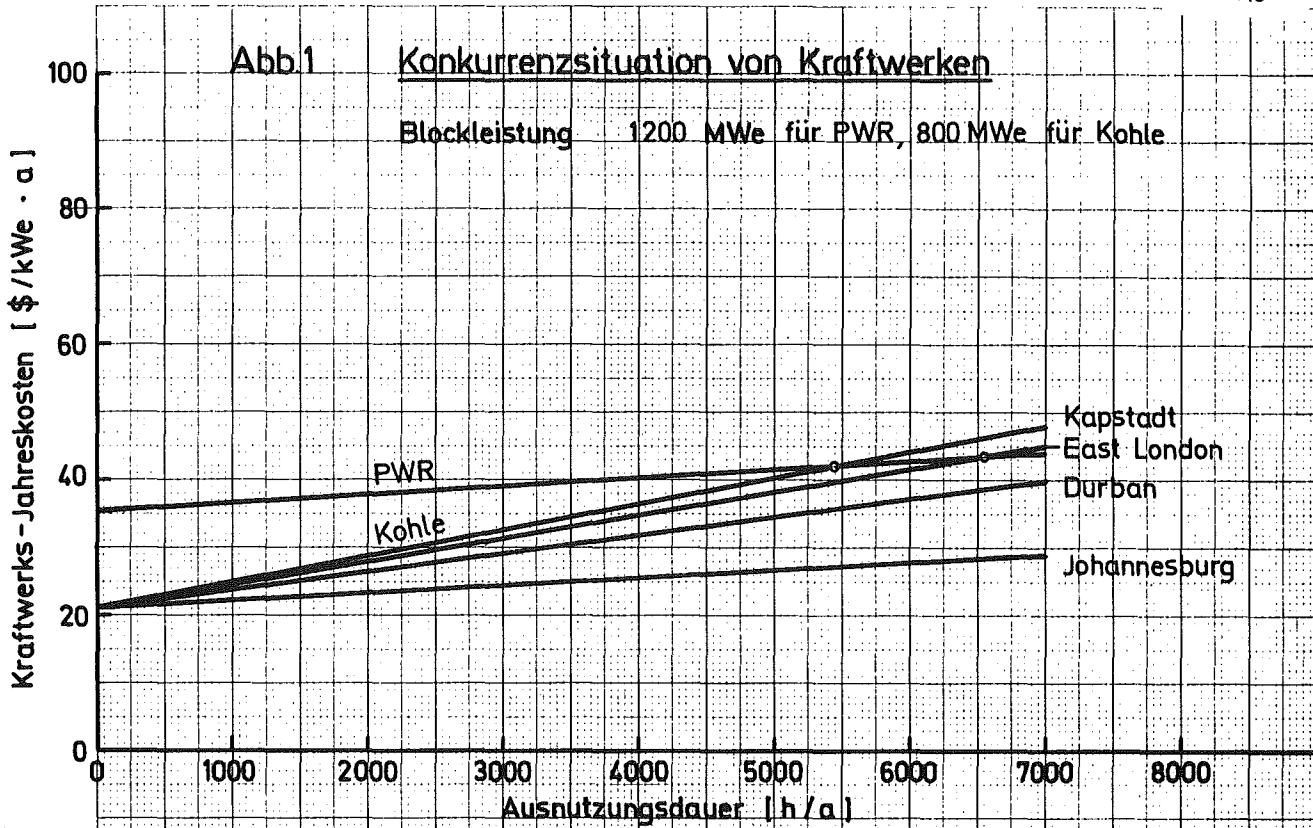
Region	10^{-3} Rand/kWh	Kohlestromkosten U.S. mills/kWh ²⁾	\$/kWe.a ³⁾	Prognose für 1990 P. inst GWe
Johannesburg ⁴⁾	1,5	2,14	15	23
Durban	2,01	2,87	20,1	7
East London	2,42	3,46	24,2	2,5
Kapstadt	2,76	3,95	27,7	4
Bloemfontein	1,02	1,46	10,5	1
				<hr/> 37,5

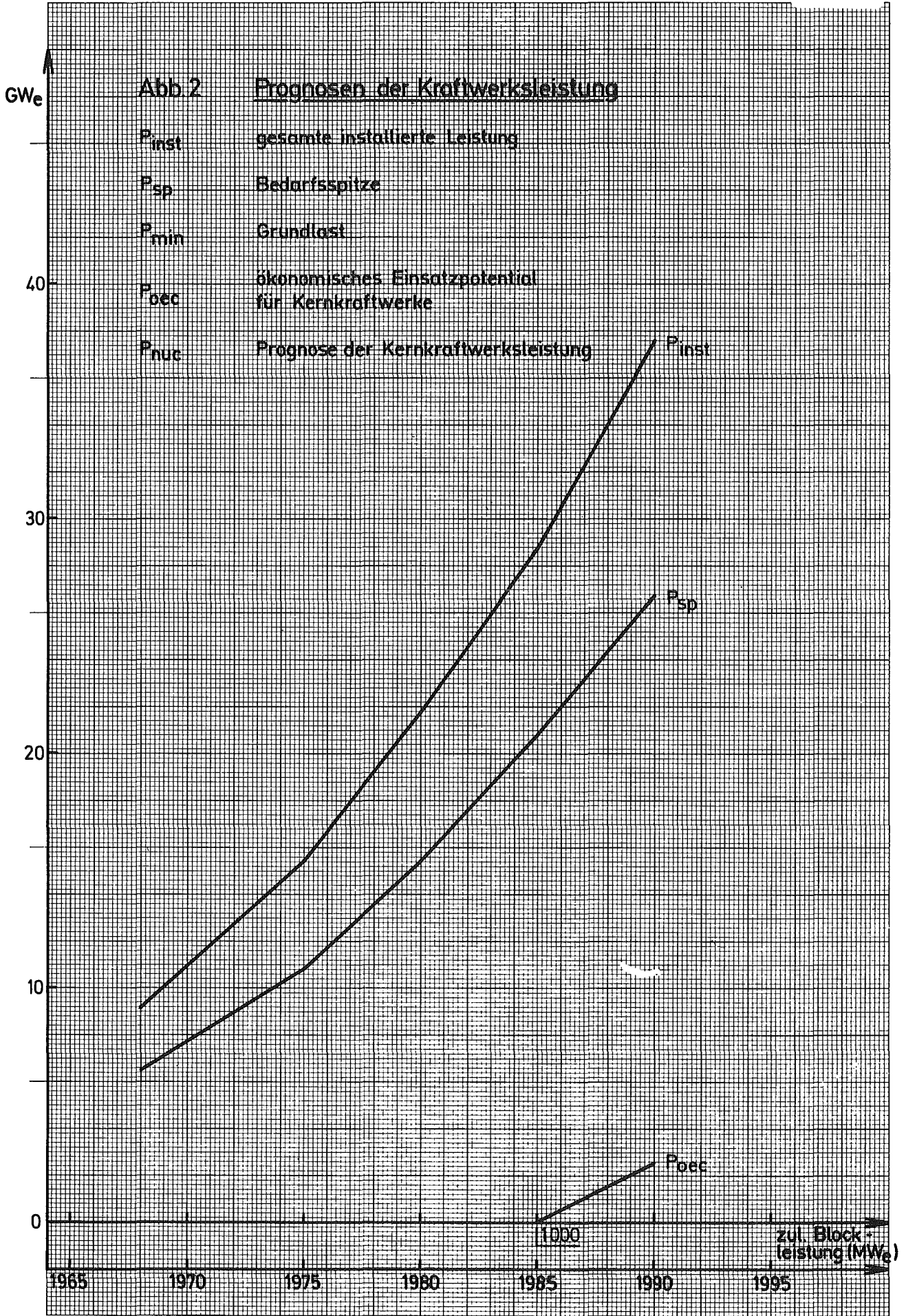
1) Brennstoffkosten + Übertragungskosten nach G.E.B. Tremeer und E.J. Maunders: Forecasting the Role of Nuclear Energy in South Africa, Genf 1971

2) Wechselkurs 1 US \$ = 0,7 Rand

3) für 7000 h/a

4) E.J. Maunders, persönliche Mitteilung, 1974





Z a i r e (Demokratische Republik Kongo)

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der
Kernenergie ab: _____

Einsatzpotential bis 1990: 0

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	2 340 000		<u>Jahr</u>	<u>Quelle</u>
<u>Bevölkerung in Mio</u>	17,4		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (Z)	720 Mio	43,0	1968	490
in US-\$ (1 US-\$ = 0,5 Z)	1,440 Mrd	86,0	1968	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	1,57 Mio	0,09	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	0,47 Mio	0,03	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	3,19 Mrd	180	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	30 %		1969	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	1 000		1970	310/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	} vorhanden, Mengen unbekannt			
Erdgas				
gesamt				

Zaire - 2

1. Allgemeine Situation

Die Entwicklung des Landes stagnierte wegen innenpolitischer Kriege 1959-1967. Zaire besitzt viele Bodenschätze, deren Größe z.T. noch unbekannt ist. Aus Rhodesien wird Kohle zur Verhüttung in das Industriegebiet von Katanga eingeführt.

Die Uranvorkommen im Land werden geschätzt auf 1 800 t Uran, zusätzlich vermutlich 1 700 t. Die Abbaukosten sind nicht bekannt/580/.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung und der Kapazitätsausbau stagnierten 1958-67. Die vorhandenen Kraftwerke können den Bedarf z.Z. nicht decken. 75% der Elektroenergie werden vom Bergbau und von metallurgischen Werken verbraucht.

Die Elektrizitätserzeugung basiert überwiegend auf Wasserkraft, deren gesamtes Potential auf 500 TWh/a geschätzt wird. (Zum Vergleich: 1968 wurden 2,86 TWh erzeugt).

Zwischen Kinshasa und der Küste wird bei den Inga-Fällen ein großes Wasserkraftwerk gebaut (1. Ausbaustufe 6 x 50 MWe).

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,1% 1980: 1,9%	Ex-Post: recht gut
Elektrizitätsverbrauch	Exp.-Funktion	3,9%	gut

Sollte sich das Land planmäßig von den Kriegsfolgen erholen, so ist auf Grund seines Reichtums an Bodenschätzen und nutzbaren Wasserkraften mit einer weit schnelleren Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs zu rechnen.

4. Schlußfolgerungen

Die auf ein Potential von 500 TWh/a geschätzten Wasserkraftreserven können den prognostizierten Elektroenergiebedarf des Landes bis über das Jahr 2000 hinaus decken. Aus diesem Grunde und wegen der zu geringen zulässigen Blockleistungen kommt ein wirtschaftlicher Einsatz von Kernkraftwerken bis 1990 nicht in Frage.

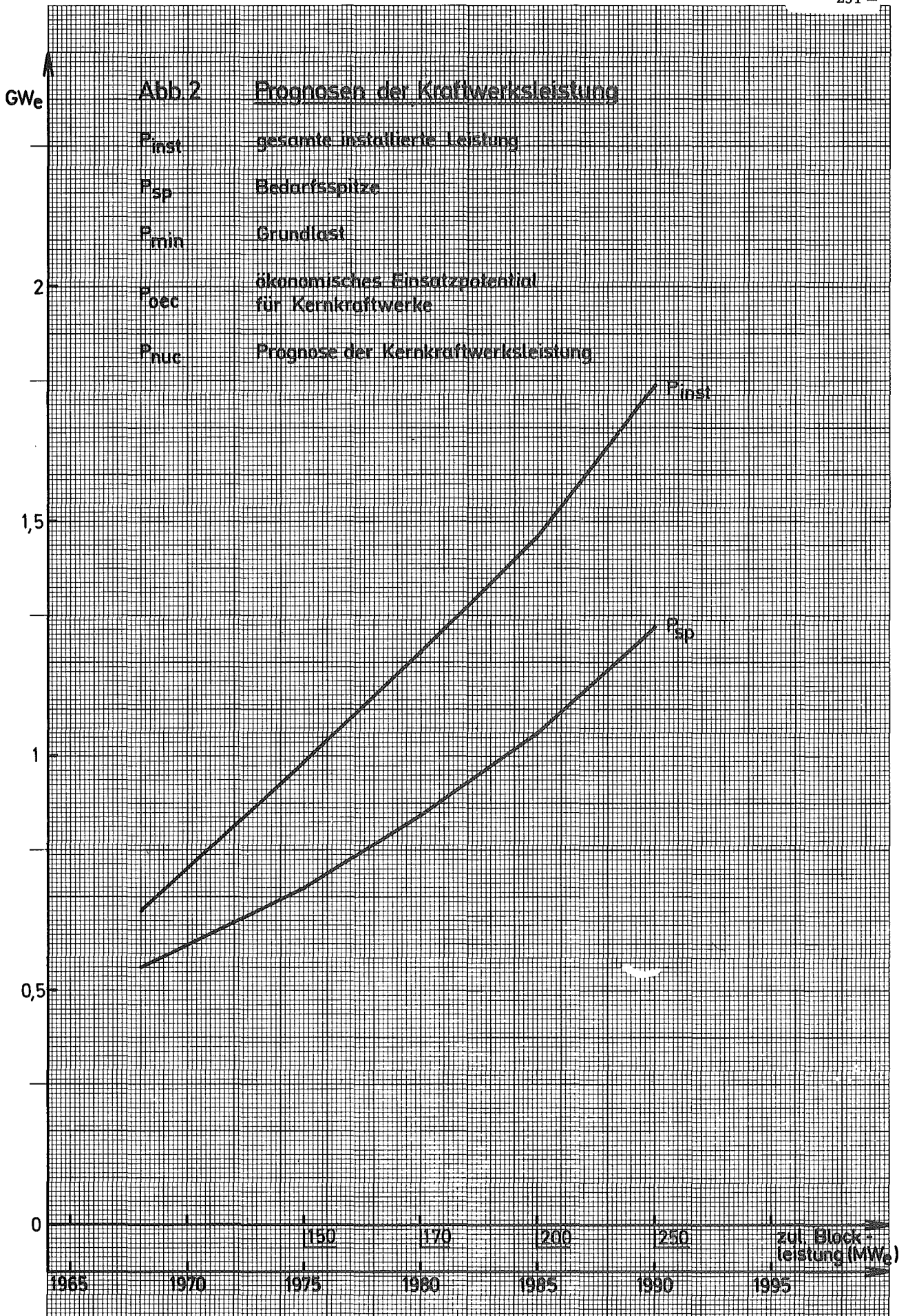
Tabelle 2 : P r o g n o s e n

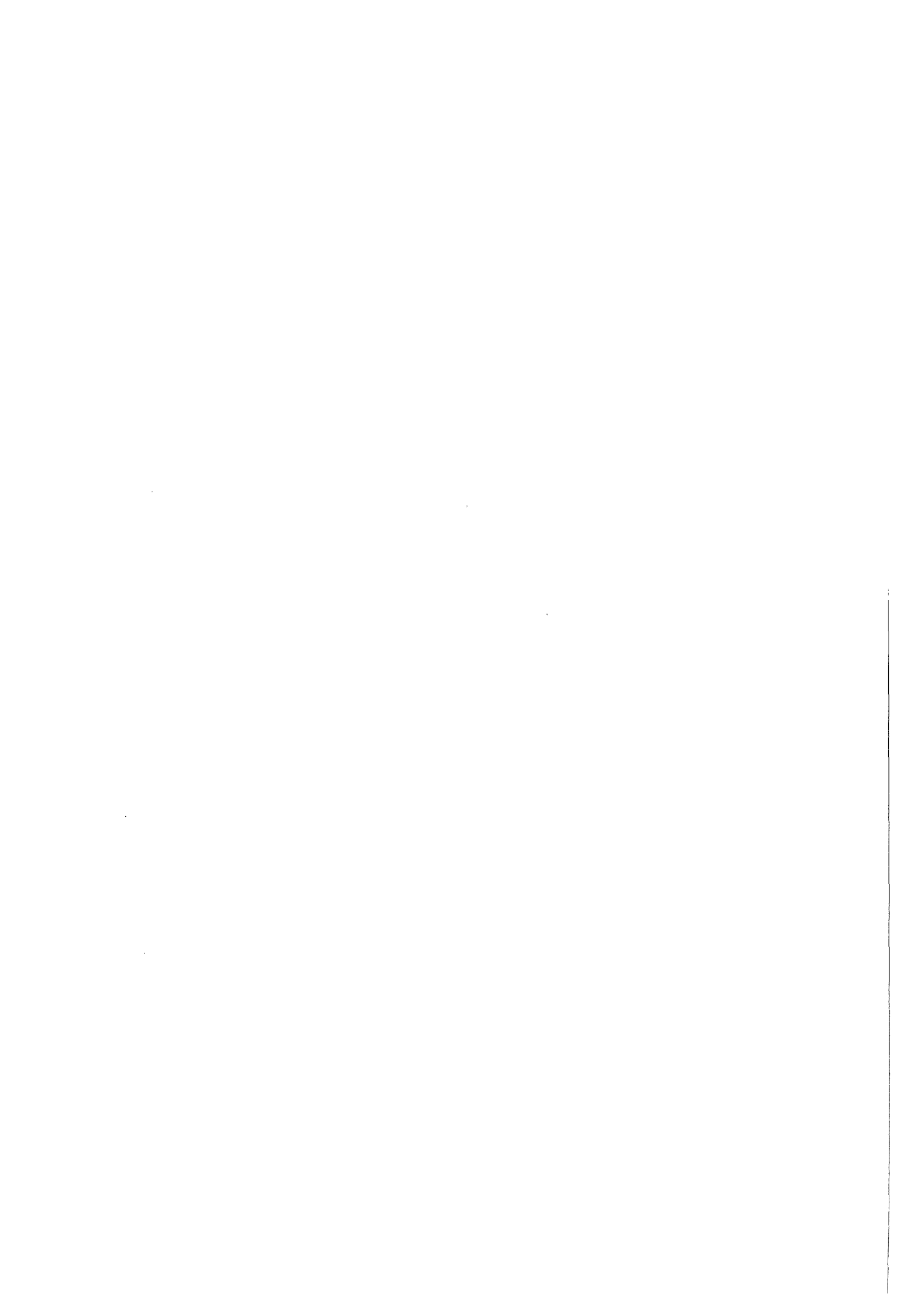
Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
					Prog. 1	Prog. 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70		490			310/70				
1960	14,14		1,89	131						
1965	15,63		2,41	154						
1968			2,7		0,56	0,675				
1969	17,0		2,81	165						
1970	17,4									
1975	19,3		3,48	180	0,72	1,0	0,2	150		
1980	21,2		4,23	200	0,88	1,23	0,2	170		
1985	23,3		5,14	221	1,06	1,48	0,2	200		
1990	25,5		6,24	245	1,29	1,81	0,2	250	0	

Anmerkungen:

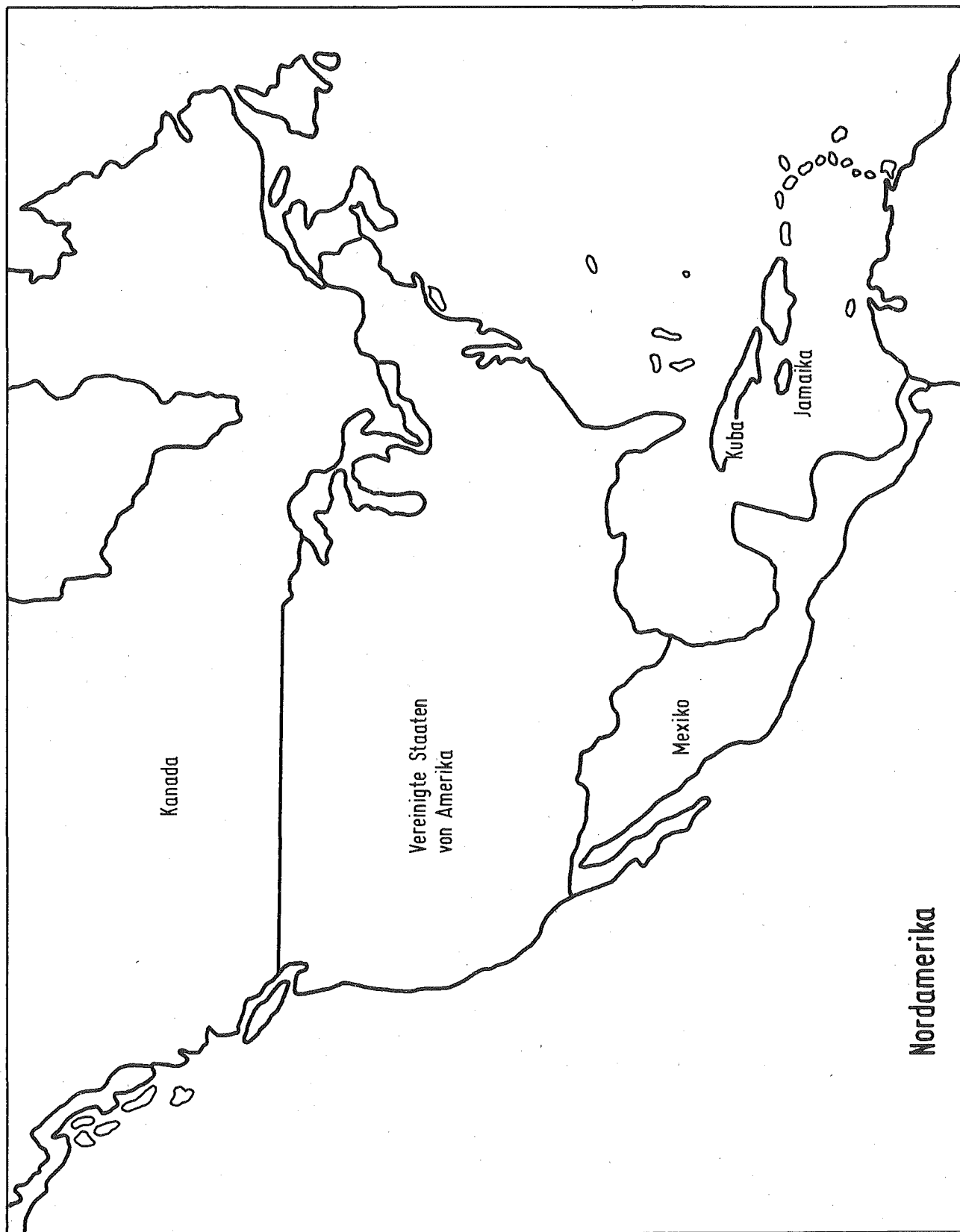
Spalte 6: Lastfaktor 0,55

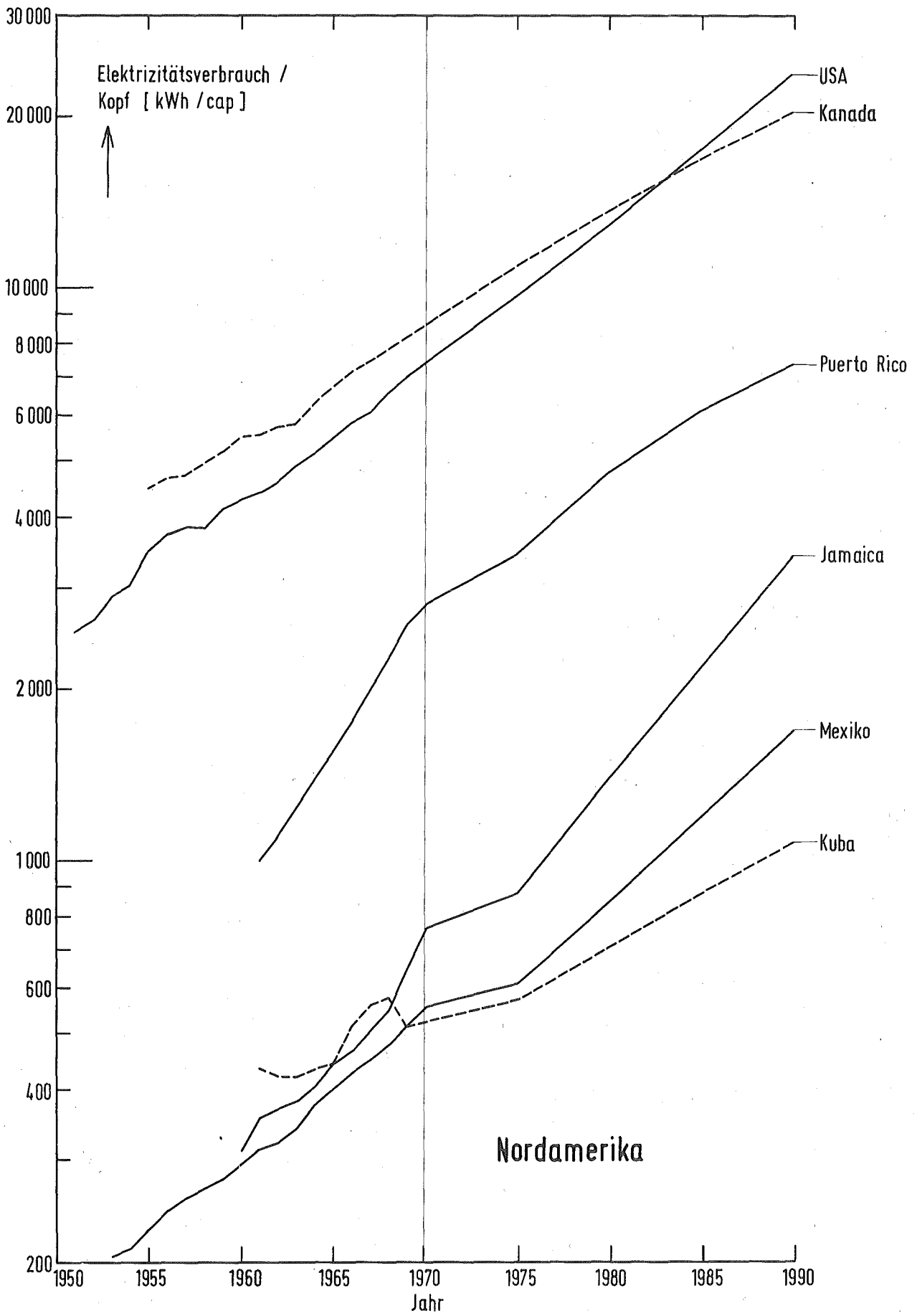
7: Reservefaktor 1,2 in 1968, 1,4 für Prognosewerte





3. Nordamerika





Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>NORDAMERIKA:</u>								
Jamaica	1,2	3,6	11	2	0,6	1,2	0	0
Kanada	190	335	545	47	47	47	12	6136
Kuba	3,6	7,4	13,6	1,9	1,1	1,8	0	0
Mexiko	22,9	60,5	161,6	26,9	20	25	1	600
Puerto Rico	6,4	17,5	35	4,7	4,4	4,6	1	600
Vereinigte Staaten von Amerika	1540	2950	5780	550	550		187	174194
Summe:	1750	3370	6550	630	620	630	201	181 530

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

J a m a i c a

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1988 bei 34 \$ / t Öl
1985 bei 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

0,6 GWe bei 34 \$ / t Öl
1,2 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	11 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	2,0		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Faktorkosten)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (J \$)	0,927 Mrd	475	1969	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 0,83 J \$)	1,11 Mrd	570	1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	2,27 Mio	1,140	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	0,01 Mio	0,005	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	1,55 Mrd	770	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	20 %		1969	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0		}	450
Braunkohle	0			
Erdöl	0			
Erdgas	0			
gesamt	0			

1. Allgemeine Situation

Landwirtschaft, Bauxitabbau, Aluminiumverhüttung und Fremdenverkehr sind die wichtigsten Zweige der Volkswirtschaft. Fossile Energieträger fehlen, Wasserkräfte sind nur in geringem Umfang vorhanden.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätsversorgung erfolgt überwiegend durch Ölkraftwerke. Etwa 40% der Kraftwerke sind industrielle Anlagen zur Versorgung der Zuckerfabriken, Aluminium- und Zementwerke.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,5% 1980: 2,5%	Ex-Post: sehr gut
BIP real zu Faktor - kosten von 1960	Exp.-Funktion	4,7%	gut
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	11,3%	recht gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen. Unsere Prognose des Elektrizitätsverbrauchs führt zu etwas niedrigeren Werten als eine vom Land selbst erstellte Prognose vgl. /450/.

Eine Prognose der IAEA /450/ ergibt für 1990 nur knapp 80% des von uns prognostizierten Elektrizitätsverbrauchs.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt bereits mit einem Ölpreis von 34 \$/t bei Blockleistungen ab 300 MWe einen Kostenvorteil für Kernkraftwerke im Grundlastbereich.

5. Weitere Kriterien

Jamaica ist bestrebt, seine Energieversorgung zu diversifizieren, um die Abhängigkeit von Ölimporten zu mildern. Auch Umweltaspekte

spielen bei Entscheidungen über neue Kraftwerke eine Rolle. Um die Nordküste für den Tourismus attraktiv zu erhalten, dürfen dort keine Kraftwerke gebaut werden.

6. Schlußfolgerungen

Ab Erreichen einer für das Verbundnetz zulässigen Blockleistung von 300 MWe kommt für Jamaica der Einsatz von Kernkraftwerken im Grundlastbereich schon bei einem Ölpreis von 34 \$/t in Frage.

Nach unserer Prognose ist dies etwa ab 1988 der Fall. Wir schätzen das nukleare Einsatzpotential bei einem Ölpreis von 34 \$/t auf ca. 0,6 GWe bis 1990. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t sind Kernkraftwerke bereits ab 1985 wirtschaftlich konkurrenzfähig. In diesem Fall ergibt sich ein nukleares Einsatzpotential von 1,2 GWe.

Die IAEA Market Survey /450/ schätzt das nukleare Einsatzpotential zu 0 bzw. 0,2 GWe je nach dem zugrundegelegten Ölpreis (von 18 \$/t 1973 zuzüglich 2% bzw. 4% Steigerung pro Jahr).

Legt man eine Energieverbrauchsprognose der Jamaica Public Service Company zugrunde so errechnet die IAEA/450/ 0,3 bzw. 0,7 GWe als nukleares Einsatzpotential entsprechend den Annahmen über die Ölpreisentwicklung.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd J \$ (1960)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	100/71			100/70				
1960	1,63	0,43	0,41	252		0,145				
1965	1,79	0,54	0,64	358		0,206				
19 68	1,91	0,61	0,85	445	0,15	0,257				
19 70	2,0		1,24	620						
1975	2,25	0,85	2,0	889	0,35	0,52	0,2	70		
1980	2,53	1,07	3,6	1420	0,63	0,95	0,2	120		
1985	2,86	1,35	6,3	2200	1,1	1,65	0,2	200		
1990	3,22	1,7	11,0	3420	1,93	2,9	0,2	400	1,2	0,6

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,65 in 1968, 1,5 für Prognosewerte

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	200		82,6		10,37		92,9		13,3
	300		68,3		10,1		78,4		11,2
	400		60,1		10,0		70,1		10,0
ÖL	200	273	32,8	90	51	122,8	83,8	17,5	12,0
	300	239	28,7	90	51	118,7	79,7	16,9	11,4
	400	216	26,0	90	51	116	77,0	16,5	11,0

Anmerkungen

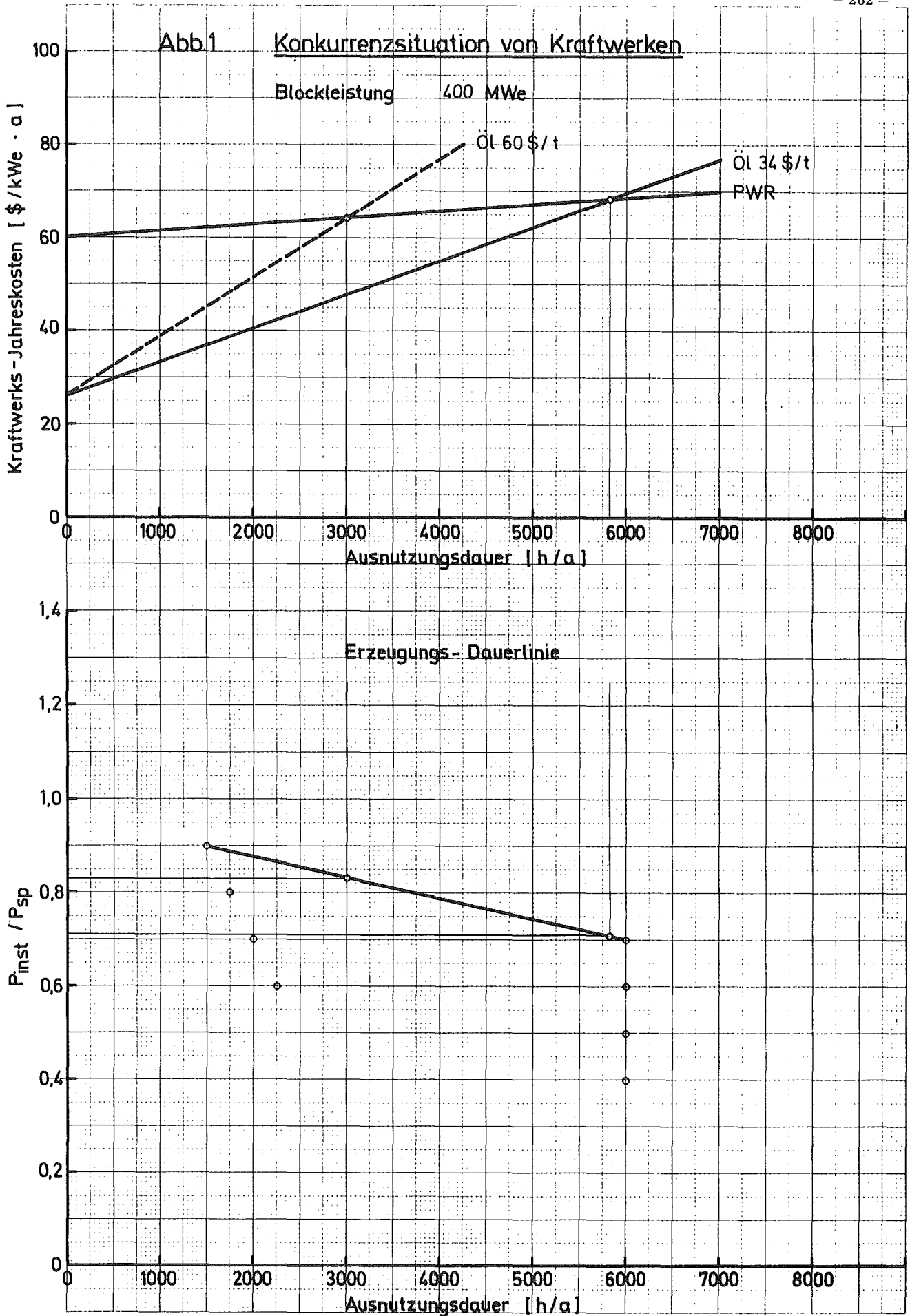
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,85

Konventionell: 0,75

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

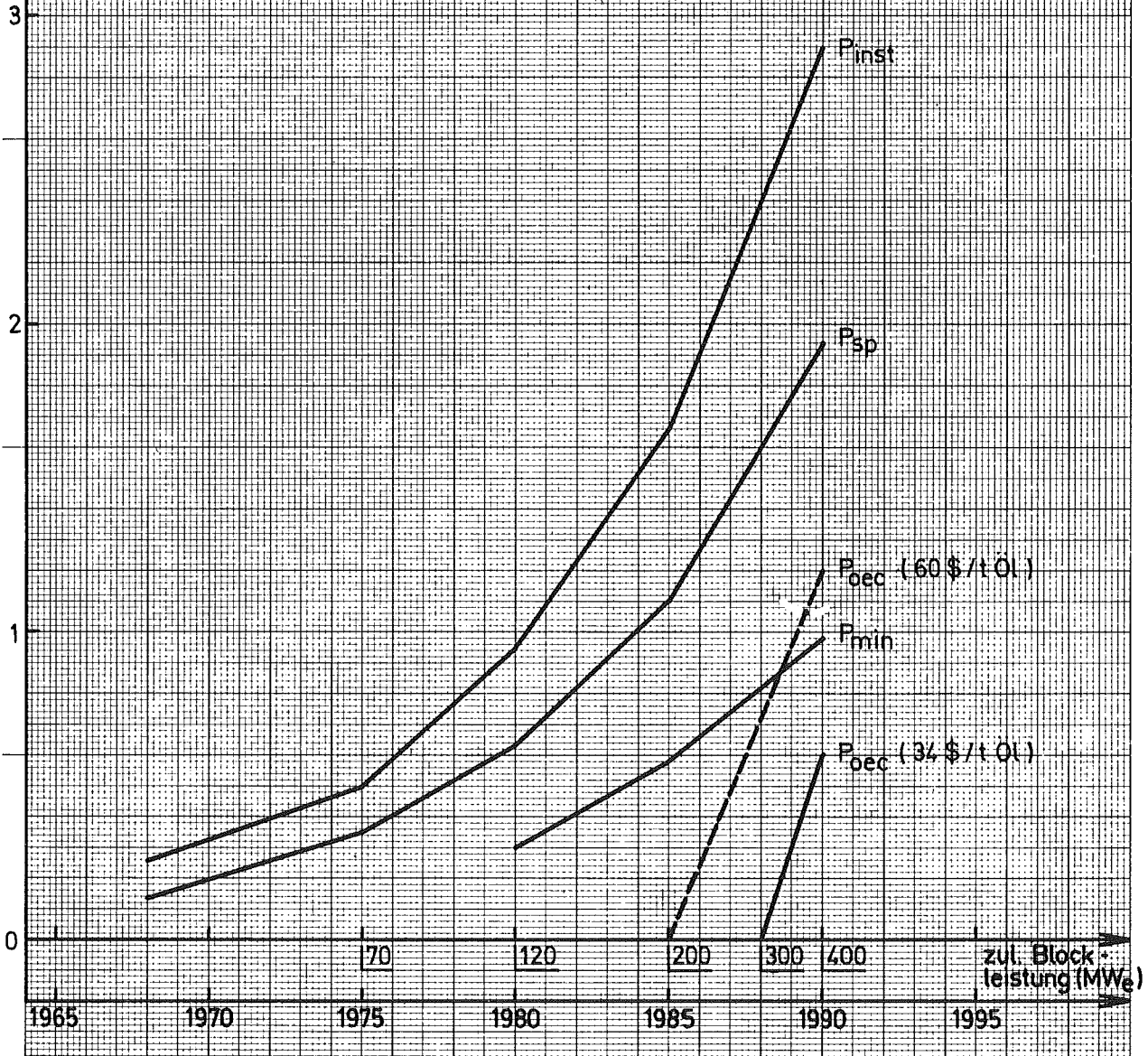
6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t



GWe

Abb 2 Prognosen der Kraftwerksleistung

- P_{inst} gesamte installierte Leistung
- P_{sp} Bedarfsspitze
- P_{min} Grundlast
- P_{oec} ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke
- P_{nuc} Prognose der Kernkraftwerksleistung



K a n a d a

Erstes Kernkraftwerk: Douglas Point 208 MWe CANDU (AECL) Inbetriebnahme 1968

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1976 bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: 53 GWe bei 34 \$ / t und 60 \$ / t

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	9,976 Mio		<u>Jahr</u>	<u>Quelle</u>
<u>Bevölkerung in Mio</u>	21,41		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (kan \$)	85,1 Mrd	3970	1970	210/70
in US-\$	78,7 Mrd	3680		
(1 US-\$ = 1,08 kan \$)			1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	194 Mio	9060	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	206 Mio	9620	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	173 Mrd	8200	1969	200/69
Anteil am gesamten Energieverbrauch	19 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	61 000		1966	100/70
Braunkohle	7 200		1960	100/70
Erdöl	1 950		1970	530/70
Erdgas	1 245		1970	530/70
gesamt	71 400			

1. Allgemeine Situation

Kanada ist reich an Bodenschätzen, große Erdöl- und Erdgaslager sind im Küstengebiet entdeckt worden. Im Jahre 1969 betragen die Förderungen von

Steinkohle	7,85 Mio t
Braunkohle	1,91 Mio t
Erdöl	55,5 Mio t
Erdgas	62,4 Mrd m ³

Nach/580/ betragen die Uranvorkommen in der Preiskategorie unter 10 \$/lb U₃O₈ etwa 185 000 t an sicheren und zusätzlich 190 000 t an geschätzten Reserven. Für die teurere Preisklasse 10-15 US \$/lb U₃O₈ sind die entsprechenden Zahlen 122 000 t und 219 000 t.

2. Elektrizitätsversorgung

In den letzten Jahren stieg der Elektrizitätsverbrauch jährlich um über 7%.

Etwa 60% des Verbrauchs entfallen auf die Industrie. Rund 80% der elektrischen Energie werden in Wasserkraftwerken erzeugt. In zunehmendem Maß werden Wärmekraftwerke gebaut.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 1,6% 1980: 1,1%	gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 5,4% 1980: 4,8%	mäßig
Elektrizitätsverbrauch	Parabel	1970: 6,8% 1980: 5,6%	gut

4. Kostenrechnung

Bei einer Blockleistung von 1200 MW fällt im Grundlastbereich der Kostenvergleich stets zugunsten der Kernenergie aus: Bei einem Ölpreis von 34 \$ / t können Kernkraftwerke ab einer Ausnutzungsdauer von 3500 h/a, bei einem Ölpreis von 60 \$ / t ab 2000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden.

5. Weitere Kriterien

Kanada verfolgt seit vielen Jahren konsequent ein Entwicklungsprogramm für Kernenergienutzung. Dabei wird der Natururanreaktor (CANDU-Typ) favorisiert, der eine weitgehende Unabhängigkeit von US-Anreicherungs- und Wiederaufarbeitungsanlagen ermöglicht. Da Schwerwasser in größerer Menge auf dem Weltmarkt nicht erhältlich ist, baut Kanada eigene Schwerwasserfabriken zur eigenen Versorgung und um die Exportchancen des CANDU-Reaktors zu stützen.

Bis jetzt (Ende 1973) konnten CANDU-Reaktoren nach Argentinien, Indien und Pakistan exportiert werden.

6. Schlußfolgerungen

Bis 1990 ist mit einem nuklearen Einsatzpotential von 53 GWe zu rechnen, wobei lediglich CANDU-Reaktoren zum Einsatz kommen werden. Aufgrund der anderen Kostenstruktur im Vergleich zu LWR ist der Kostenvergleich (Tabelle 3) nicht voll aussagekräftig. Von kanadischer Seite werden allerdings für den CANDU-Typ Stromerzeugungskosten genannt, die mit PWR-Anlagen gut konkurrieren können.

Das nukleare Einsatzpotential ist unabhängig von einem weiteren Anstieg des Ölpreises.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd kan.\$ (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential		
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Quelle	120/71	210/70	200/69			100/71					
1960	17,9	38,3	99	5530							
1965	19,6	52,5	131	6680	22,98	29,29					
1969	21,1	63,7	173	8200	30,35	39,5					
1970	21,4	65,7									
1975	23,0	86,8	252	10960	44,21	56,1					
1980	24,4	110	335	13730	58,77	74,6		1200	6	6	
1985	25,6	138	433	16900	75,96	96,5					
1990	26,7	169	545	20400	95,61	121,4			53	53	

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,27

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	1200		46	8,96		54,96		7,85	
ÖL	1200		25,8	90	52,5	115,8	78,3	16,5	11,18
	1000		26,9			116,9	79,4	16,7	11,34

Anmerkungen

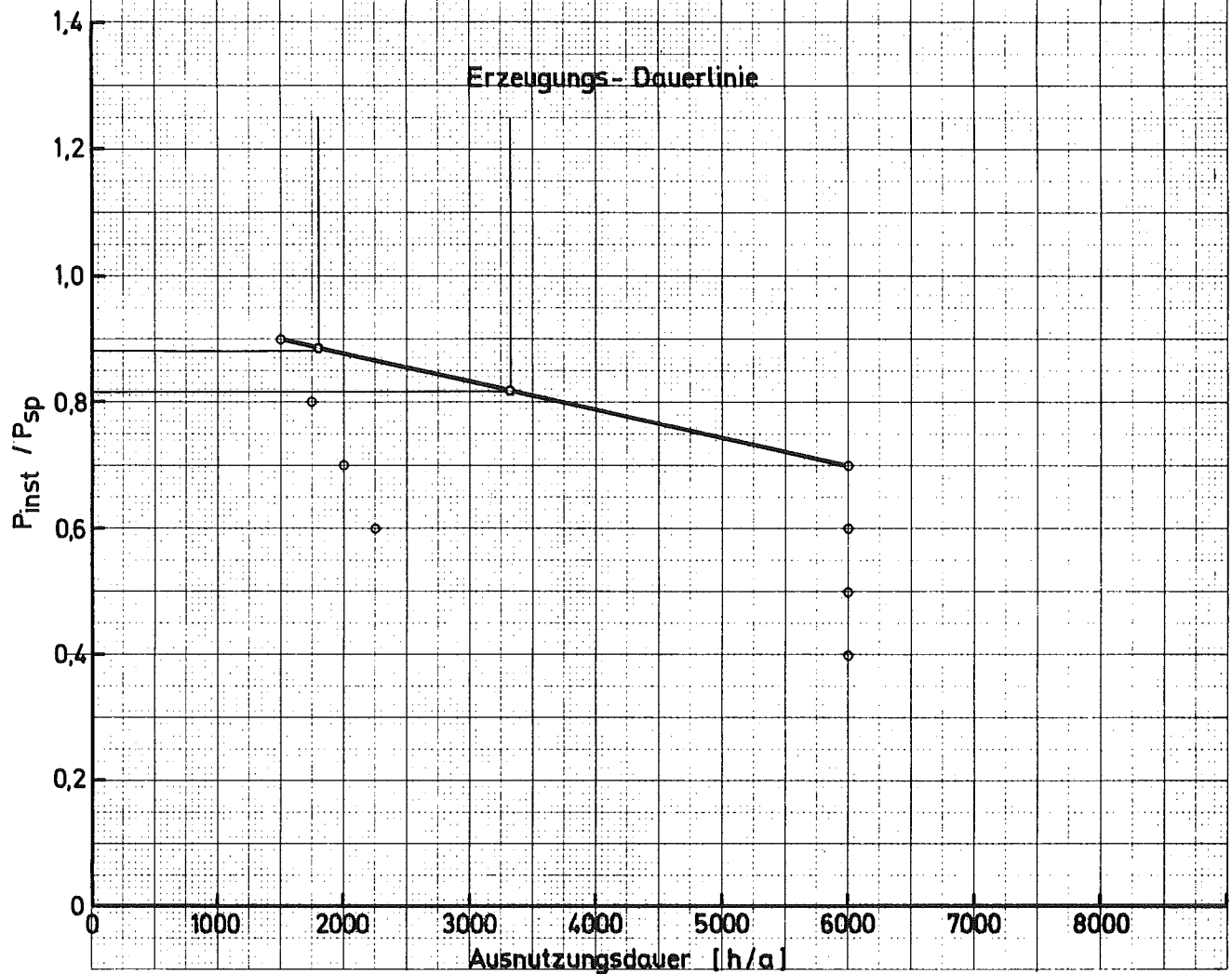
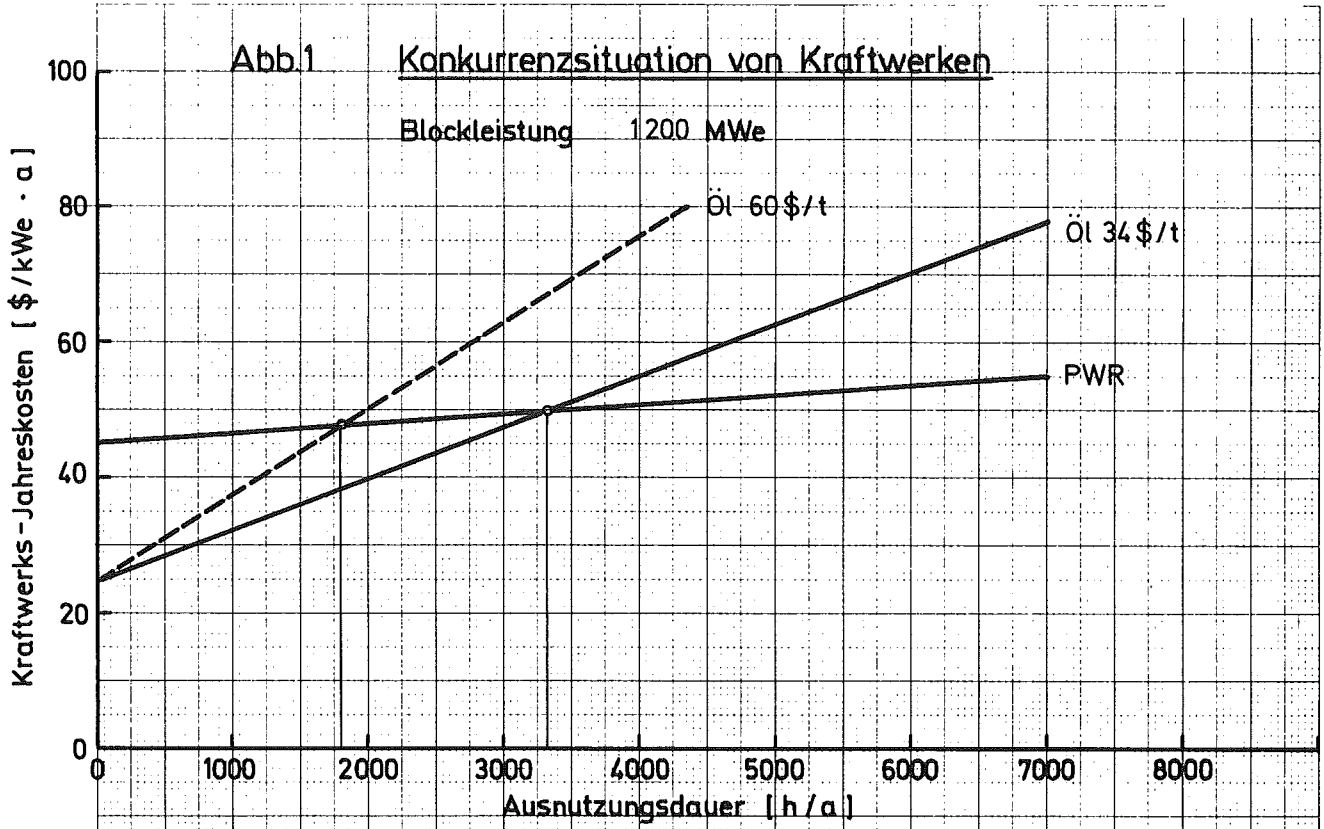
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

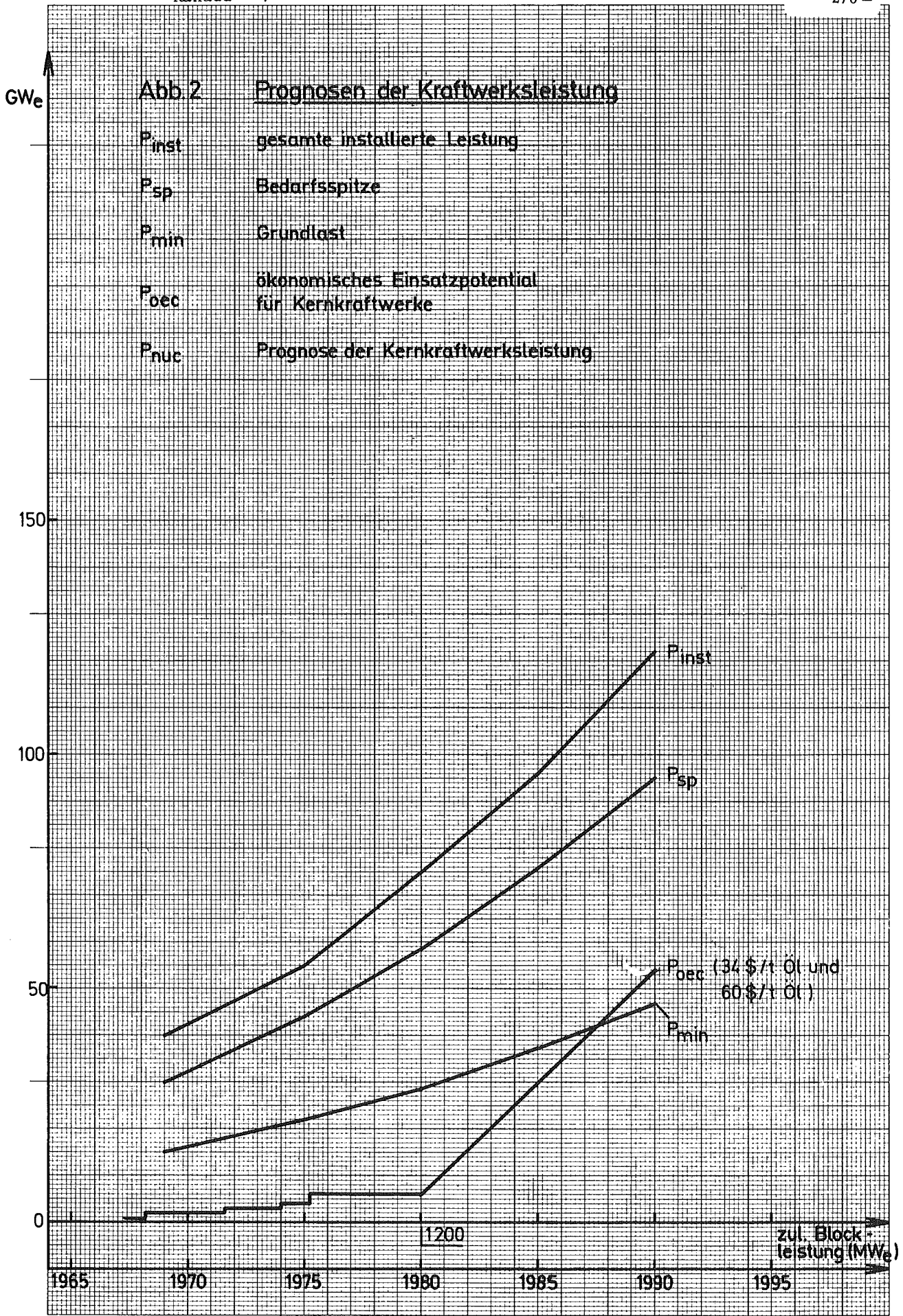
Konventionell: 1,0

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t





K u b a

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 bei 34 \$ und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

1 GWe bei 34 \$ / t

1,8 bei 60 \$ / t

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	115 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	8,39		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (Kub \$)	3,8 Mrd	487	1966	160/70
in US-\$				
1 US-\$ =				
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	8,72 Mio	1,04	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	0,14 Mio	0,02	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	4,3 Mrd	520	1969	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	19 %		1968	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	}	unbedeutend		
Braunkohle				
Erdöl				
Erdgas				
gesamt				

1. Allgemeine Situation

Kubas Wirtschaft basiert hauptsächlich auf der Landwirtschaft (Zuckerrohranbau). Das weitgehende Fehlen eigener Energiereserven hemmt die Industrialisierung und den Abbau der bedeutenden Bodenschätze.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung erfolgt überwiegend in erdölbefeuerten Kraftwerken. Etwa 95% des gesamten Erdölverbrauchs des Landes werden importiert.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1990: 2,1% 1980: 2,0%	Ex-Post: gut
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	6,2%	recht gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung mit einem Ölpreis von 34 \$/t ergibt bei Kraftwerken ab 400 MWe einen Kostenvorteil für Kernkraftwerke im Grundlastbereich. Bei einem Ölpreis von 60\$/t würden Kernkraftwerke ab 200 MWe im Grundlastbereich kostengünstiger arbeiten als Ölkraftwerke.

5. Weitere Kriterien

Die starke Abhängigkeit von importiertem Öl legt eine Diversifizierung der kubanischen Energieversorgung nahe.

6. Schlußfolgerungen

Ab Erreichen einer für das Verbundnetz zulässigen Blockleistung von 400 MWe ist der Einsatz von Kernkraftwerken ökonomisch gerechtfertigt

(nach unseren Prognosen ab 1985). Wir schätzen das wirtschaftliche Einsatzpotential für Kernkraftwerke auf 1,1 GWe bis 1990. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t würde sich ein Einsatzpotential von 1,8 GWe ergeben.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
					Prog. 1	Prog. 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70		100/71			100/70				
1960	6,83									
1965	7,63		2,74	359	0,57	0,98				
1968						1,4				
1969	8,24		3,42	415	0,71					
1970	8,39									
1975	9,3		5,42	580	1,12	1,68	0,2	200		
1980	10,3		7,38	720	1,53	2,3	0,2	300		
1985	11,3		10,1	890	2,1	3,15	0,2	400		
1990	12,5		13,6	1090	2,82	4,23	0,18	500	1,8	1,1

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55

7: Reservefaktor 1,7 - 2,0 für statistische Werte, 1,5 für Prognosewerte

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	300	569	68,3		10,1		78,4		11,2
	400	501	60,1		10,0		70,1		10,0
	500	456	54,7		9,8		64,5		9,2
ÖL	300	239	28,7	90	51	118,7	79,7	16,9	11,4
	400	216	26,0	90	51	116,0	77,0	16,5	11,0
	500	202	24,2	90	51	114,2	75,2	16,3	10,7

Anmerkungen

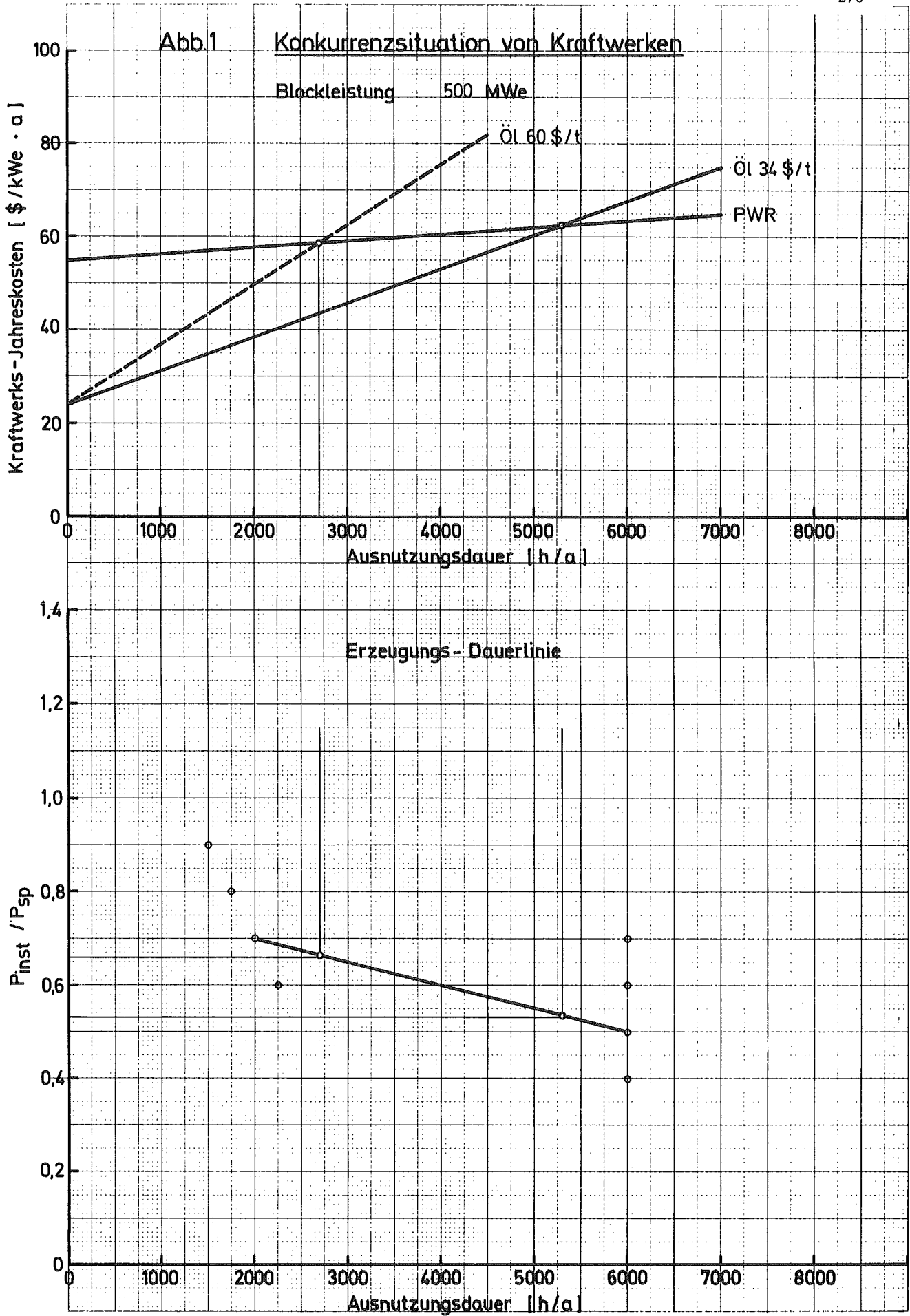
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,85

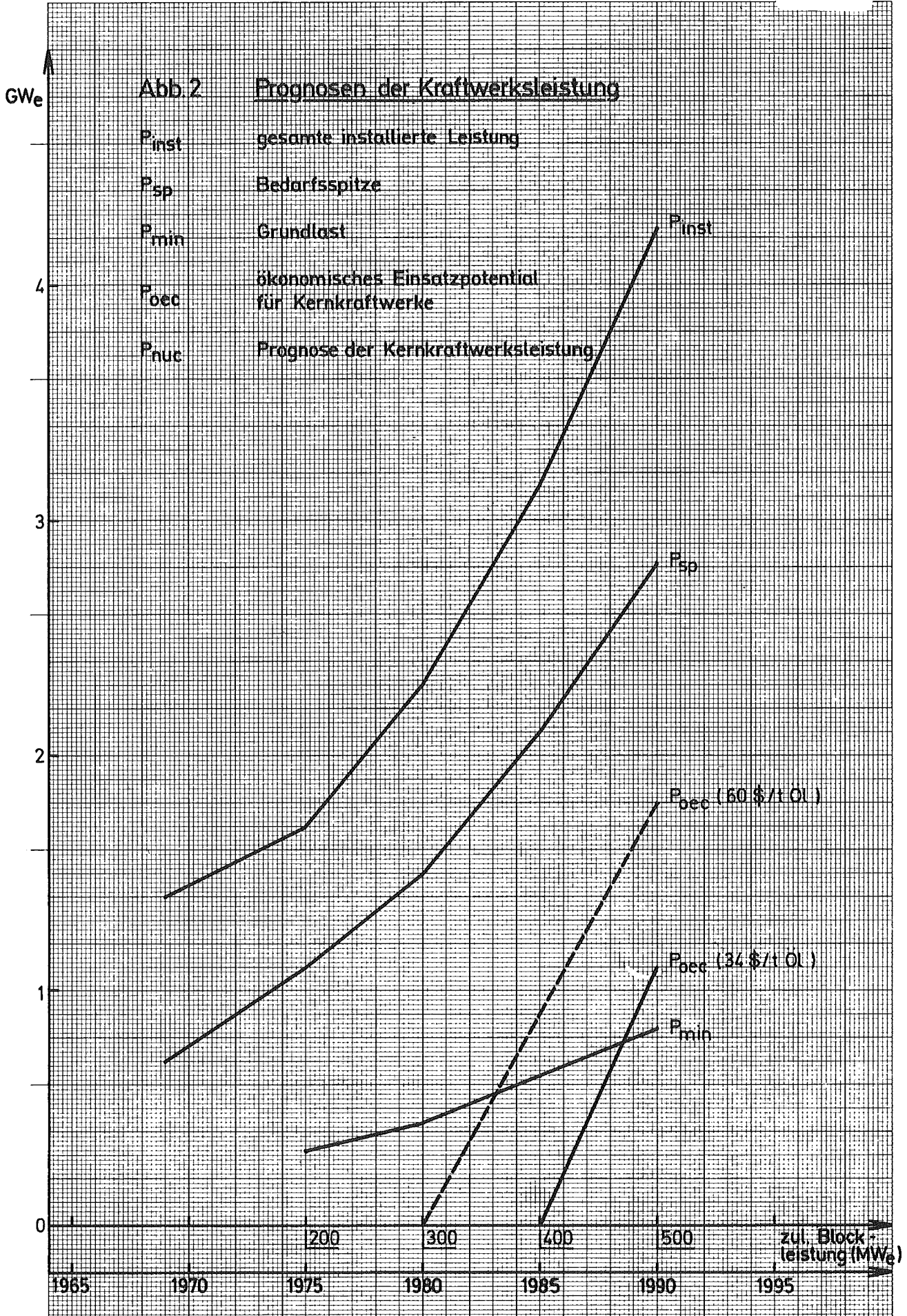
Konventionell: 0,75

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t





M e x i k o

Erstes Kernkraftwerk: Laguna Verde 670 MWe BWR (GE) Inbetriebnahme 1978

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1975 bei 34 \$ und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:
20 GWe bei 34 \$ / t Öl
25 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	2 Mio		<u>Jahr</u>	<u>Quelle</u>
<u>Bevölkerung in Mio</u>	50,7		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (Mex \$)	423,1 Mrd	8 350	1970	100/71
in US-\$	33,8 Mrd	667	1970	
(1 US-\$ = 12,5 Mex \$)				
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	61 Mio	1,2	1970	450
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	53,4 Mio	1,1	1969	100/70
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	28,6 Mrd	560	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	7 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	8 600		1970	} 450
Braunkohle	0		1970	
Erdöl	700		1970	
Erdgas	400		1970	
gesamt	9 700			

1. Allgemeine Situation

Mexiko gehört zu den sich rasch entwickelnden Ländern. Das reale Bruttoinlandsprodukt ist in der vergangenen Dekade um durchschnittlich 7%/a gestiegen. Wegen der ebenfalls raschen Bevölkerungszunahme (3,5%/a) stieg allerdings das Einkommen pro Kopf nur um 3,5%/a. Politische Stabilität und Preisstabilität lassen auch weiterhin ein stetiges Wachstum erwarten. Über 60% der Industrie sind in oder bei Mexiko City konzentriert.

Mexiko besitzt viele Bodenschätze. An Energiereserven ist Kohle reichlich vorhanden. Auch Erdöl, Erdgas und Uran wurden gefunden. Die Uranvorkommen im Land werden geschätzt auf 1 000 t Uran der Preisklasse bis 10 \$/lb U_3O_8 , und 900 t der Preisklasse 10-15 \$/lb U_3O_8 . Die Produktion beträgt etwa 30 t Uran jährlich, soll aber bis 1975 auf 225 t gesteigert werden /580/.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung erfolgt je zur Hälfte in Wasser- und Wärmekraftwerken. Die Wasserkraftreserven liegen meist weit von den Bedarfszentren entfernt. Nach 1980 wird voraussichtlich der Anteil der Wasserkraft zurückgehen./450/

1971 waren noch über 60% des Landes ohne Stromversorgung. Wegen nicht ausreichender Elektrizitätserzeugung im Norden wird Strom aus USA importiert. Es ist noch kein landesweites Verbundnetz vorhanden.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 3,4% 1980: 3,2%	Ex-Post: recht gut
BIP real zu Markt- preisen von 1950	Parabel	1970: 5,8% 1980: 4,8%	Ex-Post: mäßig
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	9,86%	sehr gut

Mexiko - 3

Der Elektrizitätsverbrauch wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen. Mexikanische Pläne streben ein größeres Wachstum der Elektrizitätserzeugung an/311/. Eine im Rahmen der IAEA Market Survey /450/ erstellte Prognose führt zu etwas niedrigeren Werten als unsere Extrapolation des Elektrizitätsverbrauchs.

4. Kostenrechnung

Die Kostenrechnung ergibt einen klaren Vorteil für Kernkraftwerke ab 600 MWe gegenüber Ölkraftwerken (bei einem Ölpreis von 34 \$/t). 1200 MWe-Kernkraftwerke können ab einer Ausnutzungsdauer von 3000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden.

5. Weitere Kriterien

Da noch kein landesweites Verbundnetz vorhanden ist, sind die in Tab. 2 angegebenen Blockleistungen nur in den verbrauchsstärksten Regionen zulässig. In den weniger entwickelten Regionen können maximal 300 MWe-Blöcke eingesetzt werden /450/.

6. Schlußfolgerungen

Aus Kostengründen sollte der überwiegende Teil des Zubaubedarfs nach 1980 durch Kernkraftwerke gedeckt werden, mit Ausnahme der Regionen, die nicht an das Zentralsystem angeschlossen sind (siehe /450/ Einschließlich des im Bau befindlichen Laguna Verde-Reaktors schätzen wir das ökonomische Einsatzpotential für Kernkraftwerke bei einem Ölpreis von 34 \$/t bis 1990 auf 20 GWe.

Bei einem Ansteigen des Ölpreises auf 60 \$/t kann das nukleare Einsatzpotential auf 25 GWe ansteigen.

Die Market Survey des IAEA prognostiziert bei einem Preis von 19 \$ / t Öl 1973 und einer Preissteigerungsrate von 2% /a ein Einsatzpotential von 15,5 GWe.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd Mex \$ (1950)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe Prog. 1 Prog. 2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	160/70	100/71			100/70				
1960	36,1	74,3	8,6	240		5,4				
1965	42,7	99,6	13,8	320						
19 67	45,7	114	16,8	370						
19 69	48,9					7,0				
1970	50,7		22,9	451	4,35	7,0				
1975	59,7	175	36,9	618	7,0	10,5	0,09	600		
1980	70,0	224	60,5	864	11,5	16,1	0,06	700		
1985	81,6	280	99,2	1220	18,8	26,3	0,05	900		
1990	94,3	341	161,6	1710	30,7	43,0		1200	25	20

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,6 in 1970, 1,5 in 1975, 1,4 ab 1980

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	600	376	45,1		9,7		54,6		7,8
	1200	293	35,2		9,0		44,2		6,3
ÖL	600	166	19,9	90	51	109,9	70,9	15,8	10,1
	1200	138	16,5	90	51	106,5	67,5	15,2	9,6

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,75

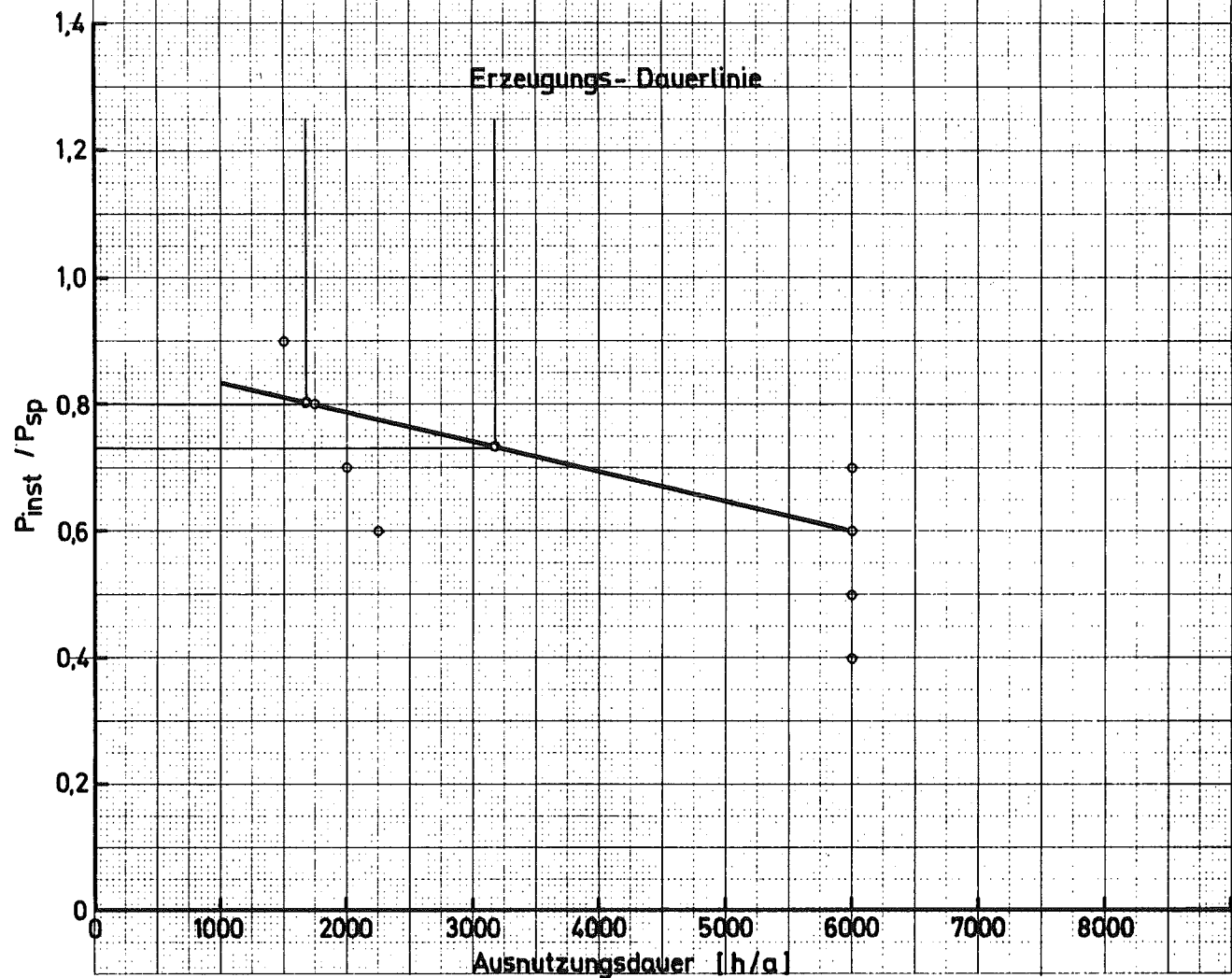
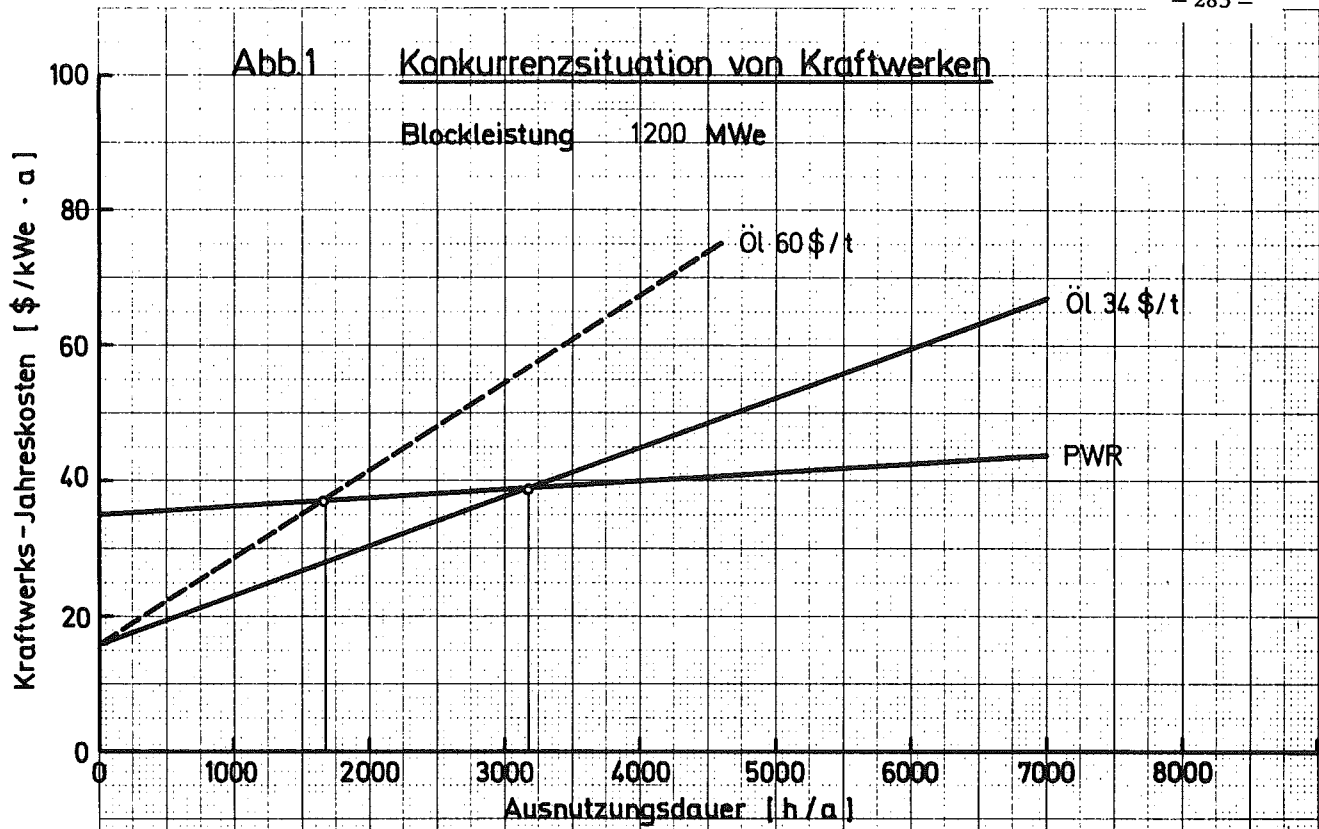
Konventionell: 0,65

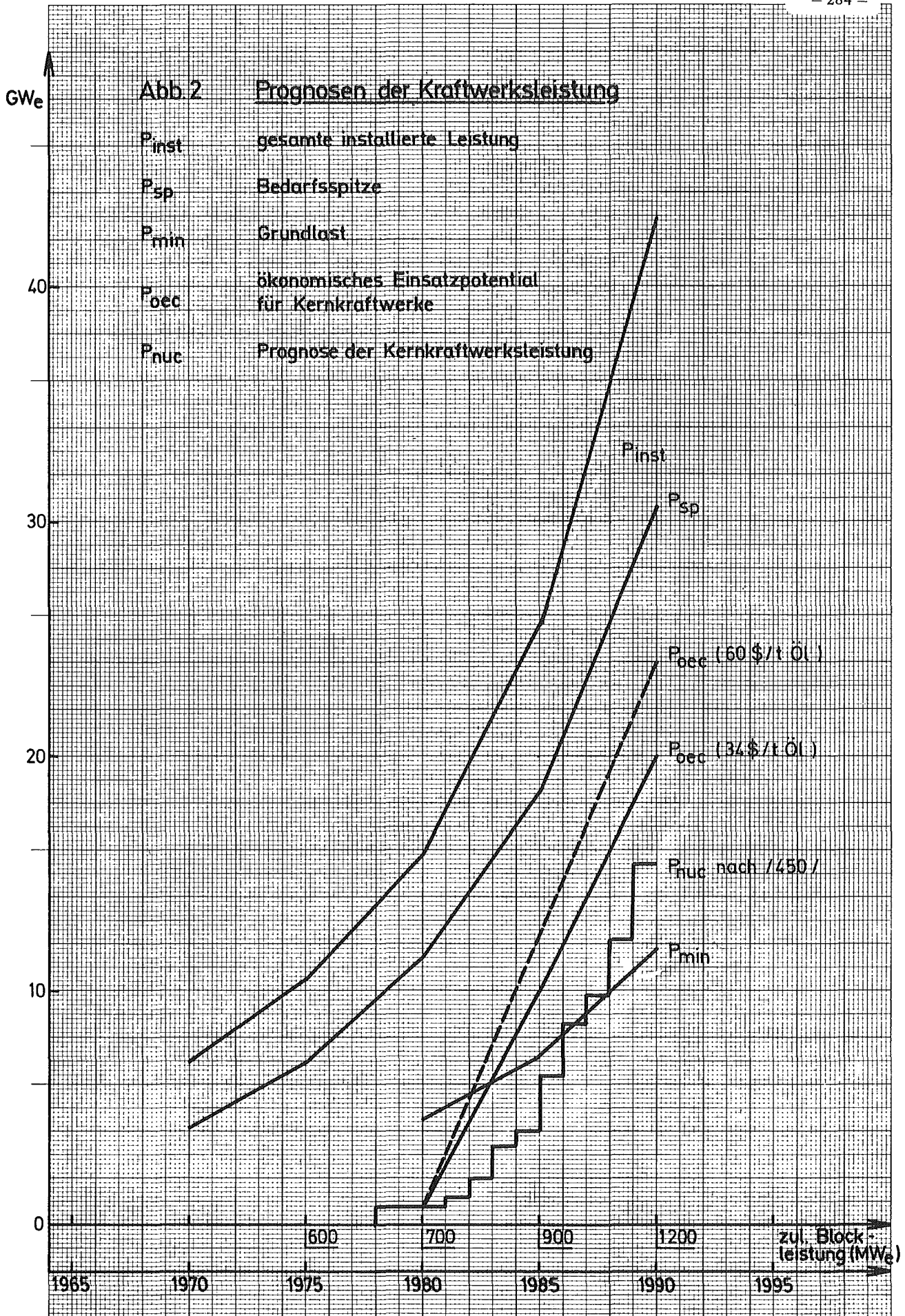
4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34\$/t

Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken





P u e r t o R i c o

Erstes Kernkraftwerk: Aguirre 600 MWe PWR (Westinghouse)
Inbetriebnahme 1976

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1976 bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: 5 GWe bei 34 \$ / t Öl
5,2 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	8 900		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	2,84		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise) in Landeswährung (US \$) in US-\$ (1 US-\$ =)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
	4,23 Mrd	1 540	1969	100/71
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	9,33 Mio	3,3	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	30 000	0,01	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	7,7 Mrd	2 700	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	ca. 27 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0		1970	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt	0			

1. Allgemeine Situation

Puerto Rico ist ein Commonwealthstaat der USA, es untersteht den USA, ohne die Gliedstaateigenschaft zu haben. Die Industrie produziert überwiegend für den Markt der USA (Puerto Rico gehört zum Zollgebiet der USA).

Die jährliche Wachstumsrate des Bruttoinlandsprodukts betrug

1960-69	im Durchschnitt	7,5%
1965-69	"	6,6%

2. Elektrizitätsversorgung

Die El-Erzeugung erfolgt überwiegend in Wärmekraftwerken. 1970 wurde ein Kernkraftwerk von 600 MWe von Westinghouse bestellt, das 1976 seinen Betrieb aufnehmen soll. Die Leistung dieses Kraftwerksblocks übersteigt den i.a. für kleine Netze als maximal zulässig betrachteten Grenzwert von 20% der Lastspitze erheblich. Dies bedeutet, daß bei einem unerwarteten Ausfall des Kernkraftwerks ein großer Teil der Verbraucher abgeschaltet werden muß. Trotzdem wurde davon ausgegangen, daß beim weiteren Ausbau des Kraftwerksparks keine Reduzierung in der Blockgröße mehr erfolgt.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,2% 1980: 2,6%	Ex-Post: mäßig
Elektrizitätserzeugung	Parabel	1970: 13,3% 1980: 8,7%	sehr gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Kernkraftwerke von 600 MWe können im Grundlastbereich kostengünstiger als Ölkraftwerke arbeiten. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t können sie auch im Mittellastbereich bis zu einer Auslastungsdauer von weniger als 3000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden.

5. Schlußfolgerungen

Wir schätzen den Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 1980 bis 1990 auf 4,6 GWe. Bei einem Ölpreis von 34 \$/t schätzen wir das ökonomische Einsatzpotential für Kernkraftwerke auf 5 GWe, bei einem Ölpreis von 60 \$/t auf 5,2 GWe (einschließlich des im Bau befindlichen Kernkraftwerkes von 0,6 GWe).

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71		100/71			100/71				
1960	2,36									
1965	2,63		3,28	1250	0,623	0,765				
1967	2,75					1,119				
1970	2,84		6,42	2260						
1975	3,22		11,1	3450	2,11	2,95	0,2	400		
1980	3,65		17,5	4800	3,32	4,65	0,15	500		
1985	4,16		25,5	6130	4,84	6,77	0,12	600	0,6	0,6
1990	4,75		35,0	7380	6,65	9,30	0,1	660	5,2	5

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,22 in 1965, 1,4 ab 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	600	424	50,7	9,6		60,4		8,6	
ÖL	600	192	23,0	90	51	113	74,0	16,1	10,6

Anmerkungen

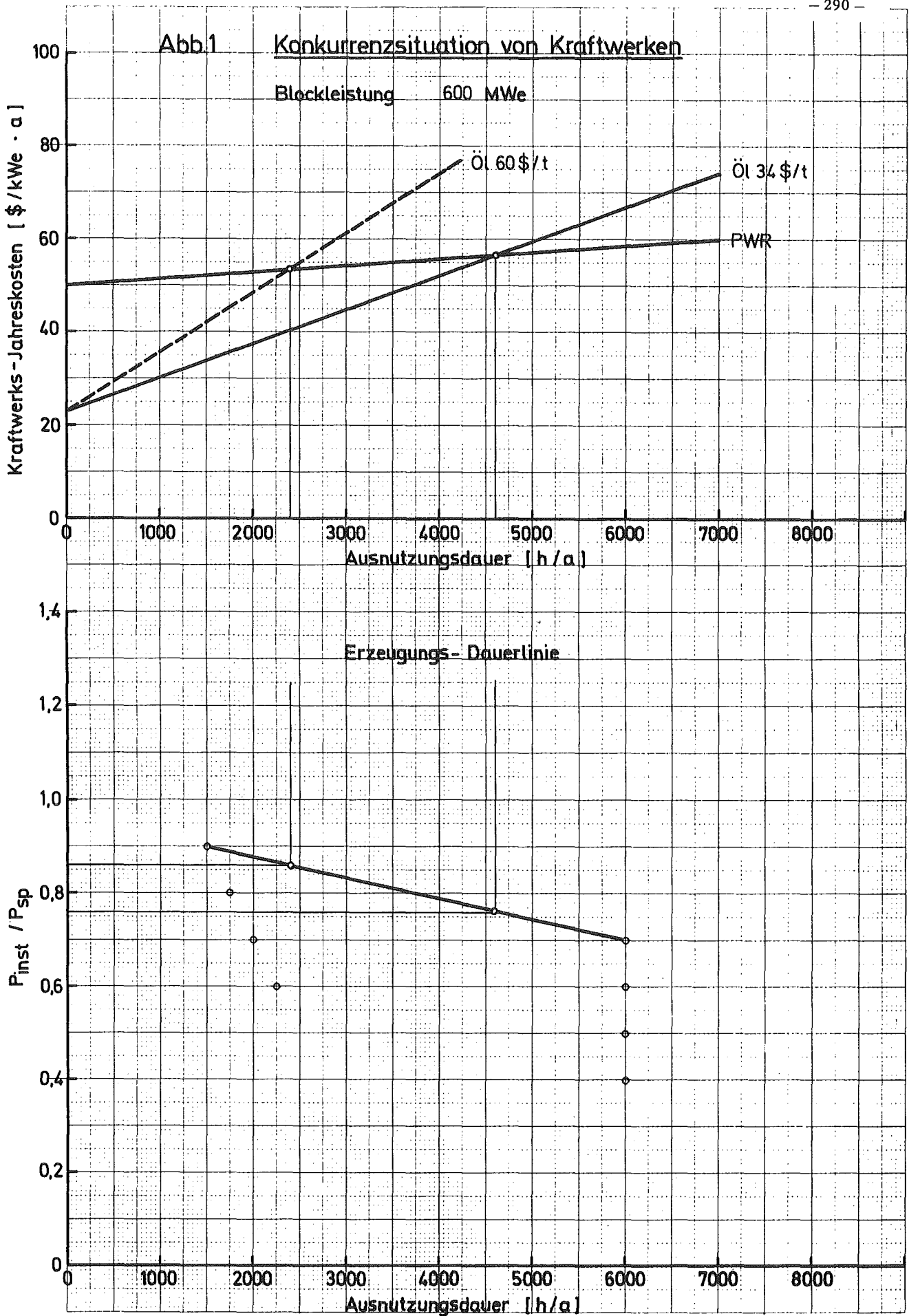
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,85

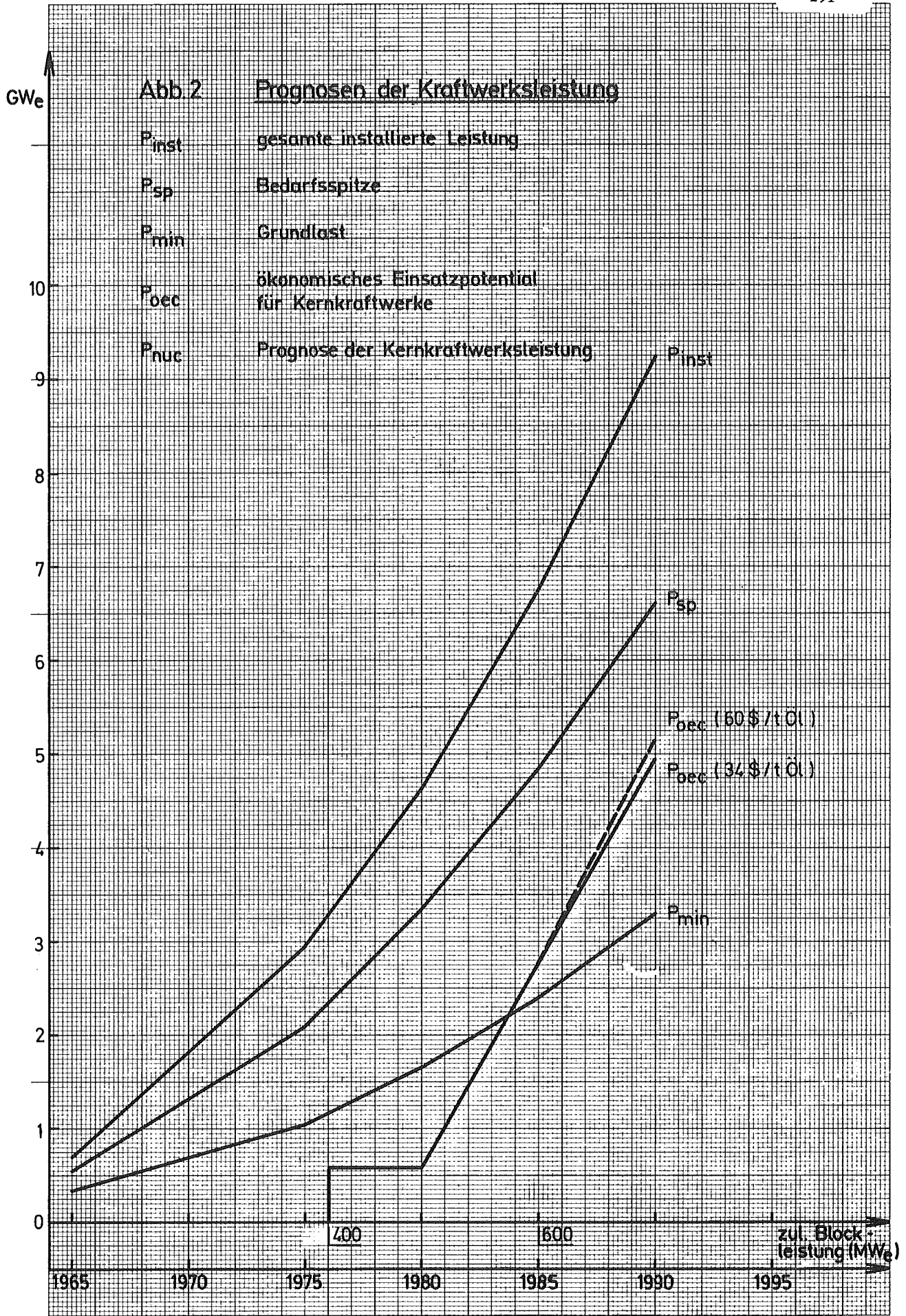
Konventionell: 0,75

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t





Vereinigte Staaten von Amerika

Erstes Kernkraftwerk: Shippingport-1 90 MWe PWR (Westinghouse)
 Inbetriebnahme 1957

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1969 (Inbetriebnahme Oyster Creek)

Einsatzpotential bis 1990: 700 GWe bei einem Ölpreis von 34 \$ / t und 60 \$ / t

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	9,363 Mio		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	205		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreisen)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (US - \$)	986 Mrd	4 800	1970	210/70
in US-\$				
1 US-\$ =				
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	2,280 Mrd	11,100	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	2,050 Mrd	10,000	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	1 552 Mrd	7600	1969	200/69
Anteil am gesamten Energieverbrauch	24 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	1,1 Mio		1960	100/70
Braunkohle	0,12 Mio		1960	100/70
Erdöl	6 900		1970	530/70
Erdgas	10 000		1970	530/70
gesamt	1,24 Mio			

1. Allgemeine Situation

Als größte Wirtschaftsmacht der Erde erzeugen und verbrauchen die USA etwa 30% des Weltbedarfs an Primär- und elektrischer Energie. Trotz der umfangreichen Reserven an preisgünstiger Kohle, Öl und Erdgas wird Energie eingeführt, vor allem Erdöl und Erdölprodukte. In Zukunft soll auch verflüssigtes Erdgas eingeführt werden (z.B. aus Algerien 15 Mrd m³/a).

Die Uranvorkommen werden geschätzt auf:

259 000 t Uran der Preisklasse bis 10 \$/lb O₃O₈, zusätzlich vermutlich 600 000 t,

141 000 t Uran der Preisklasse 10-15 \$/lb U₃O₈, zusätzlich vermutlich 231 000 t.

Im Jahre 1972 wurden 9 900 t Uran produziert /580/.

2. Elektrizitätserzeugung

Die Elektrizitätserzeugung erfolgt überwiegend im Erdöl-, Erdgas und Kohlekraftwerken. Die Wasserkraft hat einen Anteil von ca. 15%. In der Elektrizitätsversorgung kommt es bisweilen zu Engpässen, da die Erzeugung den wachsenden Bedarf nicht immer decken kann. 40% der elektrischen Energie wird in den Nordoststaaten erzeugt; dort stehen auch die meisten Kernkraftwerke.

Die in Kraftwerken installierte Leistung erreicht insgesamt etwa 400 GWe. Trotz des bereits heute sehr hohen Verbrauchsniveaus wird geschätzt, daß sie bis zum Jahr 1990 auf ca. 1200 GWe ansteigen wird. Die USA stehen hier und auch bei der Gesamtleistung ihrer Kernkraftwerke an der Spitze der Weltkala. Mitte 1973 waren 38 Kernkraftwerke mit 22,5 GWe in Betrieb, 59 Kernkraftwerke mit 54,5 GWe im Bau und 90 Kernkraftwerke mit 97 GWe bestellt /700/.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 1,1% 1980: 0,9%	gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Parabel	1970: 4,6% 1980: 4,4%	mäßig
Elektrizitätsverbrauch	Exp.-Funktion	6,7%	sehr gut

Unsere Prognose des Elektrizitätsverbrauchs liegt im Rahmen der Prognosen ³⁾ - ⁵⁾.

4. Kostenrechnung

Die Kostenrechnung für 1200 MWe-Kraftwerksblöcke ergibt einen eindeutigen Vorteil für Kernkraftwerke bis weit in den Mittellastbereich hinein. (ca. 3500 h/a).

5. Schlußfolgerungen

Bis 1980 werden ca. 120-150 GWe an Kernkraftwerken in Betrieb sein. ³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾.

Unter Einbeziehung dieser Kraftwerke ergibt sich bis 1990 ein ökonomisches Einsatzpotential von 700 GWe, unabhängig von einem weiteren Ansteigen des Ölpreises. Amerikanische Experten schätzen, daß dieses Potential maximal zu ca. 70% genutzt werden kann ³⁾ ⁵⁾.

- 1) P.N. Ross, L.G. Hauser: Some Future Dimensions of Electric Power Generation, Circa 1970-1990 , Westinghouse Engineer 1/71
- 2) G.C. Gambs, A.A. Rauth: The Enrgy Crisis, Chemical Engineering 3/71
- 3) USAEC-WASH-1139 (1972)
- 4) Interior Department: U.S. Energy trough year 2000. (1972)
- 5) Nat. Petroleum Council Forecast, 1972
- 6) Westinghouse: Overview on Trends in the Electric Utility Industry, 1973

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd US\$ (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	210/70	200/69			100/70				
1960	181	528	775	4280		186				
1965	195	668	1070	5490		255				
1969	203	788	1430	7040	272	332				
1970	205	783								
1975	217	1030	2110	9720	400	480		1200		
1980	227	1280	2950	13000	560	670				150
1985	236	1570	4140	17500	725	870				350
1990	244	1900	5780	23700	1010	1220				700

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6 bis 1980, 0,65 nach 1980

7: Reservefaktor 1,2

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	1200	384	46		9,0		55,0		7,85
ÖL	1200	215	25,8		51		76,8		11,0

Anmerkungen

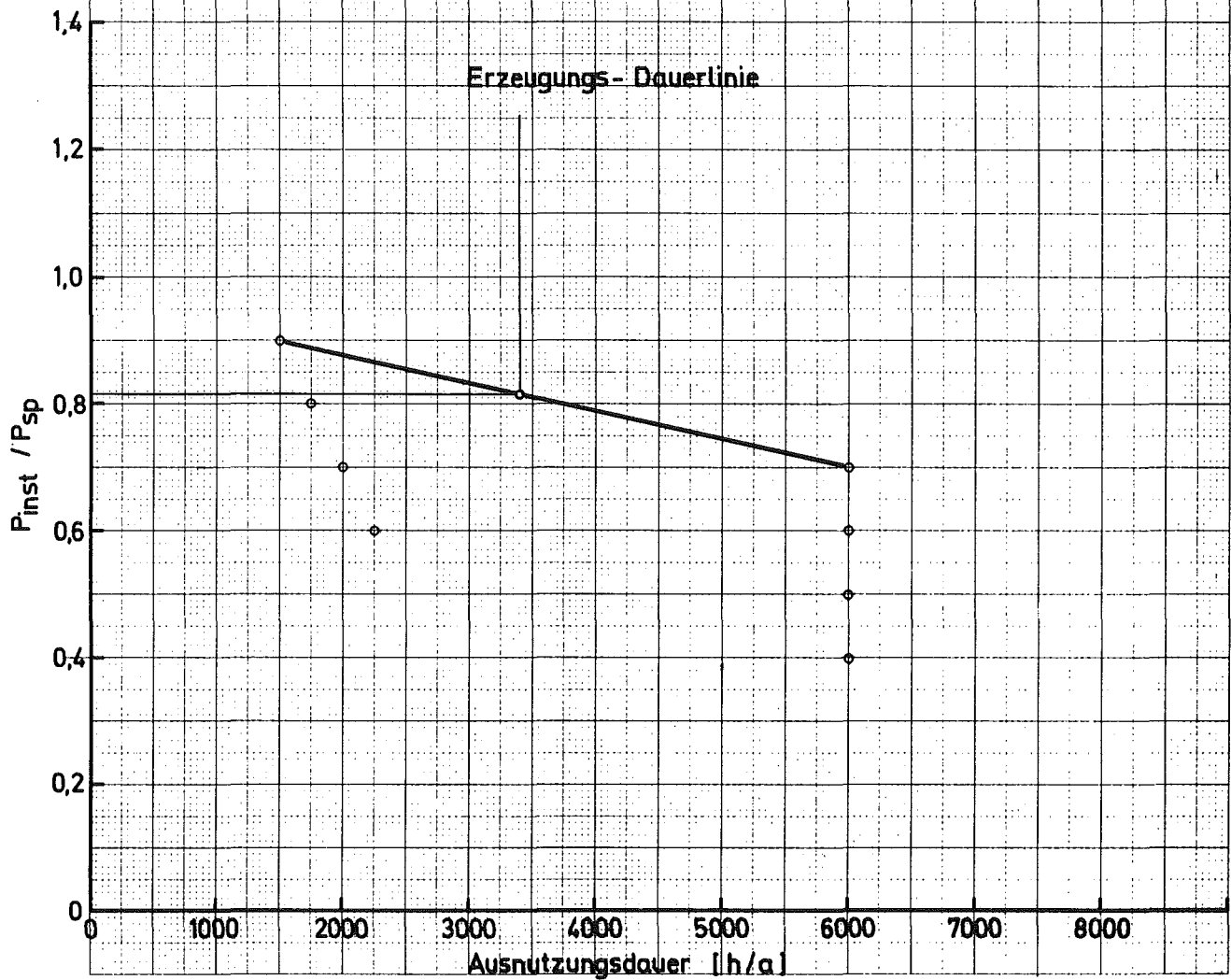
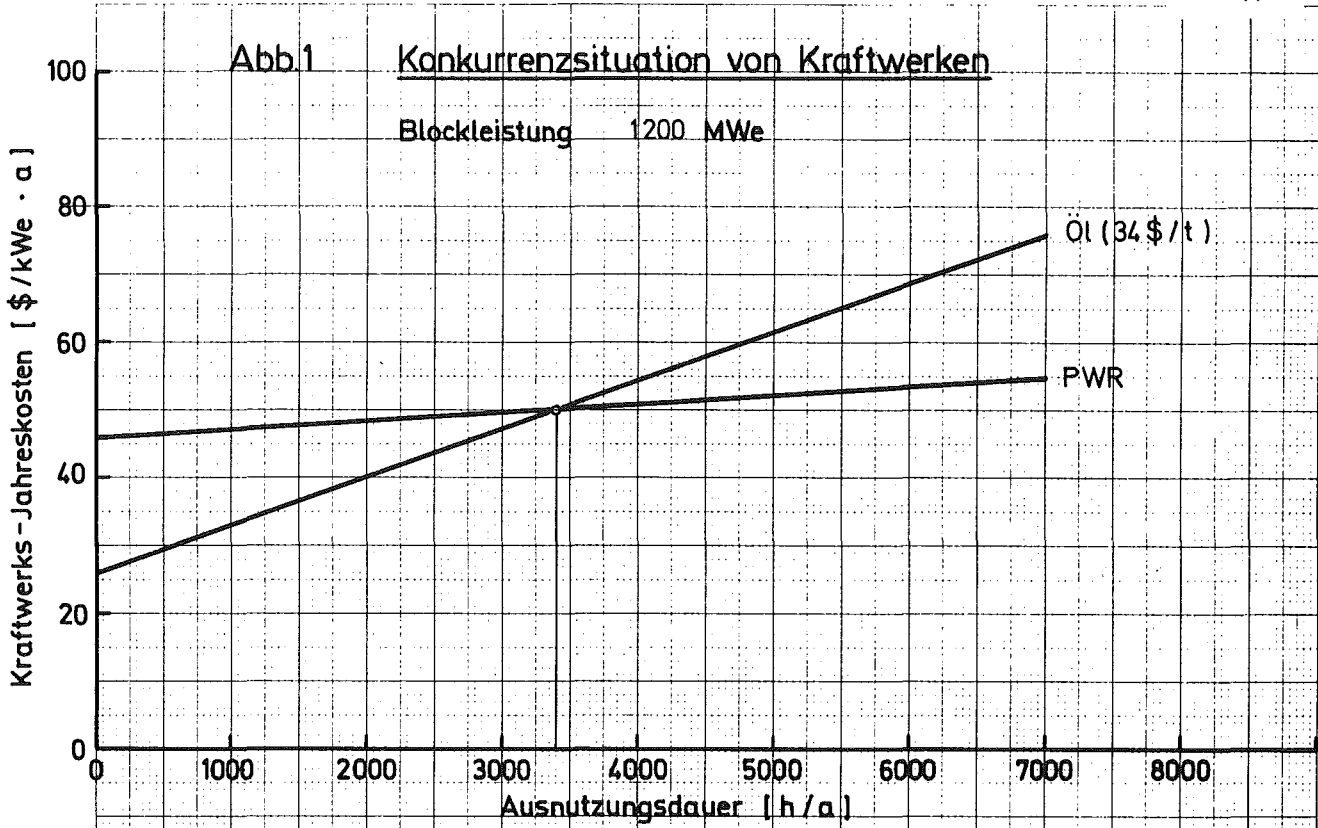
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

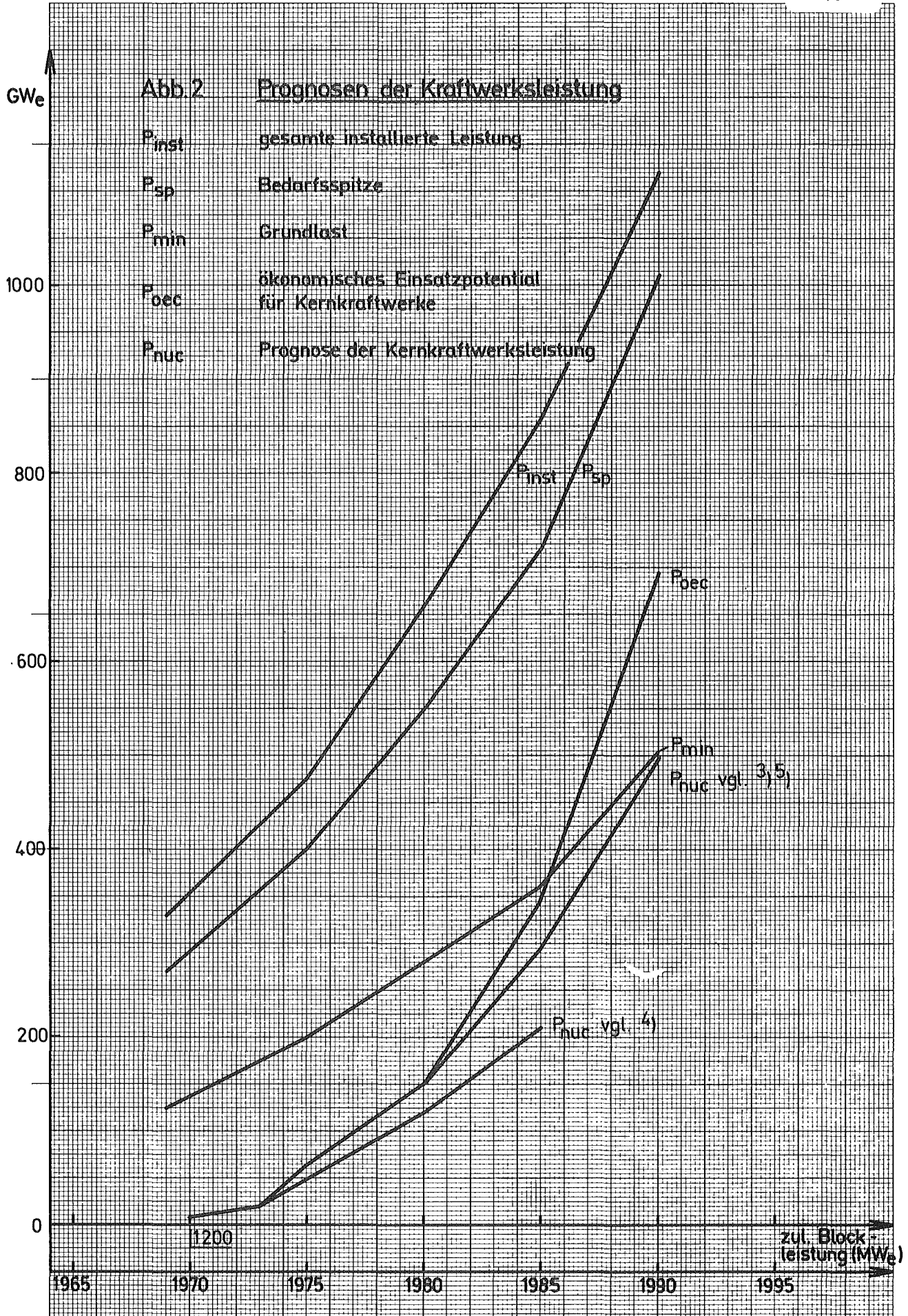
Konventionell: 1,0

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t

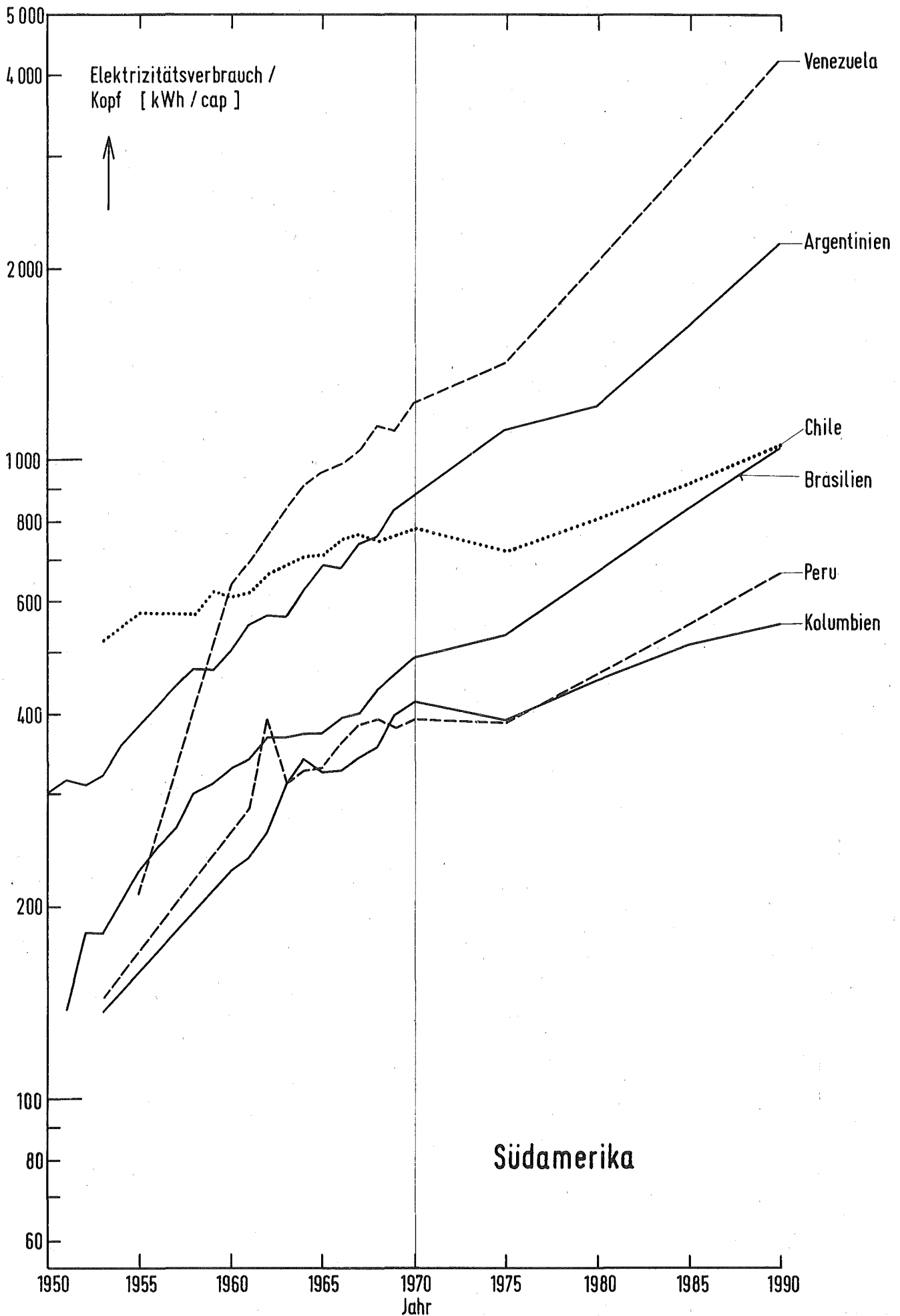




4. Südamerika

Südamerika





Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>SÜDAMERIKA:</u>								
Argentinien	17	33,7	67,8	9,7	5,6	6	2	919
Brasilien	40	84	176	22,8	7,4	7,4	1	600
Chile	6	10	16,2	1,7	1	1	0	0
Kolumbien	7	12,7	20,6	2,9	1,5	1,5	0	0
Peru	4,3	8,6	16,6	3	0	1	0	0
Venezuela	10,1	28,1	76,6	13,9	10	12,4	0	0
Summe:	80	180	370	50	26	29	3	1519

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

Argentinien

Erstes Kernkraftwerk: Atucha 320 MWe HWR (KWU) Inbetriebnahme 1974

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1978 (Inbetriebnahme Cordoba)

Einsatzpotential bis 1990: 6,5 GWe bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	2,7 Mio		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	24,35		1970	100/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (AP)	8,04 Bio	335 000	1969	100/71
in US-\$ (1 US-\$ = 350 AP) ¹⁾	23 Mrd	958	1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	39,2 Mio ²⁾	1,6	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	34,9 Mio	1,43	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	21,7 Mrd	900	1970	450
Anteil am gesamten Energieverbrauch	18 %		1969	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	385		1970	} 450
Braunkohle	0		1970	
Erdöl	520		1970	
Erdgas	220		1970	
gesamt	1 125			

1) Selling Rate

2) nach / 450 / 44,9 Mio t SKE/a

1. Allgemeine Situation

Argentinien verfügt über ausgedehnte geologische Formationen in denen Öl- und Gaslager vermutet werden, die aber erst zu einem kleinen Teil untersucht wurden. Ein gewisser Teil wird bereits ausgebeutet (Ölfelder bei Comodore Rivadavia). Kohle ist nur im äußersten Süden des Landes vorhanden (Rio Turbio).

Auch die bedeutenden Wasserkraftreserven des Landes liegen meist weit von den Bedarfsschwerpunkten entfernt.

Die Uranreserven des Landes werden geschätzt auf:

9 200 t Uran der Preisklasse bis 10 \$/lb U_3O_8 , zusätzlich vermutlich 14 000 t,

7 700 t Uran der Preisklasse 10-15 \$/lb U_3O_8 , zusätzlich vermutlich 23 000 t.

Die Produktion geschieht noch in kleinen Versuchsanlagen und beträgt 35-45 t Uran pro Jahr/580/.

2. Elektrizitätsversorgung

Über 70% der Elektroenergie werden im Ballungsraum Buenos Aires erzeugt und verbraucht. Der überwiegende Teil der Kraftwerke ist öl- oder gasfeuert. In Zukunft sollen keine öl- oder gasgefeuerten Kraftwerke mehr zugelassen werden. Stattdessen soll Kohle, Wasserkraft und Kernenergie stärker genutzt werden. Bis 1980 sollen etwa 3 GWe, bis 1990 etwa 7 GWe an Wasserkraftwerken installiert sein. Die Wasserkraftprojekte liegen z.T. an den Grenzen zu Uruguay und Bolivien.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Gerade	1970: 1,5% 1980: 1,3%	Ex-Post: sehr gut
BIP real zu Markt- preisen von 1960	Parabel	1970: 5,5% 1980: 5,6%	recht gut
Elektrizitätserzeu- gung	Exp.-Funktion	7,2%	sehr gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen. Unsere Prognose ergibt etwa gleiche Werte wie eine für die IAEA Market Survey /450/durchgeführte Prognose. Argentinische Prognosen führen auf bedeutend höhere Werte des Elektrizitätsverbrauches /450/.

4. Kostenrechnung

Die Kostenrechnung ergibt bei einem Ölpreis von 34 \$/t einen bedeutenden Vorteil von Kernkraftwerken gegenüber Öl- oder Kohlekraftwerken im Grundlastbereich. Bei einer Blockleistung von 1000 MWe können Kernkraftwerke ab einer Auslastungsdauer von 3500 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden.

Bei einem Ölpreis von 60 \$/t würden Kohlekraftwerke von 600 MWe (Stand der Technik, vgl. Allgemeiner Teil) mit Kernkraftwerken im Mittellastbereich konkurrieren.

5. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt für 1980-1990 einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 9,7 GWe, davon etwa 6 GWe an Wärmekraftwerken. Einschließlich der existierenden und bestellten Kernkraftwerke Atucha und Cordoba mit insgesamt 0,9 GWe schätzen wir das nukleare Einsatzpotential bis 1990 auf 6,9 GWe, unabhängig von einem weiteren Ansteigen des Ölpreises.

Eine Marktstudie der IAEA/450/ kommt zu dem gleichen Ergebnis.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Bio. AP (1960)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential GWe		Wasser- kraft GWe	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	Prog. 1	Prog. 2		
					1	2					3	4
Quelle	100/71	160/70	100/71			100/71						
1960	21,0	1,0	8,4	400		3,5						
1965	22,0	1,25	11,9	540		5,4						
1969	24,0	1,45	15,9	660	3,2	6,3						
1970	24,35											
1975	26,1	2,01	23,7	1100	4,5	8,1	0,1	450				
1980	27,9	2,65	33,7	1200	6,4	10,9	0,1	600	0,9	0,9	3,5	
1985	29,7	3,46	47,8	1600	9,1	14,5	0,09	800				
1990	31,5	4,41	67,8	2150	12,9	20,6	0,08	1000	6,9	6,5	7,2	

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,57 in 1969, 0,6 für Prognosen

7: Reservefaktor 1,97 in 1969, 1,8 in 1975, 1,7 in 1980, 1,6 nach 1980

12: nach /450/

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	600	398	47,8		9,6		57,4		8,2
	1000	327	39,2		9,0		48,2		6,9
ÖL	600	179	21,5	90	51	111,5	72,5	15,8	10,4
	1000	157	18,8	90	51	108,8	69,8	15,5	10,0
KOHLE	600	202	24,3		51		75,3		10,8

Anmerkungen

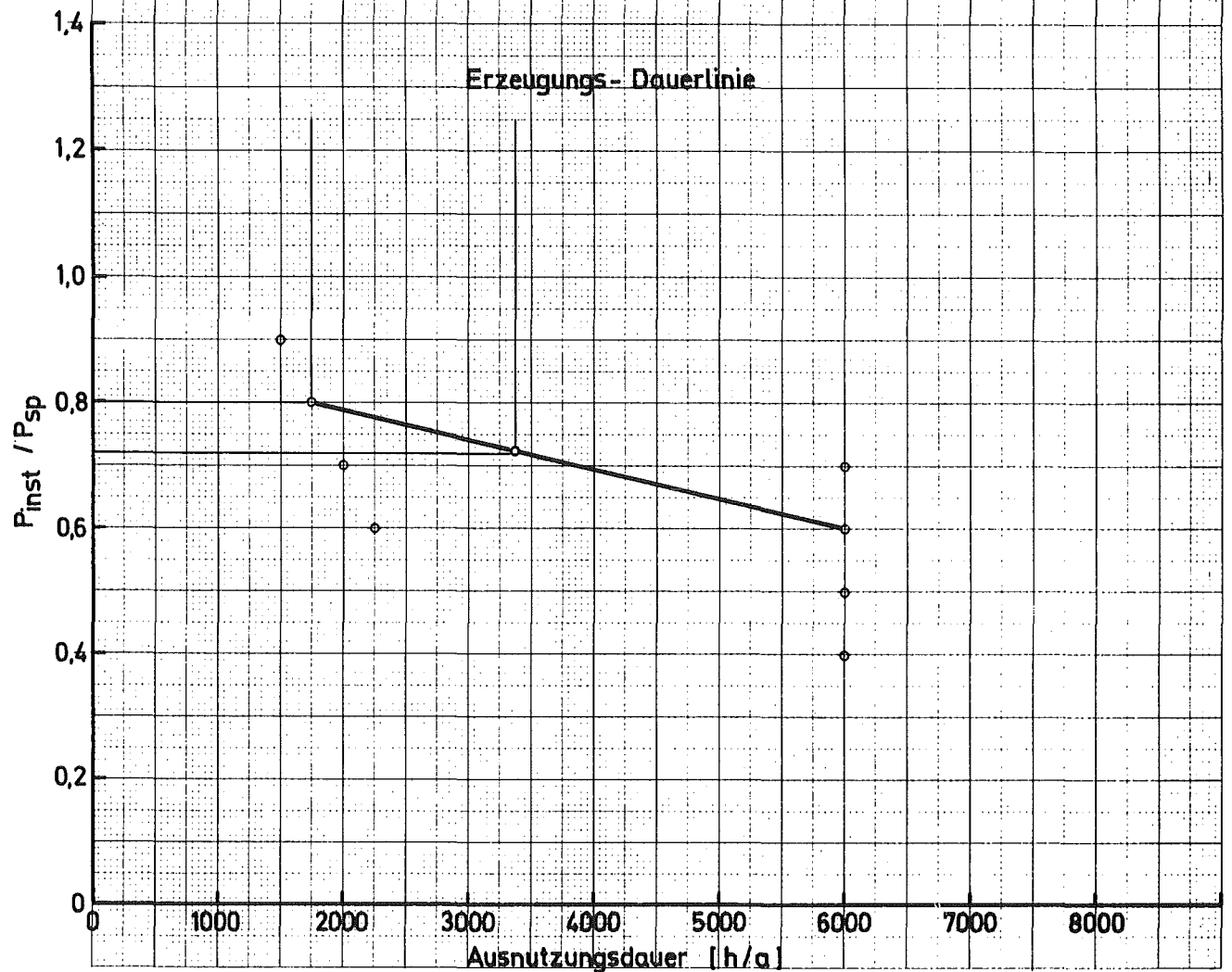
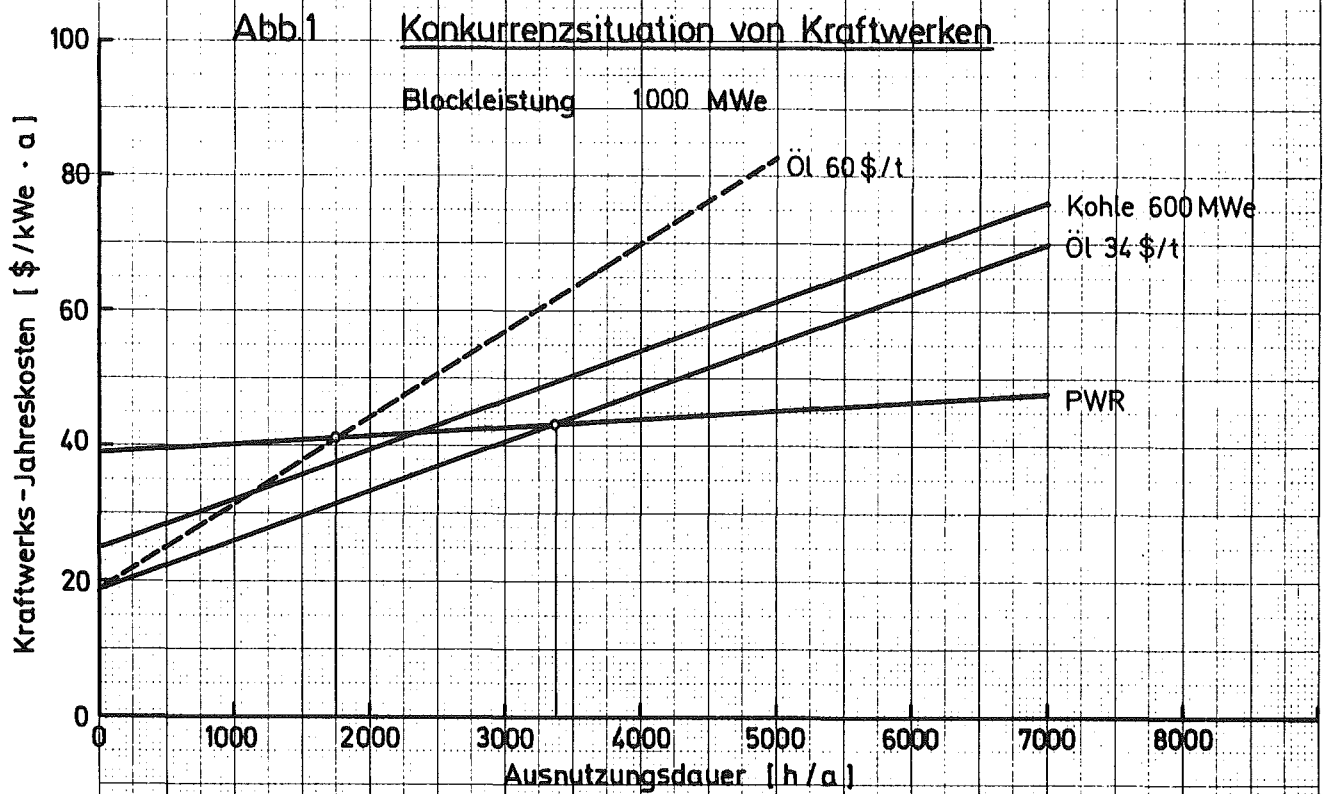
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,8

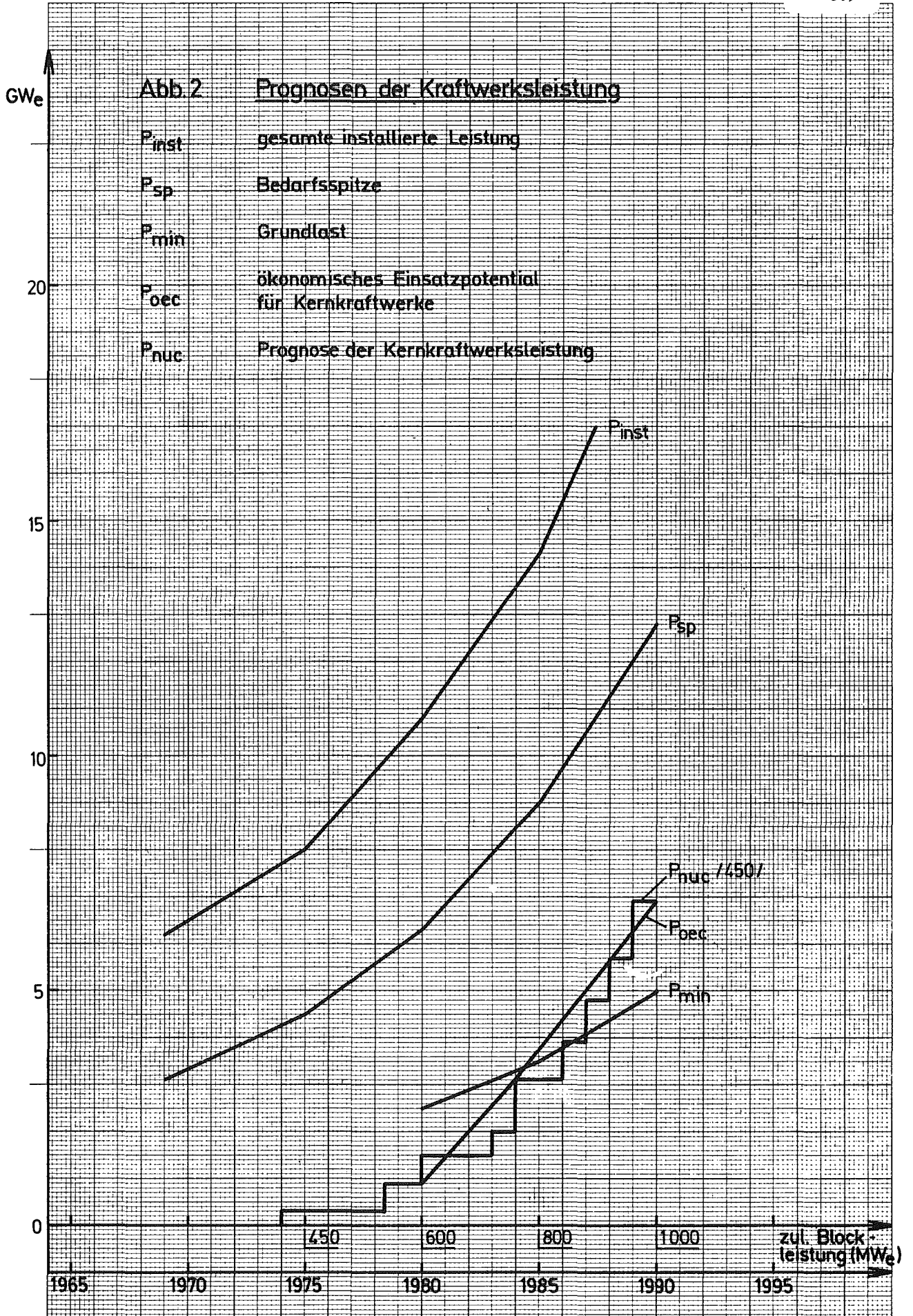
Konventionell: 0,7

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t





B r a s i l i e n

Erstes Kernkraftwerk: Angra dos Reis 600 MWe PWR (Westinghouse)
Inbetriebnahme 1976

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1980 bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: 8 GWe bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	8,5 Mio		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	95,3		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (CU)	175 Mrd	1 882	1970	100/71
in US-\$	37,8 Mrd	406		
(1 US-\$ = 4,635 CU)			1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	45 Mio	0,484	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	19,6 Mio	0,211	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	45,5 Mrd	490	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	15 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	10 700		1966	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	160		1970	530/70
Erdgas	40		1970	530/70
gesamt	10 900			

1. Allgemeine Situation

Bevölkerung und Industrie sind in den Städten des Südens konzentriert (47% der Einwohner leben in Städten).

Ein Drittel des Erdölbedarfs wird aus eigenen Quellen gedeckt. Die Steinkohlenreserven in den südlichen Landesteilen sind von minderer Qualität. Die hauptsächlichsten Energiereserven des Landes sind Wasserkräfte, ihr weiterer Ausbau wird aber durch die große Entfernung zu den Verbrauchszentren in naher Zukunft schwierig bzw. unökonomisch werden.

Die Bedeutung der Kernenergie für das Land ist erkannt: Die staatliche Atomkommission (CNEN) hat eine Firma (Companhia Brasileiro de Tecnologie Nuclear, CBTN) gegründet, die eine einheimische Nuklearindustrie aufbauen soll.

2. Elektrizitätsversorgung

Brasiliens Elektrizitätsbedarf wird hauptsächlich durch Wasserkraft gedeckt. Wasserkraftwerke machen ca. 80% der installierten Leistung aus und decken ca. 90% des Elektroenergiebedarfs (1971). Die existierenden Wasserkraftwerke machen etwa 10 GWe aus, das gesamte Wasserkraftpotential des Landes wird auf 150 GWe geschätzt. Da aber nur ca. 25 GWe an ausbauwürdigen Wasserkraften in der Nähe der Verbrauchszentren im Süden liegen, plant man nach dem Bau des Itaipu-Staudamms (10 GWe) den Einsatz von Kernenergie. Die Süd-Region verfügt über ein Verbundnetz mit 8,4 GWe (Stand Ende 1970), das erweitert wird.

Die Planung der Elektrizitätsversorgung des Landes wird von ELETROBRAS, einer staatlichen EVU-Holding, durchgeführt.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Exp.-Funktion	3%	Ex-Post: sehergut
BIP real zu Markt- preisen von 1953	Parabel	1970: 5,1% 1980: 4,9%	gut
Elektrizitätser- zeugung	Exp.-Funktion	7,7%	Ex-Post: gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 90% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenberechnung

Die Kosten für Wasserkraftwerke sind durchweg auf weniger als 300 \$/KW geschätzt worden ¹⁾. Diese Preisangabe bezieht sich auf das Kraftwerk einschließlich der Kosten der Übertragungsleitungen zu den Verbrauchszentren. Für die Deckung des Grundlastbedarfs sind Wasserkraftwerke mit Anlagekosten von 300 \$/KWe den Kernkraftwerken von 1000 MWe wirtschaftlich überlegen, sofern die Wasserführung einen Vollastbetrieb von mindestens 5000 h/a erlaubt.

5. Weitere Kriterien

Brasilien ist auf dem Wege, seine Stellung als wirtschaftlich und politisch führende Macht Südamerikas weiter auszubauen. Bei der Frage nach der zukünftigen Rolle der Kernenergie spielen daher auch politische Argumente eine gewichtige Rolle. Wird jedoch der Ausbau der Wasserkräfte des Nordens zum nationalen Ziel erhoben, so kann das die Einführung der Kernenergie stark verzögern und belasten.

In Brasilien spielen Autarkiebestrebungen keine große Rolle. Das Land gewährt ausländischem Kapital freien Zugang.

6. Schlußfolgerungen

Ein Einsatz der Kernenergie hängt sehr wesentlich davon ab, wie stark der Elektroenergieverbrauch Brasiliens steigen wird im Vergleich zu den verfügbaren billigen Wasserkraftreserven.

Unsere Schätzung der installierten Kapazität der öffentlichen Energieversorgung weist einen Anstieg von 9,2 GWe im Jahre 1969 auf ca. 40 GWe im Jahre 1990 aus. Damit könnte bis 1990 der gesamte Strombedarf durch Zubau von Wasserkraftwerken gedeckt werden. Die offizielle Prognose von Eletrobras führt dagegen auf über 70 GWe installierte Kapazität im Jahre 1990. Der daraus resultierende Zubaubedarf von ca. 60 GWe von 1970 bis 1990 kann nur zur Hälfte durch die billigen (300 \$/KWe) Wasserkraftreserven gedeckt werden.

Der übrig bleibende Bedarf von ca. 30 GWe an Wärmekraftwerken würde voraussichtlich zum großen Teil auf Kernkraftwerke entfallen, da diese ab einer Ausnutzungsdauer von 4200 h/a ölgefeuerten Kraftwerken kostenmäßig überlegen sind. Brasilianische Quellen ²⁾ schätzen, daß der Einsatz von Kernkraftwerken nach 1985 einen größeren Umfang annimmt und zur Jahrtausendwende 40 bis 50 GWe erreicht.

In Brasilien werden 10 000 - 30 000 t Thorium-Vorkommen vermutet, dagegen nur 1 000 - 2 500 t U-Vorkommen /580/.

Dies könnte ein Anreiz für die Einführung des Th-Brennstoffzyklus sein.

2) J.C. Castro et al.: A Nuclear Power Forecast for Brazil Genf 1971, P. 802

1) Canambra-Report, 1973.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd CU (1953)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	100/71			100/71				
1960	69,7	0,77								
1965	80,8	0,96	27,1	335	4,8	6,1				
1969	88,2	1,15	37,4	424	6,6	9,2				
1970	95,3									
1975	109	1,59	58,0	530	10,2	14,3	0,08	800		
1980	126	2,03	84,0	665	14,7	20,6	0,07	1000	0,6	0,6
1985	147	2,56	122,0	830	21,4	30,0	0,06	1200	0,6	0,6
1990	170	3,16	176,0	1030	31,0	43,4			8,0	8,0

Anmerkungen:

Spalte 6: Über einen Lastfaktor von 0,65 errechnet, vgl. dazu "Power Market Study and Forecast", Eletrobras, Rio, 1969

7: Reservefaktor 1,4

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	1000	327	39,24	8,96		48,2		6,9	
ÖL	1000	168	20,2	90	51	110,2	71,2	15,7	10,2
WASSER	10000 (Itaipu)	300	30	0				6	

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,8 Konventionell: 0,75

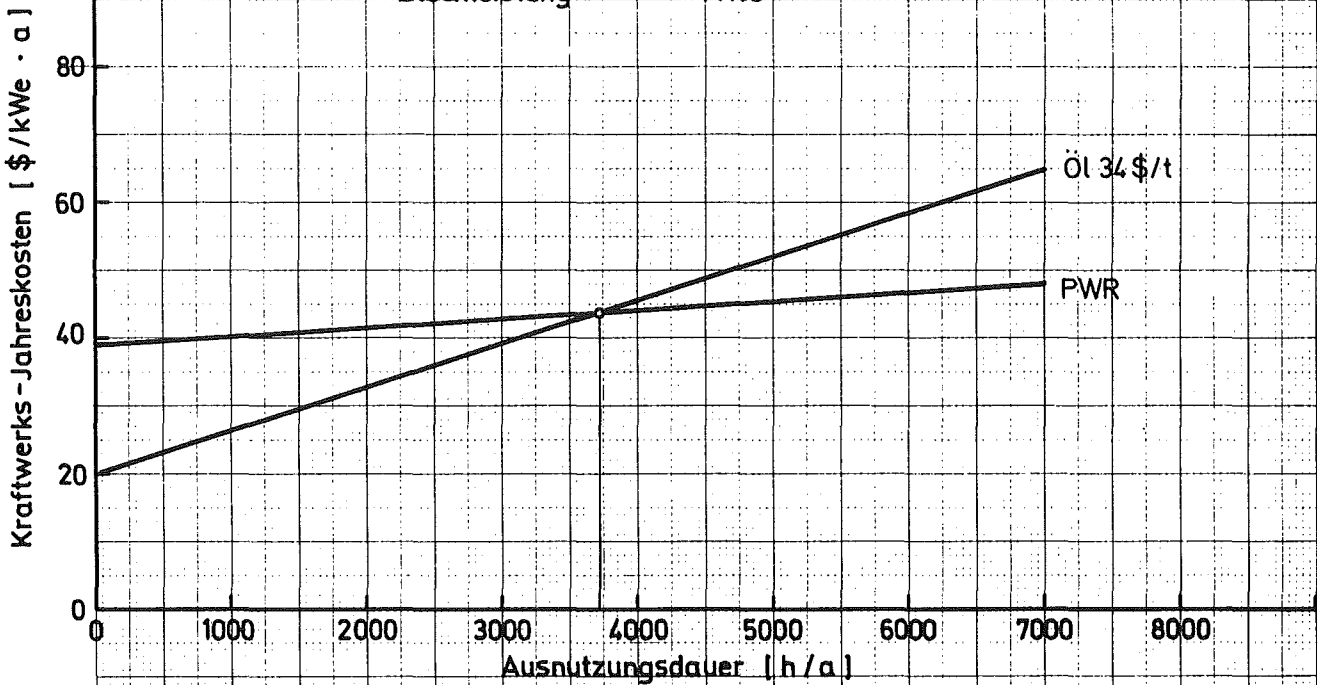
4 : Annuitätsfaktor 12% , bei Wasserkraftwerken 10 %

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t
Ausnutzungsdauer bei Wasserkraftwerken 5 000 h/a

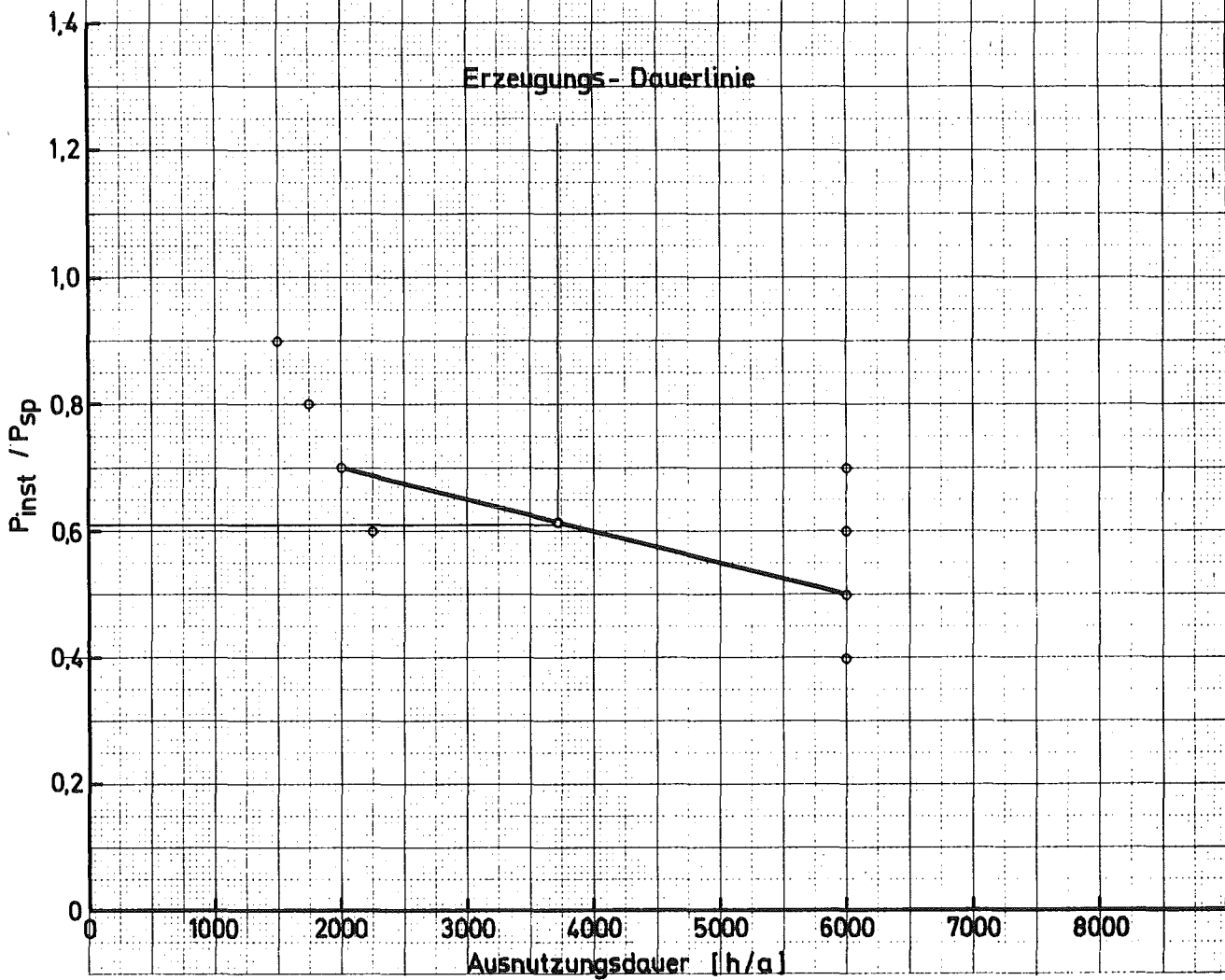
6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t

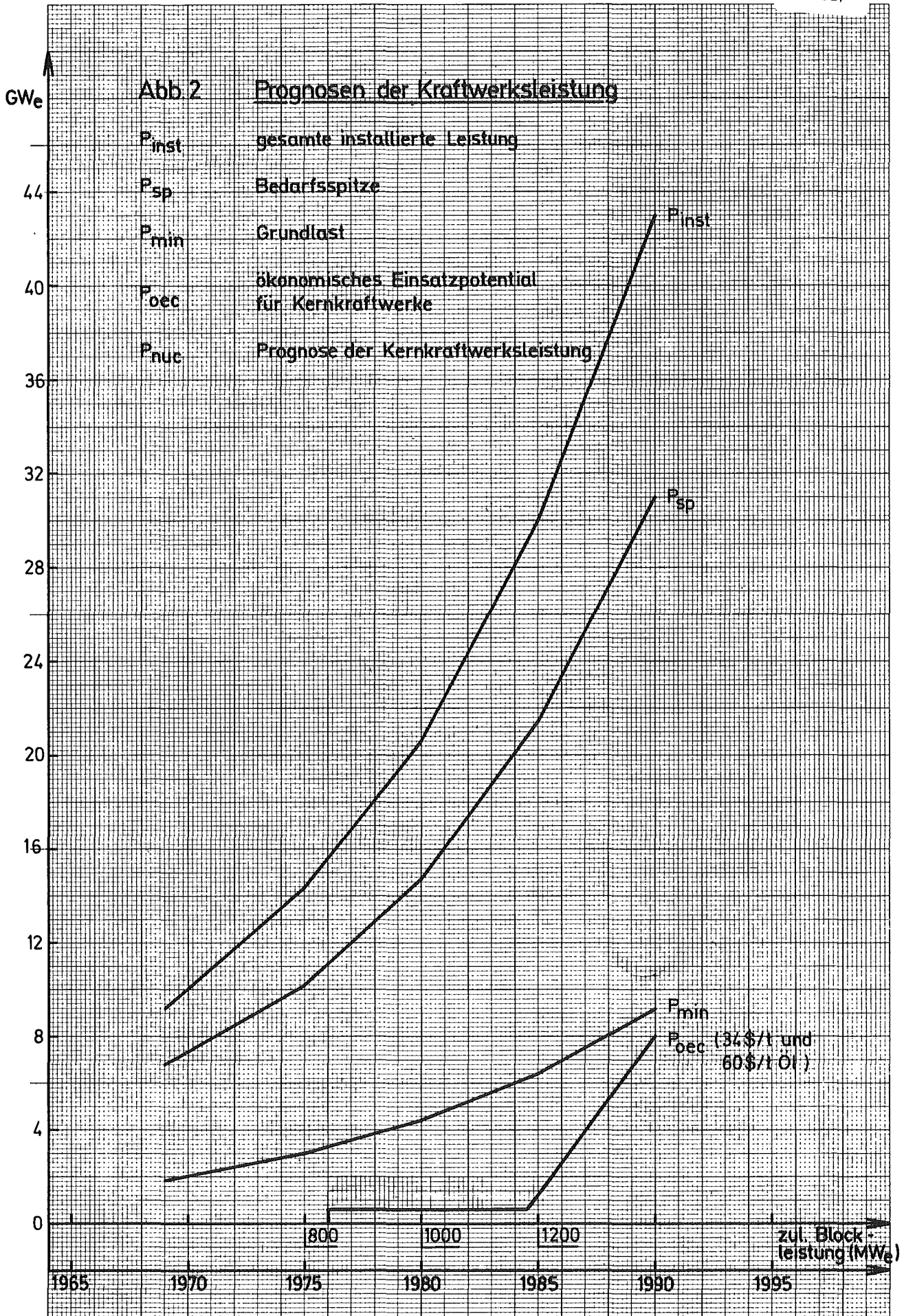
Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken

Blockleistung 1000 MWe



Erzeugung - Dauerlinie





C h i l e

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: _____
 1985 bei 35 \$ / t Öl
 1980 bei 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: 1,0 GWe bei 35 und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	742 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	9,8		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (C.E.)	92,2 Mrd	9 400	1970	100/71
in US-\$	7,55 Mrd	770	1970	
(1 US-\$ = 12,22 C.E.)*)				
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	11,8 Mio	1,2	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	7,65 Mio	0,78	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	7,1 Mrd	620	1969	100/70
Anteil am gesamten Energieverbrauch	14 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	90		1970	450
Braunkohle	2 800		1970	450
Erdöl	40		1970	450
Erdgas	200		1970	450
gesamt	3 130			

*) differenziertes Kurssystem, hier Bankenfremkurs.

1. Allgemeine Situation

Die beträchtlichen einheimischen Kohlevorkommen können nur unter sehr hohen Kosten abgebaut werden (Preis etwa das 3 bis 4-fache der US-Kohle)/450/. Da aber 100.000 Personen vom Kohlebergbau leben, wird unabhängig von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen bis zur Lösung dieses sozialen Problems, Kohle nicht aufgegeben werden.

Neben den fossilen Energievorräten besitzt Chile ein bedeutendes Wasserkraftpotential, das auf 150 TWh/a geschätzt wird. Aus wirtschaftlichen Gründen ist allerdings etwa die Hälfte davon nicht ausbauwürdig. Die weiten Entfernungen zu den Verbrauchszentren in dem langgestreckten Land wirken sich ungünstig aus.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung ist der staatlichen Empresa Nacional de Electricidad S.A. (ENDESA) unterstellt. Im mittleren Teil des Landes werden 96% der erzeugten Elektrizität verbraucht.

Mehr als 50% des Elektroenergiebedarfs werden aus Wasserkraft gedeckt. Weil das Wasserangebot erheblich schwankt und das Verbundnetz nur teilweise ausgebaut ist, war der Reservefaktor für 1969 mit 1,75 recht hoch. Für die Prognosen wurden Reservefaktoren von 1,6 bis 1980 und 1,5 nach 1980 angenommen, da das Verbundnetz stärker ausgebaut wird und der Anteil der Wasserkraft nach dem Ausbau der billigen Reserven langfristig wieder abnehmen wird.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,5% 1980: 2,3%	Ex-Post: recht gut
BIP real zu Markt- preisen von 1965	Parabel	1970: 3,2% 1980: 1,8%	Ex-Post: recht gut
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	4,8%	recht gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Die Ölgewinnungskosten in Chile liegen über dem Weltmarktniveau. Für die Kostenrechnung wurde jedoch der Weltmarktpreis incl. Transportkosten eingesetzt und die Differenz als soziale Kosten betrachtet (vgl. Absatz 5), die hier außer Betracht bleiben sollen. Die Kostenrechnung für Öl- und Kernkraftwerke von 300 MWe ergibt bei einem Ölpreis von 35 \$/t geringere Kosten für Kernkraftwerke im Grundlastbereich. Für die Wasserkräfte wurde geschätzt/450/, daß etwa 4 GWe mit einer Erzeugung von 23 TWh/a ausgebaut werden können. Die Stromerzeugungskosten wurden 1967 auf 4 bis 8 mills/kWh veranschlagt. Unter Berücksichtigung der Preissteigerungen bis 1973 ergeben sich bei einem Teil dieser Projekte Stromerzeugungskosten, die höher sind als bei Kernkraftwerken im Grundlastbereich. Kostenrechnungen für Kohlekraftwerke wurden von uns nicht durchgeführt (vgl. Absatz 1).

5. Weitere Kriterien

Neben der derzeitigen politischen Instabilität gibt es in Chile einige für die Kernenergie ungünstige Faktoren. Chile wendet ein Kosten/Nutzen-Berechnungssystem an, das einheimische Energieträger und einheimische Industriebeteiligung in starkem Maße begünstigt. Chile ist in hohem Maße erdbebengefährdet. Der notwendige Erdbebenschutz wird bei Kernkraftwerken teurer sein als bei fossilen Kraftwerken; er wurde in der Kostenrechnung jedoch nicht berücksichtigt.

6. Schlußfolgerungen

Die reichlich vorhandenen und z.T. billigen Wasserkraftreserven werden voraussichtlich bis ca. 1985 mit Vorrang ausgebaut werden und den überwiegenden Teil des Zuwachs des Elektroenergiebedarfs bis zu diesem Zeitpunkt decken. Nach 1985 ist damit zu rechnen, daß nur noch wenige Wasserkraftwerke mit Stromerzeugungskosten unter 10 mills/kWh gebaut werden können.

Bei Entscheidungen über den Bau von Wasserkraftwerken mit Stromerzeugungskosten über 10 mills/kWh kommt es darauf an, wie hoch der zusätzliche Nutzen (z.B. für Bewässerung oder Verhinderung von Flutkatastrophen) einzuschätzen ist oder ob eine politische Entscheidung für die weitere vorrangige Nutzung einheimischer Energiequellen getroffen wird.

Kommt für den Grundlastbereich die Stromerzeugung aus importierten Energieträgern in Betracht, so konkurrieren in erster Linie Öl und Kernenergie. Bei den in Frage kommenden Blockleistungen bis 300 MWe sind Ölkraftwerke bei einem Preis von 35 \$/t Öl im Grundlastbereich teurer als Kernkraftwerke.

Wir schätzen das nukleare Einsatzpotential auf 1 GWe bis 1990, unabhängig von einem weiteren Anstieg des Ölpreises. Eine Marktstudie der IAEA/450/ ging von einem höheren Elektrizitätsbedarf aus und ergab ein nukleares Einsatzpotential von 1,2 GWe (bei einem Ölpreis 1973 von 19 \$/t und einer Preissteigerungsrate von 2%/a).

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd C.E. (1965)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	100/71 160/70	100/71			100/70				
1960	7,6	14,1	3,7	490		1,14				
1965	8,7	18,0	4,9	560		1,45				
1969	9,6	20,9	5,7	595	1,08	1,9	0,12	130		
1970	9,78		6,0	620						
1975	11,1	24,8	7,2	650	1,37	2,2	0,12	160		
1980	12,5	27,4	10,0	800	1,9	3	0,12	230		
1985	14,0	29,5	12,7	910	2,4	3,6	0,12	300		
1990	15,6	31,2	16,2	1040	3,1	4,65	0,1	300	1,0	1,0

Anmerkungen:

Spalte 6: mit einem Lastfaktor von 0,6

7: Reservefaktor 1,75 für 1969, 1,6 für Prognosewerte bis 1980, 1,5 nach 1980

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	400	473	56,76	10		66,66		9,5	
	300	537	64,44	10,15		74,59		10,7	
ÖL	400	202	24,2	90	52,5	114,2	76,7		
	300	223	26,8	90	52,5	116,8	79,3	16,7	11,3
WASSER	500	500	50	0		50		10	

Anmerkungen

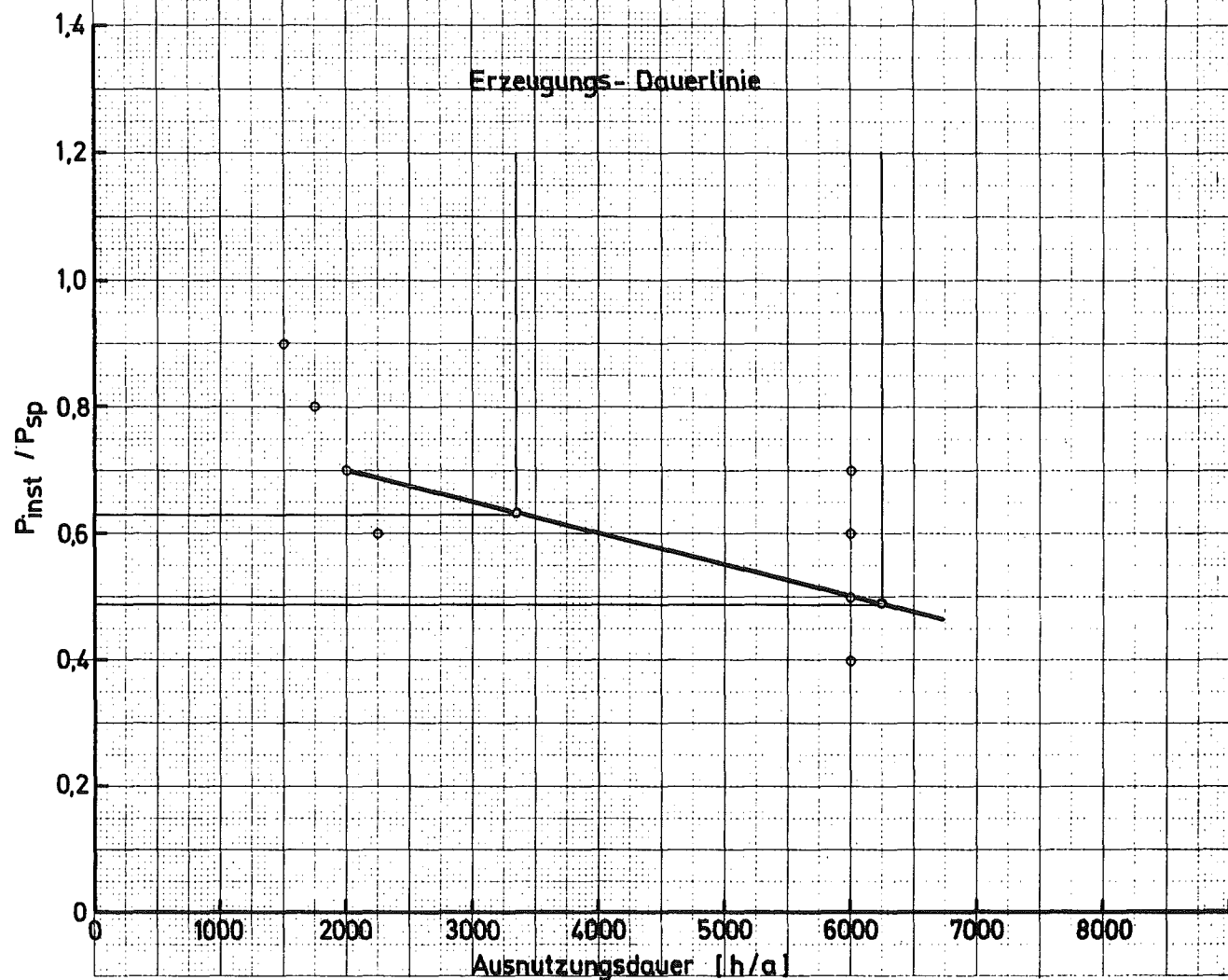
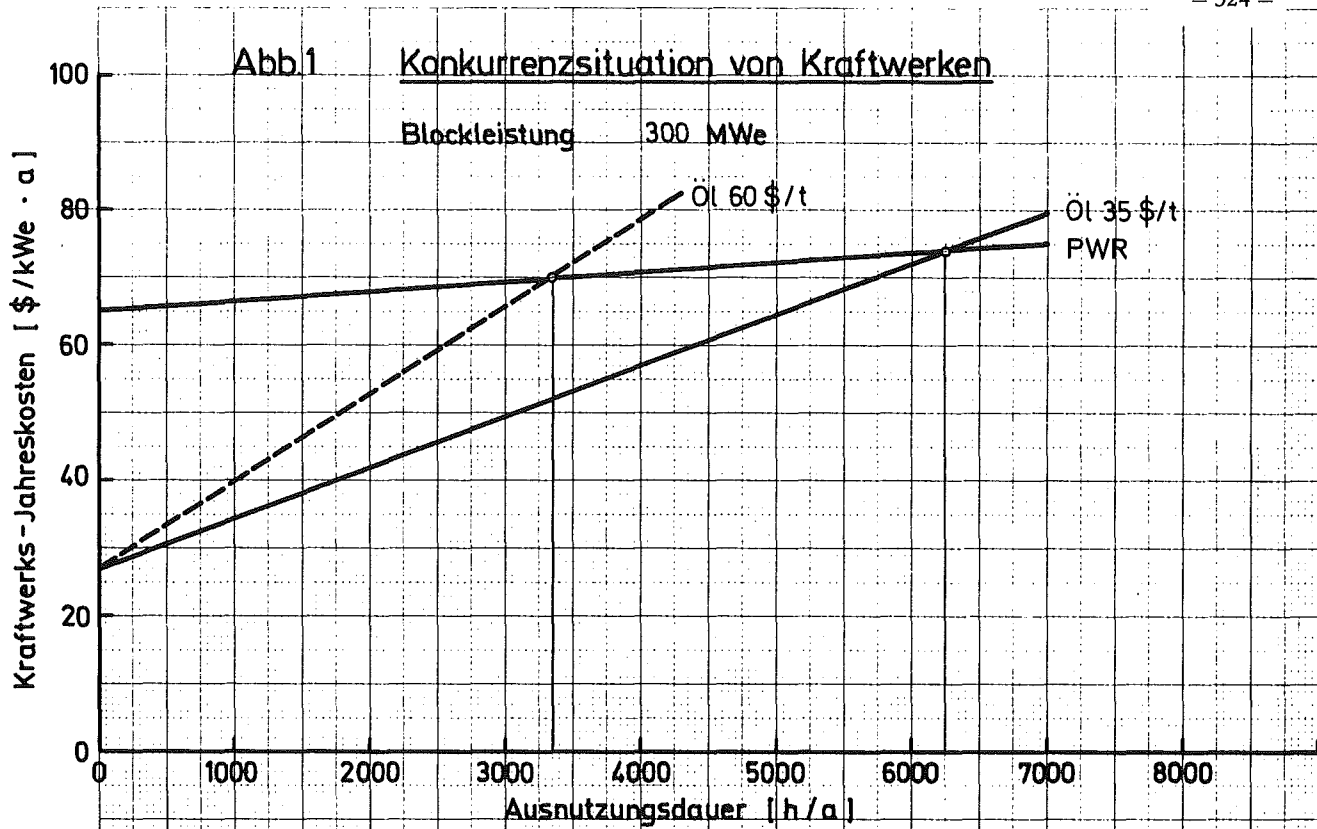
Spalte 3 : Anlegkostenindex nuklear: 0,8

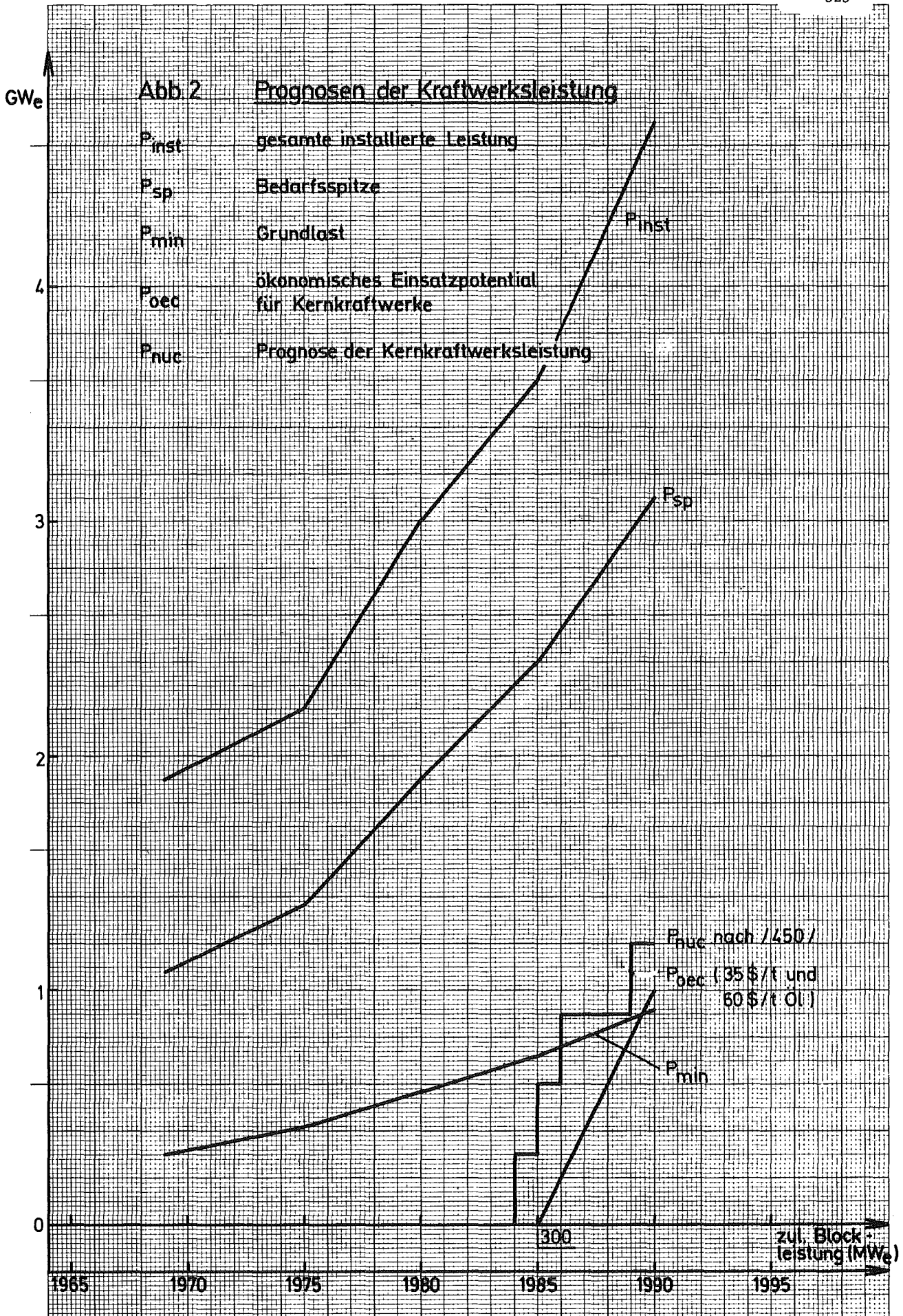
Konventionell: 0,7

4 : Annuitätsfaktor 12% für PWR und Ölkraftwerke, 10% für Wasserkraftwerke

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t, bei Wasserkraftwerken 5000 h/a

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 35 \$/t





K o l u m b i e n

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 bei 34 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

1,5 GWe bei 34 \$ / t Öl und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	1,1 Mio		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	21,12		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (kol \$)	128 Mrd	6 060	1970	100/71
in US-\$ (1 US-\$ = 18,68 kol\$)	6,85 Mrd	324	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	12,2 Mio	0,58	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	20,7 Mio	0,98	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	7 Mrd	330	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	14 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	12 500		...	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	319		1970	530/70
Erdgas	54		1970	530/70
gesamt	12 873			

1. Allgemeine Situation

Die Erdölförderung des Landes ist bedeutend, 1970 betrug sie 11,3 Mio t. Im gleichen Jahr wurden 1,5 Mrd m³ Erdgas gewonnen.

Kohle kommt nur in kleinen Lagerstätten vor, die lediglich lokale Bedeutung haben /500/. Uranvorkommen sind nach /311/72/ "bemerkenswert", während der OECD-IAEA-Bericht /580/ Uranvorkommen in Kolumbien nicht erwähnt.

2. Elektrizitätsversorgung

Kolumbien wird im wesentlichen durch vier Elektrizitätsversorgungsunternehmen mit Elektrizität versorgt.

Die Erzeugung erfolgt zu rund 70% aus Wasserkraften (bei Bogota, Cali, Medellin). Das gegenwärtige Elektrifizierungsprogramm sieht den Ausbau von Wärmekraftwerken vor, die den Bedarf decken sollen, bis das geplante System von Wasserkraftwerken aufgebaut worden ist.

Im Zuge dieser Planung werden eine Reihe großer Wasserkraftwerke fertig gestellt.

Ein Verbundnetz, das zum Teil schon in Betrieb ist, soll Bogota, Cali und Medellin verbinden.

60% der Kolumbianer leben in Ortschaften ohne öffentliche Elektrizitätsversorgung.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post-An- passung
Bevölkerung	Parabel	1970: 3,1% 1980: 2,9%	recht gut
BIP real zu Markt- preisen von 1958	Parabel	1970: 5,1% 1980: 4,6%	gut
Elektrizitätserzeugung	Parabel	1970: 7,6% 1980: 5,6%	gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt, daß Kernkraftwerke ab 300 MWe im Grundlastbereich kostengünstiger arbeiten als Ölkraftwerke. Kraftwerksblöcke von 500 MWe (ab 1990 einsetzbar) können bei einem Ölpreis von 34 \$/t ab einer Ausnutzungsdauer von 5000 h/a, bei einem Ölpreis von 60 \$/t ab 2500 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden.

5. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose ergibt einen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung von 1980 bis 1990 von 2,9 GWe. Angesichts der bedeutenden Wasserkraftreserven Kolumbiens schätzen wir den Zubaubedarf an Wasserkraftwerken auf 1,5 GWe. Ebenso hoch schätzen wir das ökonomische Einsatzpotential für Kernkraftwerke.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd kol \$ (1958)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	100/71			100/71				
1960	15,4	23,1	2,82	183		0,91				
1965	18,0	29,1	4,66	259		1,55				
1969	20,5	36,1	6,49	316		2,25				
1970	21,1		7,0	330	1,59	2,7				
1975	24,5	47,9	9,5	390	2,16	3,45	0,1	200		
1980	28,4	60,4	12,7	450	2,90	4,64	0,1	300		
1985	32,6	74,9	16,5	510	3,76	6,00	0,1	400		
1990	37,2	91,4	20,6	550	4,70	7,52	0,1	500	1,5	1,5

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,5

7: Reservefaktor 1,69 in 1970, 1,6 ab 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	300	600	72,0			82,2		11,7	
	400	528,5	63,4			73,4		10,5	
	500	481	57,7			67,5		9,6	
ÖL	300	255,5	34,5	90	51	124,5	85,5	17,8	12,2
	400	231	31,1	90	51	121,1	82,1	17,3	11,7
	500	215	29,1	30	51	119,1	80,1	17	11,4

Anmerkungen

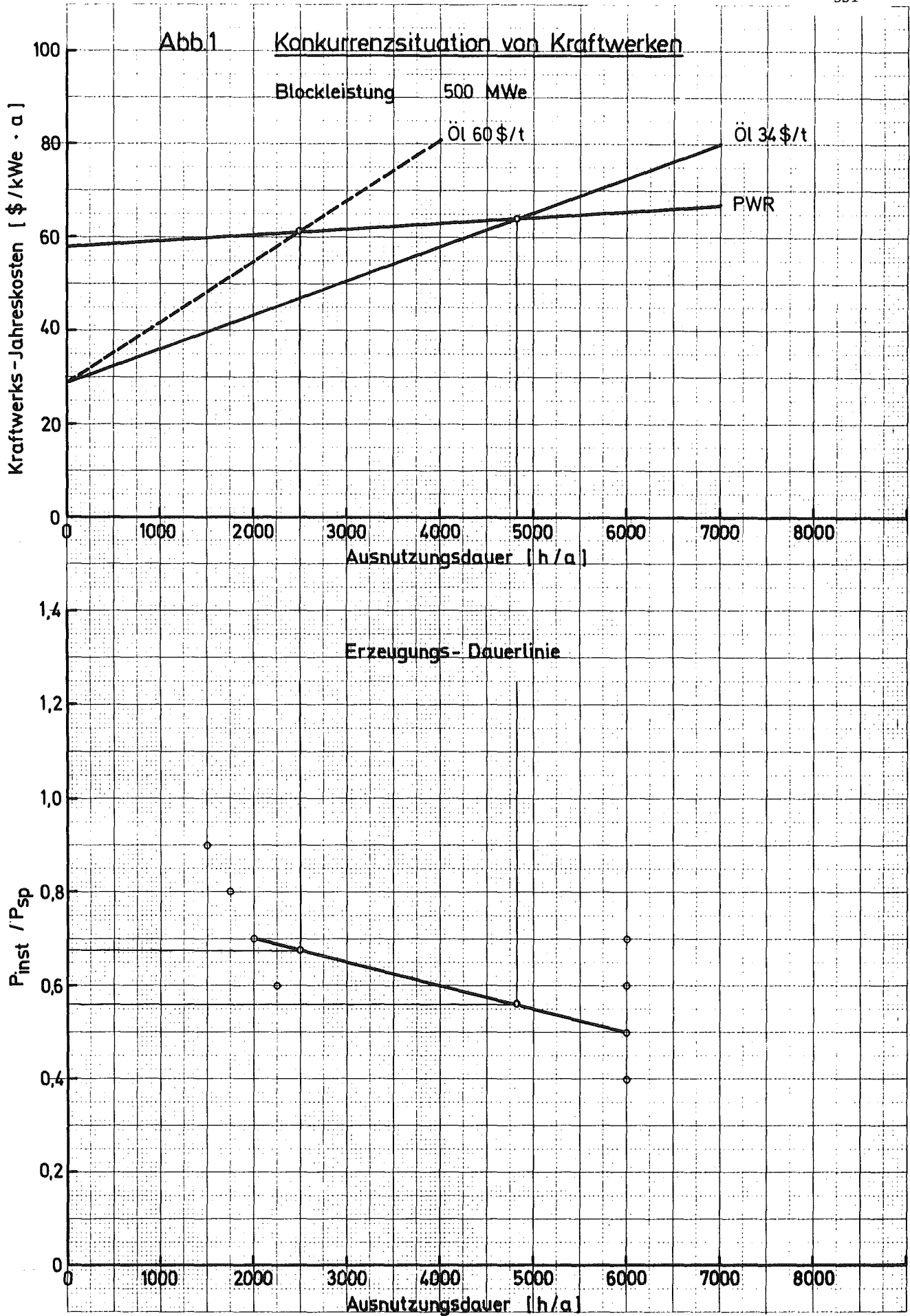
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9

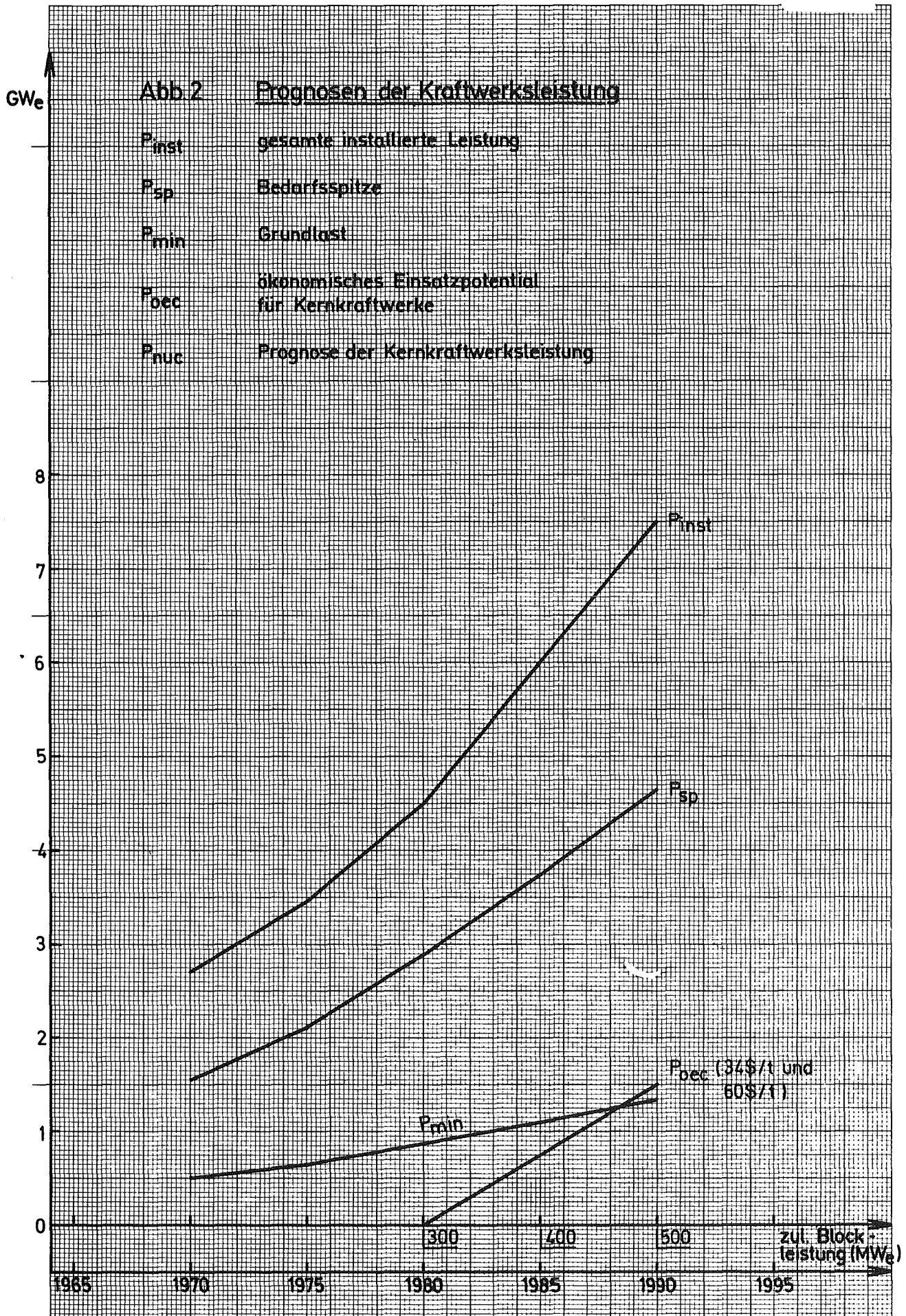
Konventionell: 0,8

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t





P e r u

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 bei 60 \$ / t Öl nach 1990 bei 35 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

1 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	1,3 Mio		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	13,6		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (S/.)	202,9 Mrd	15 370	1969	160/70
in US-\$	5,23 Mrd	396		
(1 US-\$ = 39 S/.) *)			1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	8,3 Mio	0,6	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	5,4 Mio	0,4	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	5,3 Mrd	390	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	ca. 21 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	2 334		1966	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	50		1970	530/70
Erdgas	100		1970	530/70
gesamt	2 484			

*) Zertifikatkurs

Peru - 2

1. Allgemeine Situation

Peru ist reich an Wasserkraften und fossilen Energieträgern. 1972 wurden große Erdöl-Lagerstätten gefunden (in Tab. 1 nicht enthalten). Peru hofft durch ihre Ausbeutung eines der wichtigsten Erdölexportländer Lateinamerikas zu werden. Die Kohleförderung ist rückläufig.

Förderzahlen: Erdöl 3 Mio t/a (1971)
 Erdgas 0,5 Mrd m³/a (1969)
 Steinkohle 0,15 Mio t/a (1970)

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung erfolgt überwiegend aus Wasserkraft. Infolge unausgewogener regionaler Verteilung der Kraftwerke und auf Grund des mangelhaft ausgebauten Verbundnetzes ist die Elektrizitätsversorgung großer Teile des Landes unzureichend. Etwa 80% der Kraftwerksleistung befindet sich im Raum Lima/Callao. Eine allmähliche Übernahme der in ausländischem Besitz befindlichen Elektrizitätsversorgungsgesellschaften in den Staatsbesitz wird angestrebt.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 3,2% 1980: 3,2%	Ex-Post: recht gut
BIP real zu Marktpreisen von 1963	Parabel	1970: 4,3% 1980: 3,5%	Ex-Post: mäßig
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	5,6%	recht gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

Peru - 3

4. Kostenrechnung

Bei einem Ölpreis von 35 \$/t arbeiten Kernkraftwerke ab 400 MWe im Grundlastbereich kostengünstiger als Ölkraftwerke. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t können Kernkraftwerke auch im Mittellastbereich (bis unter 4000 h/a) wirtschaftlich eingesetzt werden.

Kostenangaben über die ausbauwürdigen Wasserkraftreserven lagen uns nicht vor.

5. Weitere Kriterien

Trotz fehlender Kostenangaben ist anzunehmen, daß bis 1990 noch genügend Wasserkraftwerke zu konkurrenzfähigen Kosten gebaut werden können.

Ergänzend zu den Erzeugungsmöglichkeiten der Wasserkraftwerke in niederschlagsarmen Jahren schätzen wir den Zubaubedarf an Wärmekraftwerken im Zeitraum 1980-1990 auf 1 GWe.

6. Schlußfolgerungen

Bei einem Betrieb der Wärmekraftwerke in Ergänzung zu den Erzeugungsmöglichkeiten der in der Versorgung dominierenden Wasserkraftwerke ist mit einer durchschnittlichen Ausnutzungsdauer von weniger als 5000 h/a zu rechnen. Damit ist bei einem Ölpreis von 35 \$/t bis 1990 kein wirtschaftliches Einsatzpotential für Kernkraftwerke gegeben. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t würde sich ein nukleares Einsatzpotential von 1 GWe ergeben.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd S/. (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe Prog. 1 Prog. 2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	100/71			100/71				
1960	10,0	65,5								
1965	11,7	90,0	3,07	263	0,7	1,148				
1969		100,0				1,7				
1970	13,6		4,26	313						
1975	16,0	133,0	6,2	385	1,40	2,24	0,2	280		
1980	18,7	159,0	8,6	462	1,96	3,10	0,15	300		
1985	21,8	187,0	12,0	550	2,70	4,30	0,12	300		
1990	25,3	216,0	16,6	660	3,80	6,10	0,1	400	1	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,6 ab 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	300	599	71,88	10,15		82,03		11,7	
	400	539	64,68	10,0		74,7		10,7	
ÖL	300	255	30,6	90	52,5	120,6	88,1	17,2	11,9
	400	230	27,6	90	52,5	117,6	80,1	16,8	11,45

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9

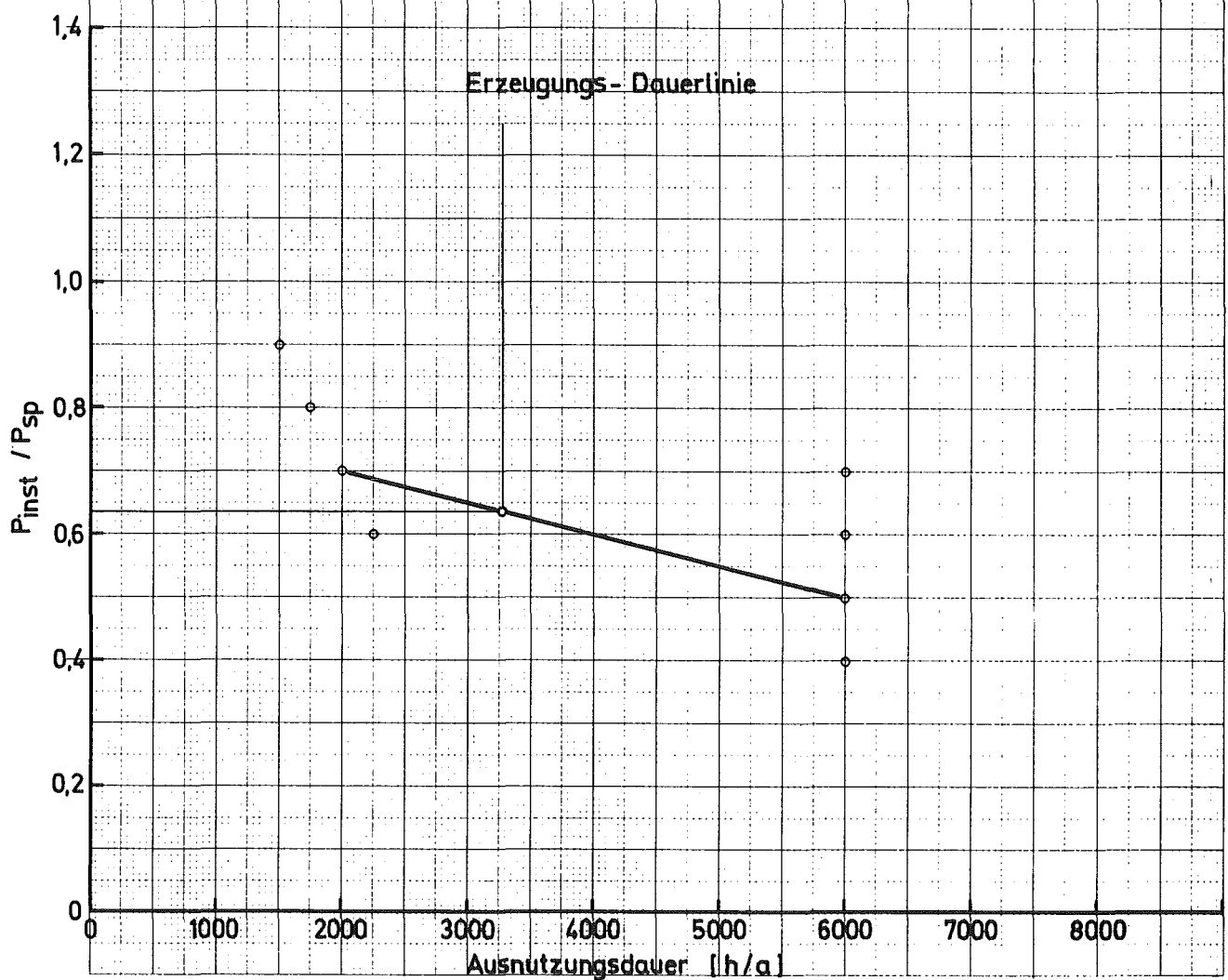
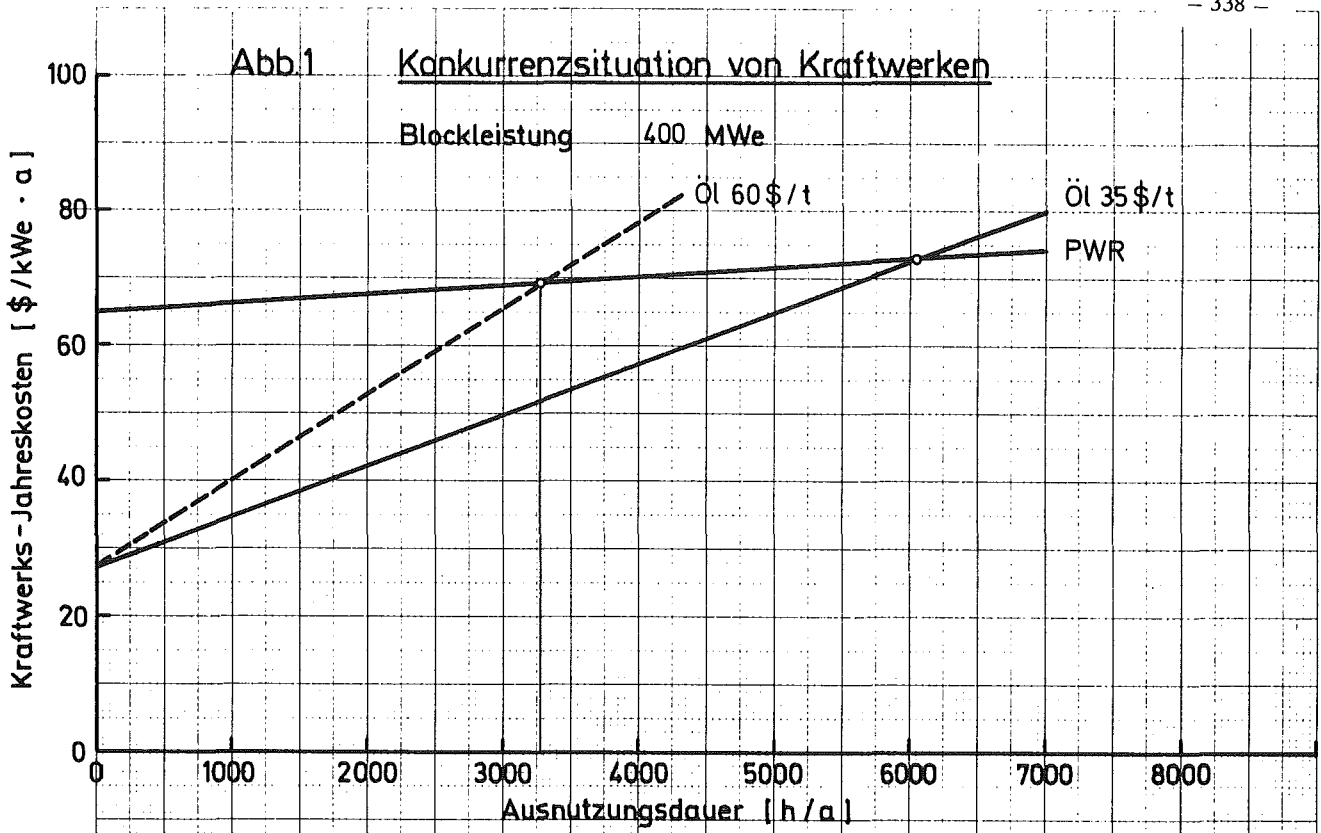
Konventionell: 0,8

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 35 \$/t

Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken



GWe

Abb 2 Prognosen der Kraftwerksleistung

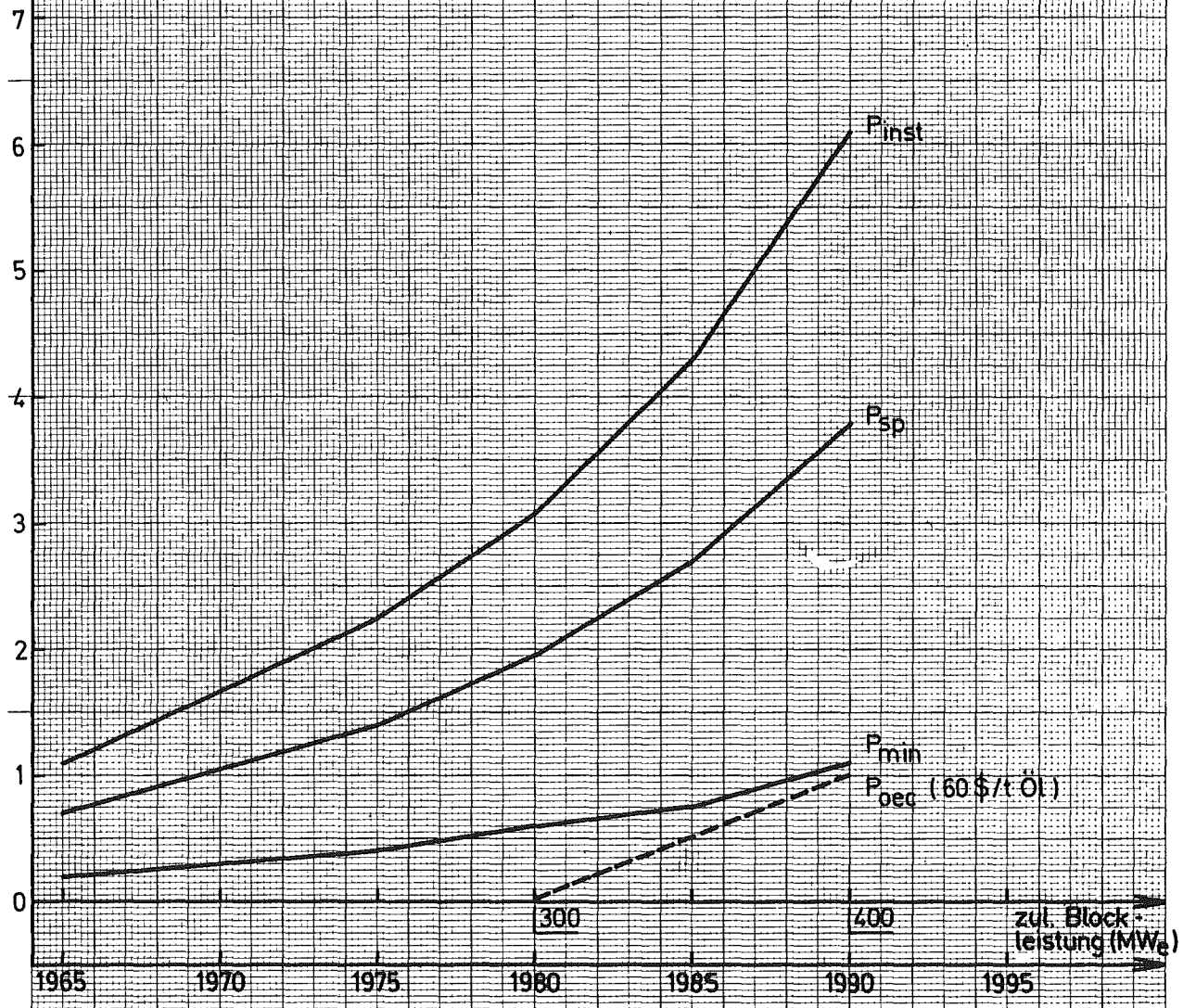
P_{inst} gesamte installierte Leistung

P_{sp} Bedarfsspitze

P_{min} Grundlast

P_{oec} ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke

P_{nuc} Prognose der Kernkraftwerksleistung



V e n e z u e l a

Erstes Kernkraftwerk:Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 für 3,4 \$ und 6 \$ / Gcal

Einsatzpotential bis 1990:

10 GWe bei 3,4 \$ / Gcal

12,4 GWe bei 6 \$ / Gcal

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	910 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	10,4		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
(Marktpreise)				
in Landeswährung (Bs)	46,9 Mrd	4 690	1969	160/70
in US-\$	10,4	1 040		
(1 US-\$ = 4,5 Bs)*)			1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	25,97 Mio	2,5	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	265 Mio	25,5	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	12,6 Mrd	1 210	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	ca. 16 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	53		1961	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	2 580		1970	530/70
Erdgas	900		1970	530/70
gesamt	3 533			

*) offizieller Kurs

Venezuela - 2

1. Allgemeine Situation

Venezuela gehört zu den bedeutendsten Erdölexportländern. 1970 wurden 194 Mio t gefördert; nur die USA und die UdSSR förderten mehr. Auch Erdgas gewinnt an Bedeutung. 1970 wurden ca. 9 Mrd m³ gefördert. Die Kohleförderung (1970: 39 000 t) hat nur geringe Bedeutung. Daneben sind viele andere Bodenschätze vorhanden, die z.T. noch nicht genutzt werden.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung basiert überwiegend auf öl- und gasgefeuerten Kraftwerken. Der Anteil der Wasserkraftwerke weist jedoch eine steigende Tendenz auf.

3. Prognosen

	Regressionskurve	Wachstumsrate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 3,3% 1980: 2,9%	Ex-Post: gut
BIP real zu Marktpreisen von 1957	Exp.-Funktion	5,5%	Ex-Post: gut
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	10%	gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Kernkraftwerke ab 500 MWe können im Grundlastbereich kostengünstiger arbeiten als Öl- oder Erdgaskraftwerke. Für Erdgas wurde dabei der gleiche Wärmepreis wie für Öl eingesetzt (3,4 \$/Gcal entsprechend einem Ölpreis von 34 \$/t). Bei einem Wärmepreis von 6 \$/Gcal können Kernkraftwerke von 800 MWe ab einer Ausnutzungsdauer von 3000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden.

5. Schlußfolgerungen

Bei einem Wärmepreis von 3,4 \$/Gcal für Öl und Gas ergibt sich bis 1990 ein nukleares Einsatzpotential von 10 GWe. Bei einem fossilen Energiepreis von 6 \$/Gcal (entspricht 60 \$/t Öl) erhöht sich das nukleare Einsatzpotential auf 12,4 GWe.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd Bs (1957)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
					Prog. 1	Prog. 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/71	100/71			100/71				
1960	7,35	27,1	3,72	506		1,25				
1965	8,72	38,6	6,6	757		2,11				
1969	10,0	44,8	9,0	900	1,7	3,15				
1970	10,4		10,1	969						
1975	12,1	63,8	16,96	1400	3,23	5,2	0,12	400		
1980	14,0	83,9	28,1	2010	5,35	8,0	0,1	500		
1985	16,1	110,0	46,4	2880	8,8	13,2	0,08	700		
1990	18,4	145,0	76,6	4160	14,6	21,9	0,06	800	12,4	10

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,85 in 1969, 1,6 in 1975, 1,5 nach 1975.

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	500	530	63,5		9,8		73,3		10,5
	600	491	59,0		9,66		68,66		9,8
	800	435	52,2		9,3		61,5		8,8
	1000	404	48,5		8,96		57,46		8,35
ÖL	600	230	27,6		51		78,6		11,2
	1000	202	24,2		51		75,2		10,7
GAS	500	210	25,2	90	51	115,2	76,2	16,5	10,9
	600	200	24,0	90	51	114	75,0	16,3	10,7
	800	185	22,2	90	51	112,2	73,2	16	10,5
	1000	176	21,0	90	51	111	72,0	15,8	10,3

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

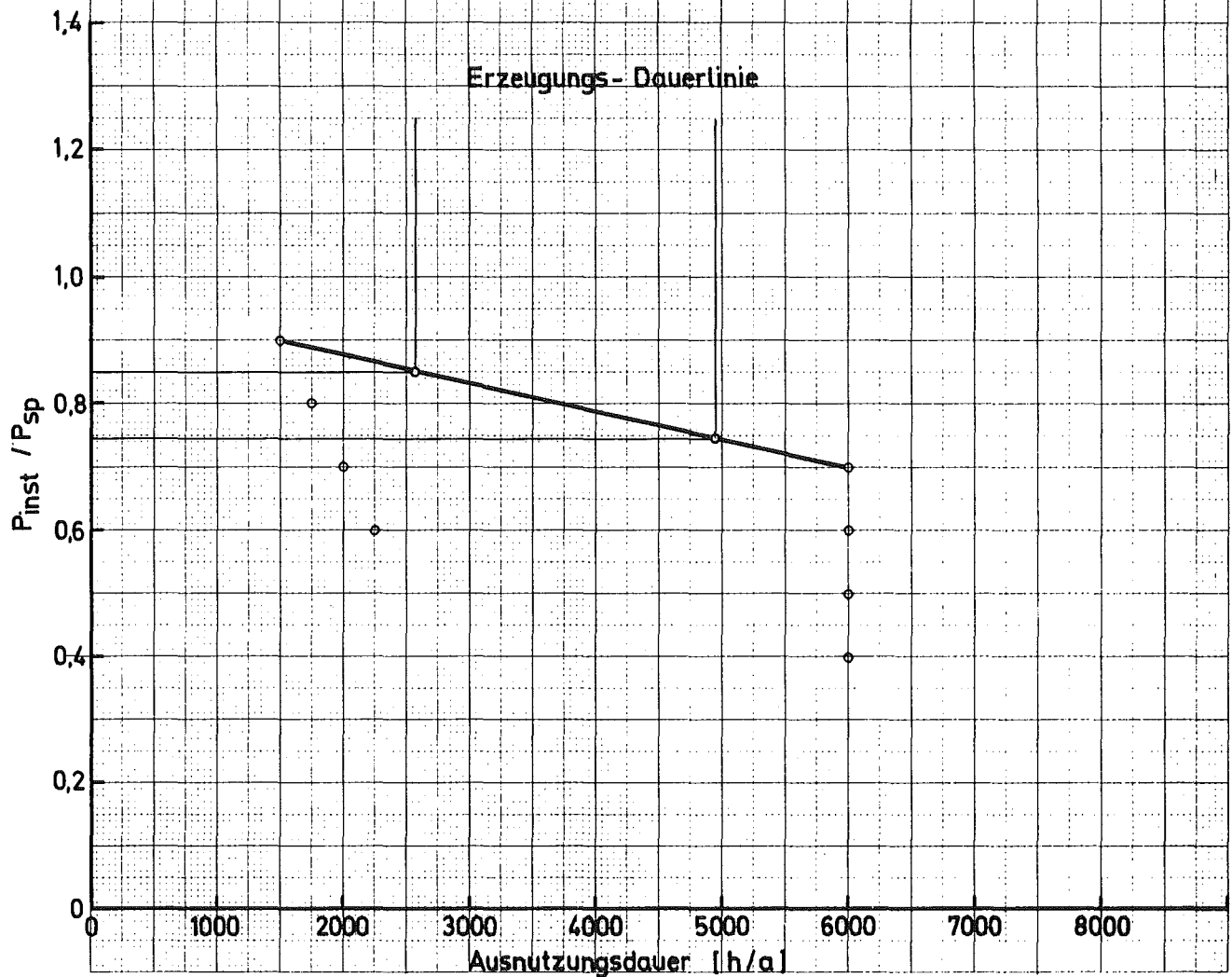
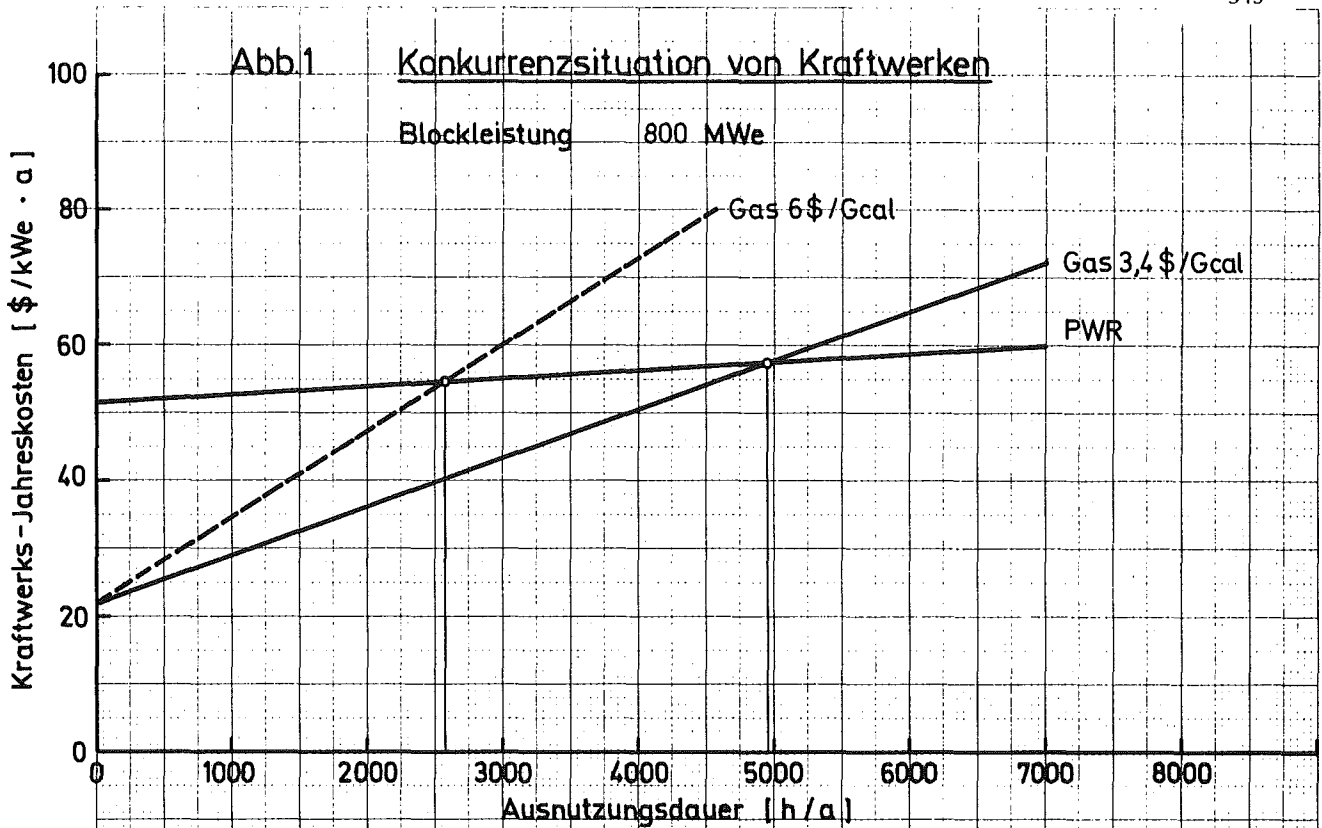
Konventionell: 0,9

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t , Gaspreis 6 \$ / Gcal

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t, Gaspreis 34 \$ / Gcal

Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken



GWe

Abb 2 Prognosen der Kraftwerksleistung

P_{inst} gesamte installierte Leistung

P_{sp} Bedarfsspitze

P_{min} Grundlast

P_{oec} ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke

P_{nuc} Prognose der Kernkraftwerksleistung

20

15

10

5

0

1965

1970

400

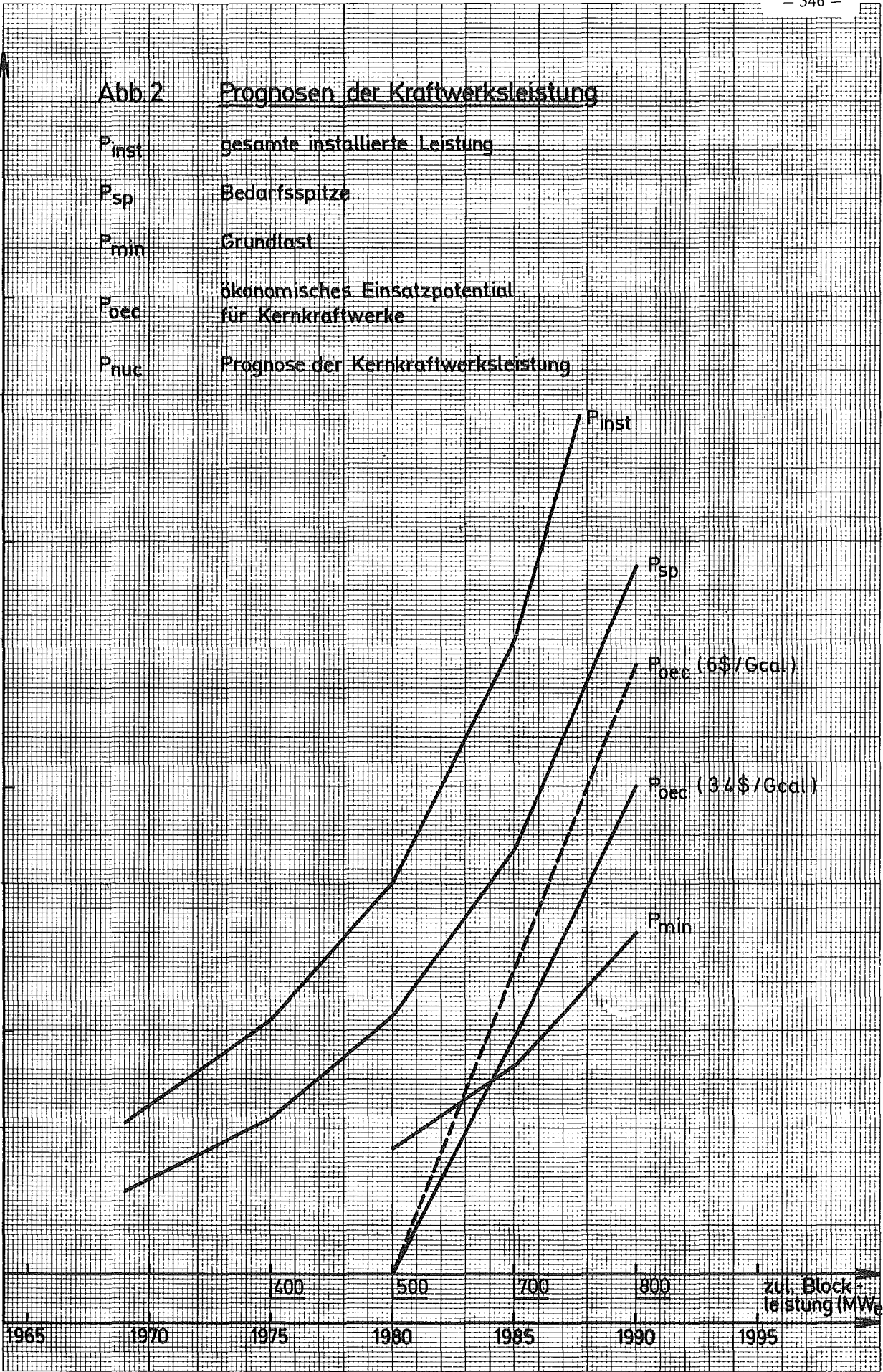
500

700

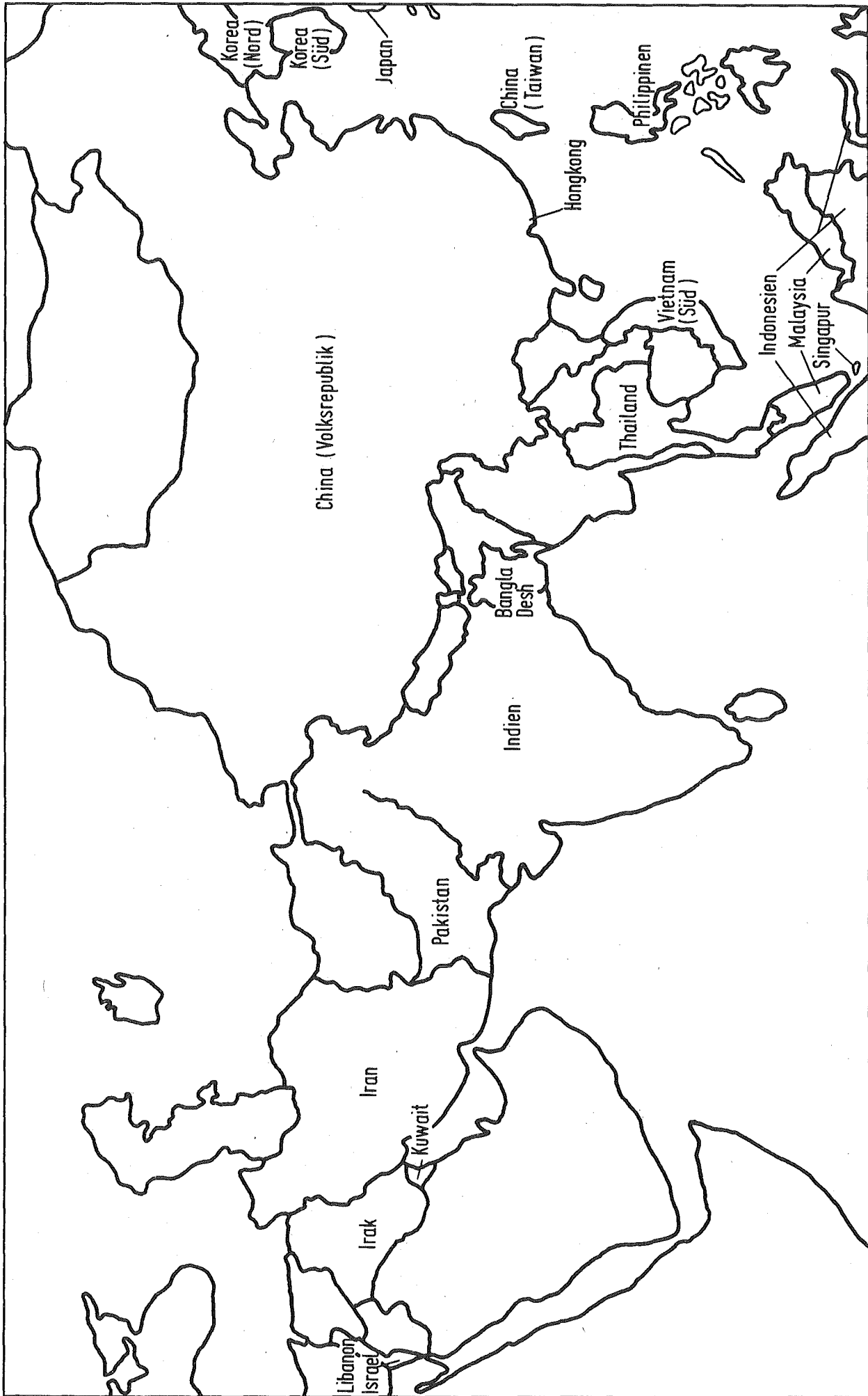
800

1995

zul. Blockleistung (MWe)



5. Asien



Asien

Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>ASIEN:</u>								
Bangla Desh	0,9	2,5	6,5	1,3	0	0,8	0	0
China (Taiwan)	10,8	40,5	81	10	8	9,5	4	3020
China (Volksrepublik)	51	134	346	57,7	10	10	0	0
Hongkong	4,1	10,2	19,2	2,9	2,9	2,9	0	0
Indien	48	144,8	423	88	22,4	22,4	8	1580
Indonesien	2	6,2	19	4,3	0	1,5	0	0
Irak	2,1	5,3	13,8	2,9	0	1,9	0	0
Iran	6,2	25,2	68,5	12,3	3	5,5	0	0
Israel	5,5	16,1	47,4	7,1	5,8	7	0	0
Japan	294	660	1420	174	170	170	24	14989
Korea (Nord)	13,2	22,2	37	3,6	0		0	0
Korea (Süd)	7,8	24,8	53,2	7	6,3	7	1	564
Kuwait	2,1	5,5	14,1	2,7	0	1,8	0	0
Libanon	1	2,9	8,2	2,3	0	1	0	0
Malaysia	2,8	5,6	9	1	0	1	0	0
Pakistan	6,1	14,5	31	5	1,2	2,4	2	337
Philippinen	6,2	16,1	42	6,8	4,6	5,7	0	0

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

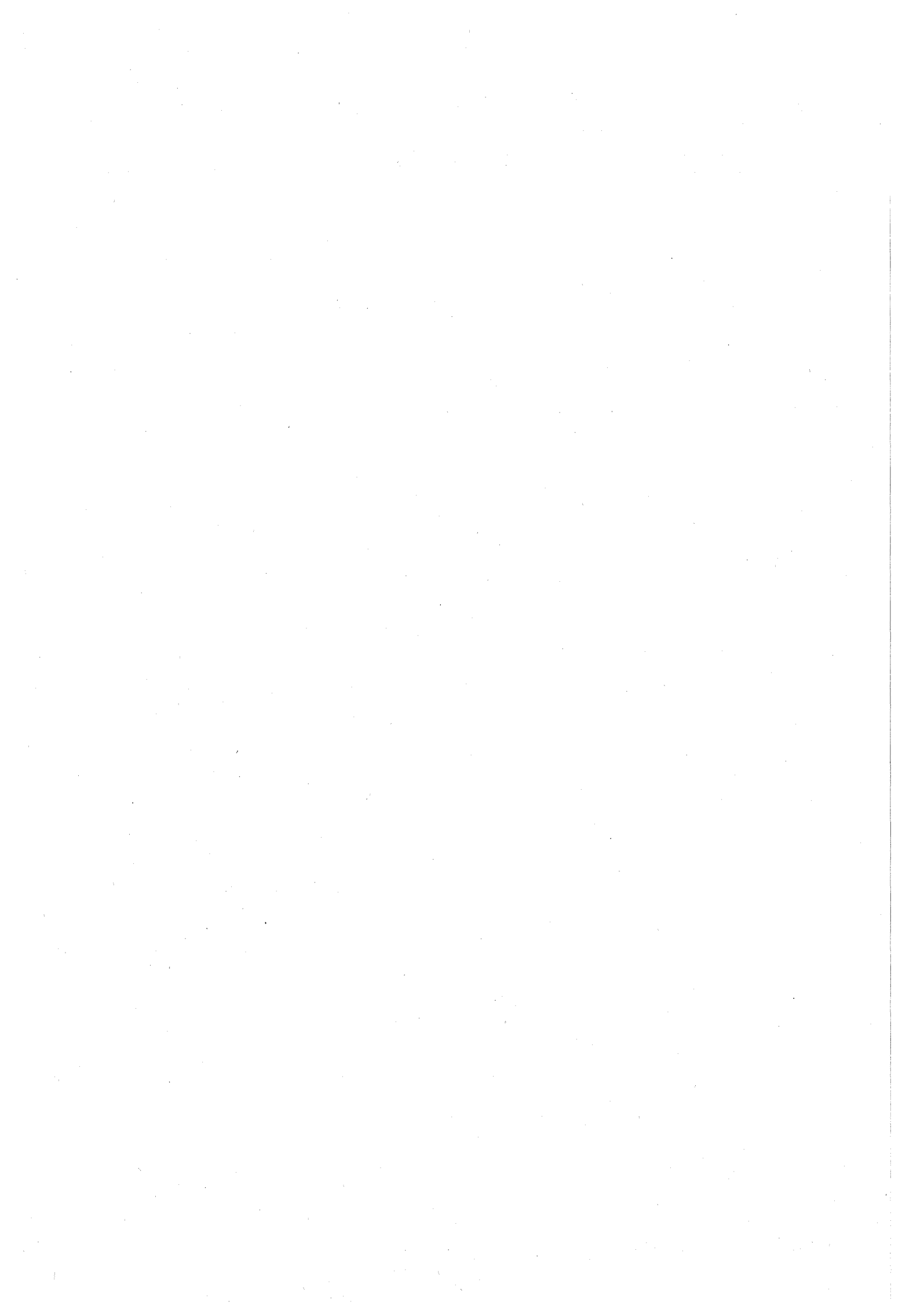
Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
ASIEN:								
Singapur	1,8	5,2	11	1,6	0,8	1,6	0	0
Thailand	3,4	11,4	47,8	9,8	6	6,8	0	0
Vietnam (Süd)	niedr. Prog.	0,9	2,6	5,4	0,9	0,4	0	0
	hohe Prog.	0,9	4,4	9,1	1,5	1,4		
Summe:	470	1160	2700	400	240	260	39	20 490

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/



Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1987 für 6 \$ / Gcal

Einsatzpotential bis 1990:

0 GWe bei einem fossilen Wärmepreis von 3 \$ / Gcal
0,8 GWe bei einem Wärmepreis von 6 \$ / Gcal

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	143 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	74		1973	450
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (Tk)	33,3 Mrd	450	1973	450
in US-\$ (1 US-\$ = 7,63 Tk)	4,4 Mrd	59	1973	450
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	2,3 Mio	0,03	1970	450
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>				
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	1,15 Mrd	15,6	1973	450
Anteil am gesamten Energieverbrauch	ca. 16%		1970	450
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	670		} 1973	450
Braunkohle	0			
Erdöl	0			
Erdgas	730			
gesamt	1400			

Bangla Desh - 2

Vorbemerkung: Das statistische Material über Bangla Desh ist lückenhaft und uneinheitlich. Wir stützen uns hier hauptsächlich auf Daten, die im Rahmen der IAEA Market Survey /450/ erhoben wurden und verwenden die für diese Marktstudie erarbeiteten Prognosen.

1. Allgemeine Situation

Bangla Desh befindet sich auf einem extrem niedrigen Entwicklungsstand. Das Land wird durch den Brahmaputra in zwei unterschiedlich entwickelte Regionen geteilt. Es gibt keine Brücke über den Fluß, der in der Regenzeit stellenweise bis zu 20 km breit werden kann. Im besser entwickelten östlichen Teil des Landes sind beträchtliche Erdgasreserven entdeckt worden. Im westlichen Landesteil gibt es Kohle von guter Qualität, aber unter ungünstigen geologischen Bedingungen. Die Bevölkerung ist in den letzten Jahren um 2,7 %/a gewachsen. Der Krieg von 1971 hat einen schweren wirtschaftlichen Rückschlag mit sich gebracht. Nach Beseitigung der Kriegsschäden strebt die Regierung eine Wachstumsrate des Bruttoinlandsprodukts von 6 - 7 %/a an.

2. Elektrizitätsversorgung

Der Elektrizitätsverbrauch pro Kopf beträgt nur 12,5 kWh/a. Die Elektrizitätserzeugung erfolgt überwiegend in öl- oder gasgefeuerten Kraftwerken. Eine Verbindung der Netze im westlichen und östlichen Teil des Landes über den Brahmaputra würde einen sehr hohen Aufwand erfordern und ist auf absehbare Zeit nicht geplant. Unsere Abschätzung der zulässigen Blockleistung gilt für die besser entwickelte östliche Zone, in der über 75% der elektrischen Energie erzeugt werden.

3. Prognosen

	Extrapolations- kurve	Wachstumsrate (nach/450/)
Bevölkerung	Exp.-Funktion	2,6%
BIP real	Exp.-Funktion	3,4%
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	1970-80: 11%/a 1980-90: 9,5%/a

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen. Fachleute in Bangla Desh (Rooppur Working Group) nehmen eine jährliche Zuwachsrate der Elektrizitätserzeugung von 20% an /450/. Damit würden sich für 1990 ein Elektrizitätsverbrauch von 18 TWh/a, eine Lastspitze von 3,8 GWe und eine zulässige Blockleistung von etwa 500 MWe ergeben. Wir verwenden die für die IAEA Survey /450/ erstellte konservativere Prognose.

4. Kostenrechnung

Für die Kostenrechnung wurden relativ hohe Anlagekosten-Indices gewählt, da das Land nur geringe Eigenleistungen beim Bau von Kraftwerken erbringen kann. Die Kosten gelten für einen idealisierten Küstenstandort; im Inland ergeben sich wegen des Fehlens leistungsfähiger Transportwege bedeutend höhere Kosten.

Erdgas wird derzeit sehr billig abgegeben /450/. Für zukünftige Anlagen wurde bei Gas der gleiche Wärmepreis wie bei Öl angenommen (31 \$/t Öl).

Für Kernkraftwerke von 300 MWe ergeben sich im gesamten Lastbereich höhere Stromerzeugungskosten als für öl- oder gasgefeuerte Anlagen. Erst ab einer Blockleistung von 600 MWe ergibt sich bei hoher Ausnutzungsdauer ein leichter Kostenvorteil für Kernkraftwerke.

5. Weitere Kriterien

Niedriger Ausbildungsstand der Bedienungsmannschaften, ungenügende technische Infrastruktur sowie Naturkatastrophen verursachen häufige und oft langdauernde Ausfälle von Kraftwerken und Netzverbindungen. Dies verlangt einen hohen Reservefaktor und führt zu einer geringen durchschnittlichen Auslastung der Kraftwerke.

6. Schlußfolgerungen

In Bangla Desh existiert bis 1990 kein ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke, solange Öl oder ein äquivalenter Brennstoff zu einem Wärmepreis von etwa 3 S/Gcal verfügbar ist. Bei einem Wärmepreis von 6 S/Gcal würde sich ein Einsatzpotential von 0,8 GWe ergeben.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd US \$ (1964)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
					Prog. 1	Prog. 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	450	450	450			450				
1960	53		0,17	3,2						
1965	61		0,45	7,4						
1970	71		0,89	12,5	0,185	0,44	0,27	50		
1973	74	2,96	0,895	12,5	0,186					
1975	78	3,35	1,25	16	0,26	0,58	0,27	70		
1980	89	4,42	2,48	28	0,51	1,02	0,2	100		
1985	101	6,0	4,1	41	0,85	1,53	0,2	150		
1990	114	8,1	6,5	57	1,35	2,3	0,2	250	0,8	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55

7: Reservefaktor 2,4 in 1970, 2,2 in 1975, 2,0 in 1980, 1,8 in 1985, 1,7 in 1990

9: Die Blockleistungen gelten für die östliche Zone; in der westlichen sind sie niedriger.

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	200	802	96,3		10,4		106,7		15,2
	300	663	79,5		10,1		89,6		12,8
	500	530	63,5		9,8		73,3		10,5
	600	491	59,0		9,7		68,7		9,8
ÖL	300	287	34,4		46,5		80,9		11,5
	500	242	29,0		46,5		75,5		10,8
GAS	200	285	34,3	90		124,3		17,75	
	300	250	30,0		46,5		76,5		10,9
	500	210	25,2		46,5		71,7		10,2
	600	200	24,0		46,5		70,5		10,1

Anmerkungen

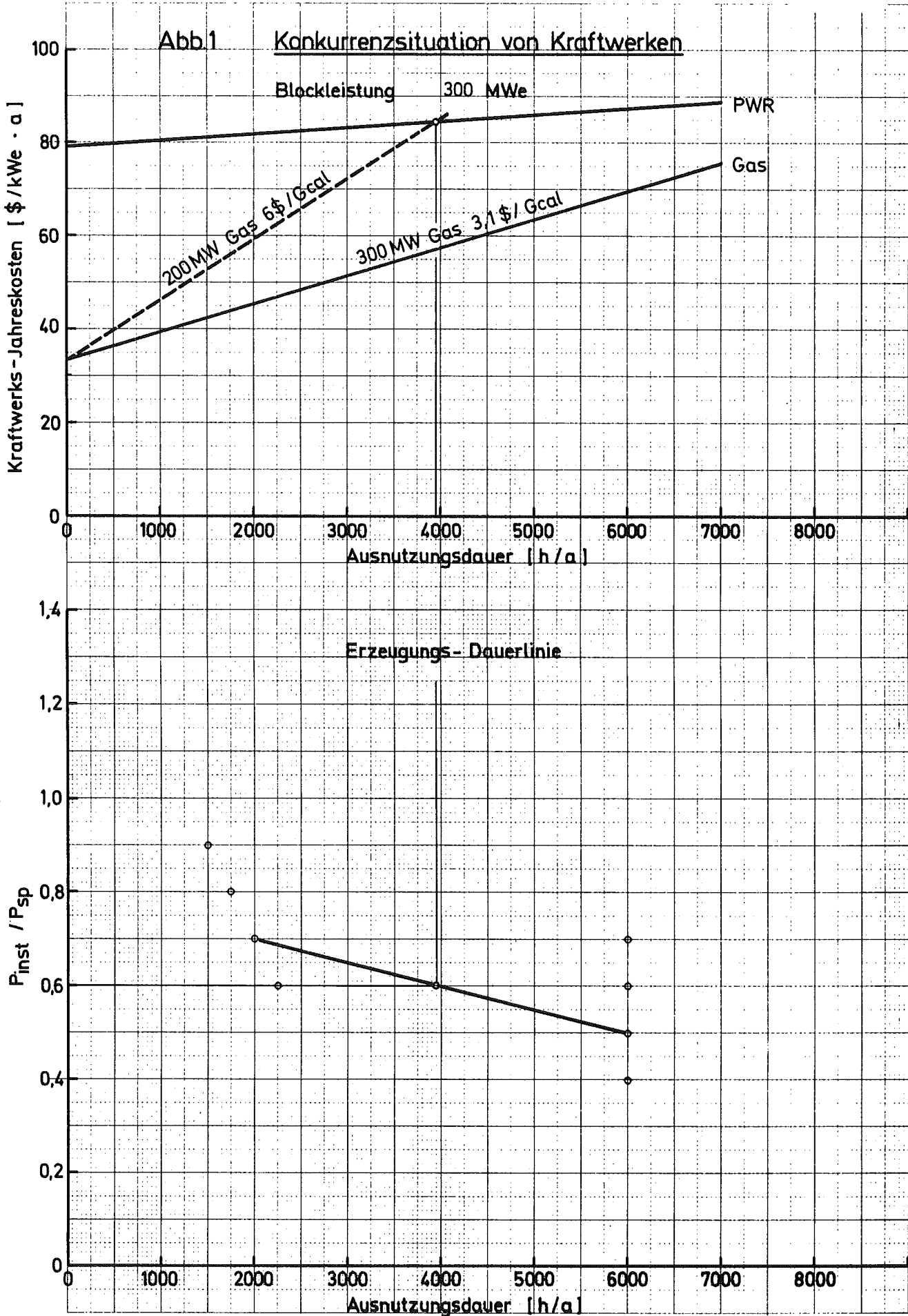
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

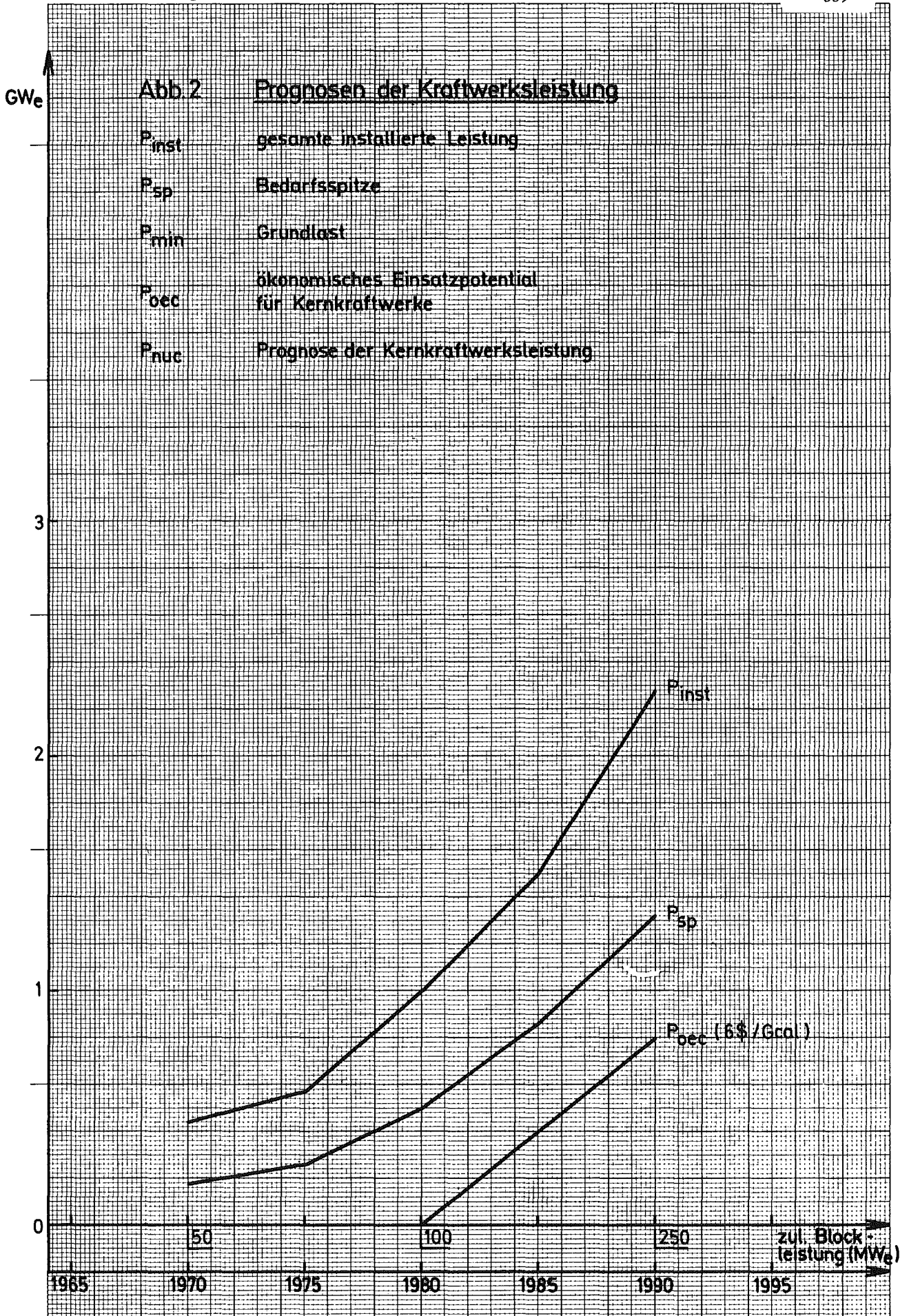
Konventionell: 0,9

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 31 \$/t





C h i n a (T a i w a n)

Erstes Kernkraftwerk: Chinshan / Taipeh-1 610 MWe BWR (GE)
Inbetriebnahme 1975

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1975 für 32 \$ und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: 11 GWe bei 32 \$ / t
12,5 GWe bei 60 \$ / t

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	36 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	14		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (NT \$)	219 Mrd	15 600	1970	100/71
in US-\$ (1 US-\$ = 40 NT \$)	5,5 Mrd	390	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	13 Mio	0,93	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	6,2 Mio	0,44	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	13,55 Mrd	970	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	32 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	260		1965	100/70
Braunkohle	7		1965	100/70
Erdöl	4		1970	310/70
Erdgas	35		1970	310/70
gesamt	306			

1. Allgemeine Situation

Taiwan verfügt über Kohle, Erdöl, Erdgas und Wasserkräfte. Die Energiereserven reichen jedoch nicht zur Deckung des Bedarfs aus, so daß über 50% der Primärenergieträger eingeführt werden müssen. Das reale Bruttoinlandsprodukt Taiwans ist im vergangenen Jahrzehnt durchschnittlich um 9,8%/a, der Elektrizitätsverbrauch um 12,9%/a gestiegen.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätsversorgung erfolgt überwiegend in Wärmekraftwerken. Etwa 80% der elektrischen Energie werden im produzierenden Gewerbe und in der Landwirtschaft (Bewässerung) verbraucht. Der Strompreis ist niedrig.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstumsrate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970:2,6% 1980:2,2%	Ex-Post: recht gut
BIP real zu Markt- preisen von 1964	Exp.-Funktion	9,8%	gut
Elektrizitätsverbrauch	Exp.-Funktion	bis 1980:12,9% /a nach 1980:7,2% /a	Ex-Post: sehr gut

Das Beibehalten einer Wachstumsrate des Elektrizitätsverbrauchs von 12,9% über 1980 hinaus ist auf Grund des bis dahin erreichten Pro-Kopf-Verbrauchs unwahrscheinlich.

4. Kostenrechnung

Die Kostenrechnung ergibt einen deutlichen Vorteil für Kernkraftwerke ab 600 MWe. Kernkraftwerke von 1000 MWe können bis weit in den Mittel-lastbereich wirtschaftlich eingesetzt werden (bis unter 4000h/a, s. Abb. 1).

5. Schlußfolgerungen

1980 werden voraussichtlich Kernkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 3 GWe installiert sein. Unter Einbeziehung dieser bereits bestellten Reaktoren schätzen wir das nukleare Einsatzpotential bei einem Ölpreis von 32 \$/t bis 1990 auf 11 GWe. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t würde sich ein Einsatzpotential von 12,5 GWe ergeben.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd NT \$ (1964)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe Prog. 1	GWe Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	160/70	310/70			100/71				
1960	11	71,2	3,14	258		0,78				
1965	12	115	5,67	470		1,28				
1968	13	153	8,76	674	1,54	2,06				
1969	14	166				2,37				
1970	14		10,8							
1975	16	301	21,2	1330	3,72	5,2	0,16	600		
1980	18	491	40,5	2280	7,1	10,0	0,12	800	3	3
1985	20	800	57,3	2860	10,05	14,0	0,09	900		
1990	22	1300	81	3680	14,2	20,0	0,07	1000	12,5	11

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

" 7: Reservefaktor 1,3 für 1968, 1,4 für Prognosen

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	600	398	47,8		9,6		57,4		8,2
	1000	327	39,2		9,0		48,2		6,9
ÖL	600	179	21,5	90	48	111,5	69,5	16,0	9,9
	1000	157	18,8	90	48	108,8	66,8	15,5	9,5

Anmerkungen

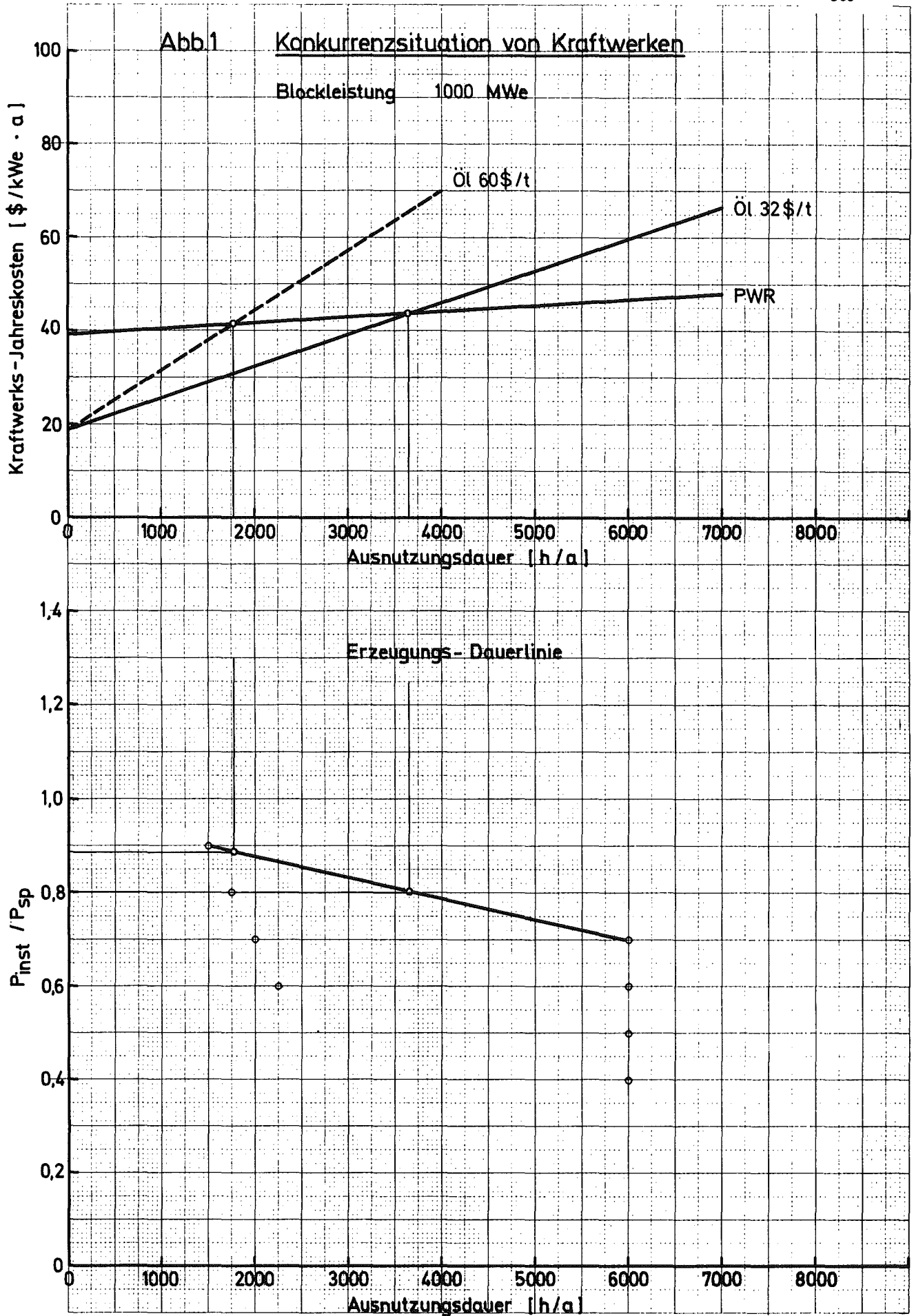
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,8

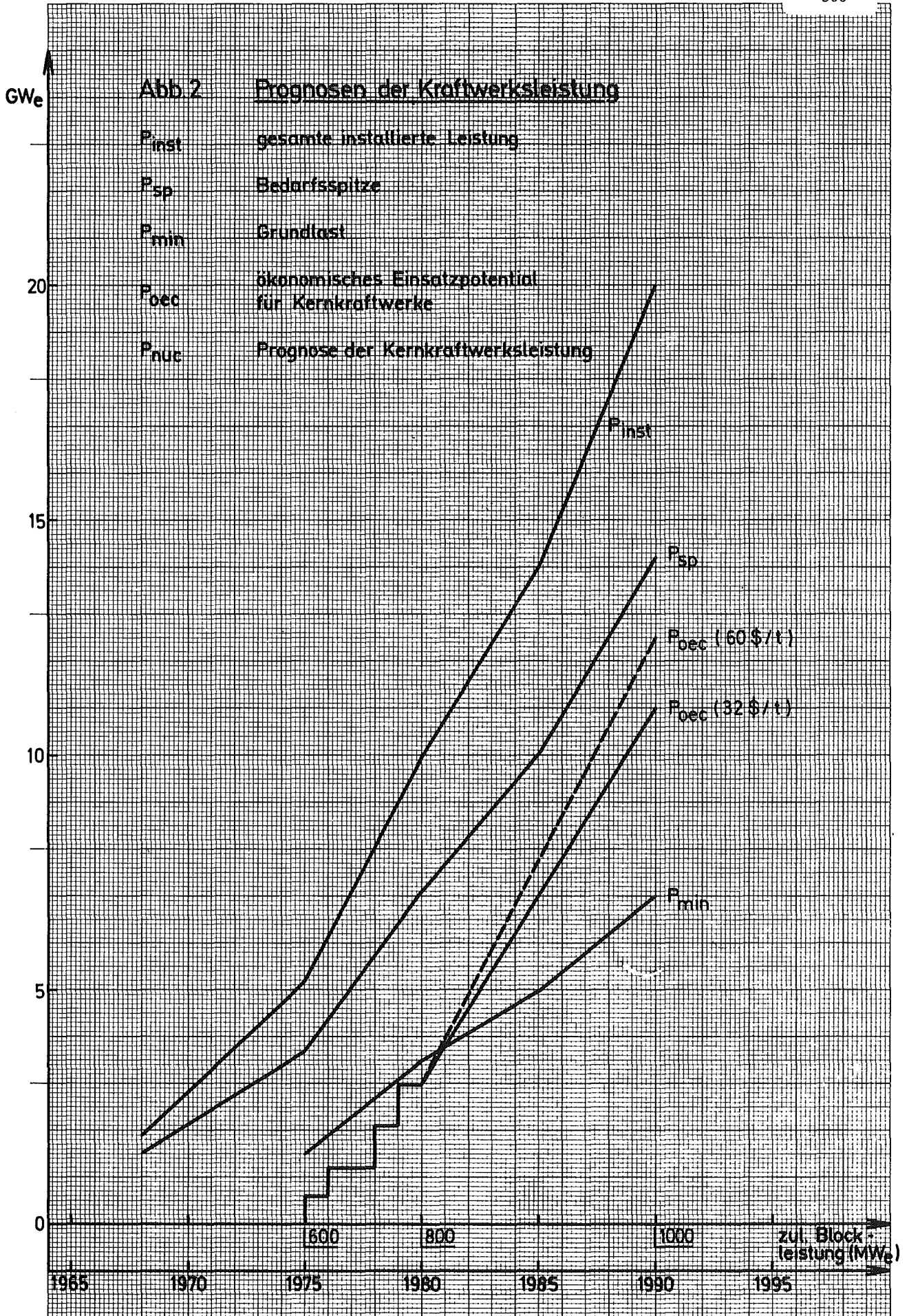
Konventionell: 0,7

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 32 \$/t





China (Volksrepublik)

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1980

Einsatzpotential bis 1990: 10 GWe

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	9,6 Mio		<u>Jahr</u>	<u>Quelle</u>
<u>Bevölkerung in Mio</u>	760 ¹⁾		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung				
in US-\$				
(1 US-\$ =)				
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	426,4 Mio	0,561	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	420,5 Mio	0,553	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u> ²⁾	70 Mrd	92	1970	310/69
<u>Anteil am gesamten Energieverbrauch</u>	etwa 5 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	1 Mio		1913	100/70
Braunkohle	700		1956	100/70
Erdöl	11500		1973	BNN
Erdgas				(6.12.73)
gesamt	ca.1 Mio			

1) Chinesische Schätzung: 700 Mio

2) Comecon-Schätzung in /310/69/

1. Allgemeine Situation

Statistische Daten über die Volksrepublik China sind kaum verfügbar, daher beruhen fast alle Angaben auf Schätzungen. Im folgenden stützen wir uns hauptsächlich auf Angaben aus dem Länderbericht des Statistischen Bundesamtes /310/69/.

China verfügt über bedeutende Energiereserven, insbesondere an Kohle (Lagerstätten über das ganze Land verteilt) und Wasserkraft (wirtschaftlich nutzbares Potential auf 300 GWe geschätzt). Auch Erdöl und Uran sind vorhanden.

China geriet Anfang der fünfziger und Mitte der sechziger Jahre durch soziologische Umwälzungen in große wirtschaftliche Schwierigkeiten. Die verfügbaren statistischen Zahlenreihen weisen Brüche auf und erschweren eine Beurteilung der wirtschaftlichen Kraft des Landes.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung erfolgte 1965 zu rund 80% mit Wärmekraftwerken. Etwa 60% der Leistung gehören zum öffentlichen Verbundnetz. Es gibt viele Kleinanlagen zur Versorgung einzelner Dörfer. Die weitgehende Dezentralisierung macht die Versorgung unempfindlich gegen Störungen; sie erfordert gleichzeitig einen hohen Reservefaktor.

3. Prognosen:

Wir gehen von Annahmen aus, die uns plausibel erscheinen, bemerken jedoch, daß kleine Veränderungen dieser Voraussetzungen auf Grund der Größe des Landes die absoluten Werte der Ergebnisse stark verändern.

	Extrapolationskurve	Wachstumsrate
Bevölkerung	Exp.-Funktion	1%
Elektrizitäts erzeugung	Exp.-Funktion	10%

Die Bevölkerung ist 1957-67 um durchschnittlich 0,9% gewachsen. Davor lagen die Wachstumsraten höher. Für die Elektrizitätserzeugung nehmen wir aufgrund des starken Nachholbedarfes eine jährliche Wachstumsrate von 10% an. Ferner gehen wir davon aus, daß der Elektrizitätsverbrauch (netto) 80% der Elektrizitätserzeugung beträgt.

4. Kostenrechnung

Wegen des niedrigen Lohnniveaus dürften die Kosten der chinesischen Kohle sehr gering sein. Eine Vergleichsrechnung mit Kernkraftwerken wurde wegen fehlender Kostenangaben nicht durchgeführt, zumal auch Analogieschlüsse zu anderen Ländern kaum möglich sind.

5. Weitere Kriterien

Die VR China verfolgt eine Politik der wirtschaftlichen Dezentralisierung, um die Produktion unempfindlich gegen Störungen zu machen. Es ist zu vermuten, daß die Leistungen neu zu installierender Kraftwerksblöcke eher niedriger als die von uns als zulässig geschätzten Werte von etwa 1000 MWe (1980) sein werden.

Die meisten Industriezentren des Landes verfügen über nahegelegene Kohle- oder Erdölreserven, die vermutlich auch in Zukunft neben der Wasserkraft einen großen Teil des Bedarfs decken werden. Am ehesten werden sich an revierfernen küstennahen Standorten (z.B. Kanton, Shanghai) günstige Bedingungen für den Einsatz von Kernkraftwerken ergeben.

6. Schlußfolgerungen

Wir schätzen das Einsatzpotential für Kernkraftwerke auf 10 GWe bis 1990; dies sind etwa 20% der von 1980 bis 1990 zu installierenden Leistung. Unsere Schätzung ist unabhängig vom Weltmarktpreis für Öl. Sie ist jedoch aus den genannten Gründen besonders unsicher.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70		310/69			310/69				
1960	650					10,9				
1965	700		32	46	6,7	13,5				
19										
1970	760		51	67	10,6	20,0				
1975	798		83	104	17,2	31,0	0,05	800		
1980	839		134	160	27,8	47,3	0,04	1100		
1985	882		215	244	44,6	71,5		1200		
1990	927		346	373	72	105			10	10

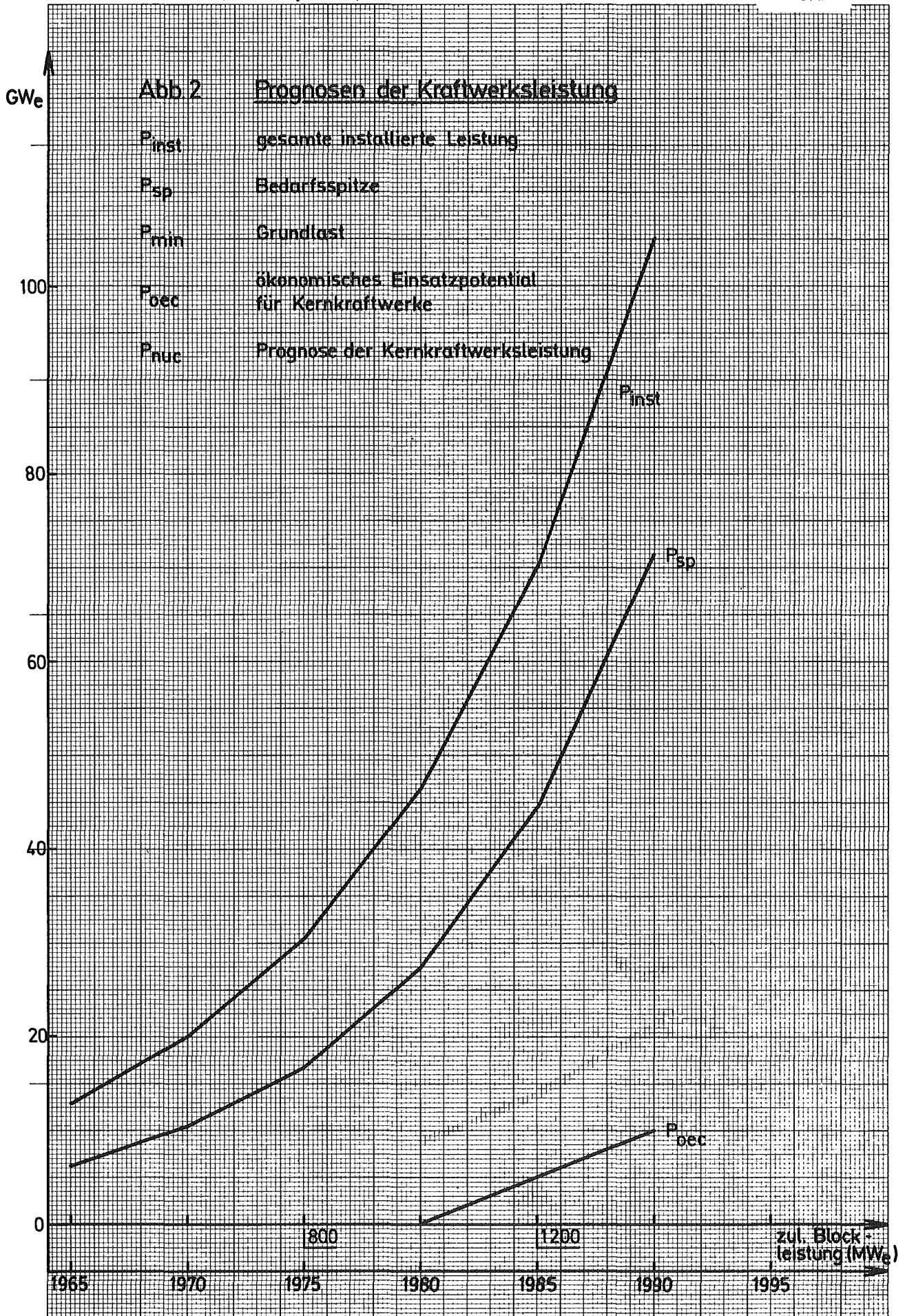
Anmerkungen:

Spalte 1: Neuerdings werden 700 Mio Menschen als chinesische Schätzung für 1970 genannt

4: 1970 Comecon-Schätzung

6: Lastfaktor 0,55 angenommen

7: Werte bis 1965 außerchinesische Schätzung. Reservefaktor 2,0 in 1965, 1,8 in 1975, 1,7 in 1980, 1,6 nach 1980



Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 ¹⁾ für 32 \$ und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

2,6 GWe bei 32 \$ / t Öl

2,9 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	1 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	4,09		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (HK \$)				
in US-\$	1,55 Mrd	443	1963	100/70
(1 US-\$ = 6,06 HK \$)			1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	4 Mio	0,98	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	0		1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	5,1 Mrd	1250	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	44 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0			
Braunkohle	0			
Erdöl	0			
Erdgas	0			
gesamt	0			

1) Ökonomische Werte; Realisierung hängt sehr stark von politischer Situation ab

1. Allgemeine Situation

Hongkongs Wirtschaft konnte wegen der sehr niedrigen Löhne und des freien Zugangs zum Welthandel stark expandieren. Der Stadtstaat ist politisch in hohem Maße von China abhängig. Das Land ist (bis auf ein Gebiet von ca. 30 km²) von China gepachtet. Der Pachtvertrag wird im Jahre 1997 auslaufen. Die Energieversorgung beruht vollständig auf importierten Energieträgern, hauptsächlich auf Öl.

2. Elektrizitätsversorgung

Ein großer Anteil der Primärenergie wird zur Stromerzeugung verbraucht. Es sind keine Wasserkräfte vorhanden.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,3% 1980: 1,4%	Ex-Post: mäßig
Elektrizitätserzeugung	Parabel	1970: 12,2% 1980: 8%	sehr gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Kostenrechnungen mit beiden Ölpreisprognosen ergeben, daß Kernkraftwerke ab 400 MWe im Grundlastbereich kostengünstiger arbeiten als Ölkraftwerke.

5. Weitere Kriterien

Der Anreiz zur Diversifizierung der Energieversorgung, die Möglichkeit, mit Zweizweckanlagen gleichzeitig Trinkwasser zu erzeugen, sprechen für den Einsatz von Kernkraftwerken. Die politische Situation belastet langfristig angelegte Investitionen mit besonderen Risiken.

6. Schlußfolgerungen

Das wirtschaftliche Einsatzpotential für Kernkraftwerke in Hongkong beträgt 2,6 GWe bis 1990. Wegen der politischen Situation und des für 1997 bevorstehenden Auslaufens des Pachtvertrages mit China ist die Errichtung von Kernkraftwerken in Hongkong wenig wahrscheinlich.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71		100/71			100/71				
1960	3,0		1,04	347						
1965	3,7		2,18	589		0,593				
1969					0,76	1,374				
1970	4,1		4,08	995						
1975	4,5		6,8	1510	1,41	2,12	0,2	300		
1980	4,9		10,2	2080	2,12	3,18	0,2	400		
1985	5,2		14,6	2810	3,04	4,55	0,18	500		
1990	5,4		19,6	3630	4,06	6,1	0,14	600	2,9	2,6

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55

7: Reservefaktor 1,8 in 1969, 1,5 für Prognosewerte

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	400	473	56,8		10,0		66,8		9,55
	500	430	51,6		9,8		61,4		8,76
	600	398	47,8		9,66		57,4		8,2
ÖL	400	202	24,2	90	48	114,2	72,2	16,31	10,3
	500	188	22,6	90	48	112,6	70,6	16,08	10,1
	600	179	21,5	90	48	111,5	69,5	15,92	9,9 ⁴

Anmerkungen

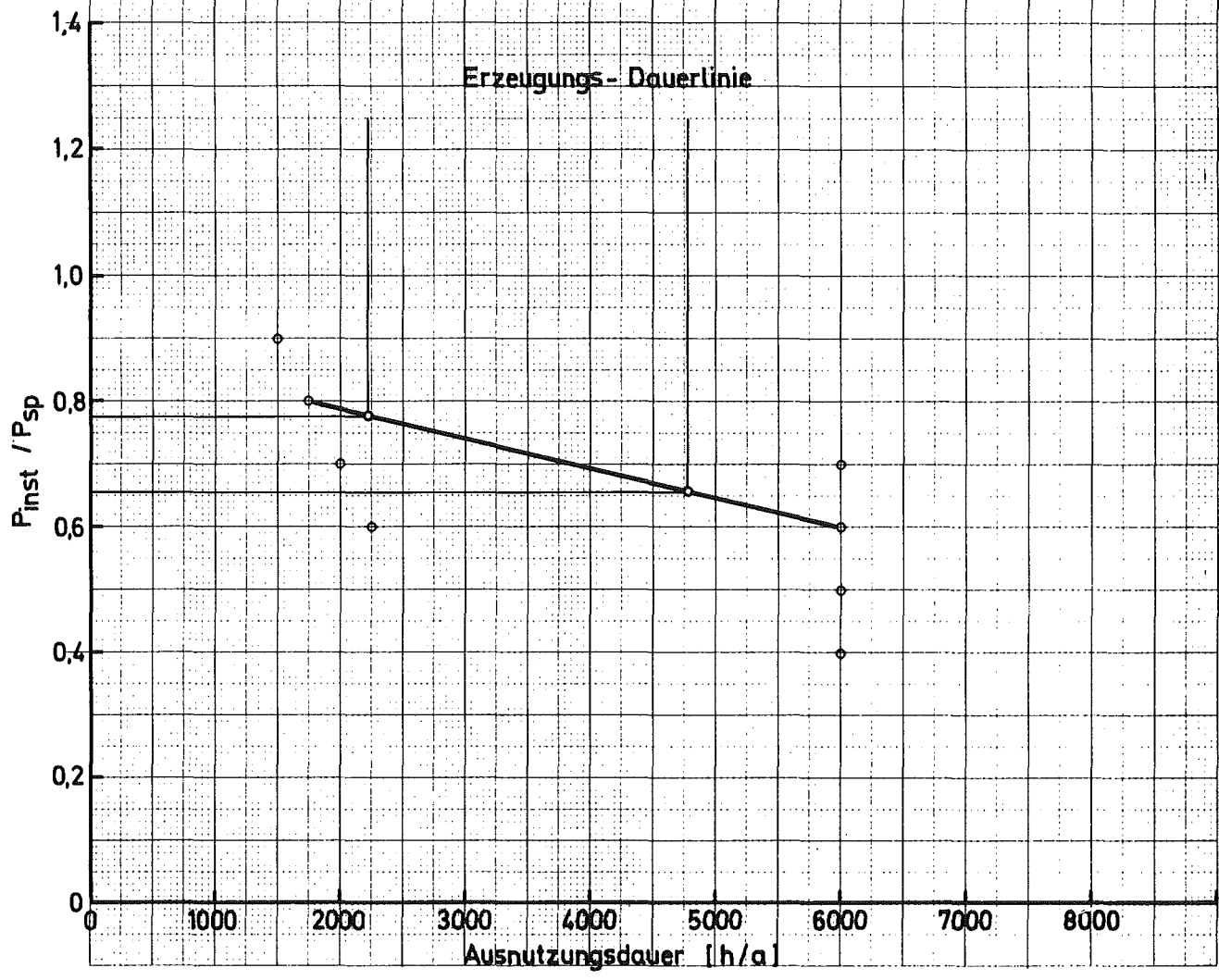
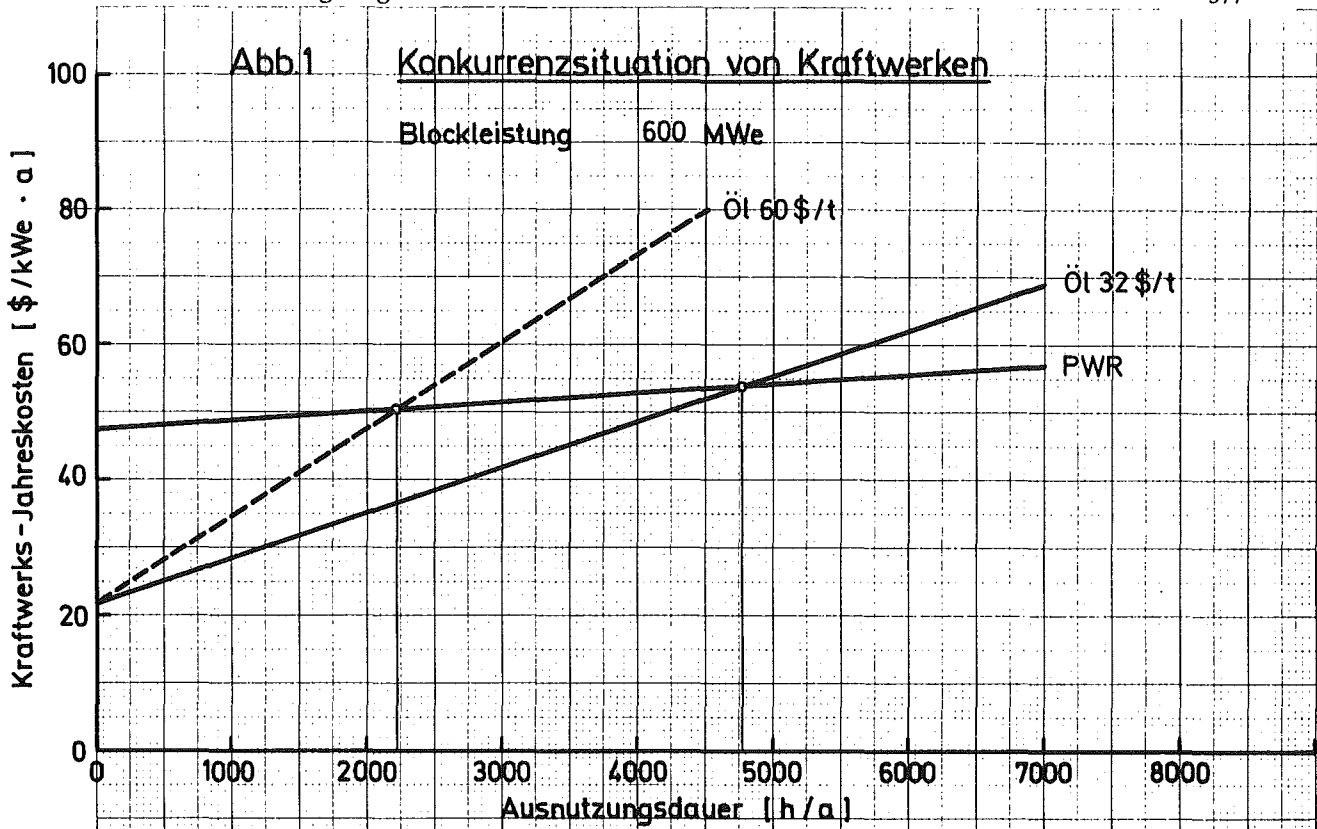
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,8

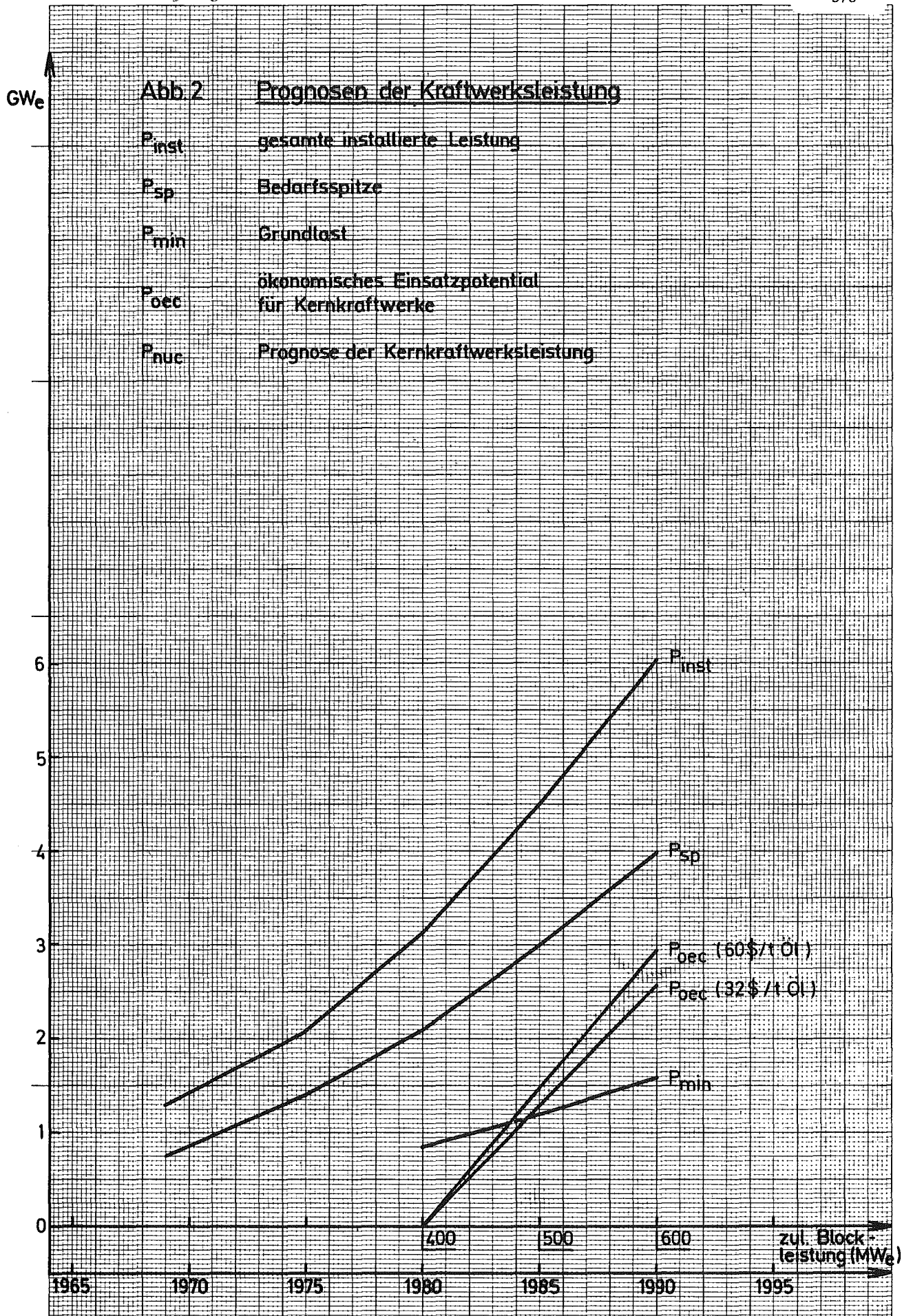
Konventionell: 0,7

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 32 \$/t





I n d i e n

Erstes Kernkraftwerk: Tarapur-1/2 2 x 190 MWe BWR (GE) Inbetriebnahme 1969

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1980 für 30 \$ und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: 24 GWe bei 30 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	3 268 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	550		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (iR)	333 Mrd	637	1968	100/71
in US-\$ (1 US-\$ = 7,57 iR)	44 Mrd	84	1968	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	103 Mio	0,187	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	87 Mio	0,158	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	59,98 Mrd	109	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	14 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	106 000		1966	100/70
Braunkohle	700		1966	100/70
Erdöl	1 370		1970	530/70
Erdgas	50		1970	530/70
gesamt	108 000			

1. Allgemeine Situation

Indien verfügt über große Steinkohlenreserven; die bedeutendsten befinden sich im Osten des Landes. Erdöl (in Assam) und Erdgas sind in geringeren Mengen vorhanden. Das Wasserkraftpotential ist bedeutend (vor allem im Norden des Landes). Es wird erst zu etwa 20% genutzt. Einige Zweige der Volkswirtschaft haben sich regional gut entwickelt (z.B. Schwerindustrie), andere sind stark zurückgeblieben. Ein besonderes Problem ist die hohe Wachstumsrate der Bevölkerung, die bewirkt, daß der Lebensstandard nur wenig steigt.

2. Elektrizitätsversorgung

Wasserkraftwerke stellen etwa 40% der installierten Leistung. Wegen der stark schwankenden Wasserführung ist ihr Ausnutzungsgrad geringer als der der Wärmekraftwerke, die meist auf Kohlebasis arbeiten. Die Elektrizitätsversorgung stützt sich auf unverbundene regionale Netze. 1969 waren erst etwa 10% aller Gemeinden an ein Versorgungsnetz angeschlossen. Die regionalen Übertragungsnetze müssen weiter ausgebaut werden; erst danach ist es sinnvoll, ein landesweites Verbundnetz zu schaffen. Für die zulässigen Blockleistungen sind Energiebedarf und Lastspitze der jeweiligen Region maßgebend. Tab. 2 zeigt die maximal zulässigen Werte für die Westregion, in der die ökonomischen Bedingungen für den Einsatz von Kernkraftwerken am günstigsten sind.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,7% 1980: 2,8%	Ex-Post: sehr gut gut
BIP real zu Faktor- kosten von 1960	Exp.-Funktion	3%	gut
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	10,7%	sehr gut

Der Elektrizitätsverbrauch wird 20% unterhalb der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse einer Kostenrechnung für Kraftwerksblöcke von 500, 800 und 1200 MWe.

Aus ihr geht hervor, daß Kohle in den Grubengebieten kostengünstiger zur Stromerzeugung verwendet werden kann als Öl oder Kernenergie. Nach indischen Quellen ¹⁾ und unseren Kostenrechnungen ist außerhalb der reviernahen Bundesstaaten Orissa, Madhya, Pradesh, Bihar und Westbengalen im Grundlastbereich die Verwendung von Kernenergie kostengünstiger als die von fossilen Energieträgern.

5. Weitere Kriterien

Indien hat bisher sehr große Anstrengungen unternommen, um eine eigene Nuklearindustrie aufzubauen. Diese Bemühungen sollen in der Zukunft noch verstärkt werden.

Nach /470/ ist geplant, 12 GWe bis 1990 in Kernkraftwerken zu installieren. Diese Kernkraftwerke sollen überwiegend von der eigenen Industrie gebaut werden. Auch den Brennstoffzyklus will Indien selbst in die Hand nehmen. Die geplanten Reaktoren sind vom CANDU-Typ, später sollen Schnelle Brutreaktoren zugebaut werden.

Indien ist also betrebt, seine Elektrizitätswirtschaft ohne größere Importe von Kraftwerks- oder Brennstoffzyklusanlagen auszubauen. Es könnte in Zukunft evt. auch als Exporteur solcher Anlagen auftreten.

6. Schlußfolgerungen

Im Zeitraum 1980 bis 1990 ist nach unserer Prognose eine Kraftwerksleistung von 88 GWe neu zu installieren.

Die Konkurrenzsituation für die Kernenergie ist regional stark unterschiedlich: Während reviernah die Kohle am kostengünstigsten erscheint, treten in revierfernen Standorten Öl, Kohle und Kernenergie in Konkurrenz. Nach unseren Schätzungen (Tab. 3 und Abb. 1) ist für diese Standorte Kernenergie im Grundlastbereich bei einer Blockgröße von 800 MWe kostengünstiger als Öl, bereits für einen Ölpreis von 30 \$/t. Nach indischen Quellen ¹⁾ ist Kohle dort ebenfalls teurer als Kernenergie.

Es ergibt sich, daß der Kraftwerkszubau kostengünstiger durch Kernenergie zu decken ist, solange Kernenergiekraftwerke im Grundlastbereich eingesetzt werden können.

Über eine Schätzung, daß 75% der Kraftwerksleistung mit konventionellen Energieträgern betrieben wird, erhalten wir 25% d.h. 22 GWe als nukleares Zubaupotential (vorwiegend in der West- und Südregion des Landes). Unter Anrechnung der 1,6 GWe nuklear, die bereits im Betrieb, im Bau oder bestellt sind, ergibt sich ein ökonomisches Einsatzpotential für Kernenergie bis 1990 von 24 GWe. Nach indischen Plänen wird etwa die Hälfte dieses Einsatzpotentials bis 1990 realisiert werden können /470/.

1) IAEA SM-126/54, Istanbul 1969

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd i R (1960)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	100/71	100/71			100/70				
1960	429	144	16,08	38		5,58				
1965	486	162	29,44	61		10,17				
1968	523	183	41,2	79		14,31				
1969	536		44,96	84	9,35	15,49	0,03	300		
1970	550		48,0	87						
1975	631	225	84,8	134	17,6	28,2	0,03	500		
1980	723	262	144,8	200	30,0	48,0	0,03	900	1,6	1,6
1985	827	305	247,2	299	51,3	79,5		1200		
1990	944	354	423	448	88,0	136,0			24	24

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55

7: Reservefaktor 1,65 in 1969, 1,6 bis 1980, 1,55 nach 1980

9: Westregion

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	500	480	57,6		9,8		67,4		9,6
	800	394	47,3		9,3		56,6		8,1
	1200	347	41,6		9,0		50,6		7,2
ÖL	500	215	25,8	90	45	115,8	70,8	16,54	10,1
	800	189	22,7	90	45	112,7	67,7	16,10	9,7
	1200	172	20,6	90	45	110,6	65,6	15,80	9,4
KOHLE	500	243	27,5		18,1 ^{*)}		45,6 ^{*)}		6,5 ^{*)}
	800	214	25,7		18,1 ^{*)}		43,8 ^{*)}		6,25 ^{*)}

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9

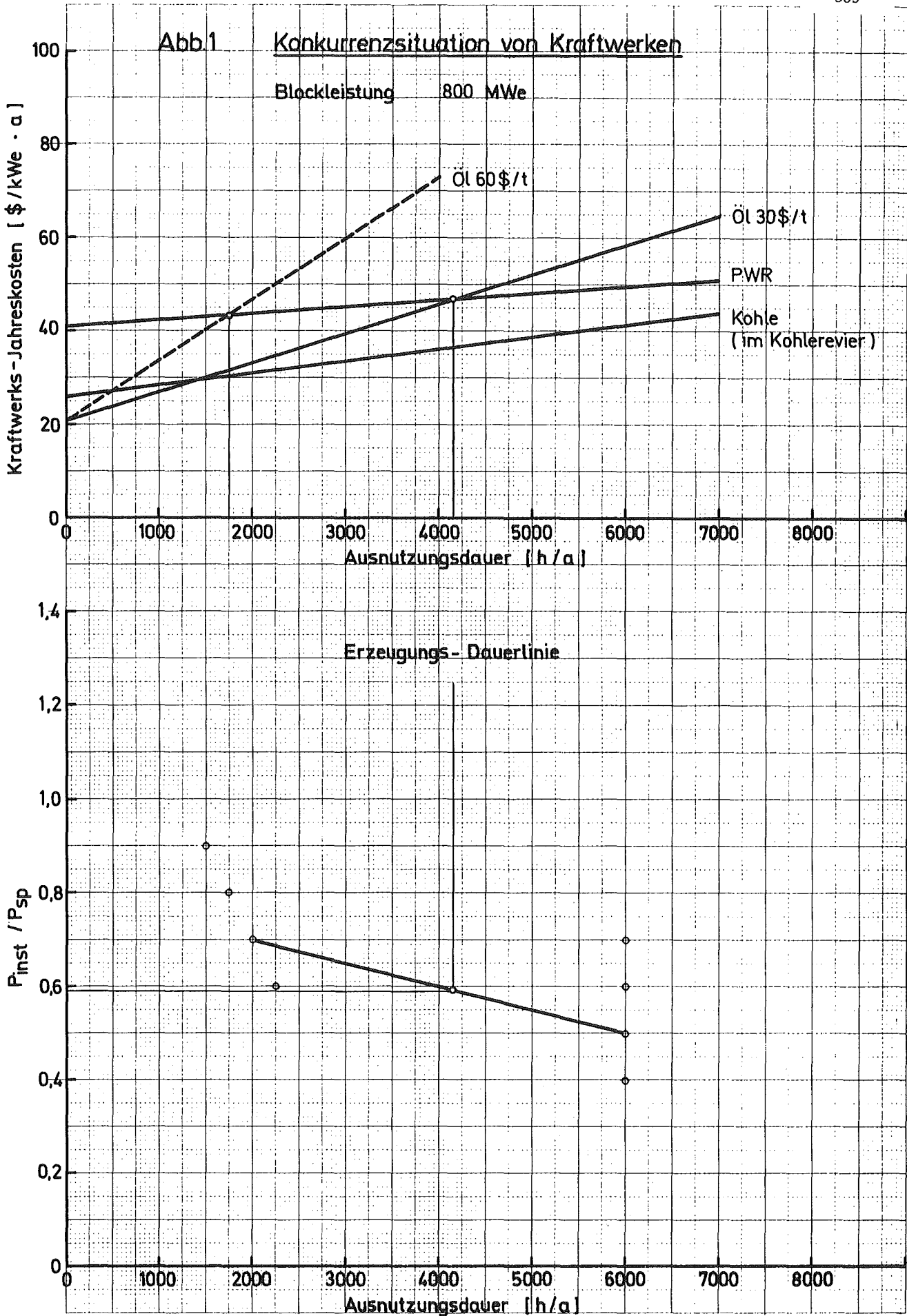
Konventionell: 0,8

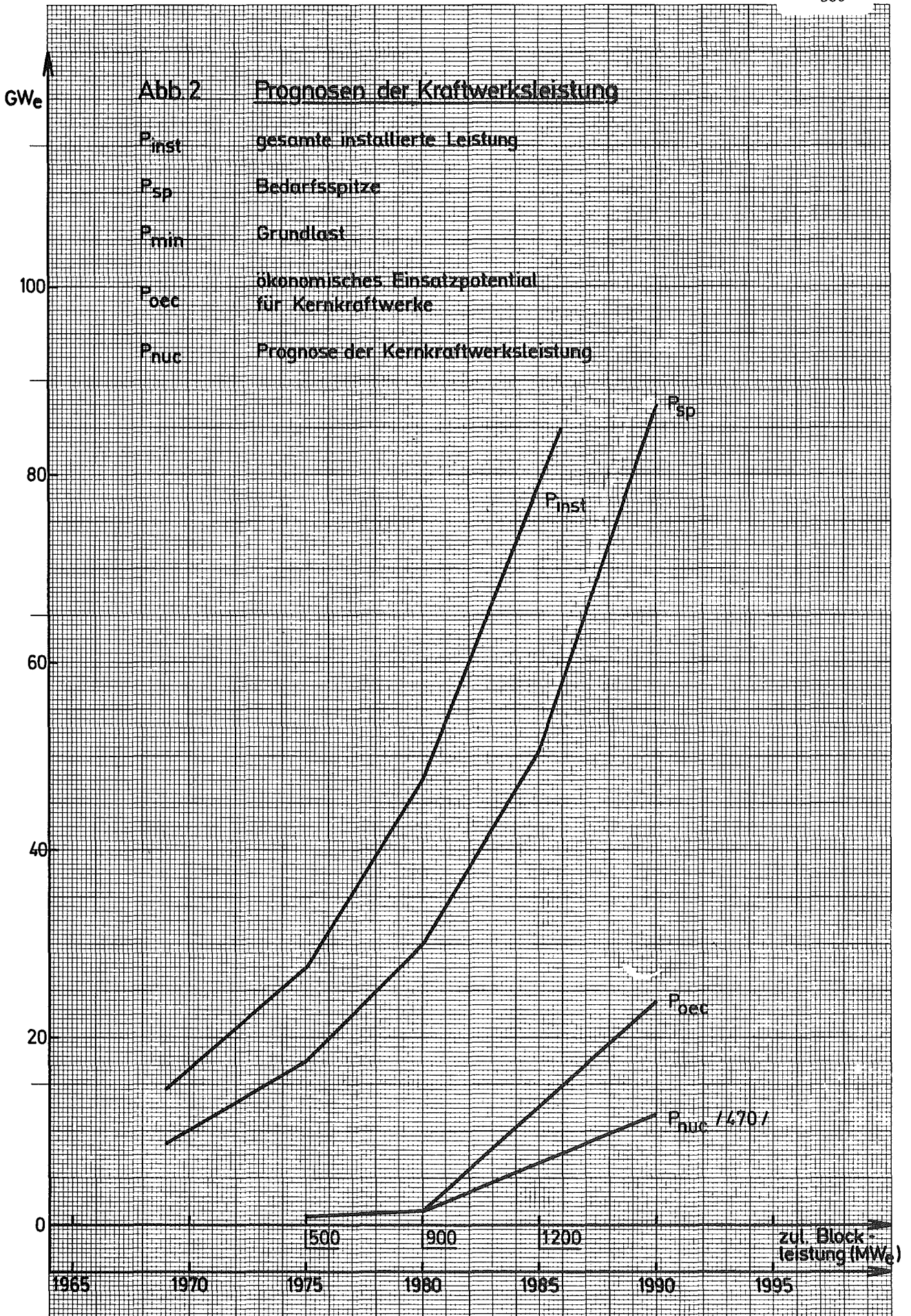
^{*)} gilt nur für grubennahe Standorte

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 30 \$/t





Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 für 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

0 GWe bei 32 \$ / t Öl
1,5 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	1,9 Mio		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	121		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
	in Landeswährung (Rp)	2 Bio	18 000	1968
	in US-\$ (1 US-\$ = 326 Rp *)	6,1 Mrd	56	1968
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	13,5 Mio	0,112	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	59,05 Mio	0,488	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>		2,2 Mrd	18	1969
	Anteil am gesamten Energieverbrauch	ca. 4 %		1969
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	845		1962	100/70
Braunkohle	700		1949-62	100/70
Erdöl	1770		1970	530/70
Erdgas	95		1970	530/70
gesamt	3400			

*) Principal Import Rate

1. Allgemeine Situation

In Indonesien werden Kohle, Erdgas und insbesondere Erdöl gefördert. Das Erdöl wird größtenteils exportiert. Die Industrialisierung steckt in den Anfängen, soll aber in Zukunft stark gefördert werden.

2. Elektrizitätsversorgung

Ein Verbundnetz ist nur auf Java vorhanden. Dort sind etwa 80% der Kraftwerksleistung installiert. Sie wird je zur Hälfte aus Wasserkraft- und Dieselanlagen erbracht. Es sind nur geringe weitere ausbauwürdige Wasserkraftreserven vorhanden.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,7% 1980: 2,8%	recht gut

Der unregelmäßige Verlauf des BIP-real und der Elektrizitätserzeugung gestatten keine Extrapolation. Nach einer Prognose von UNCTAD wird für 1970-1980 eine jährliche Steigerung des BIP real von 7% erwartet. Zur Prognose der Elektrizitätserzeugung nehmen wir eine Wachstumsrate von 12% an. Der Elektrizitätsverbrauch wird 20% unterhalb der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Wegen der hohen seismischen Aktivität insbesondere auf Java ist beim Bau von Kernkraftwerken mit hohen Kosten wegen der notwendigen Sicherung gegen Erdbebenschäden zu rechnen.

Für Kernkraftwerke ergeben sich im gesamten Lastbereich höhere Stromerzeugungskosten gegenüber Ölkraftwerken bei einem Ölpreis von 32 \$/t. Für einen Ölpreis von 60\$/t würden Kernkraftwerke von 400 MWe Leistung kostengünstiger arbeiten.

5. Schlußfolgerungen

Auf der Basis von 32 \$/t Öl existiert in Indonesien bis 1990 kein wirtschaftliches Einsatzpotential für Kernkraftwerke. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t würde sich (auf Java) ein ökonomisches Einsatzpotential von 1,5 GWe ergeben.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
					Prog. 1	Prog. 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70		100/71			100/70				
1960	94		1,45	15		0,308				
1965	100		1,6	16	0,33	0,56				
19 68						0,65				
19 69	120		1,8	15	0,37					
1970	121									
1975	137		3,4	25	0,7	1,1	0,15	100		
1980	157		6,2	40	1,3	2,1	0,15	200		
1985	180		10,8	60	2,2	3,5	0,12	250		
1990	205		19	93	4,0	6,4	0,1	400	1,5	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55

7: Reservefaktor 1,7 in 1965, 1,6 für Prognosewerte

9: Werte nur für Java gültig, für die übrigen Inseln bedeutend kleiner

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	400	584	70		10		80		11,4
ÖL	400	230	27,6	90	48	117,6	75,6	16,8	10,8

Anmerkungen

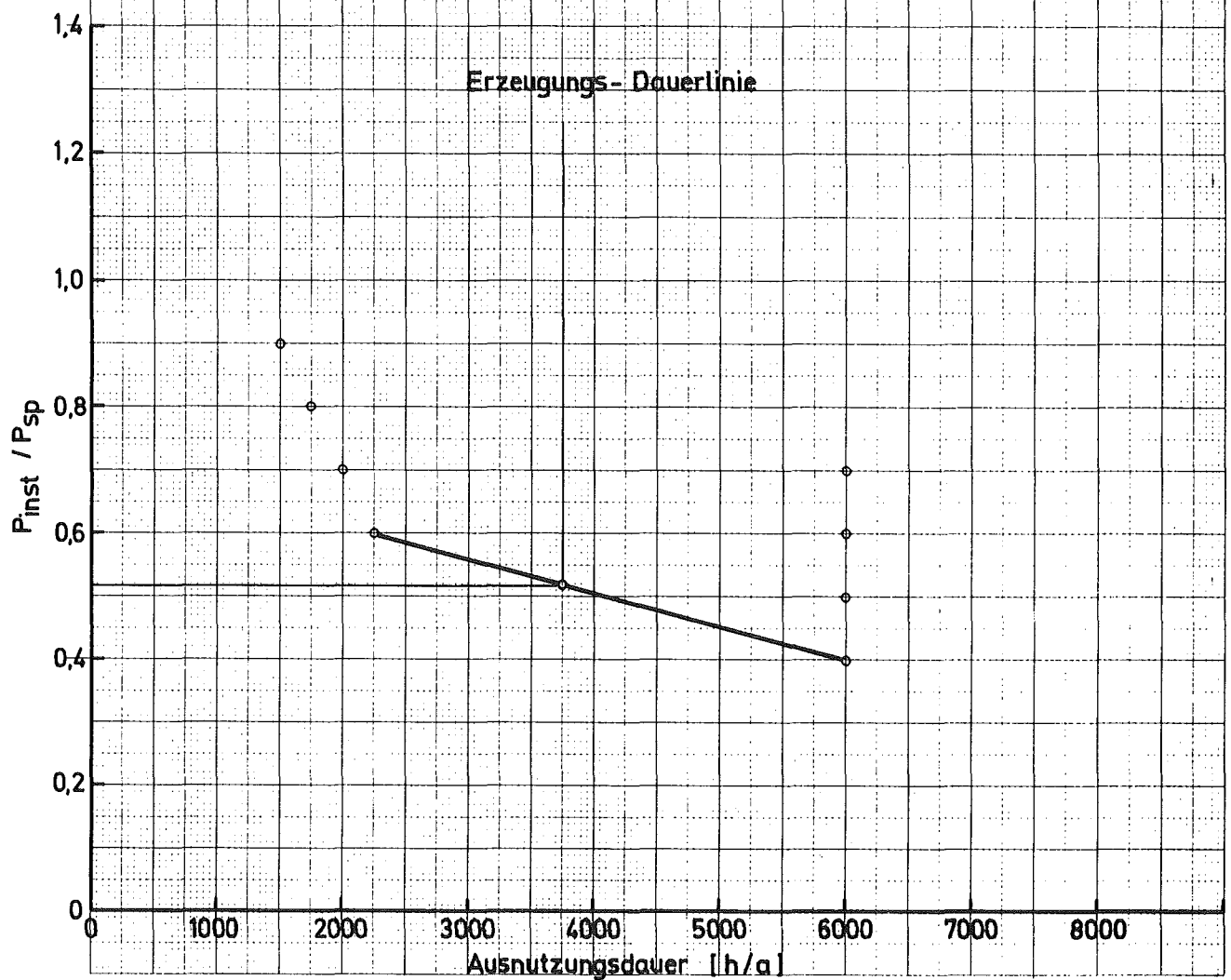
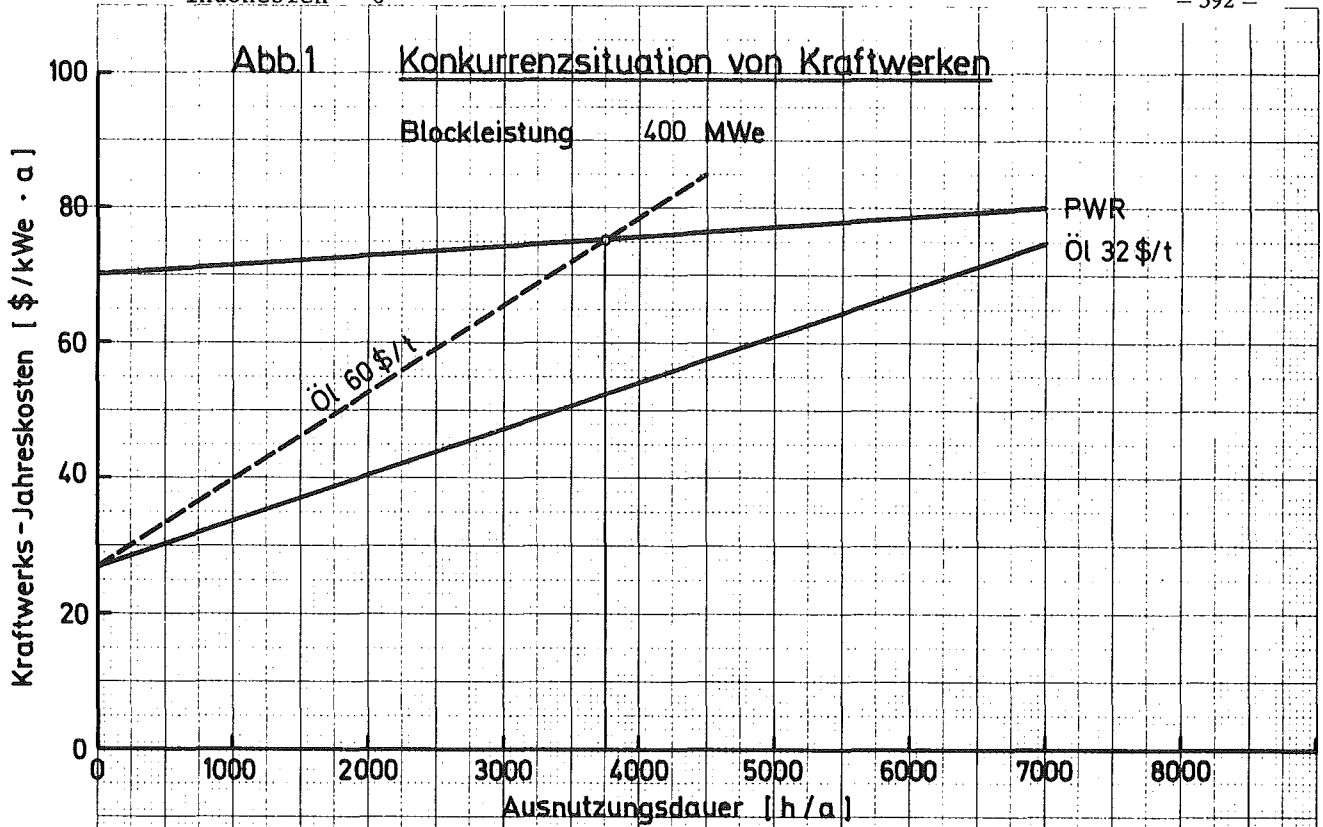
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

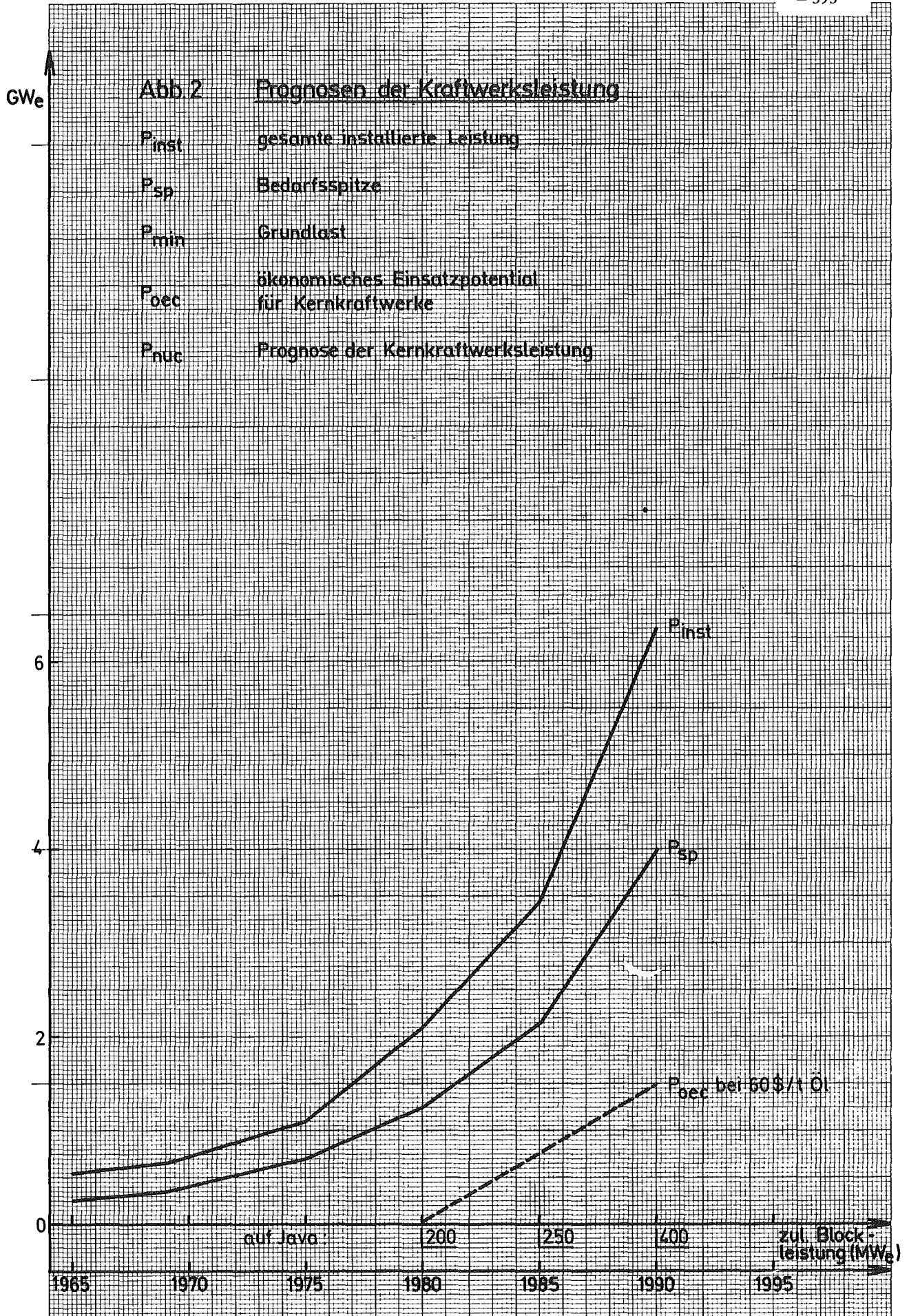
Konventionell: 0,8

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 32 \$/t





I r a k

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

nach 1990 bei 2,8 \$ / Gcal
1980 bei 6 \$ / Gcal

Einsatzpotential bis 1990:

0 GWe bei 2,8 \$ / Gcal
1,9 GWe bei 6 \$ / Gcal

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	430 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	9,75		1971	311/72
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Faktorkosten)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (ID)	1,07 Mrd	120	1969	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 0,3571 ID)	3,0 Mrd	330	1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	5,6 Mio	0,593	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	100,4 Mio	10,64	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u> *)	2,11 Mrd	220	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	12 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0		1970	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	5900		1970	530/70
Erdgas	700		1970	530/70
gesamt	6600			

*) nur Verbrauchszahl ausgewiesen

1. Allgemeine Situation

Der Irak verfügt über bedeutende Erdölreserven. 80% der Deviseneinnahmen stammen aus dem Ölexport. Die Nutzung der Erdgasreserven steht erst am Anfang. Auch Wasserkräfte sind vorhanden.

Der Irak ist nur wenig industrialisiert. Die Industrie ist um Bagdad konzentriert.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung erfolgte in der Vergangenheit hauptsächlich in Dieselstationen. In Zukunft wird der Euphrat-Staudamm einen bedeutenden Beitrag liefern.

3. Prognosen

	Regressionskurve	Wachstumsrate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 3,2% 1980: 3,1%	Ex-Post: gut
BIP real zu Faktorkosten von 1966	Exp.- Funktion	6,14%	recht gut
Elektrizitätsverbrauch	Exp.- Funktion	9,56%	Ex-Post: gut

4. Kostenrechnung

Für Kernkraftwerke und erdgasgefeuerte Kraftwerke von 600 MWe ergeben sich bei einer Ausnutzungsdauer von 7000 h/a etwa gleiche Stromerzeugungskosten (Tab. 3). Bei niedrigeren Ausnutzungsdauern sind Erdgaskraftwerke kostengünstiger. Dabei wurde für Erdgas ein Wärmepreis von 2,8 \$/Gcal (entsprechend einem Ölpreis von 28 \$/t) eingesetzt.

5. Schlußfolgerungen

Bei einem Wärmepreis von 2,8 \$/Gcal ist im Irak bis 1990 kein wirtschaftliches Einsatzpotential für Kernkraftwerke vorhanden.

Erst bei einem Wärmepreis von 6 \$/Gcal ergibt sich ein Bedarf von 1,9 GWe, der durch Kernenergie kostengünstig gedeckt werden kann.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd ID (1966)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe Prog. 1 Prog. 2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	160/70	100/71							
1960	6,85	0,578	0,85	124						
1965	8,05	0,842	1,21	150						
1968	8,86	0,975	1,62	180						
1969			1,91		0,436	0,61				
1970	9,44		2,11	220						
1975	11,0	1,48	3,3	300	0,75	1,12	0,2	150		
1980	12,9	2,02	5,3	413	1,2	1,8	0,2	250		
1985	14,9	2,7	8,6	575	1,96	2,94	0,2	400		
1990	17,2	3,7	13,8	803	3,14	4,7	0,2	600	1,9	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,5

7: Reservefaktor 1,4 in 1969, 1,5 für Prognosewerte

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	600	445	53,4		9,7		63,1		9,0
ÖL	600	204	24,5	90	42	114,5	66,5	16,3	9,5
GAS	600	178	21,3	90	42	111,3	63,3	15,9	9,0

Anmerkungen

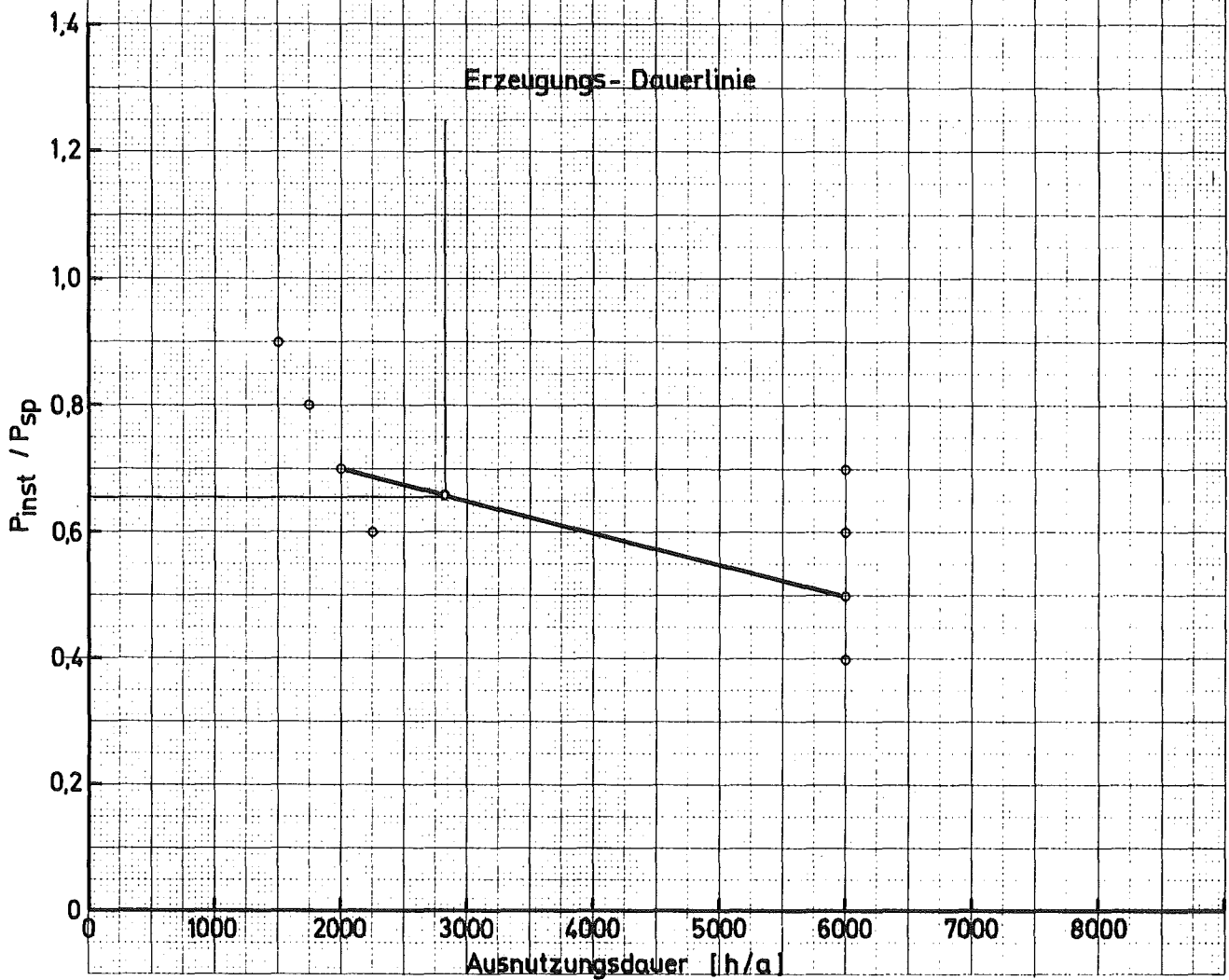
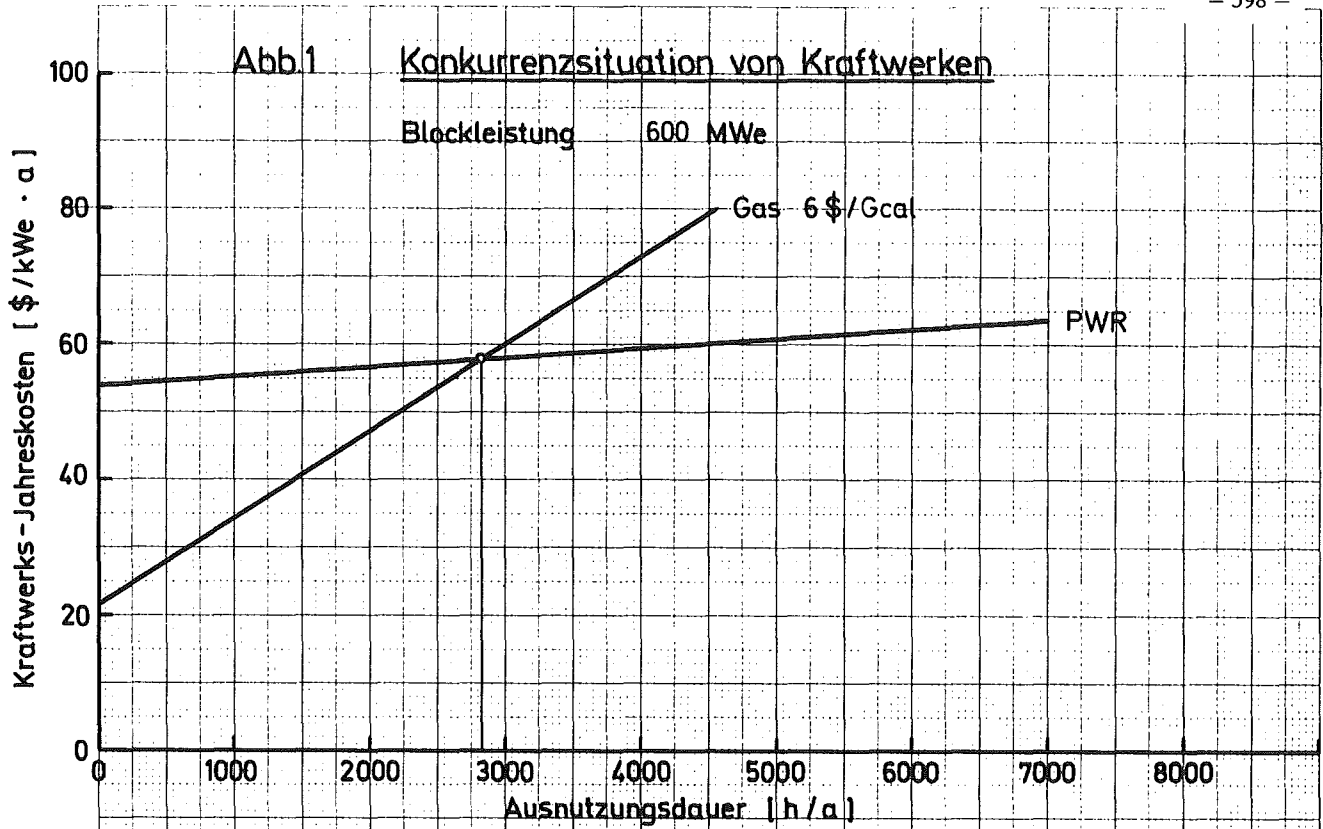
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9

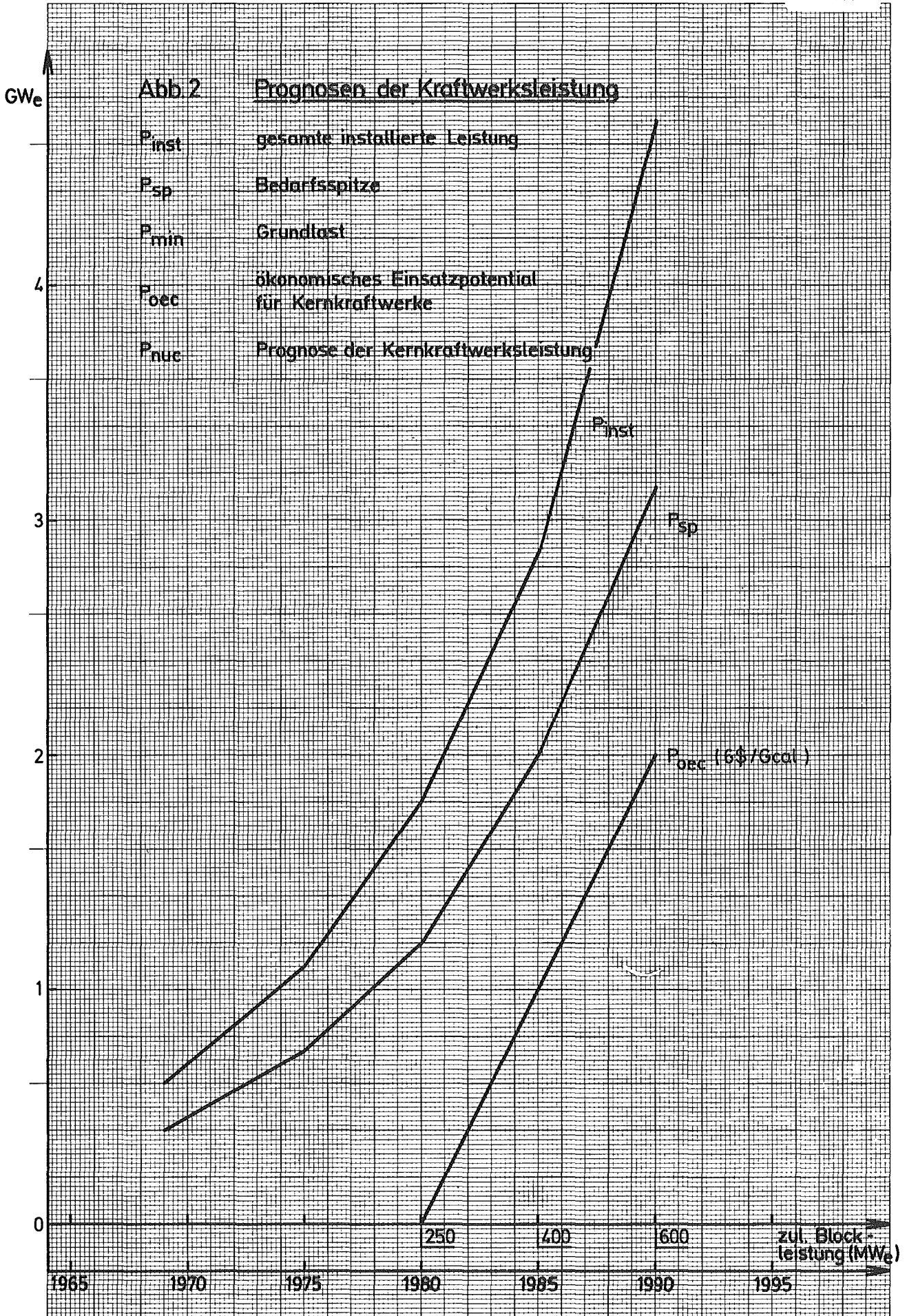
Konventionell: 0,8

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 28 \$/t





Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 für 6 \$ / Gcal
1985 für 2,8 \$ / Gcal

Einsatzpotential bis 1990:

3 GWe bei 2,8 \$ / Gcal
9,5 GWe bei 6 \$ / Gcal

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	1,6 Mio		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	28,7		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (R1)	852 Mrd	29 700	1970	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 75,75 R1)	11,3 Mrd	392	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	26,9 Mio	0,937	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	265 Mio	9,23	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	7,0 Mrd	244	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	11 %		1969	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	1 000	¹⁾	1961	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	13 000		1970	530/70
Erdgas	3 700		1970	530/70
gesamt	17 700			

1) nach /470/ : 4500 Mio t SKE

1. Allgemeine Situation

Der Iran gehört zu den wichtigsten Erdöl exportierenden Ländern. 1970 wurden 190 Mio t gefördert; über 90% davon wurden exportiert und erbrachten 80% der Deviseneinnahmen des Landes.

Auch Erdgas ist in großen Mengen vorhanden; es wird zum größten Teil in die Sowjetunion exportiert (ca. 6 Mrd m³/a). Uran- und Kohlevorkommen sind abbauwürdig, werden aber noch nicht genutzt.

Die Regierung plant eine rasche industrielle Entwicklung des Landes und eine Steigerung des Bruttosozialproduktes um 9%/a.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätsversorgung erfolgt überwiegend in Wärmekraftwerken. Die Wasserkraftreserven sollen nach dem 20-Jahresplan mit Vorrang ausgebaut werden. 1987 soll die Gesamtleistung der Wasserkraftwerke 6,6 GWe erreichen. Die Staudämme dienen gleichzeitig der Bewässerung.

Der Bau eines landesweiten Verbundnetzes und die Elektrifizierung der Landgebiete (Einsatz elektrischer Pumpen) sind vorrangige Entwicklungsziele.

3. Prognosen

	Extrapolations- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Regressions- kurve: Parabel	1970: 2,9% 1980: 2,8%	Ex-Post: sehr gut
BIP real zu Markt- preisen von 1959	Regressions- kurve: Parabel	1970: 10,8% 1980: 8,2%	sehr gut
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	1961-72: 16,8%/a 1972-77: 12%/a nach 1977: 10,5%/a	gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 88% der Elektrizitätserzeugung angenommen. Der Elektrizitätsverbrauch ist in den letzten 10 Jahren durchschnittlich um 16,8% pro Jahr gestiegen. Eine Extrapolation mit dieser hohen Zuwachsrate würde zu einem Verbrauch von 164 TWh/a und einer Lastspitze von 31 GWe im Jahr 1990 führen.

Im iranischen 20-Jahresplan (siehe /470/P. 516) sind jährlich Zuwachsraten von 11,8% von 1972 bis 1977 und 10,5% von 1977 bis 1981 für die Lastspitze angesetzt. Von 1981 bis 1987 wird eine Zuwachsrate von 6,3% angenommen; diese erscheint angesichts der ehrgeizigen Industrialisierungspläne zu gering. Wir verwenden für unsere Untersuchungen die iranischen Prognosewerte der Lastspitzen bis 1981 (vermindert um 12% für den Eigenverbrauch der Kraftwerke und Übertragungsverluste) und rechnen danach weiterhin mit einer jährlichen Zuwachsrate von 10,5%.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung für Öl-, Gas- und Kernkraftwerke von 600 und 800 MWe ergibt für ölgefeuerte Anlagen die höchsten Stromerzeugungskosten bereits bei einem Ölpreis von 28 \$/t. Gas- und Kernkraftwerke von 600 MWe zeigen etwa gleiche Kosten im Grundlastbereich; bei höheren Leistungen sind Kernkraftwerke kostengünstiger. Für Erdgas wurde dabei ein Wärmepreis von 2,8 \$/Gcal zugrundegelegt (entspricht einem Ölpreis von 28 \$/t). In der Vergangenheit lagen die Erdgaspreise um den Faktor 2 bis 3 niedriger /470/. Im Zuge der Ölpreissteigerungen und der zunehmenden industriellen Nutzung des Erdgases ist jedoch anzunehmen, daß das angegebene Preisniveau (mit regionalen Unterschieden) bald erreicht wird.

Bei einem Wärmepreis des Gases von 6 \$/Gcal könnten Kernkraftwerke ab 500 MWe wirtschaftlich eingesetzt werden.

5. Schlußfolgerungen

Auf der Basis eines Erdgaspreises von 2,8 \$/Gcal können Kernkraftwerke etwa ab 1985 mit Erdgaskraftwerken im Grundlastbereich konkurrieren. Der Zubaubedarf an Wärmekraftwerken im Zeitraum von 1985-1990 wird auf 5,5 GWe veranschlagt.

Bei einem Gaspreis von 6 \$/Gcal wäre der Einsatz von Kernenergie bereits 1980 wirtschaftlich vertretbar, das nukleare Einsatzpotential bis 1990 würde sich auf 9,5 GWe erhöhen.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Bio R1 (1959)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential		Wasser- kraft GWe
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe		
											Prog. 1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Quelle	120/71	160/70	100/70			100/70					470
1960	21,5	0,31	470		470	470					
1965	24,8	0,45	2,7	109		0,534					
1968	27,1		4,4	162		1,089					
1969	27,9	0,67	5,16	185							
1970	28,7		6,15	214							
1972			10,5 ¹⁾		2,0 ¹⁾	2,6					0,76
1975	33,1	1,21	14,7	445	2,8	3,9	0,12	300			
1980	38,1	1,84	25,2	660	4,8	7,2	0,1	500			ca.3,9
1985	43,7	2,63	42,0	960	8,2	12,3	0,08	600	4		ca.5,0
1990	49,8	3,6	68,5	1370	13,0	19,5	0,06	800	9,5	3	ca.6,6

Anmerkungen: ¹⁾ errechnet aus Planwerten / 470 /

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,3 in 1972, 1,4 in 1975, 1,5 nach 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	600	445	53,4		9,7		63,1		9,0
	800	394	47,3		9,3		56,6		8,1
ÖL	600	204	24,5	90	42	114,5	66,5	16,35	9,5
	800	189	22,7	90	42	112,7	64,7	18,14	9,25
GAS	600	177	21,3		42		63,3		9,0
	800	165	19,8		42		61,8		8,8

Anmerkungen

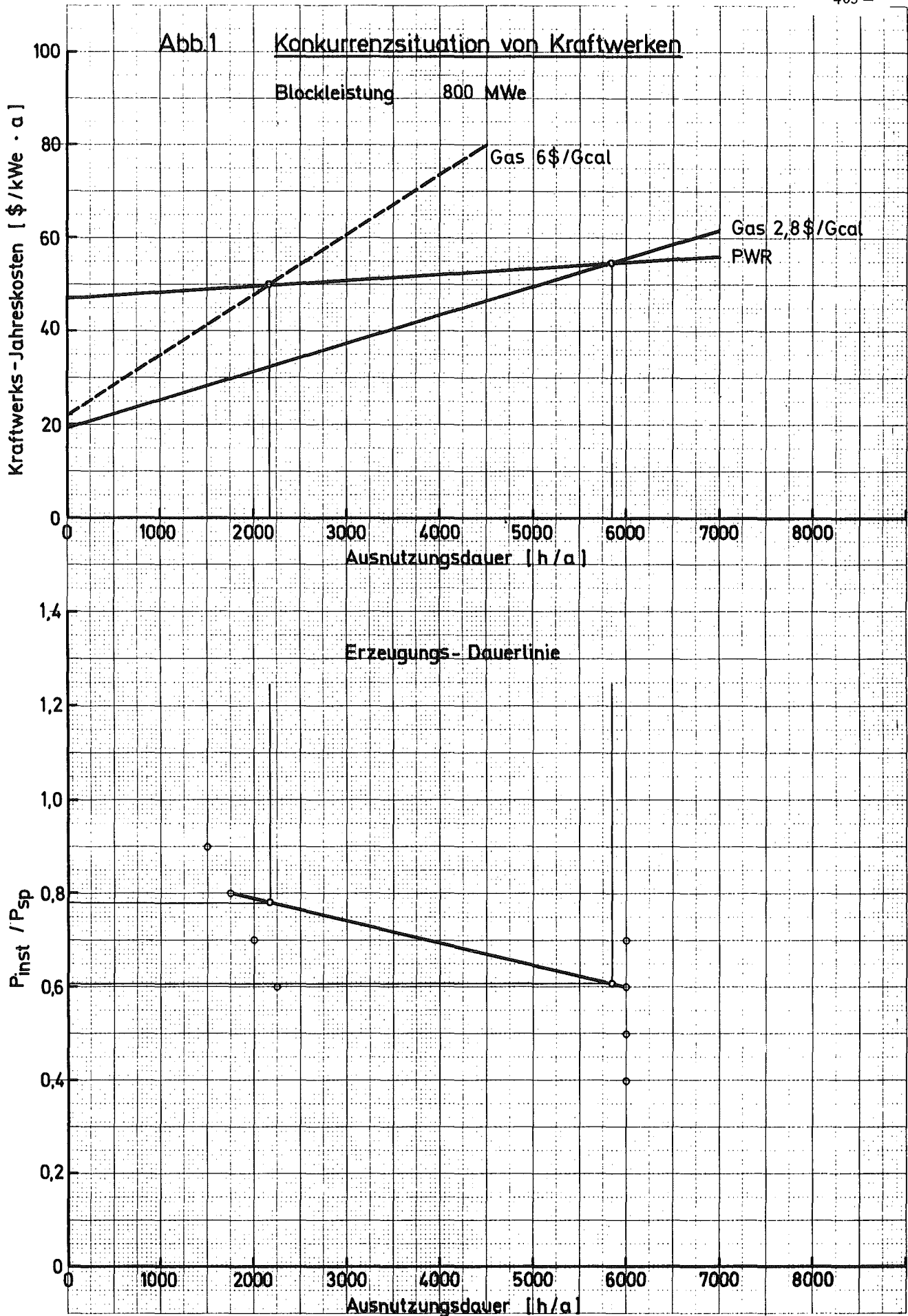
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9

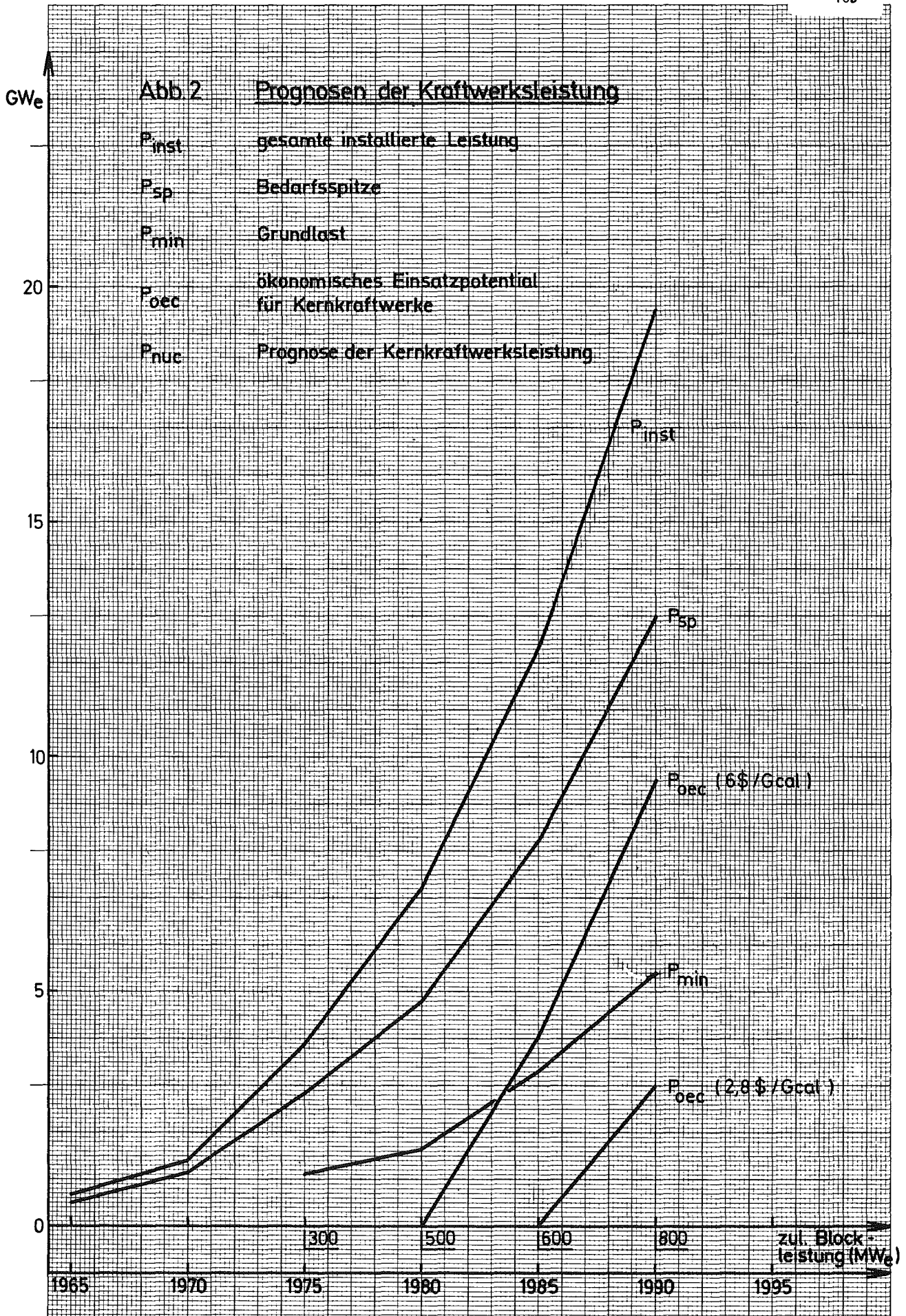
Konventionell: 0,8

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 28 \$/t





I s r a e l

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 für 33 \$ und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

5,8 GWe bei 33 \$ / t Öl

7 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	21 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	2,89		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (I £)	18,7 Mrd	6470	1970	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 4,2 I £)	4,45 Mrd	1540	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	6,63 Mio	2,29	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	6,13 Mio	2,12	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	6,5 Mrd	2260	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	36 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0			100/70
Braunkohle	0			100/70
Erdöl	} unbedeutende Vorkommen			311/70
Erdgas				311/70
gesamt				

1) ohne Vorkommen in besetzten Gebieten (Sinai)

1. Allgemeine Situation

An Primärenergiereserven verfügt Israel nur über kleine Erdöl- und Erdgaslager. Die Förderungen betragen 1970: 77.000t Erdöl und 1134.000 m³ Erdgas, seit 1967 werden darüberhinaus die Ölvorkommen der westlichen Sinai-Halbinsel ausgebeutet (rd. 5 Mio t p.a.), womit der größte Teil des früheren Importbedarfs gedeckt wird.

Wasserkraften sind nur am oberen Jordan nutzbar, ihr Ausbau müßte jedoch in Zusammenarbeit mit den Nachbarländern geschehen.

2. Elektrizitätsversorgung

95% der Elektrizität wird von der staatlichen IEC (Israel Electric Corp.) erzeugt. Der größte Teil der Produktion stammt aus den vier Wärmekraftwerken in Haifa, Tel Aviv, Aschod und Eilat.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,5% 1980: 1,8%	Ex-Post: mäßig
BIP real zu Markt- preisen von 1964	Parabel	1970: 6,7% 1980: 5,1%	gut
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	10,8%	Ex-Post: sehr gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Für Kernkraftwerke über 400 MWe (ab 1980 einsetzbar) ergeben sich im Grundlastbereich geringere Stromerzeugungskosten als für Ölkraftwerke (Ölpreis 33 \$/t). Kernkraftwerke von 600 MWe können ab einer Ausnutzungsdauer von etwa 5000 h/a wirtschaftlich eingesetzt werden.

5. Schlußfolgerungen

Das ökonomische Einsatzpotential für Kernkraftwerke in Israel beträgt bei einem Preis von 33 \$/t Öl etwa 5,8 GWe bis zum Jahr 1990. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t würde sich ein Einsatzpotential von 7 GWe ergeben.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd I£ (1964)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe Prog. 1 Prog. 2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	100/71			100/71				
1960	2,1	5,9	1,85	881						
1965	2,6	9,6	3,35	1290		0,72				
1969	2,8	12,6	4,86	1740	0,852	1,01				
1970	2,89		5,47	1890						
1975	3,23	17,7	9,36	2900	1,64	2,13	0,2	300		
1980	3,55	22,9	16,1	4540	2,82	3,66	0,15	400		
1985	3,87	28,8	27,6	7130	4,84	6,26	0,1	500		
1990	4,16	36	47,4	11390	8,31	10,80	0,08	660	7	5,8

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,18 in 1969, 1,3 in 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	300	600	72,0	10,2		82,2		11,7	
	400	528,5	63,4	10,0		73,4		10,5	
	600	446	53,5	9,7		63,2		9,0	
ÖL	300	255	30,7	90	49,5	120,7	80,2	17,2	11,4
	400	231	27,7	90	49,5	117,7	77,2	16,8	11,0
	600	205	24,6	90	49,5	114,6	74,1	16,3	10,6

Anmerkungen

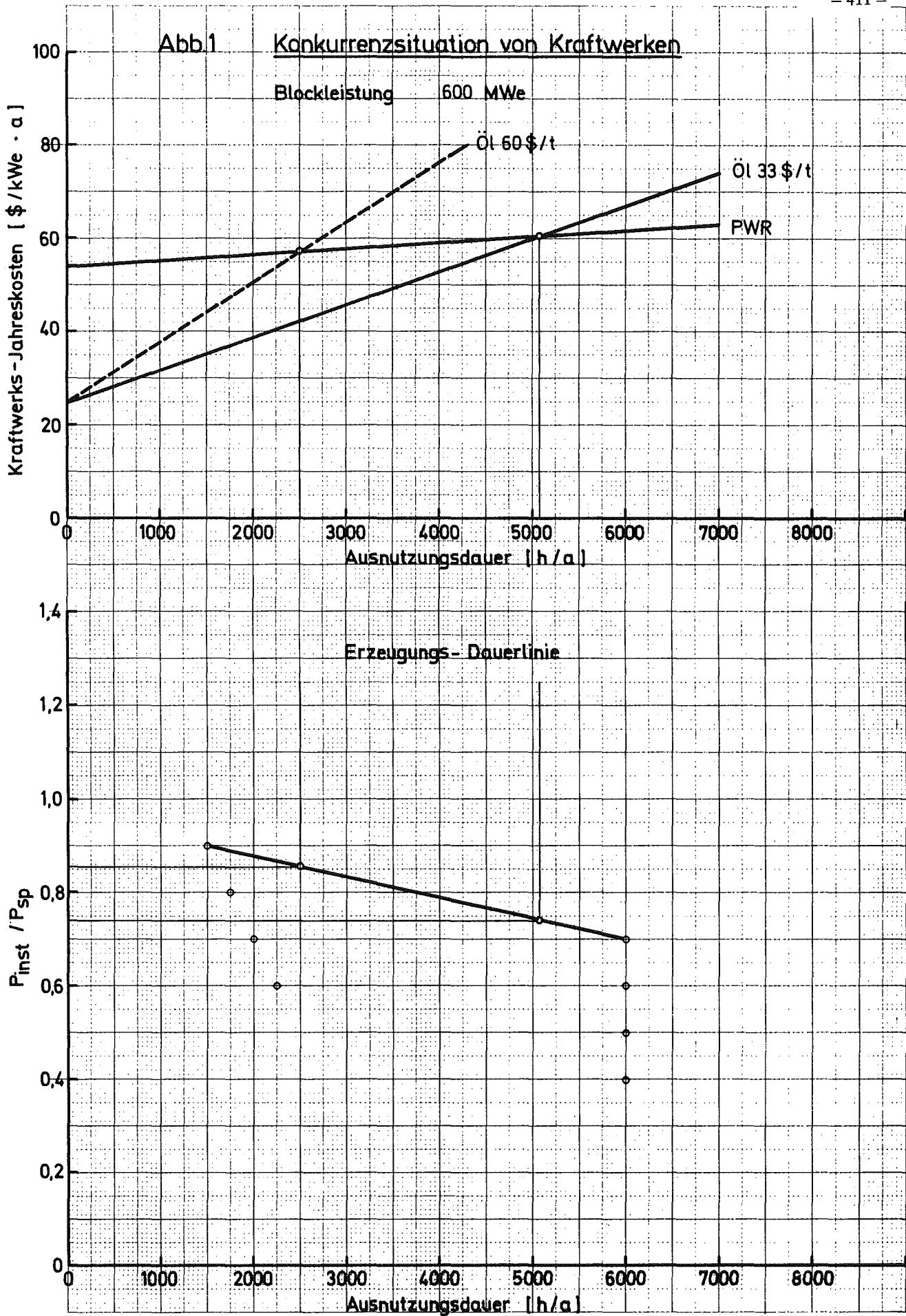
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9

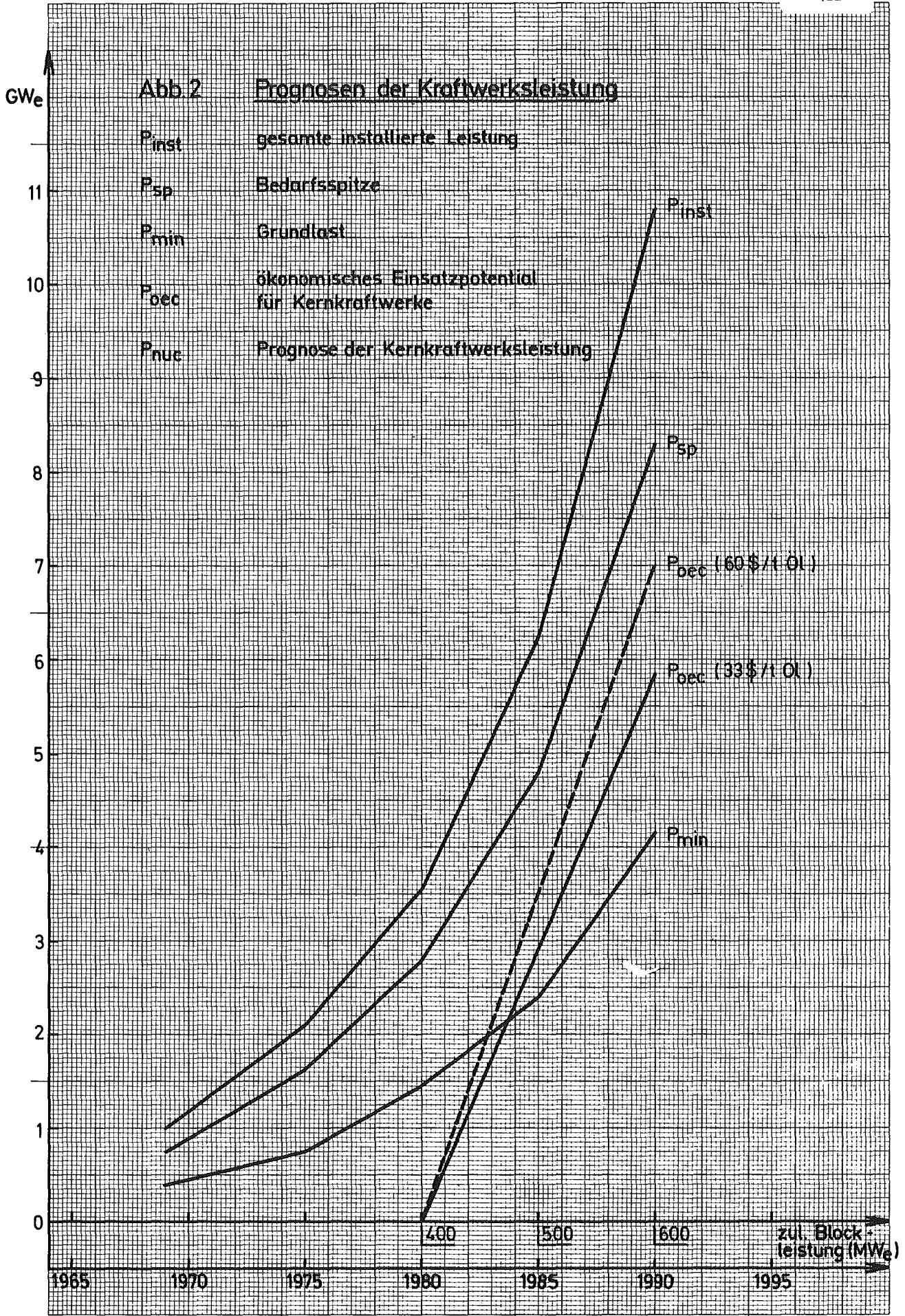
Konventionell: 0,8

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 33 \$/t





J a p a n

Erstes Kernkraftwerk: Tokai Mura 160 MWe GG (GEC) Inbetriebnahme 1965

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1970 für 32 \$ und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: 190 GWe bei 32 \$ und 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	370 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	104		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (¥)	71,1 Bio	684 000	1970	210/70
in US-\$ (1 US-\$ = 360 ¥)	198 Mio	1 900	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	332 Mio	3,19	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	54,9 Mio	0,53	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	283 Mrd	2 775	1969	200/69
Anteil am gesamten Energieverbrauch	32 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	19 200		1961	100/70
Braunkohle	550		1955	100/70
Erdöl	geringe Vorkommen			
Erdgas	25		1970	530/70
gesamt	ca.20 000			

1. Allgemeine Situation

Die japanische Industrie ist seit vielen Jahren in einem sehr schnellen Wachstum begriffen. Die Regierung ist bemüht, die besten Voraussetzungen für das weitere Wachsen zu schaffen. ^{1) 2)} Ein besonders schwieriges Problem ist dabei die sichere Energieversorgung. Etwa 70% des Primärenergiebedarfs wird mit Importöl gedeckt. Einheimische Kohle deckt ca. 15% des Primärenergiebedarfs. Nur etwa ein Viertel dieser Kohle eignet sich zur Verkokung. Die Uranvorkommen Japans werden auf 2800 t Uran (10 \$/lbU₃O₈) und 4200 t (10-15 \$/lbU₃O₈) geschätzt. 1970 betrug die Produktion 30 t Uran/580/.

Japan setzt daher große Hoffnungen auf den Einsatz der Kernenergie sowohl zur Strom- als auch zur Prozeßwärmeerzeugung.

2. Elektrizitätsversorgung

Der Elektrizitätserzeugung wurde 1968 zu etwa 65% durch Öl, 23% aus Kohle und 9% aus Wasserkraft gedeckt. Sechs Kernkraftwerke mit insgesamt 1,7 GWe sind in Betrieb, 17 Kernkraftwerke mit 12,4 GWe im Bau (Stand Mitte 1973).

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post- Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 0,9% 1980: 0,9%	gut
BIP real zu Markt- preisen von 1963	Exp.-Funktion	10,2%	sehr gut
	Extrapolations- kurve:		
Elektrizitätsverbrauch	Exp.-Funktion	8%	

Der Elektrizitätsverbrauch wuchs in den letzten Jahren durchschnittlich um 12%/a. Wir nehmen an, daß diese hohen Wachstumsraten nicht anhalten werden, und gehen von einer Steigerung um 8%/a aus.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt einen klaren Kostenvorteil für Kernkraftwerke bis weit in den Mittellastbereich hinein (ca. 3500 h/a).

5. Weitere Kriterien

Wegen der Knappheit an eigenen Energieträgern ist in Japan die Anwendung nuklearer Prozeßwärme geplant, so zur Stahlerzeugung, für die chemische Industrie, zur Wasserentsalzung, Wasserstofferzeugung etc. Nach ³⁾ könnten bis 1985 mehr als 200 Reaktoren, meist kleiner oder mittlerer Leistung (250-1000 MW_{th}) vor allem in der Chemie und Metallindustrie eingesetzt werden. Auch der Einsatz der Kernenergie für den Schiffsantrieb wird eingehend untersucht.

6. Schlußfolgerungen

Das ökonomische Einsatzpotential für Kernkraftwerke beträgt ca. 190 GWe bis 1990 schon bei einem Ölpreis von 32 \$/t. Die Realisierung dieses Potentials würde jedoch höchstwahrscheinlich die Leistungsfähigkeit der Nuklearindustrie und die Finanzierungsmöglichkeiten des Landes überfordern. Es wird geschätzt, ⁴⁾ daß 1990 ca. 110 GWe in Kernkraftwerken installiert sein werden. Die Einsatzmöglichkeit für Prozeßwärmereaktoren wird auf über 100 GWe geschätzt. ^{3) 5)}

- 1) Government of Japan: New Comprehensive National Development Plan Mai 1969.
- 2) G.O. Grimm, A. Osterwalder: Hintergrund und Leitlinien des Neuen japanischen Entwicklungsplanes. Bericht des Ostasien-Institutes e.V., Bonn, im Auftrag der Ges. f. Kernforschung, Karlsruhe, August 1970.
- 3) IAEA-140: Power Reactors of Interest to Developing Countries, Wien 1971.
- 4) Atomic Energy Commission of Japan: Prospects for Atomic Energy Development in Japan. Genf 1971, P. 298.
- 5) H. Murata: Future Trend of Nuclear Power as Energy Sources Paper prepared for the Study Group on Reactor Strategy Calculations, Wien , 5-9 Nov. 1973

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Bio ¥ (1963)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe Prog. 1	GWe Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	210/70	200/69			100/70				
1960	93,2	18,0	99,3	1065		23,5				
1965	98,0	29,2	169	1724		41,0				
19 69	102	46,7	283	2775	53,8	59,5				
19 70 1972	104	51,6	317							
1975	108	84,8	449	4160	85	93,5		1200		
1980	113	141	660	5840	125	150			20	20
1985	117	236	970	8290	184	221				
1990	122	393	1420	11600	270	324			190	190

Anmerkungen:

Spalte 4: Wert für 1972 nach: The Institute of Energy Economics, Tokio: Energy in Japan (Quarterly Reports) 1973

6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,1 bis 1975, 1,2 nach 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	1200	293	35,2		8,96		44,16		6,3
ÖL	1200	138	16,5	90	48	106,5	64,5	15,2	9,2

Anmerkungen

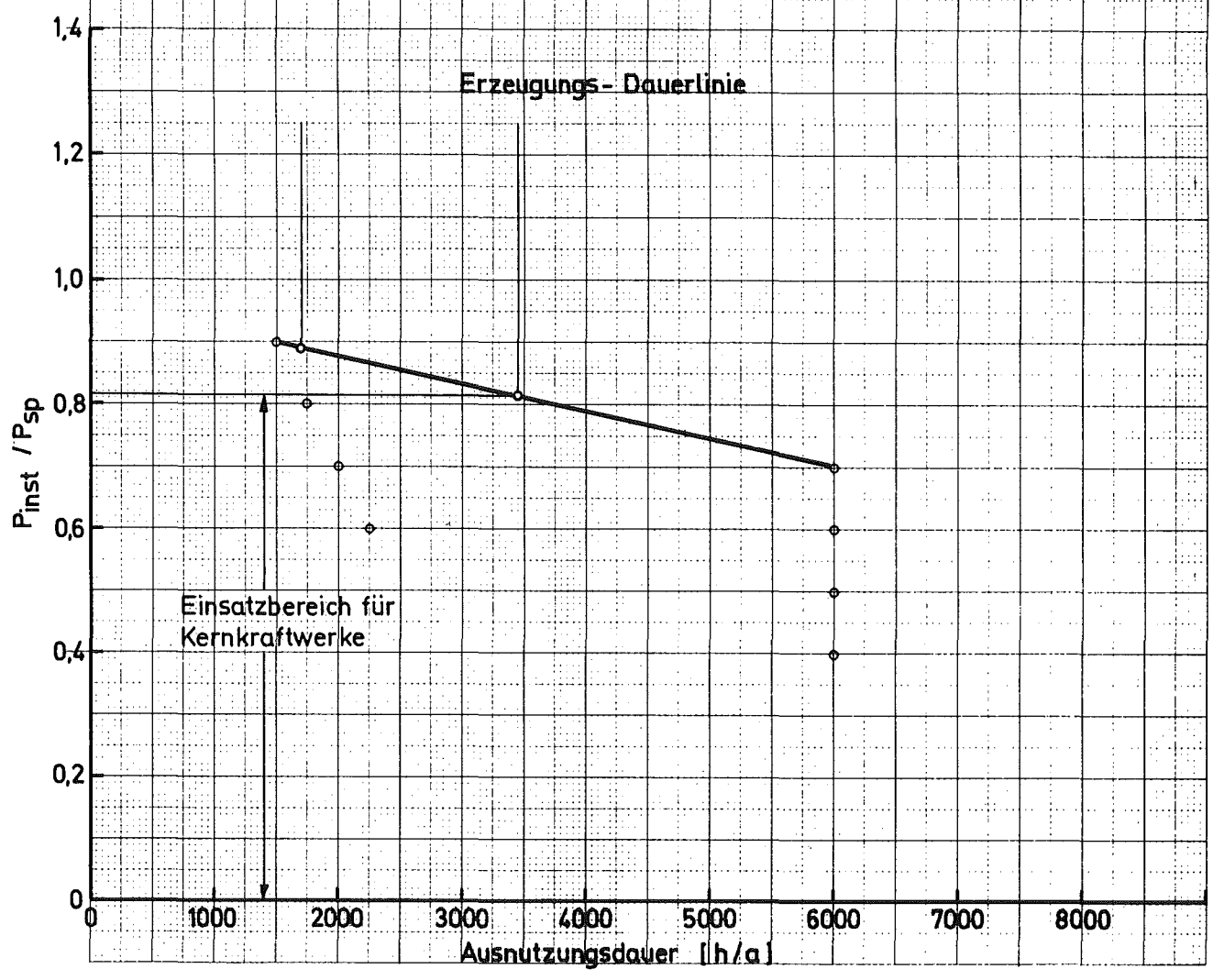
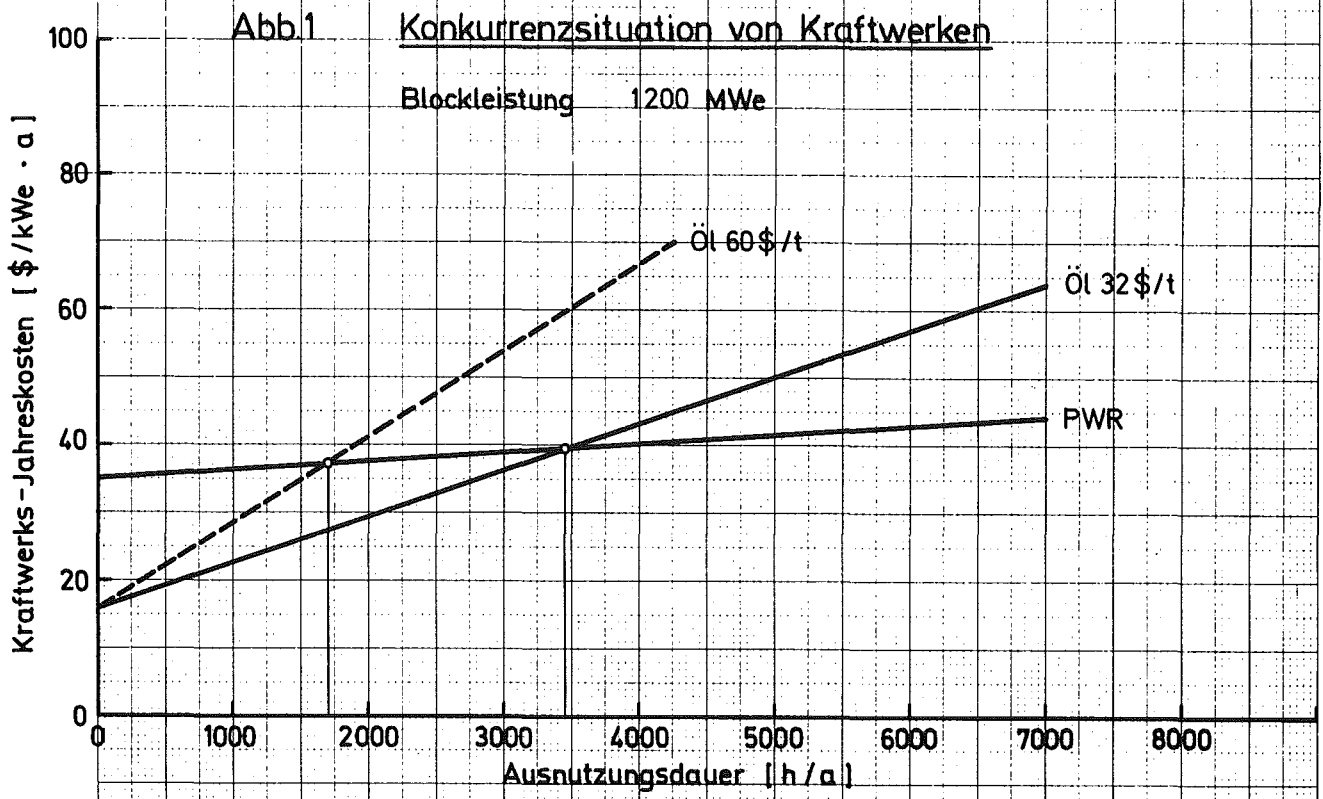
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,75

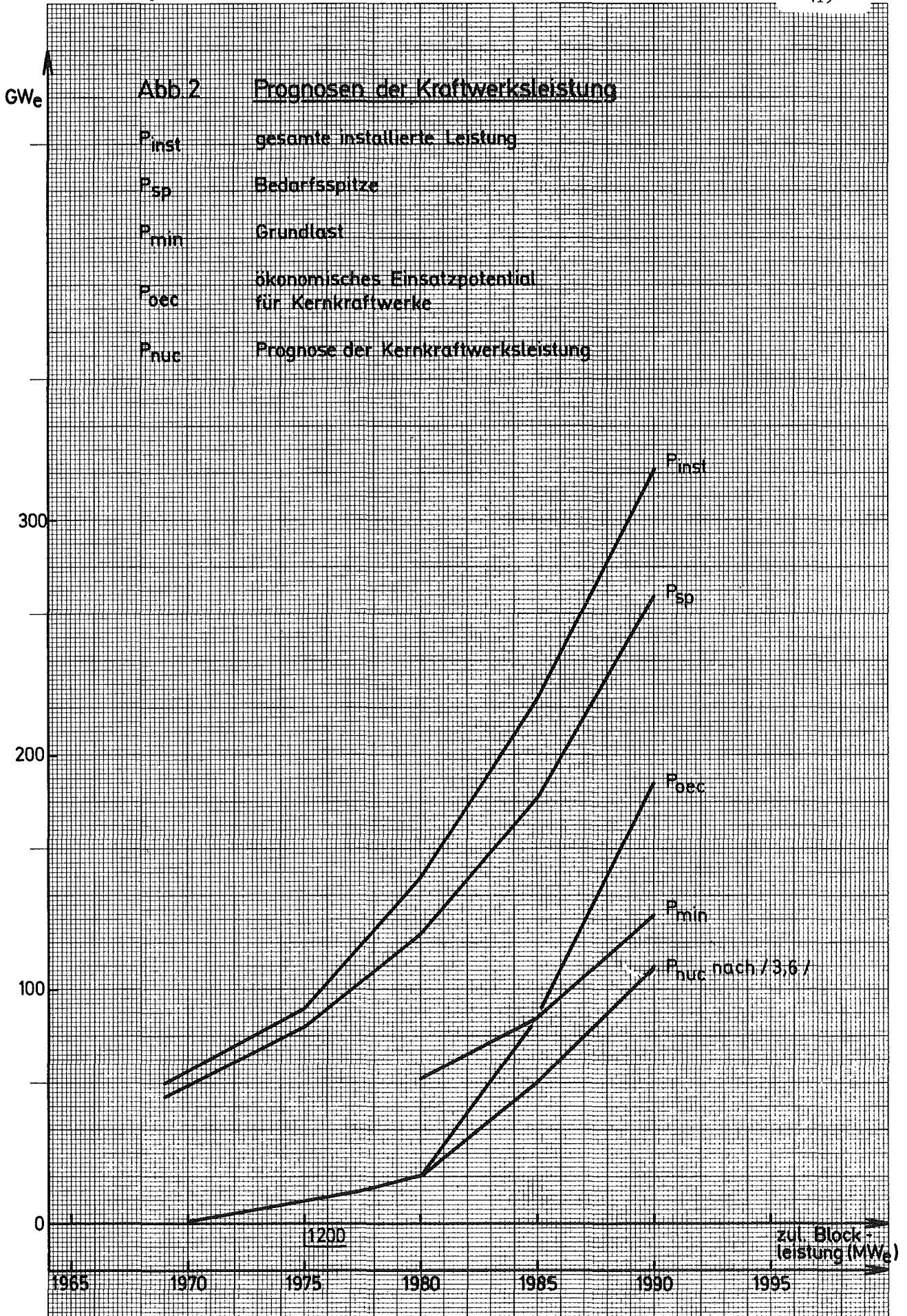
Konventionell: 0,65

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 32 \$/t





Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

Einsatzpotential bis 1990: 0

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	120 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	13,89		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung				
in US-\$				
(1 US-\$ =)				
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>				
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>				
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	16,5 Mrd	1200	1970	311/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch				
<u>Fossile Energievorräte</u>				
in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	} große Vorkommen, Mengen unbekannt			
Braunkohle				
Erdöl				
Erdgas				
gesamt				

1. Allgemeine Situation

Nordkorea ist das am stärksten industrialisierte Land des kommunistischen Asiens.

An fossilen Primärenergieträgern gibt es große Vorkommen Anthrazit, Steinkohle und Braunkohle. Die Lagerstätten sind so verteilt, daß fast alle Provinzen über Kohlelager verfügen.

(Förderungen 1968: Braunkohle 4,5 Mio t, Steinkohle 18,5 Mio t).

Der Sechsjahresplan (bis 1976) sieht eine Steigerung des National-einkommens um 80% vor.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätsversorgung basiert auf den Kohlevorkommen und der Nutzung des Wasserkraftpotentials. Das Wasserkraftpotential wird auf 5-8 GWe geschätzt.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 3,5% 1980: 3,7%	recht gut
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	5,1%	recht gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen. Unsere Prognose ist konservativer als der Sechsjahresplan 1970-76, dessen Ziel eine Elektrizitätserzeugung von 28-30 TWh/a im Jahr 1976 ist.

4. Kostenrechnung

Es liegen keine Kostangaben über die in der Energieversorgung dominierende Kohle vor. Daher wurde keine Kostenrechnung durchgeführt.

5. Schlußfolgerungen

Eine sichere Basis für Schlußfolgerungen ist nicht gegeben. Es kann allenfalls vermutet werden, daß die reichlich vorhandene einheimische Kohle bei Blockleistungen bis 600 MWe (ab 1990 einsetzbar) wirtschaftliche Vorteile gegenüber der Kernenergie hat und infolgedessen kein ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke bis 1990 existiert.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
					Prog. 1	Prog. 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71		311/71							
1960	10,5		7,3	700						
1965	12,1		10,6	880						
1970	13,2		13,2	950	2,3	3,2				
1975	16,9		17,1	1010	3,0	4,2	0,15	400		
1980	20,2		22,2	1100	3,9	5,5	0,12	500		
1985	24,1		28,6	1190	5,0	7,0	0,1	500		
1990	28,6		37,0	1300	6,5	9,1	0,09	600	0	

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 1,4

K o r e a (S ü d)

Erstes Kernkraftwerk: Kori / Pusan 564 MWe PWR (West-EE) Inbetriebnahme 1975

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1975 für 32 \$ / t Öl
1980 für 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: 7,5 GWe bei 32 \$ / t Öl
8,3 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	99 600		<u>Jahr</u>	<u>Quelle</u>
<u>Bevölkerung in Mio</u>	31,85		1971	450
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u>	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (Won)	2,5 Bio	78 600	1970	450
in US-\$ (1 US-\$ = 312,35 Won) ¹⁾	8,0 Mrd	250	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	28,2 Mio ²⁾	0,9	1970	450
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	12,55 Mio	0,395	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	10,5 Mrd	331	1971	450
Anteil am gesamten Energieverbrauch	12 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	1450		1970	} 450
Braunkohle	0		1970	
Erdöl	0		1970	
Erdgas	0		1970	
gesamt	1450			

1) Kurs der Zentralbank

2) nach 100/71 nur 25,3 Mio t SKE/a

1. Allgemeine Situation

Das reale Bruttosozialprodukt Südkoreas ist im Zuge des ersten Fünfjahresplanes (1962-66) um 7,8%/a gestiegen, während des zweiten Fünfjahresplanes (1967-71) um 10,5%/a.

Südkorea verfügt über Kohlevorkommen, deren Förderbedingungen sich jedoch laufend verschlechtern. Die südkoreanische Kohle war 1972 teurer als importiertes Öl. Ihre relative Bedeutung geht daher zurück. Das Wasserkraftpotential der vier größten Flüsse des Landes wird auf 2000 MW geschätzt, ca. 300 MW davon werden z.Z. genutzt.

2. Elektrizitätsversorgung

Das sehr rasche Wirtschaftswachstum Südkoreas im vergangenen Jahrzehnt hat naturgemäß auch einen starken Anstieg des Energieverbrauchs mit sich gebracht. So hat sich allein von 1966 bis 1970 die in Kraftwerken installierte Kapazität verdreifacht. Koreanische Stellen¹⁾ nehmen an, daß sich das Tempo dieses Wachstums zwar vermindert, jedoch nochmals eine Verdreifachung der Kraftwerkskapazität in diesem Jahrzehnt erfordert. Der Elektrizitätsbedarf wird derzeit überwiegend durch ölgefeuerte Kraftwerke gedeckt.

3. Prognosen

	Regressionskurve	Wachstumsrate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel (mit Werten ab 1954)	1970: 2,4%	recht gut
BIP real zu Marktpreisen von 1965	Parabel	1970: 11,4% 1980: 8,4%	gut
Elektrizitätserzeugung	Parabel	1970: 17,7% 1980: 9,9%	Ex-Post: sehr gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

Zum Vergleich: für die Market Survey der IAEA /450/ wurde ein ca. 10% höherer Elektrizitätsverbrauch prognostiziert.

4. Kostenrechnung

Die Kostenrechnung ergibt einen klaren Vorteil für Kernkraftwerke bis in den Mittelbereich hinein (bis 4000 h/a bei einer Ölpreisprognose von 32 \$/t Öl).

5. Schlußfolgerungen

1980 werden voraussichtlich 1,2 GWe an Kernkraftwerken im Einsatz sein. Den Zubaubedarf von 1980 bis 1990 schätzen wir auf 7 GWe. Wird dieser Zubau überwiegend durch Kernkraftwerke gedeckt, so ergibt sich eine Sättigung des Nuklearanteils beim Vordringen in den Mittellastbereich (Abb. 1 und 2).

Das nukleare Einsatzpotential wird von uns bis 1990 bei einem Ölpreis von 32 \$/t auf 7,5 GWe geschätzt, beim Ölpreis von 60 \$/t auf 8,3 GWe.

Zum Vergleich geben wir die Ergebnisse der IAEA-Market Survey/450/ an: Dort ging man von einem 10% höheren Energiebedarf in der Zukunft aus und von einem derzeitigen Ölpreis von 17 \$/t, der um 2% pro Jahr ansteigt und kommt so zu einem nuklearen Einsatzpotential von ca. 10 GWe.

1) Y.L. Lee Projected Role of Nuclear Power in Korea, Genf 1971, P. 778.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Bio Won (1965)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	160/70	100/71			100/70				
1960	24,7	0,582	1,41	57		0,43				
1965	28,4	0,795	2,82	99		0,95				
19 68						1,45				
19 69	31,1	1,28	6,5	209						
1970	31,8		7,8	245	1,55	2,0				
1975	35,9	2,3	14,8	412	2,6	3,64	0,2	500	0,56	0,56
1980	39,9	3,55	24,8	622	4,35	6,1	0,15	600	1,2	1,2
1985	44,2	5,13	37,6	851	6,6	9,2	0,1	600		
1990	48,6	7,1	53,2	1090	9,35	13,1	0,08	800	8,3	7,5

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65 für Prognosewerte

7: Reservefaktor 1,4 " "

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	600	376	45,1		9,66		54,6		7,8
	800	332	39,8		9,31		49,1		7,0
ÖL	600	166	19,9	90	48,0	109,9	67,9	8,0	9,7
	800	153	18,4	90	48,0	108,4	66,4	7,8	9,5

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,75

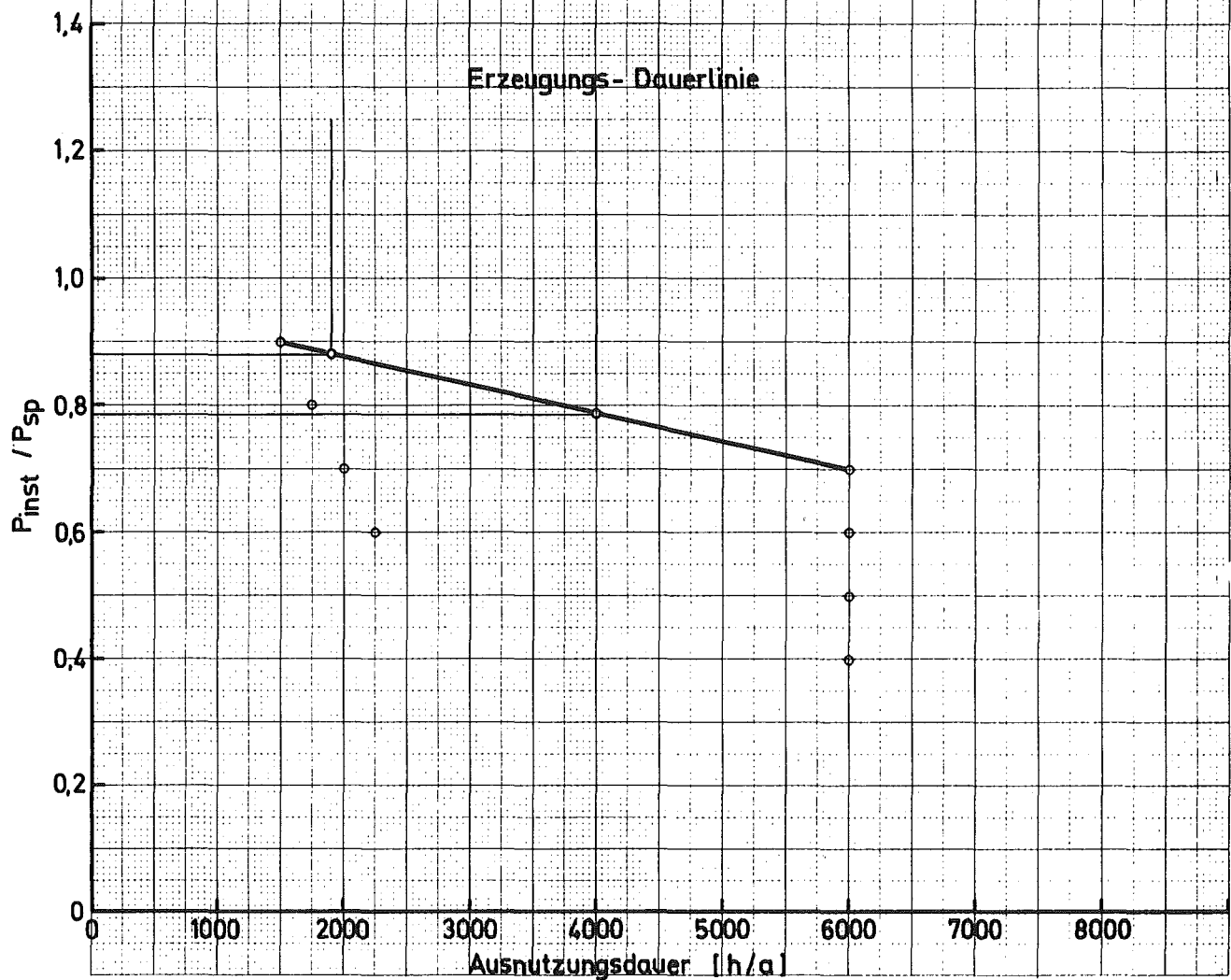
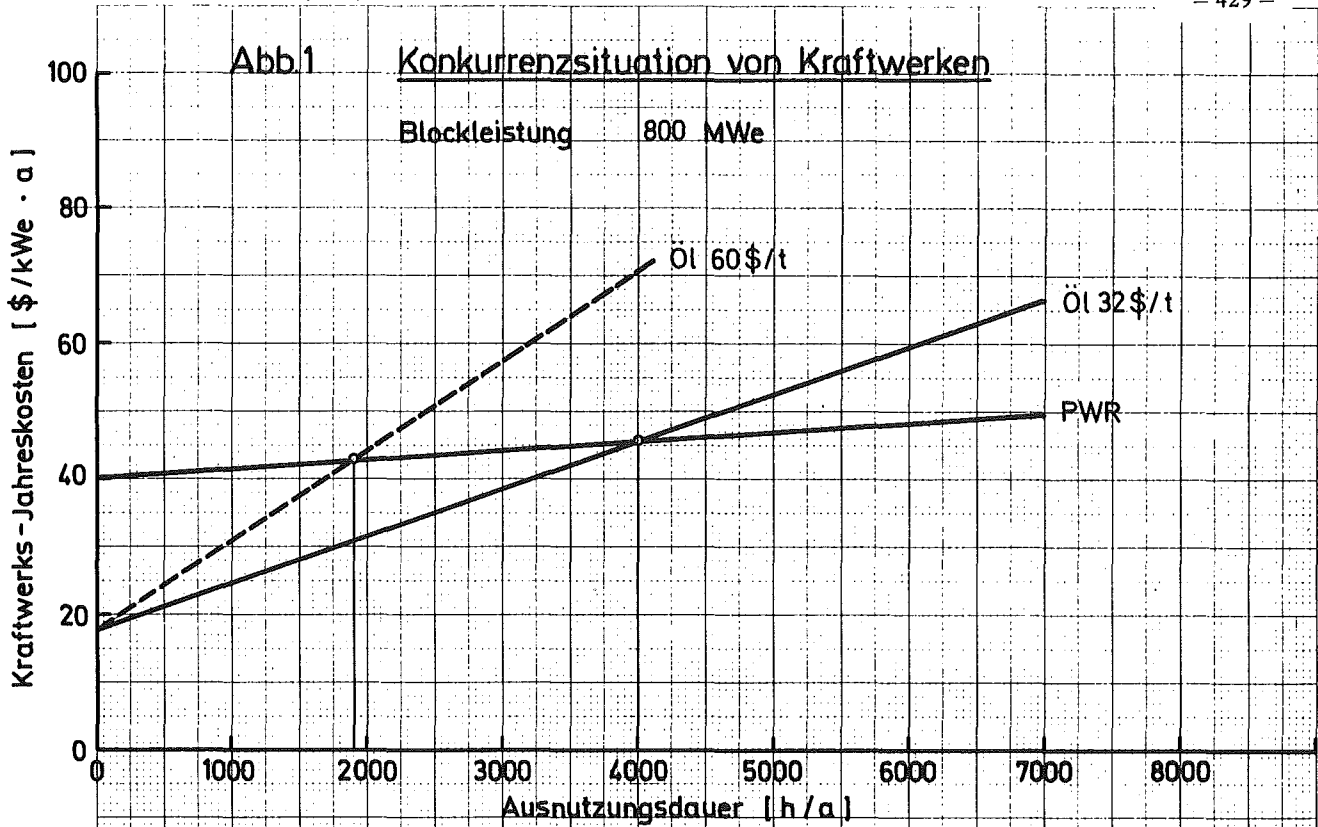
Konventionell: 0,65

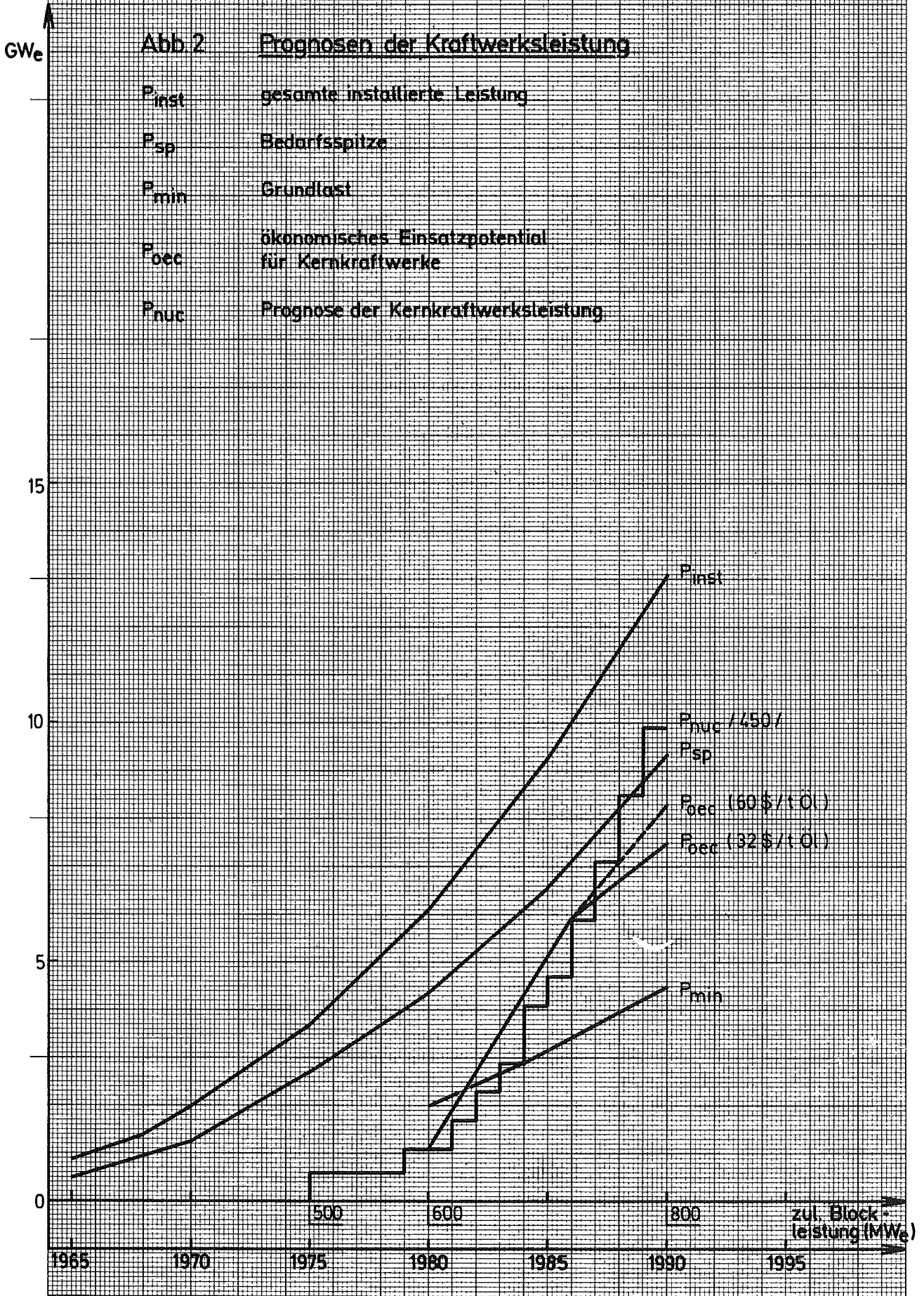
4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 32 \$/t

Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken





Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

nach 1990 bei 2,8 \$ / Gcal
1980 bei 6 \$ / Gcal

Einsatzpotential bis 1990:

1,8 GW bei 6 \$ / Gcal
0 GWe bei 2,8 \$ / Gcal

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	16 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	0,57		1969	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (KD)	0,99 Mrd	1740	1969	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 0,357 KD)	2,77 Mrd	4865	1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	7,4 Mio	1298	1969	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	173 Mio	30350	1969	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	2,01 Mrd	3500	1969	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	13 %		1969	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0			
Braunkohle	0			
Erdöl	12650		1970	530
Erdgas	1380		1970	530
gesamt	14030			

1. Allgemeine Situation

Kuwait steht an 3. Stelle der Erdöl fördernden Länder des Mittleren Ostens hinter dem Iran und Saudi Arabien. Eine moderne Raffinerie steht in Schaiba. Das geförderte Erdgas wird zunehmend in der Petrochemie genutzt.

Förderungen 1970: Erdöl 138,0 Mio t, Erdgas 3,6 Mrd m³.

Dazu kommt noch die Erdölförderung in der früheren Neutralen Zone (1969:23,7 Mio t), an der Kuwait und Saudi-Arabien jeweils mit 50% beteiligt sind.

Kuwait ist bestrebt, eine vom Erdöl unabhängige Wirtschaftsstruktur aufzubauen. Der Anteil der Investitionen in Energie- u. Wasserwirtschaft lag bei 15%.

2. Elektrizitätsversorgung

Die größten Kraftwerke finden sich in Schaiba und Schuwaich. An das Kraftwerk in Schaiba ist eine Meerwasserentsalzungsanlage angeschlossen. Im Sommer treten hohe Bedarfsspitzen durch Klimatisierung und Wasserentsalzung auf.

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Exp.-Funktion	7,2%	recht gut
	Extrapolations- kurve:		
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	10%	

Wir nehmen an, daß die bisherige durchschnittliche Zuwachsrates von über 20% nicht beibehalten wird, da der Pro-Kopf-Verbrauch bereits bei 3 350 kWh/a liegt.

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung für Blockleistungen von 300 und 500 MWe ergibt für erdgasgefeuerte Kraftwerke die niedrigsten Stromerzeugungskosten. Für Erdgas wurde der gleiche Wärmepreis wie für Öl (28 \$/t Öl) angesetzt.

Der tatsächlich zu zahlende Preis dürfte tiefer liegen, da Erdgas wegen des schwierigeren und teureren Transports nicht zum gleichen Preis wie Öl exportiert werden kann.

5. Schlußfolgerungen

Wegen der reichlichen fossilen Energiereserven, insbesondere wegen des zu niedrigem Preis verfügbaren Erdgases ist bis 1990 kein ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke vorhanden.

Bei einem fossilen Wärmepreis von 6 \$/Gcal würde sich ein Einsatzpotential von 1,8 GWe ergeben.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70		100/70			311/70				
1960	0,28		0,3	1090						
1965	0,48		0,63	1320		0,303				
19 66						0,373				
19 69	0,57		1,91	3350	0,4					
1975	0,91		3,38	3710	0,7	1,05	0,2	150		
1980	1,3		5,45	4190	1,13	1,7	0,2	200		
1985	1,9		8,78	4620	1,83	2,75	0,2	300		
1990	2,7		14,1	5220	2,92	4,38	0,17	500	1,8	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55 (niedriger Lastfaktor wegen hoher Bedarfsspitzen im Sommer durch Klimatisierung und Meerwasserentsalzung)

7: Reservefaktor 1,5

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	300	663	79,5		10,15		89,65		12,8
	500	530	63,5		9,8		73,3		10,5
ÖL	300	287	34,4		42		76,4		10,9
	500	242	29,0		42		71,0		10,1
GAS	300	250	30,0	90	42	120	72,0	17,1	10,3
	500	210	25,2	90	42	115,2	67,2	16,5	9,6

Anmerkungen

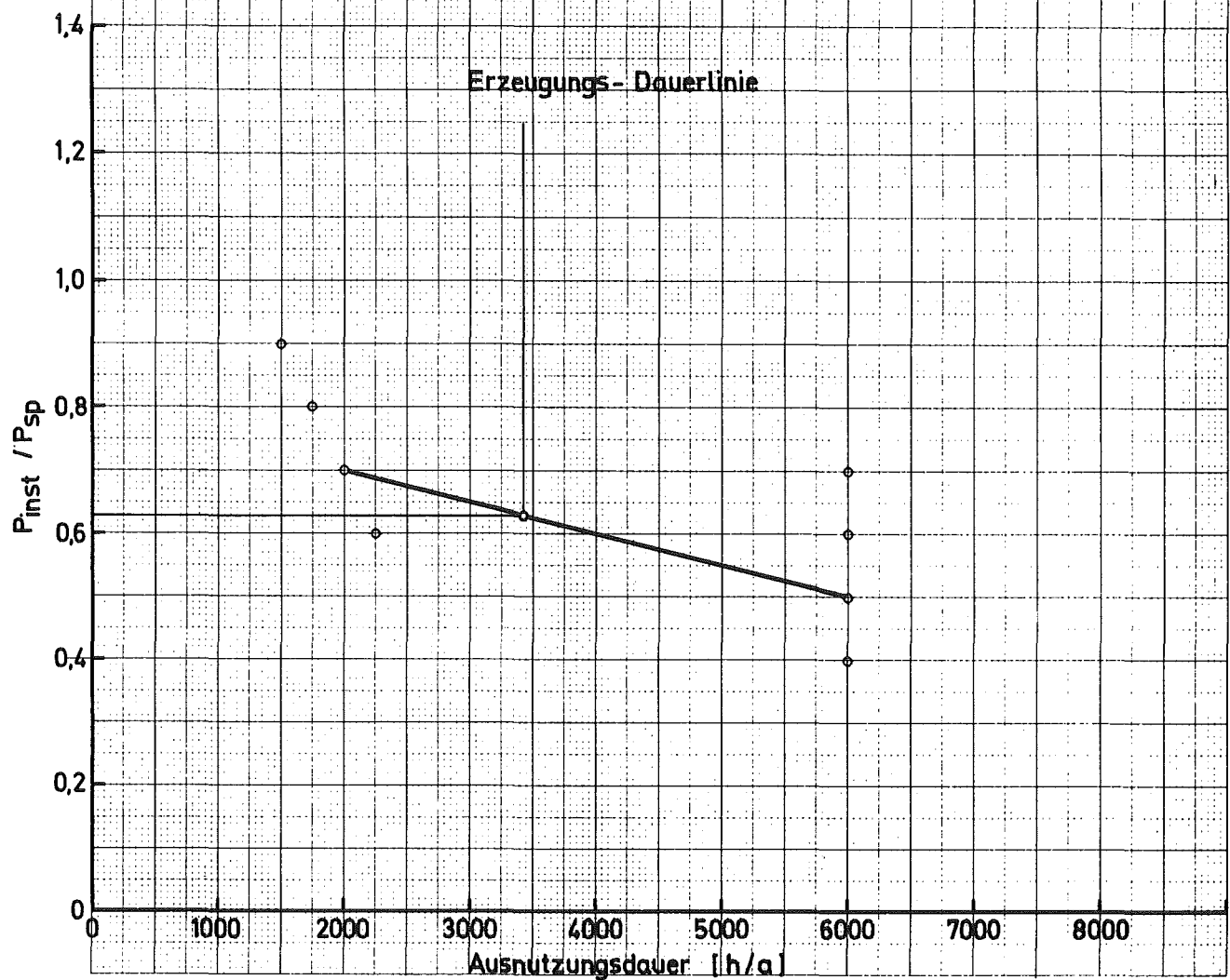
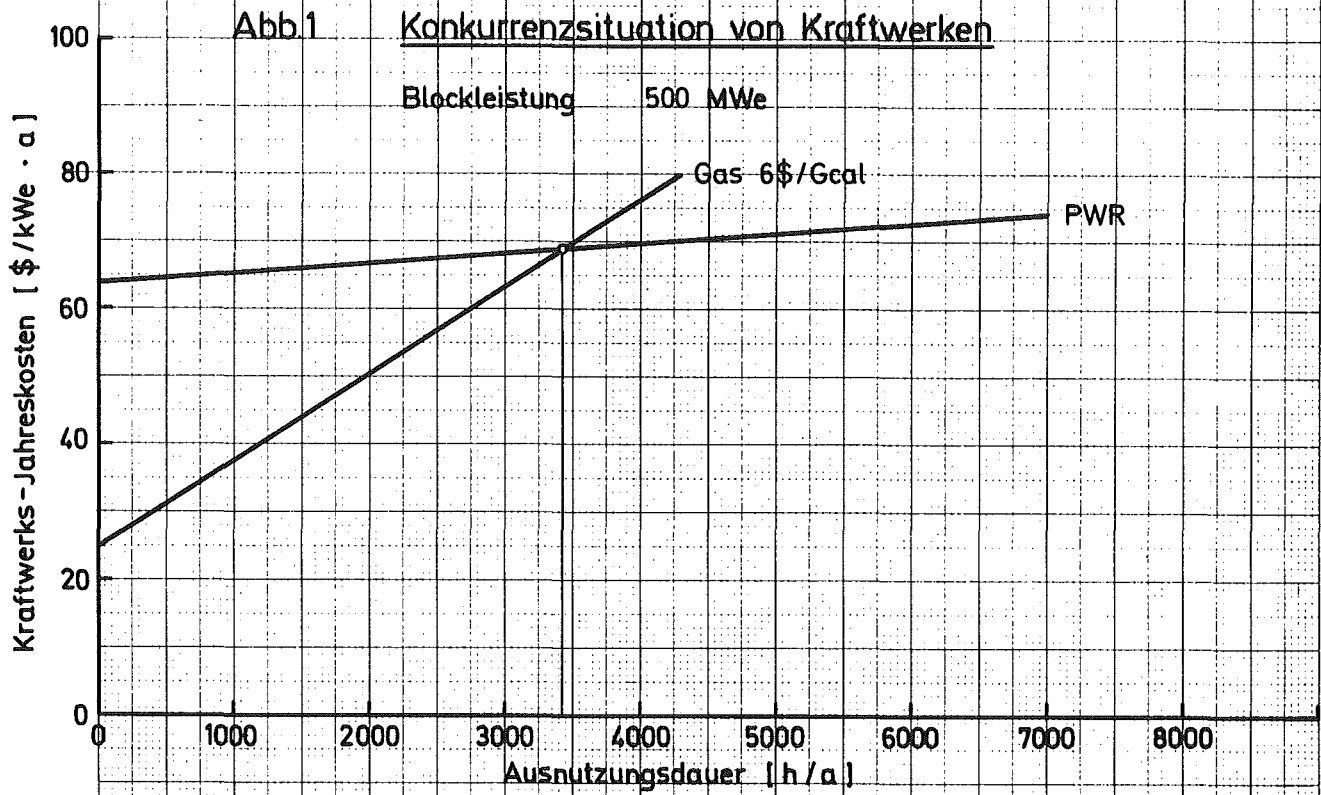
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

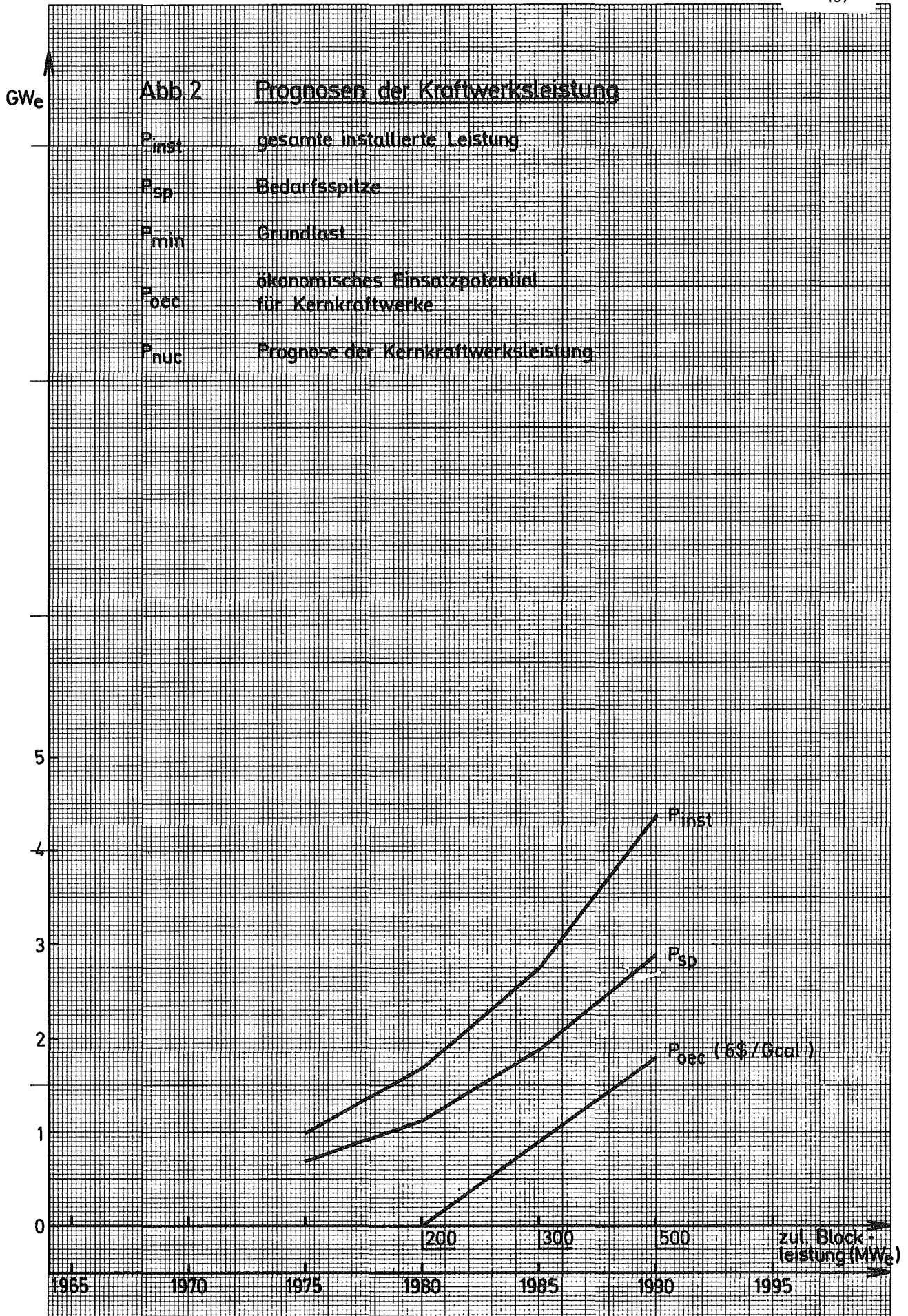
Konventionell: 0,9

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 28 \$/t





Libanon

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1985 für 6 \$ / Gcal

Einsatzpotential bis 1990: 1 GWe bei 6 \$ / Gcal

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche, in km²</u>	10 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	2,79		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (L £)	4,27 Mrd	1 640	1968	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 3,18 L £)	1,34 Mrd	516	1968	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	2 Mio	0,7	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	0,11 Mio	0,04	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	1,23 Mrd	440	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	12 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0			} 100/70
Braunkohle	unbedeutend			
Erdöl	0			
Erdgas	0			
gesamt	unbedeutend			

1. Allgemeine Situation

Der Libanon verfügt über keine nennenswerten fossilen Primärenergie-träger.

Der Abbau von Braunkohle wäre unrentabel, Erdöl ist noch nicht gefunden worden. Dagegen erfolgt eine preisgünstige Ölversorgung durch Rohrleitungen aus Saudi-Arabien und dem Irak.

70% aller Industriebetriebe liegen im Gebiet von Beirut.

2. Elektrizitätsversorgung

Ein größeres Wärmekraftwerk liegt in Zong Mkayel, südlich von Beirut wird bei Iiak ein weiteres errichtet.

Die Wasserkraftreserven sind im Libanon größer als in den Nachbarländern: In niederschlagsreichen Jahren können damit über 1 TWh elektrische Energie erzeugt werden.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Ex-Post-Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,7% 1980: 2,5%	recht gut
Elektrizitätser- zeugung	Exp.-Funktion	10,5%	sehr gut

Der Elektrizitätsverbrauch wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung ergibt bei einer Ausnutzungsdauer von 7000 h/a für Erdgas- und Kernkraftwerke von 400 MWe etwa gleiche, für Ölkraftwerke etwas höhere Stromerzeugungskosten.

Für Erdgas, das vom Iran, Irak oder aus Saudi-Arabien importiert werden kann, wurde ebenso wie für Öl ein Wärmepreis von 3,1 \$/Gcal (entsprechend einem Ölpreis von 31 \$/t) eingesetzt.

Der geringfügige rechnerische Kostenvorteil kann nicht als Chance für die Kernenergie angesehen werden. Bei einem fossilen Wärmepreis von 6 \$/Gcal ergibt sich jedoch ein klarer Kostenvorteil für Kernkraftwerke.

5. Schlußfolgerungen

Ein Wärmepreis von 3,1 \$/Gcal (entspricht 31 \$/t Öl) ergibt kein wirtschaftliches Einsatzpotential für Kernenergie im Libanon. Erst bei einem fossilen Wärmepreis von 6 \$/Gcal würde sich ein nukleares Einsatzpotential von 1 GWe ergeben.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71		100/71			100/71				
1960	2,1		0,34	160		0,2				
1965	2,4		0,61	250	0,139	0,356				
1969						0,426				
1970	2,79		0,98	350						
1975	3,12		1,7	540	0,388	0,815	0,2	70		
1980	3,54		2,9	820	0,662	1,257	0,2	130		
1985	4,0		4,8	1200	1,09	2,08	0,2	200		
1990	4,5		8,2	1820	1,87	3,55	0,2	400	1	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,5

7: Reservefaktor 2,56 im Jahre 1965, 2,1 im Jahr 1975, ab 1980 1,9

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	400	473	56,8	10,0		66,8		9,55	
ÖL	400	201,8	24,2		46,5		70,7		10,1
GAS	400	176	21,0	90	46,5	111	67,5	15,8	9,65

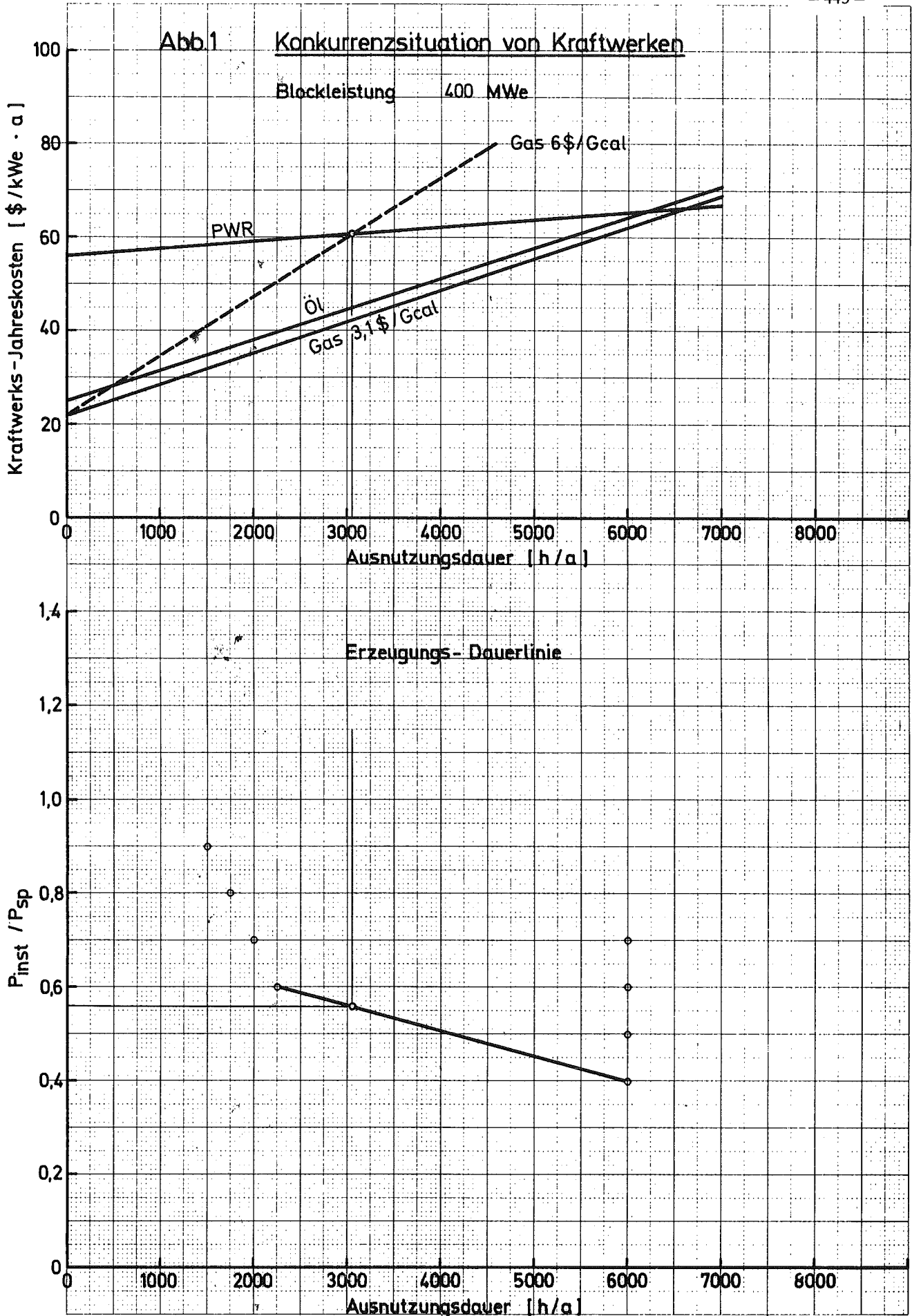
Anmerkungen

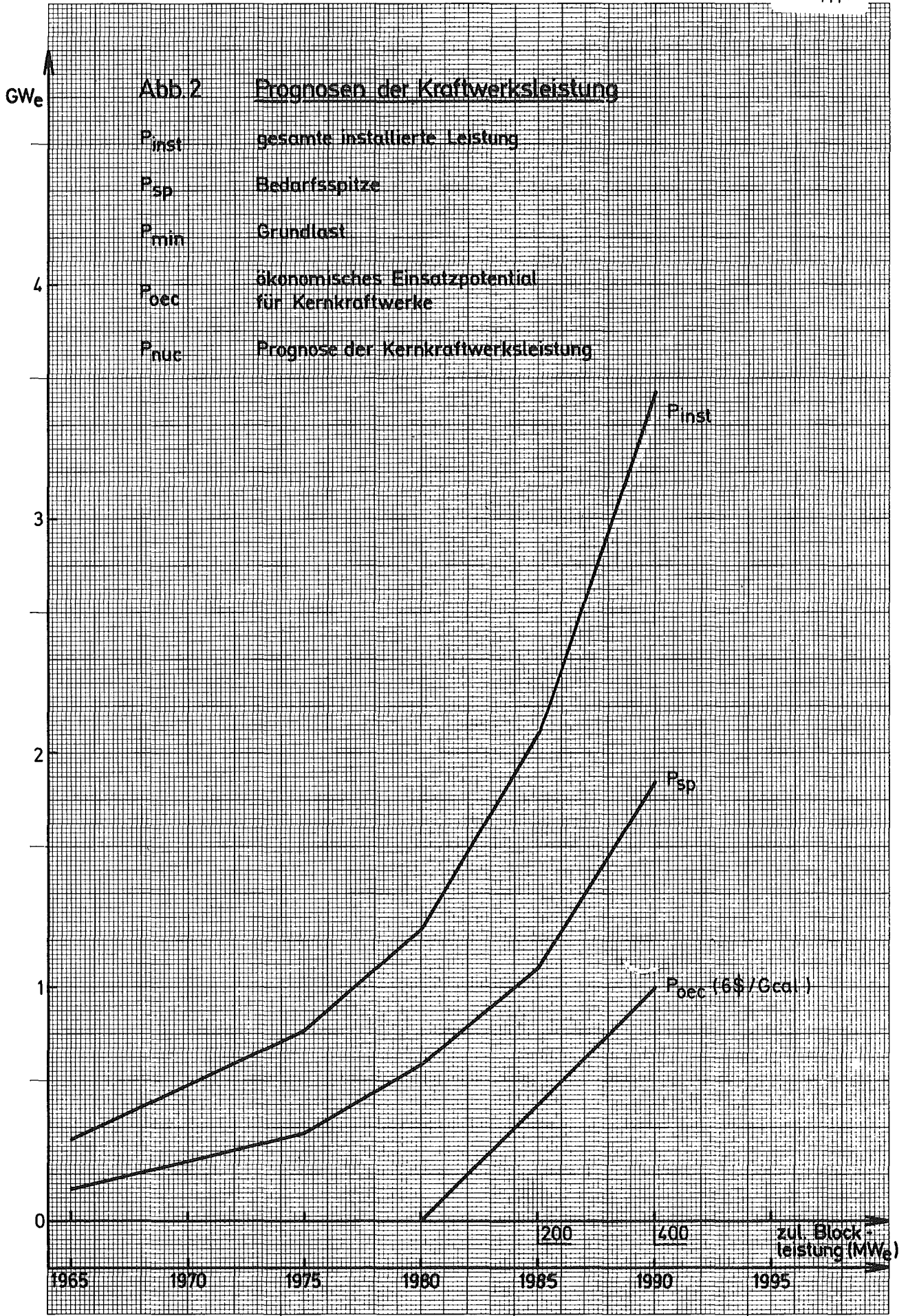
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,8 Konventionell: 0,7

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 31 \$/t





Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 bei 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

1,1 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	330 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	10,8		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (M \$)	9,6 Mrd	906	1969	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 3,06 M \$)	3,14	296	1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	4,9 Mio	0,45	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	1,3 Mio	0,12	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	3,5 Mrd	325	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	20 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0			
Braunkohle	0			
Erdöl	180		1970	530
Erdgas	70 ¹⁾		1970	530
gesamt	250			

1) in Brunei

1. Allgemeine Situation

Erst in den sechziger Jahren begann in Malaysia der Aufbau einer Industrie, deren Schwerpunkte Kuala Lumpur und Penang sind. An Energiereserven gibt es Erdöl (vor der Küste von Sarawak) und Erdgas (in Brunei).

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung erfolgt überwiegend in Wärmekraftwerken. In Westmalaysia existiert ein Verbundnetz. Auf diesen Landesteil entfallen über 90% der Elektrizitätserzeugung und des Elektrizitätsverbrauches.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate ^A	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 2,9% 1980: 2,7%	Ex-post: gut
BIP real zu Faktor- kosten von 1964	Exp.-Funktion	5,6%	sehr gut
Elektrizitätserzeugung	Parabel	1970: 8,7 % 1980: 5,9 %	sehr gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung für 300 MWe-Blöcke ergibt bei Ölkraftwerken im gesamten Lastbereich niedrigere Stromerzeugungskosten bei einem Ölpreis von 30 \$/t als bei Kernkraftwerken. Erst bei Blockleistungen über 400 MWe ergibt sich ein Kostenvorteil für Kernkraftwerke im Grundlastbereich. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t könnten Kernkraftwerke bereits bei Blockleistungen unter 300 MWe und einer Ausnutzungsdauer von 3500 h/a ab 1980 wirtschaftlich eingesetzt werden.

5. Weitere Kriterien

Bei autonomer Elektrizitätsversorgung bleiben die zulässigen Blockleistungen bis 1990 auf Werte bis 300 MWe beschränkt. Im Falle einer Verbundwirtschaft mit dem benachbarten Singapur könnten erheblich höhere Leistungen zugelassen werden.

6. Schlußfolgerungen

In Malaysia existiert bei autonomer Elektrizitätsversorgung und einem Ölpreis von 30 \$/t kein ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t würde sich dagegen bis 1990 ein Einsatzpotential von 1,1 GWe ergeben.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd M \$ (1964)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	490	100/71			100/71				
1960	8,11	5,02								
1965	9,42	6,7	1,79	190		0,54				
1966	9,73	7,07	2,02	210	0,419	0,55				
1969						0,94				
1970	10,8		2,83	260						
1975	12,6	11,7	4,1	330	0,85	1,2	0,2	170		
1980	14,4	15,4	5,6	390	1,16	1,62	0,2	230		
1985	16,5	20,4	7,2	440	1,49	2,1	0,2	300		
1990	18,7	26,9	9,0	480	1,86	2,6	0,16	300	1,1	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55

7: Reservefaktor 1,34 in 1966, 1,4 für Prognosewerte

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	300	535	68,3		10,1		78,4		11,2
	400	501	60,1		10,0		70,2		10,0
ÖL	300	239	28,7	90	45	118,7	73,7	16,95	10,5
	400	216	26,0	90	45	116	71,0	16,57	10,1

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,85

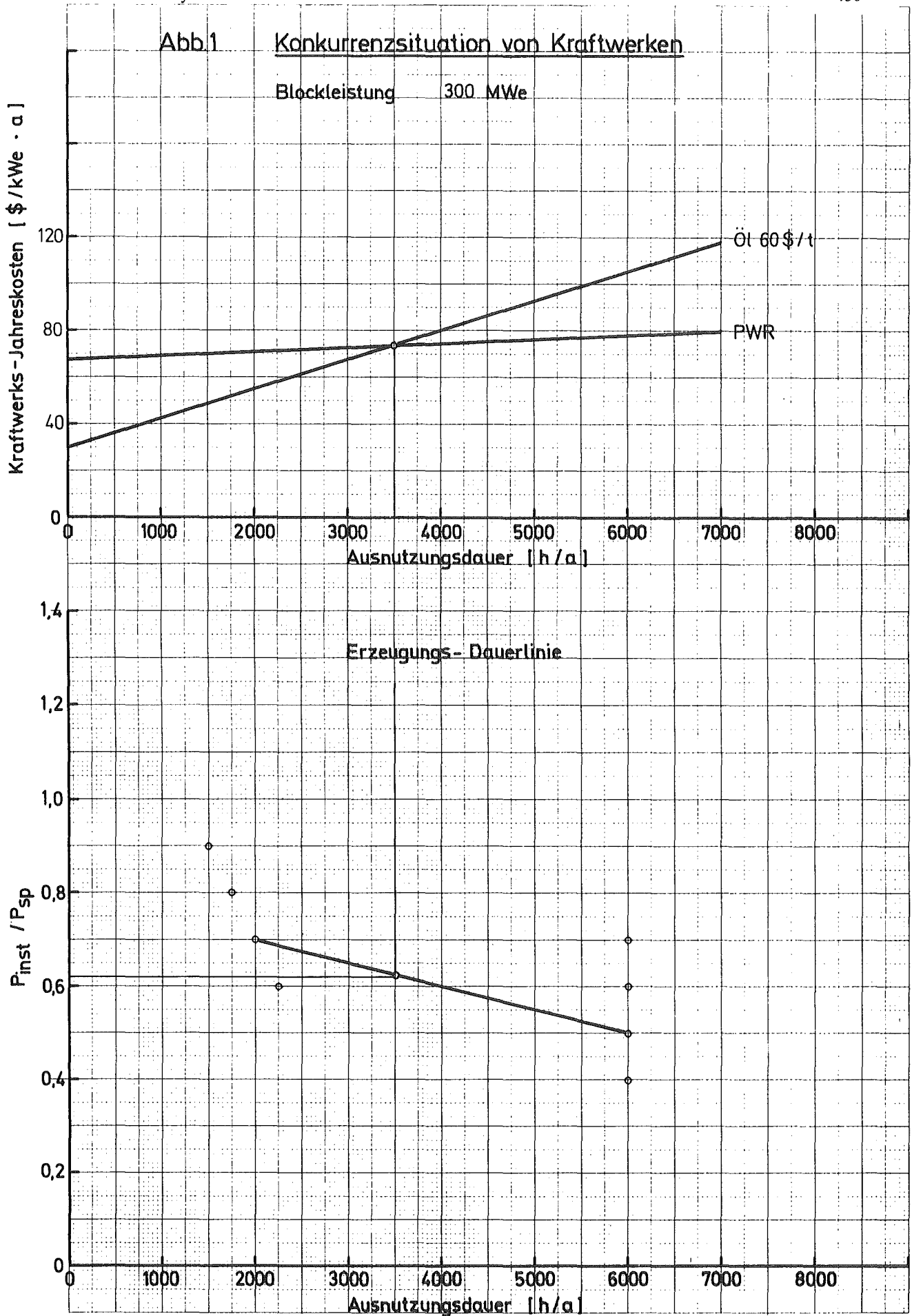
Konventionell: 0,75

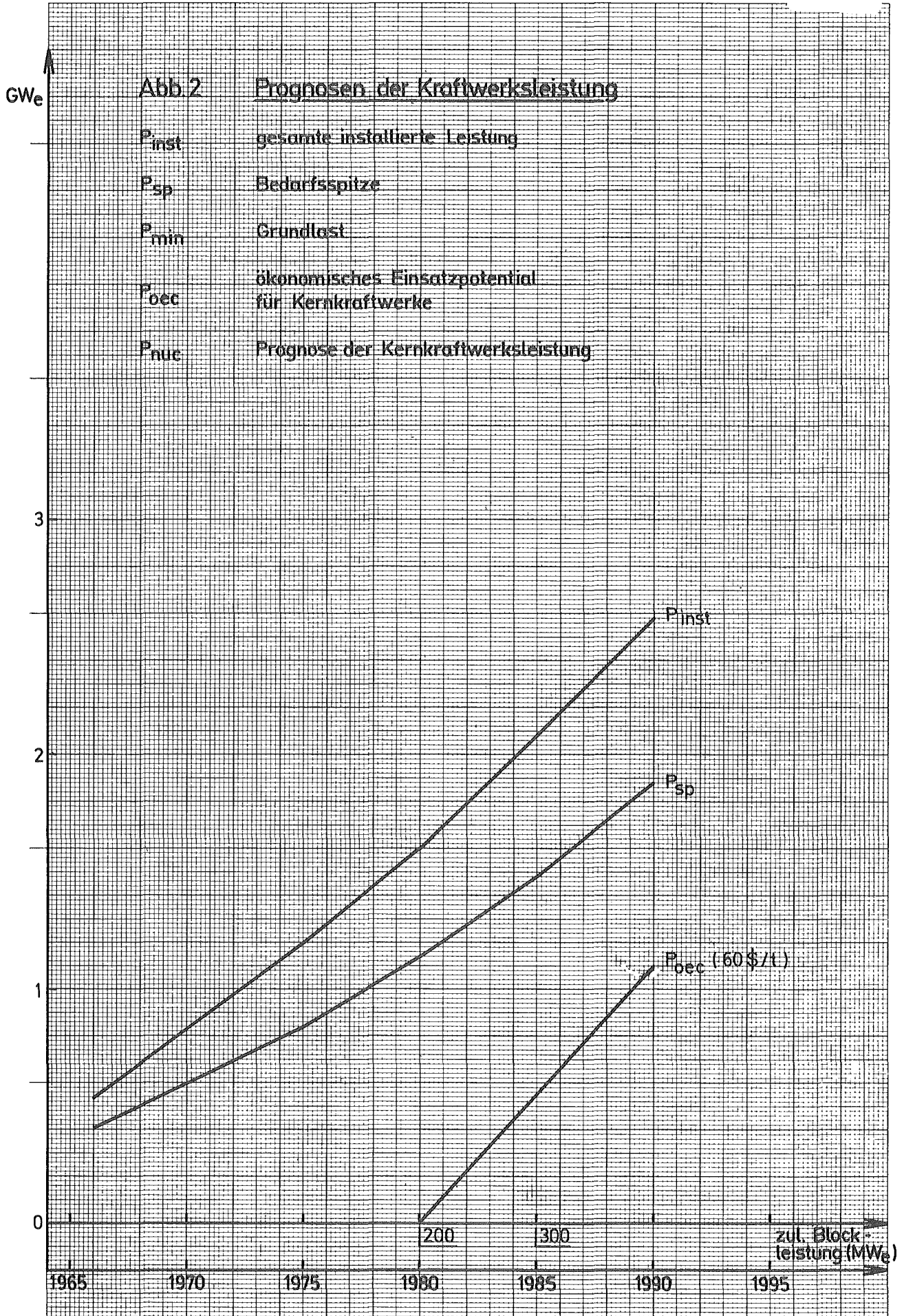
4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 30 \$/t

Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken





P a k i s t a n

Erstes Kernkraftwerk: KANUPP 137 MWe CANDU (CGE)
Inbetriebnahme 1972

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1985 bei 32 \$ / t Öl
1980 bei 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990: 1,3 GWe bei 32 \$ / t
2,5 GWe bei 60 \$ / t

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	804 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	64,9		1972	450
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Faktorkosten)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (Rp)	32,5 Mrd	500	1971/72	450
in US-\$ (1 US-\$ = 4,76 Rp)	6,94 Mrd	107	1971/72	450
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	8,1 Mio	0,2	1970	450
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>				
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	7,1 Mrd	134	1970	450
Anteil am gesamten Energieverbrauch	ca. 20 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	300		1970	} 450
Braunkohle	0		1970	
Erdöl	7,2		1970	
Erdgas	500		1970	
gesamt	807			

*) ohne Dschaurmu und Kashmir

1. Allgemeine Situation

Pakistan hat große Anstrengungen unternommen, seine Landwirtschaft zu modernisieren und eine einheimische Industrie aufzubauen. Das Bruttosozialprodukt pro Kopf ist jedoch mit rd. 100 \$ noch immer gering.

Pakistan verfügt über etwas Kohle und Erdgas sowie über erhebliche Wasserkraftreserven.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätserzeugung erfolgt im Süden des Landes fast ausschließlich in Öl- oder gasgefeuerten Kraftwerken, im Norden überwiegend in Wasserkraftwerken. Die Wasserkraftwerke stellen über 30% der insgesamt installierten Leistung (1972). Ihr Anteil wird mit der Fertigstellung des Tarbela-Staudamms (Inbetriebnahme 1976 geplant, Leistung im Endausbau 2,1 GWe) und weiterer Dämme ansteigen. Wegen der stark schwankenden Wasserführung der Flüsse sind beträchtliche Reserveleistungen zur Sicherung der Stromversorgung in den trockenen Monaten erforderlich.

3. Prognosen

	Extrapolations- kurve	Wachstums- rate nach /450/
Bevölkerung	Exp.-Funktion	2%
BIP real Preise von 1964	Exp.-Funktion	5,8%
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	1965-1970: 11,5% 1970-1980: 9 % 1980-1990: 7,4%

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 85% der Elektrizitätserzeugung angenommen. Die Volkszählung von 1972 ergab eine weit höhere Bevölkerungszahl als nach früheren Schätzungen erwartet; dies führt zu einem Bruch in der statistischen Zahlenreihe. Für die Prognose wurde eine jährliche Wachstumsrate von 2% angesetzt in der Erwartung, daß die Bevölkerungszunahme in Zukunft besser gesteuert werden kann.

4. Kostenrechnung

Die Kostenrechnung ergibt für Kernkraftwerke ab 400 MWe schon bei einem Ölpreis von 30 \$/t einen Kostenvorteil im Grundlastbereich gegenüber Ölkraftwerken. Für Kohle und Erdgas werden in der IAEA Untersuchung /450/ geringere Wärmepreise als für Öl genannt. Wir nehmen jedoch an, daß diese Preise sich dem in Tab. 3 verwendeten Wärmepreis für Öl annähern werden. Die in Abb. 1 dargestellte Konkurrenzsituation gilt dann in etwa auch für Kohle- oder Erdgaskraftwerke gegenüber Kernkraftwerken.

5. Weitere Kriterien

Eine wichtige Bedingung für den wirtschaftlichen Einsatz von Kernkraftwerken ist die Zusammenschaltung der Netze Nord- und Südpakistans, da erst danach Kraftwerksblöcke von 400 MWe und mehr eingesetzt werden können. Nach /570/ soll die Netzverbindung bis 1980 vollzogen sein, nach /450/ bis 1985. Bei unseren Berechnungen haben wir 1985 als das Jahr der Zusammenschaltung angesetzt.

Neben der Stromerzeugung kommt auch die Anwendung von Kernenergie zur Wasserentsalzung in Frage ¹⁾. Pakistan plant den Einsatz mehrerer Zweizweckanlagen /760, Dez. 73/.

6. Schlußfolgerungen

Auf der Basis der hier verwendeten Daten ist bei einem Ölpreis von 30 \$/t ein wirtschaftlicher Einsatz von Kernkraftwerken etwa ab 1985 zu erwarten (Zusammenschaltung der Netze von Nord- und Südpakistan). Der Zubaubedarf an Kraftwerksleistung im Zeitraum 1985-1990 wird auf 3 GWe geschätzt. Hiervon werden voraussichtlich etwa 1,8 GWe auf Wasserkraftwerke entfallen. Einschließlich des im Betrieb befindlichen KANUPP-Reaktors wird das ökonomische Einsatzpotential für Kernkraftwerke auf 1,3 GWe geschätzt. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t könnten Kernkraftwerke ab 1980 wirtschaftlich eingesetzt werden; in diesem Fall ergibt sich ein ökonomisches Einsatzpotential von 2,5 GWe. Das nukleare Einsatzpotential kann sich bedeutend erhöhen, wenn Kernenergie auch zur Wasserentsalzung herangezogen wird.

1) vgl. Ismat Kamal: Prospects of a Dual-Purpose Nuclear Plant for meeting Water and Power Requirements of the Greater Karachi Area Genf 1971, P. 299.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd US \$ (1964)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential GWe		Wasser- kraftwerke GWe	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	Prog. 1	Prog. 2		
					1	2					3	4
Quelle	450	450	450			450						
1960	43,0	ca. 42	1,17	27,6		0,55						
1965	47,6	56	3,4	72		0,85						
1970	53,5	74	6,05	114	1,2	1,74						
1972	64,9											
1975	69	98	9,8	165	1,9	2,85		200	0,1	0,1		
1980	76	130	14,5	220	2,85	4,4		300				1,8
1985	84	173	21,0	290	4,1	6,35	0,1	400				2,5
1990	93	230	31,0	390	6,05	9,4	0,1	600	2,5	1,3		4,3

Anmerkungen:

Spalte 2: Die Volkszählung von 1972 ergab eine weit höhere Einwohnerzahl als nach früheren Schätzungen erwartet; die Zahlenreihe weist daher einen Bruch auf. Die Prognose geht von der Einwohnerzahl von 1972 und einer jährlichen Zuwachsrate von 2 % aus.

4 u.5: Netto-Verbrauchszahlen zu 85 % des Bruttoverbrauchs angenommen.

6: Lastfaktor 0,58

7: Reservefaktor 1,45 in 1970, 1,5 in 1975, 1,55 ab 1980

9: ab 1985 Verbundnetz, vorher separate Netze in Nord- und Südpakistan

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	400	501	60,1		10,0		70,1		10,0
	600	423	50,7		9,7		60,4		8,6
ÖL	400	216	26	90	45	116	71	16,57	10,1
	600	192	23	90	45	113	68	16,14	9,7

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,85

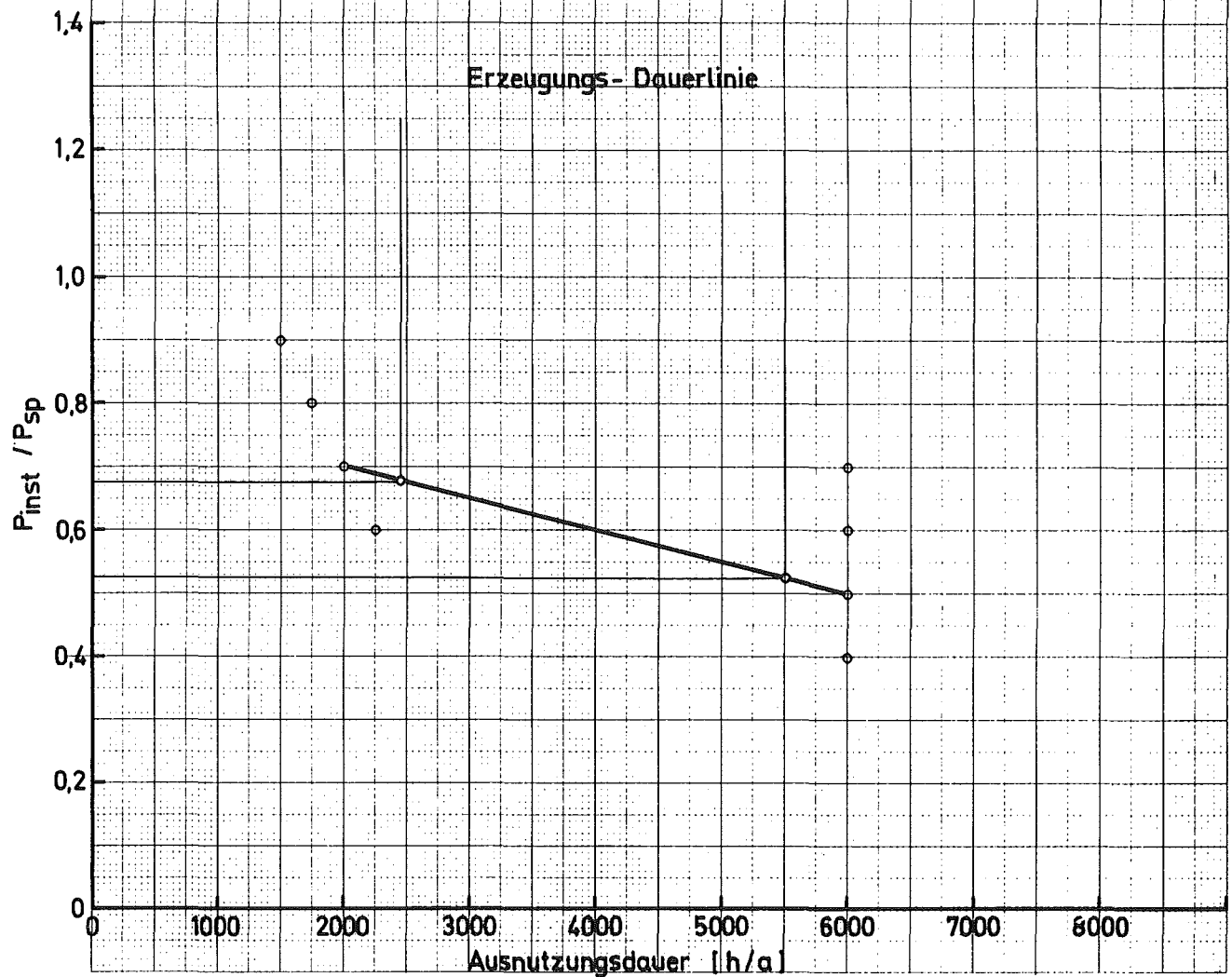
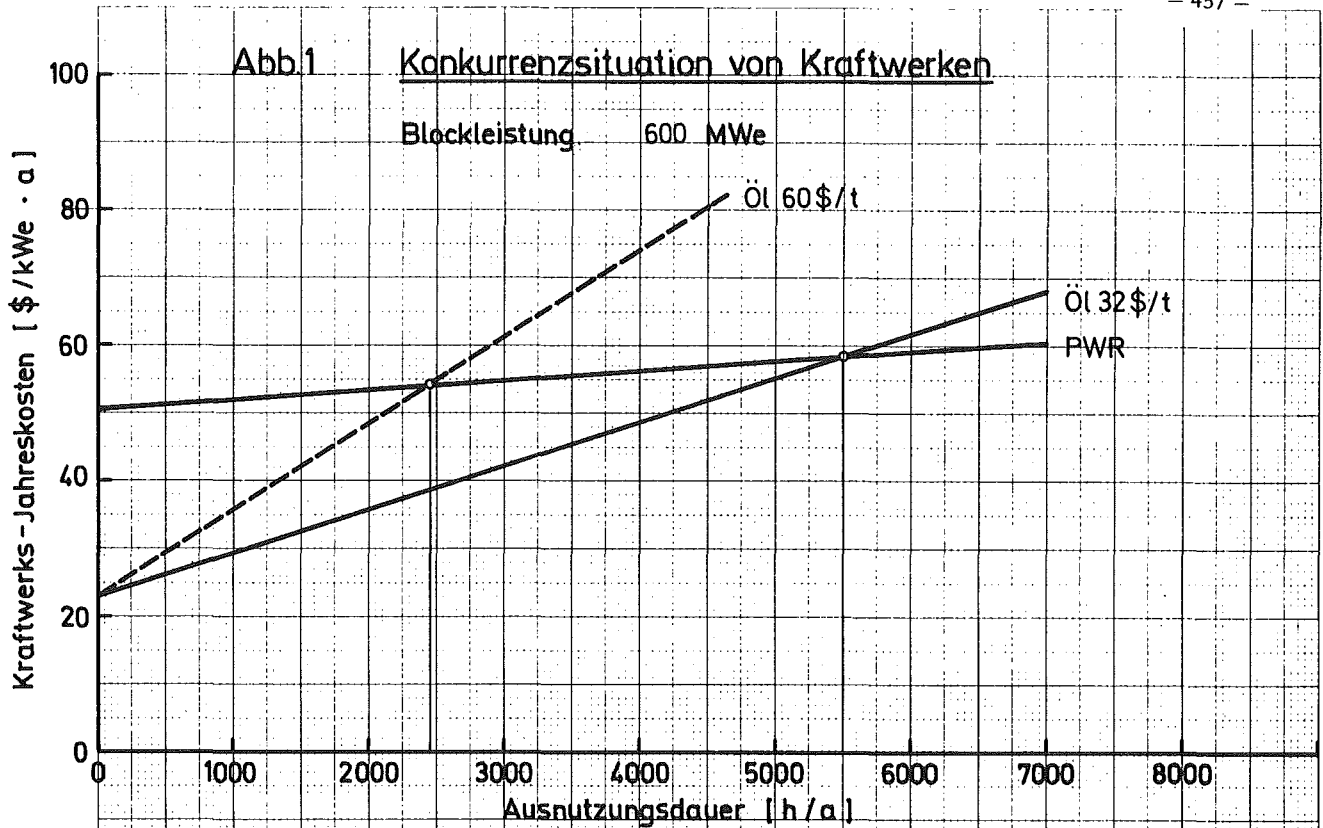
Konventionell: 0,75

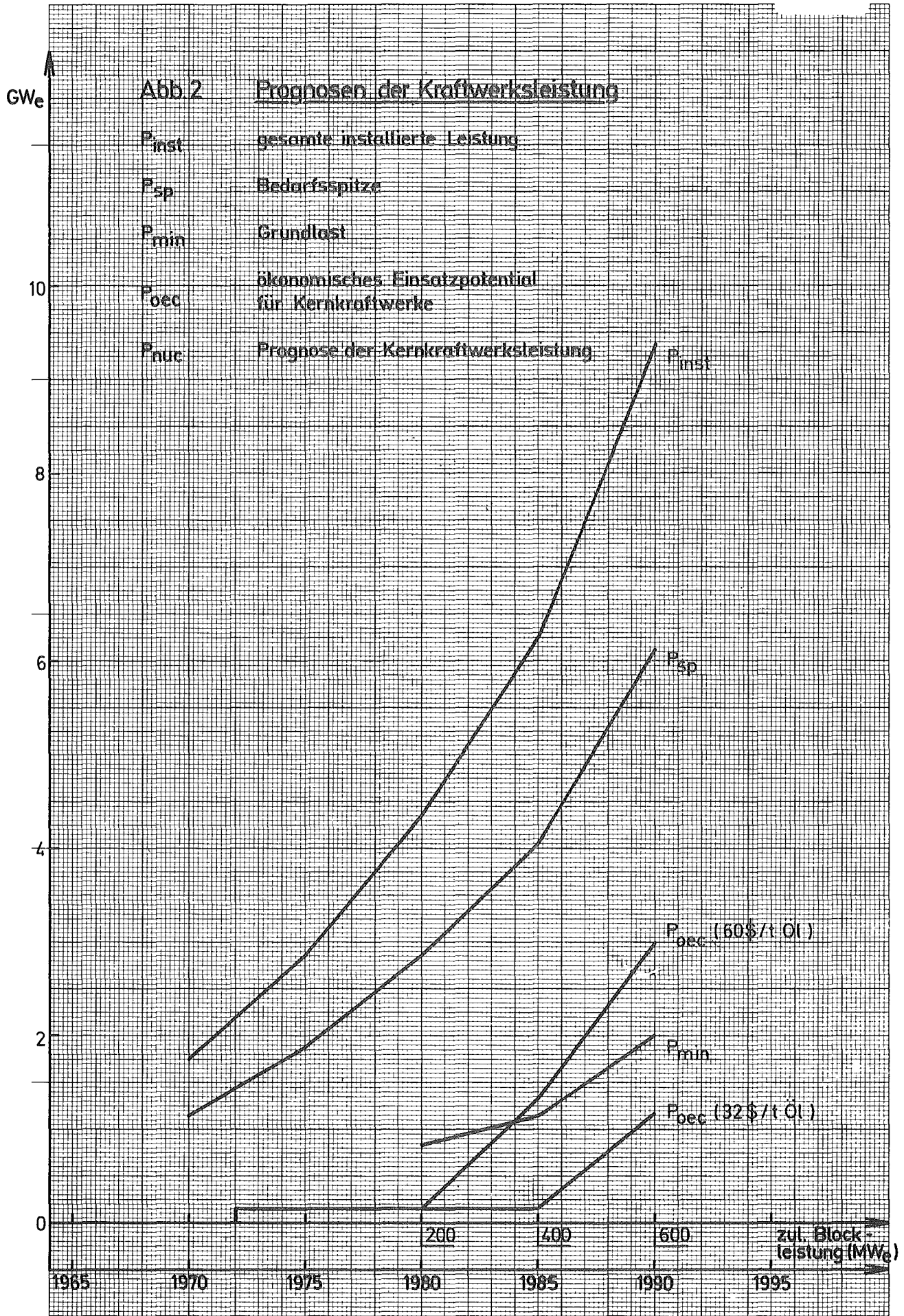
4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 30 \$/t

Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken





Philippinen

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1980 bei 32 \$ / t und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

4,6 GWe bei 32 \$ / t

5,7 GWe bei 60 \$ / t

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	300 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	38,49		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (P)	39,3 Mrd	1020	1970	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 6,2 P) *)	6,3 Mrd	165	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	10,3 Mio	0,27	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	0,28 Mio	0,007	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	8,2 Mrd	225	1969	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	25 %		1969	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	108		1970	} 450
Braunkohle	0		1970	
Erdöl	0		1970	
Erdgas	0,1		1970	
gesamt	108			

*) Freimarktkurs

1. Allgemeine Situation

Die Philippinen haben in den letzten Jahren eine rasche wirtschaftliche Entwicklung erlebt, insbesondere die Hauptinsel Luzon. Die benötigte Energie (überwiegend Öl) wird zu 97% importiert. Die Steinkohlevorkommen sind von untergeordneter Bedeutung.

2. Elektrizitätsversorgung

90% des Elektrizitätsverbrauchs entfällt auf die Hauptinsel Luzon. Unsere Untersuchung befaßt sich daher hauptsächlich mit dieser Insel, weil nur hier der wirtschaftliche Einsatz von Kernkraftwerken im Zeitraum bis 1990 in Betracht kommen wird. Der Elektrizitätsbedarf wird überwiegend durch Ölkraftwerke gedeckt. 1976 werden ca. 25% des Wasserkraftpotentials von Luzon ausgebaut sein. (540 MWe von 2400 MWe). Weitere Wasserkraftwerke auf Luzon sind z.Z. nicht geplant. Die philippinischen Behörden beabsichtigen, die Entwicklung der kleineren Inseln (insbesondere Mindanao) mehr zu fördern als die der bereits stärker industrialisierten Hauptinsel Luzon. Die Wachstumsrate des Elektrizitätsverbrauchs von Luzon wurde daher mit 10%/a geringer angesetzt als für den Elektrizitätsverbrauch des gesamten Landes (11,9%/a, vgl. 3. Prognosen).

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstumsrate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 3,5% 1980: 3,3%	Ex-post: gut
BIP real zu Marktpreisen von 1955	Exp.-Funktion	4,8%	Ex-post: gut
Elektrizitätserzeugung ¹⁾	Exp.-Funktion	11,9%	gut
Elektrizitätsverbrauch von Luzon ²⁾	Extrapolations- kurve: Exp.-Funktion	10,0%	

1) Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

2) nach /450/.

4. Kostenrechnung

Die Kostenrechnung ergibt deutlich geringere Kosten für Kernkraftwerke ab 500 MWe gegenüber Ölkraftwerken bei einem Ölpreis von 32 \$/t vom Grundlastbereich bis herab zu einer Benutzungsstundenzahl von knapp 5000 h/a. Bei einem höheren Ölpreis von 60 \$/t können Kernkraftwerke weiter in den Mittellastbereich (fast bis zu einer Ausnutzungsdauer von 2000 h/a) vordringen.

5. Weitere Kriterien

Auf Luzon kann die Ausnutzung der Geothermik eine gewisse Rolle spielen. Ein Versuchskraftwerk von 11 MWe ist im Bau (TIWI auf Luzon). Da weitere geothermische Kraftwerke jedoch ebenfalls nur kleine Blockleistungen haben können und die Kosten der Elektrizitätserzeugung mit Hilfe dieser Technik noch nicht bekannt sind, wurden derartige Kraftwerke im Rahmen dieser Studie nicht betrachtet.

6. Schlußfolgerungen

Auf Luzon können Kernkraftwerke ab 1980 wirtschaftlich eingesetzt werden. Der Zubaubedarf im Zeitraum 1980-1990 beträgt insgesamt 6,8 GWe (vgl. Tab. 2, Sp. 7). Wir schätzen das ökonomische Einsatzpotential für Kernkraftwerke bis 1990 auf 4,6 GWe beim Ölpreis von 32 \$/t; bei einem Ölpreis von 60\$/t ergeben sich 5,7 GWe. Mit der Verwirklichung dieser Einsatzpotentiale könnten über 60% bzw. 75% der Lastspitze durch Kernenergie gedeckt werden.

Die Marktstudie der IAEA/450/ ergab 3,8 GWe Kernkraftwerksleistung für 1990 als Referenzfall (Ölpreis 1973 von 16 \$/t und 2% jährliche Steigerung) und 4,4 GWe für den Fall stärkerer Ölpreissteigerungen (4% jährliche Steigerung).

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd P (1955)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	450							
1960	27,0	11,8								
1965	32,0	14,9	3,5							
1969	37,0	18,2	5,76							
1970	38,5		6,2	317	1,07	1,6				
1975	45,5	24,0	10,0	450	1,75	2,6	0,2	350		
1980	53,8	30,5	16,1	650	2,82	4,2	0,18	500		
1985	63,1	38,7	26,0	930	4,55	6,8	0,13	600		
1990	73,6	49,1	42,0	1350	7,36	11,0	0,1	700	5,7	4,6

Anmerkungen:

Spalte 4-11: Werte für Luzon allein (nur hier kommt bis 1990 der Einsatz von Kernkraftwerken in Betracht)
 6: Lastfaktor 0,65
 7: Reservefaktor 1,5

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	500	405	48,6	9,8		58,4		8,34	
	600	376	45,1	9,66		54,6		7,8	
ÖL	500	174	20,9	90	48	110,9	68,9	15,84	9,8
	600	166	19,9	90	48	109,9	67,9	15,70	9,7

Anmerkungen

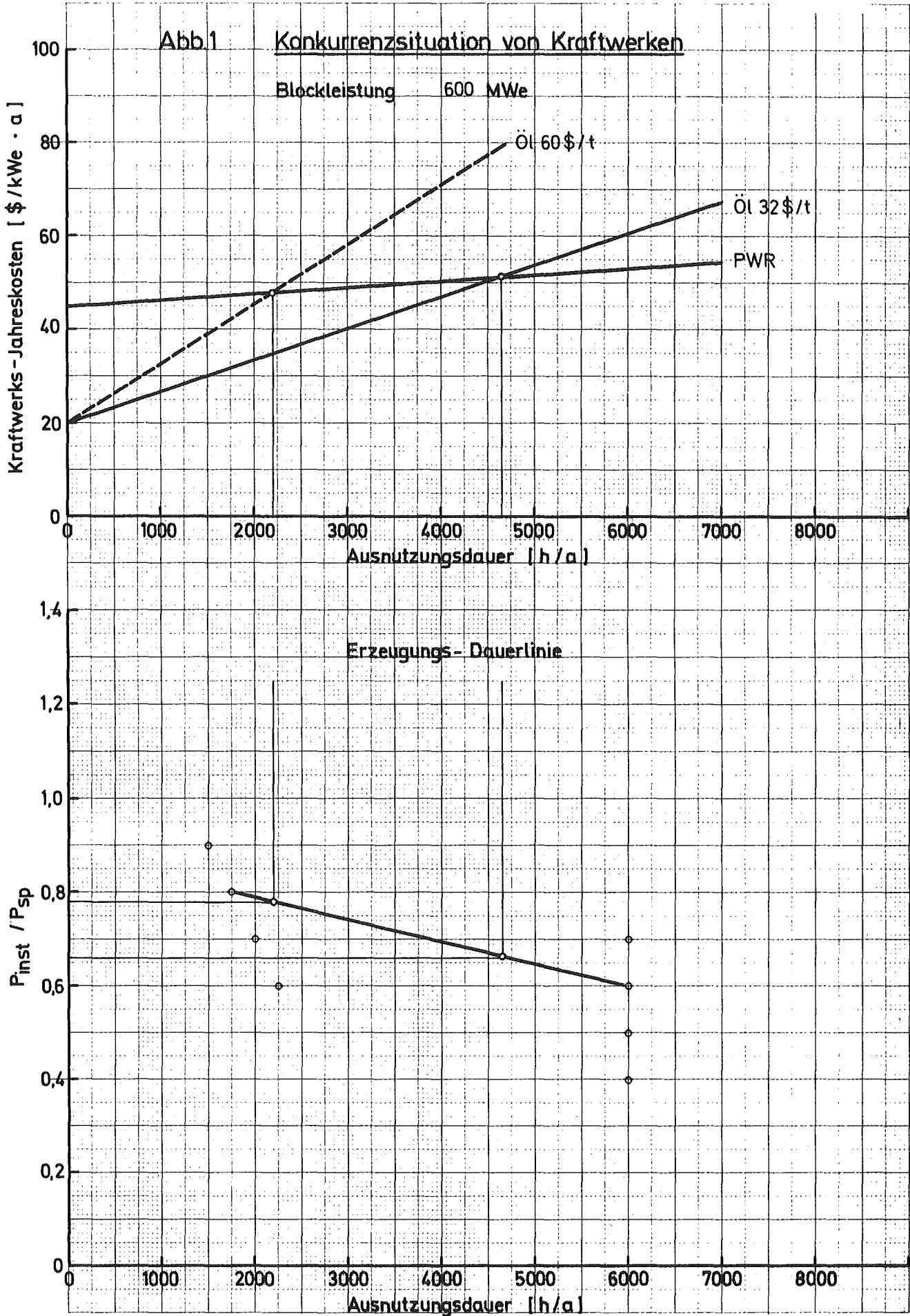
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,75

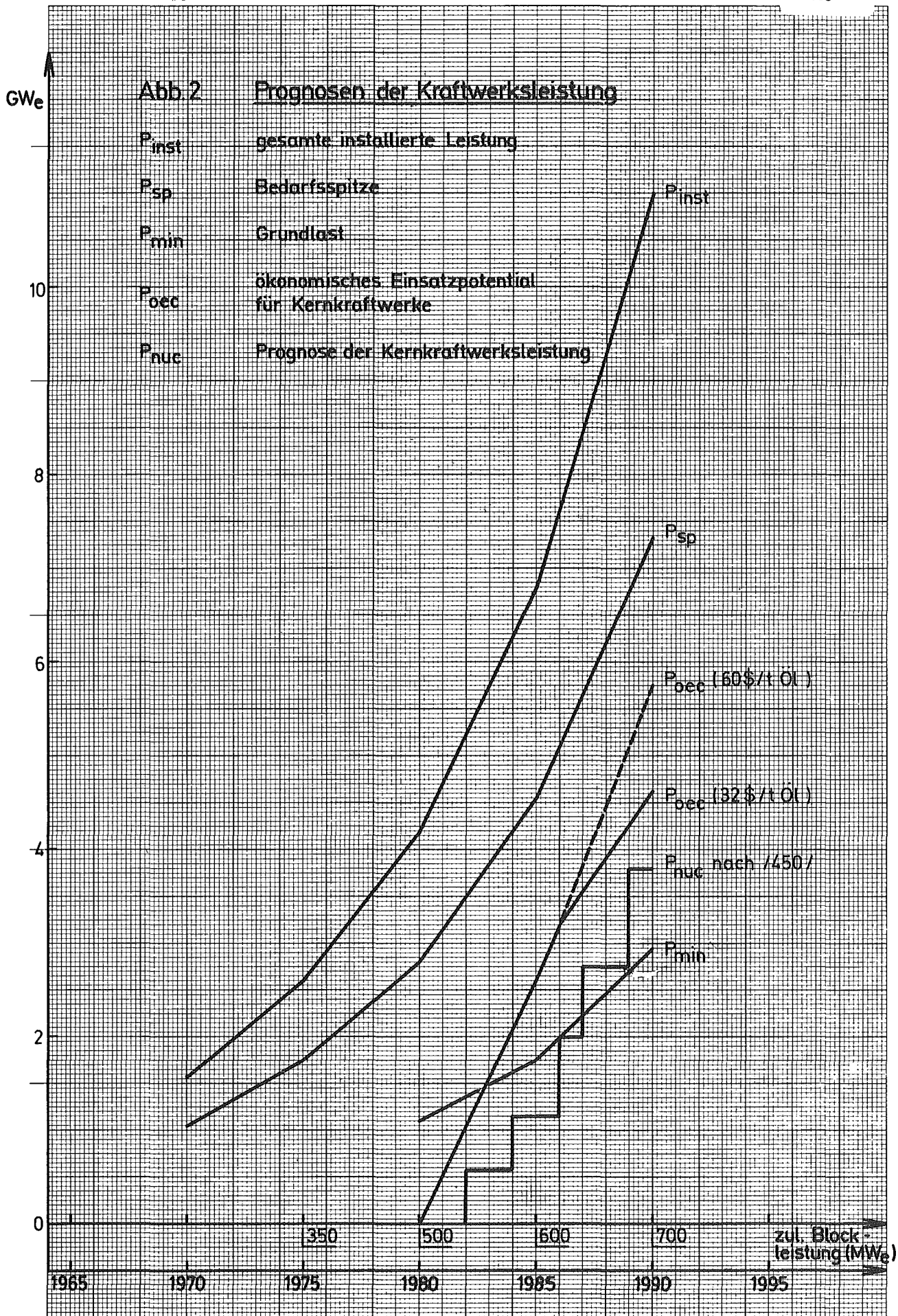
Konventionell: 0,65

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 32 \$/t





S i n g a p u r

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der
Kernenergie ab: _____

1985 bei 30 \$ / t Öl
1980 bei 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

0,8 GWe bei 30 \$ / t Öl
1,6 GWe bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	580		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	2,05		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Faktorkosten)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (S \$)	4,8 Mrd	2 400	1969	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 3,06 S \$)	1,57 Mrd	785	1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	1,68 Mio	0,82	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	0		1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	2,2 Mrd	1 070	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	46 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0			} 450
Braunkohle	0			
Erdöl	0			
Erdgas	0			
gesamt	0			

1. Allgemeine Situation

Singapur hat sich in den vergangenen Jahren stark entwickelt. Das Bruttoinlandsprodukt ist von 1961 bis 1971 durchschnittlich um 11,2%/a gestiegen. Die bedeutendsten Industriezweige sind Erdölverarbeitung, Schiffbau, Elektro- und Holzindustrie. Die Energieversorgung beruht fast ausschließlich auf Importöl. Nennenswerte Bodenschätze sind nicht vorhanden; man hofft auf Erdölfunde in den Küstengewässern.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätsversorgung erfolgt ausschließlich durch ölgefeuerte Kraftwerke, die vom Public Utilities Board betrieben werden. Das Übertragungsnetz ist gut ausgebaut und ermöglicht den Betrieb relativ großer Kraftwerksblöcke.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 1,8% 1980: 0,8%	Ex-post: mäßig
Elektrizitätser- zeugung	Parabel	1970: 14,8% 1980: 9,4%	sehr gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

Die von uns durchgeführten Prognosen mit sinkender Wachstumsrate (s. auch Tab.2) ergeben niedrigere Werte als die vom Land selbst und von der IAEA erstellten Prognosen /450/. So ergibt die IAEA-Prognose für 1990 einen Elektrizitätsverbrauch von ca. 15 TWh/a¹⁾, die Projektion des Singapore Public Utility Board ca. 24 TWh/a¹⁾, unsere Prognose 11 TWh/a.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung (Tab. 3) ergibt, daß bei 300 MWe-Anlagen Öl-kraftwerke, bei 400 MWe-Anlagen Kernkraftwerke im Grundlastbereich am kostengünstigsten arbeiten, wenn ein Ölpreis von 30 \$/t zugrundegelegt wird. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t rückt der Einsatzbereich der Kernenergie bis in das Gebiet der Mittellast (3000 h Ausnutzungsdauer im Jahr) vor.

5. Weitere Kriterien

Die rein kommerzielle Betrachtungsweise reicht jedoch für die Situation in Singapur nicht aus, da in diesem Ballungsraum die Bereits heute vorhandene Belastung der Atmosphäre in Zukunft zu scharfen Begrenzungen des Schadstoffausstoßes führen wird. Die zusätzlichen Kosten für Entschwefelung des Öls oder seine Substitution durch verflüssigtes Erdgas beeinflussen die Konkurrenzsituation zugunsten der Kernenergie. Neben der Anwendung der Kernenergie zur Elektrizitätserzeugung kommt auch die Anwendung zur Meerwasserentsalzung in Betracht, da Singapur nicht über ausreichende eigene Süßwasservorkommen verfügt. Zweizweckanlagen würden den Einsatz größerer Reaktoren ermöglichen, als sie zur Stromerzeugung allein zulässig sind.

6. Schlußfolgerungen

Unter Einbeziehung der ökologischen Aspekte und der Möglichkeit der Errichtung von Zweizweckanlagen schätzen wir, daß Kernkraftwerke bei einem Ölpreis von 30 \$/t ab 1985 wirtschaftlich eingesetzt werden können. Das nukleare Einsatzpotential bis 1990 beträgt in diesem Fall ca. 0,8 GWe. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t würde sich ein ökonomisches Einsatzpotential von 1,6 GWe ergeben.

Die IAEA-Market Survey /450/ kommt bei einem Ölpreis von 15 \$/t (1973) und einer zusätzlichen Steigerung von 2% pro Jahr bei der niedrigen Energieprognose zu keiner wirtschaftlichen Einsatzmöglichkeit der Kernenergie. Bei einer hohen Energieprognose (Schätzung des Singapore Public Utility Board) ergibt sich ein Einsatzpotential von 2,6 GWe.

¹) umgerechnet auf Netto-Verbrauch

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real US \$ (1964)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe Prog. 1 Prog. 2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	450	100/71			100/71				
1960	1,6		0,5	310		0,152				
1965	1,9		0,84	440	0,19	0,344				
19 69		1,4				0,584				
19 70	2,05		1,8	880	0,32					
1975	2,23		3,2	1400	0,56	0,84	0,2	100		
1980	2,34	3,7	5,2	2220	0,9	1,35		200		
1985	2,41		7,8	3200	1,37	2,05		300		
1990	2,43	7,0	11	4500	1,93	2,9		400	1,6	0,8

Anmerkungen:

Spalte 6: Laßtfaktor 0,65,
7: Reservefaktor 1,8 in 1965, 1,5 für Prognosewerte

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	300	505	60,6		10,15		70,8		10,11
	400	446	53,5		10,0		63,4		9,05
ÖL	300	207	24,9	90	45	114,9	69,9	16,41	9,98
	400	187	22,5	90	45	112,5	67,5	16,07	9,64

Anmerkungen

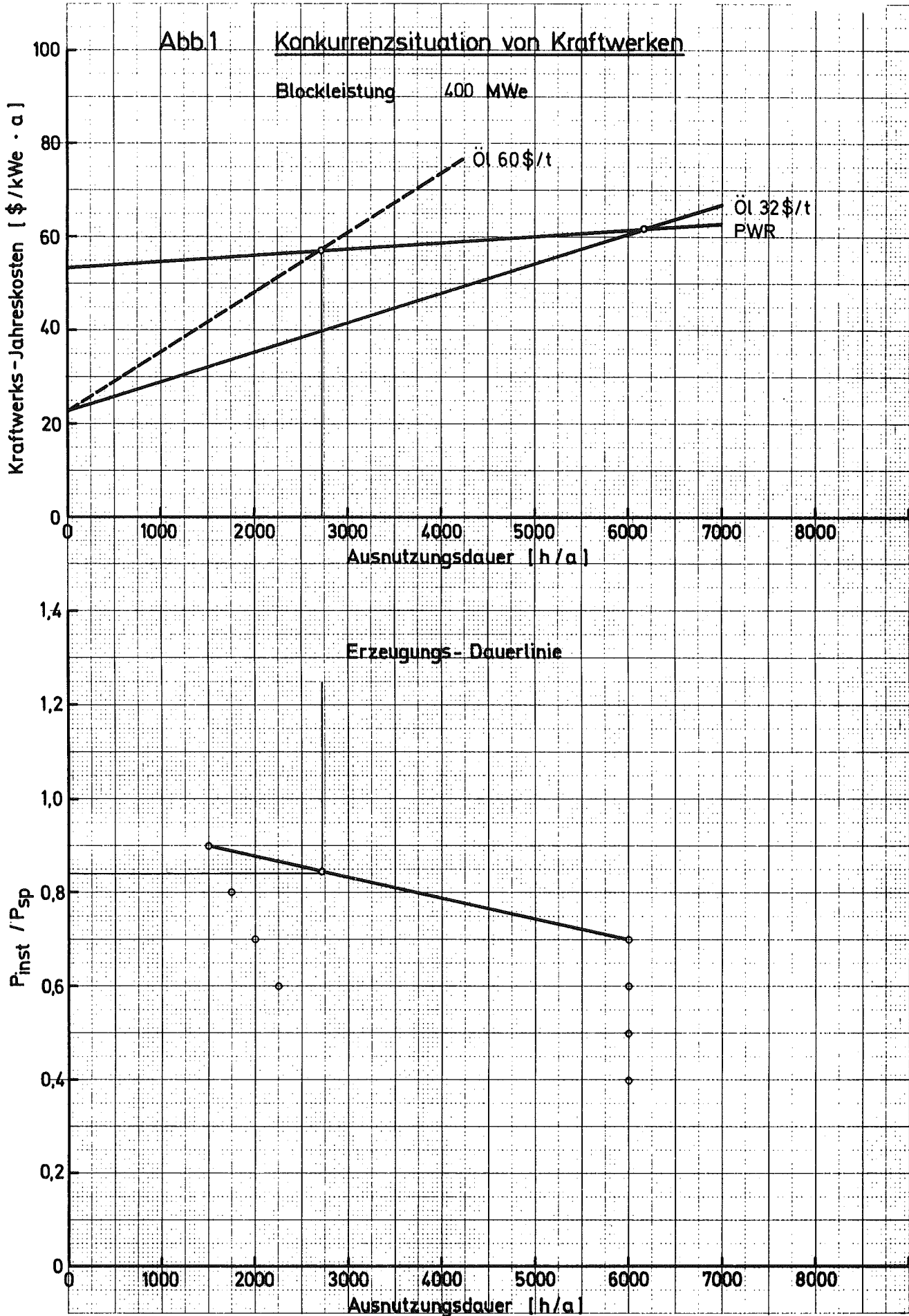
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,75

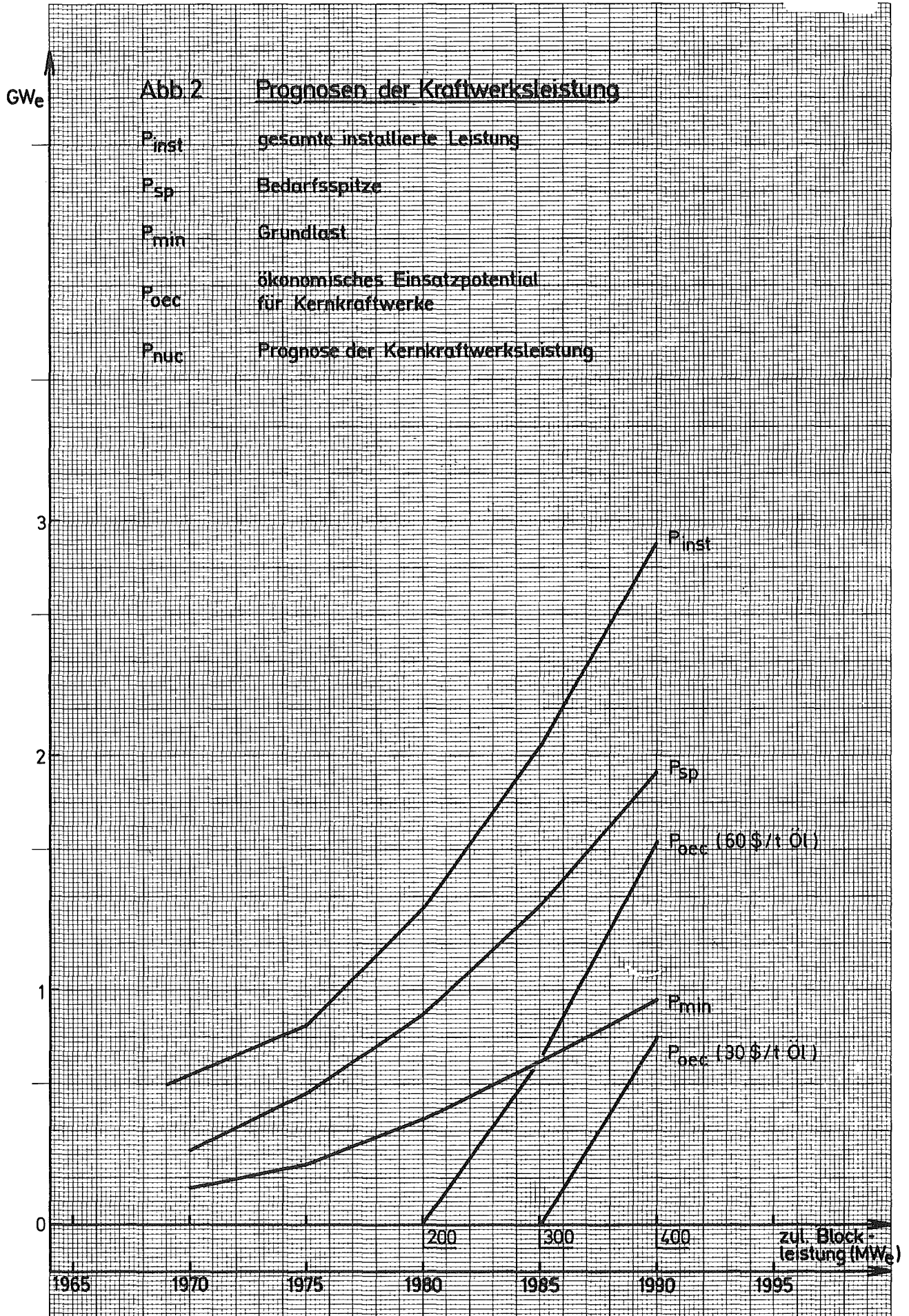
Konventionell: 0,65

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 30 \$/t





T h a i l a n d

Erstes Kernkraftwerk: 600 MWe für 1980 geplant

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1980 für 32 und 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:
6 GW bei 32 \$ / t Öl
6,8 GW bei 60 \$ / t Öl

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	510 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	35,8		1970	120/70
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (฿)	130,6 Mrd	3 730	1969	100/71
in US-\$ (1 US-\$ = 21 ฿) *)	6,22 Mrd	178	1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	8,78 Mio	0,245	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	0,32 Mio	0,009	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	3,73 Mrd	107	1969	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	15 %		1969	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	0		1970	} 450
Braunkohle	76		1970	
Erdöl	1		1970	
Erdgas	0		1970	
gesamt	77			

*) Selling Rate

1. Allgemeine Situation

In den letzten Jahren hat sich Thailand wirtschaftlich schnell entwickelt: In den sechziger Jahren stieg das Bruttosozialprodukt um durchschnittlich 10% pro Jahr. Die Regierung strebt eine Selbstversorgung mit Industriegütern an und räumt der Industrie deswegen Steuervorteile ein.

Der gesamte Energieverbrauch des Landes ist in den letzten Jahren im Durchschnitt jährlich um mehr als 10% gewachsen und erreichte 1973 einen Wert von 8 Mio t SKE pro Jahr.

An nennenswerten Vorräten fossiler Energieträger besitzt Thailand nur Braunkohlenlager von 76 Mio t SKE. Diese sind jedoch wegen ihrer Entfernung von den Verbrauchszentren von untergeordneter Bedeutung.

2. Elektrizitätsversorgung

Der Ausbau des Verteilernetzes ist noch nicht abgeschlossen. Bis Mitte der sechziger Jahre gab es lediglich Kraftwerke, die nur zur Versorgung der unmittelbaren Umgebung dienten, weniger als 10% der Haushalte wurden mit Strom versorgt.

In den letzten Jahren ist die Elektrizitätserzeugung um 23% pro Jahr gestiegen und erreichte 1971 einen Stand von 4,8 TWh/a, das entspricht etwa einem Pro-Kopf-Verbrauch von 100 kWh/a.

Die erzeugte elektrische Energie stammt etwa zur Hälfte aus Wasserkraftwerken. Die ausbauwürdigen Wasserkräfte des Landes werden auf 13,8 TWh/a innerhalb der Landesgrenzen geschätzt. Hinzu können Anteile beim Ausbau der Grenzflüsse Salween und Mekong kommen. Der Salween ist in dieser Hinsicht noch unerforscht, das Potential des Mekong wird auf 175 TWh/a geschätzt. Thailand könnte somit ein Mehrfaches seines derzeitigen Elektroenergiebedarfs mit Hilfe dieser Wasserkräfte decken.

Der größte im Bau befindliche Kraftwerksblock (South Bangkok, 300 MWe) wird zum Zeitpunkt seiner Inbetriebnahme (1975) fast 30% der prognostizierten Lastspitze decken können. Dies ist ein sehr hoher Wert; für spätere Jahre wurden geringere relative Blockleistungen angesetzt.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 3,1% 1980: 3,0%	Ex- post: mäßig
BIP real	Exp.-Funktion	8%	gut
	Extrapolations- kurve:		
Elektrizitätsverbrauch	Exp.-Funktion	14,4%	

Eine Extrapolation des Elektrizitätsverbrauches mit Hilfe der Exp.-Funktion würde zu einer Wachstumsrate von 23,2% führen; wir halten eine jährliche Wachstumsrate von 14,4% für realistischer. Diese Wachstumsrate entspricht einer Verdoppelung der Stromabnehmer aller 10 Jahre zusammen mit einer Wachstumsrate des Stromverbrauches von 7,2% (Weltdurchschnitt).

Bei einer für die Market Survey der IAEA /450/ erstellten Prognose wurden Zuwachsraten von 11,6%/a bis 1980 und 10%/a nach 1980 angesetzt. Dies führt für 1990 zu einem Elektrizitätsverbrauch von ca. 33 TWh/a.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung zeigt, daß Kernkraftwerke ab 400 MWe im Grundlastbereich kostengünstiger arbeiten können als Ölkraftwerke (Ölpreis 32 \$/t). Kernkraftwerke von 800 MWe (ab 1990 einsetzbar) können auch im Mittellastbereich, ab einer Benutzungsdauer von 4000 h/a, wirtschaftlich eingesetzt werden. Bei einem Ölpreis von 60 \$/t sind Kernkraftwerke ab einer Ausnutzungsdauer von 2000 h/a kostengünstiger als Ölkraftwerke.

5. Weitere Kriterien

Thailand hat bis jetzt noch keine Auflagen bezüglich des Umweltschutzes beim Bau von Kraftwerken gemacht. Für den mit Schadstoffen relativ stark belasteten Ballungsraum um Bangkok kann es notwendig werden,

in Zukunft solche Auflagen zu machen. Dies würde Kernkraftwerke gegenüber Ölkraftwerken begünstigen. Thailand holt z.Z. Angebote für ein erstes Kernkraftwerk ein /720/73/.

6. Schlußfolgerungen

Unsere Prognose (vgl. Tab 2, Sp. 7) für die zu installierende Leistung liefert für den Zeitraum 1980-1990 einen Wert von 9,8 GWe. Bringt man davon 1 GWe für den Ausbau der Wasserkräfte in Abzug (entsprechend der Planung des Landes), so verbleibt ein Potential von 8,8 GWe für thermische Kraftwerke.

Entsprechend der Konkurrenzsituation zwischen Öl- und Kernkraftwerken, wie sie unter Kap. 4 und in Abb. 1 dargestellt wird, ergibt sich ein nukleares Einsatzpotential 6,0 GWe wenn man einen Ölpreis von 32 \$/t ansetzt, und 6,8 GWe bei einem Ölpreis von 60 \$/t. Dabei würden die Kernkraftwerke schon stark in den Mittellastbereich vordringen.

Zum Vergleich geben wir die entsprechenden Ergebnisse der IAEA-Studie /450/ für das nukleare Einsatzpotential an:

2,6 bis 3,8 GWe. Bei der IAEA-Studie wurde jedoch von niedrigeren Werten für den zukünftigen Energiebedarf ausgegangen.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd ¥ (1962)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/70	160/70	100/71			100/70				
1960	26,0	56,0	0,48	18		0,19				
1965	31,0	79,5	1,12	36		0,56				
1969	35,0	112,0	2,97	85	0,52	1,04				
1970	35,8									
1975	42,0	180	5,84	139	1,02	1,6	0,3	300		
1980	48,7	267	11,4	233	2,0	3,0	0,2	400		
1985	56,2	398	22,3	397	3,9	5,85	0,15	600		
1990	64,4	588	47,8	680	8,55	12,8	0,1	800	6,8	6,0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,65

7: Reservefaktor 2,0 in 1969, 1,6 in 1975, 1,5 nach 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	400	446	53,5		10		63,4		9,05
	800	332	39,8		9,3		49,1		7,0
ÖL	400	187	22,5	90	48	112,5	70,5		10,1
	800	153	18,4	90	48	108,4	66,4		9,5

Anmerkungen

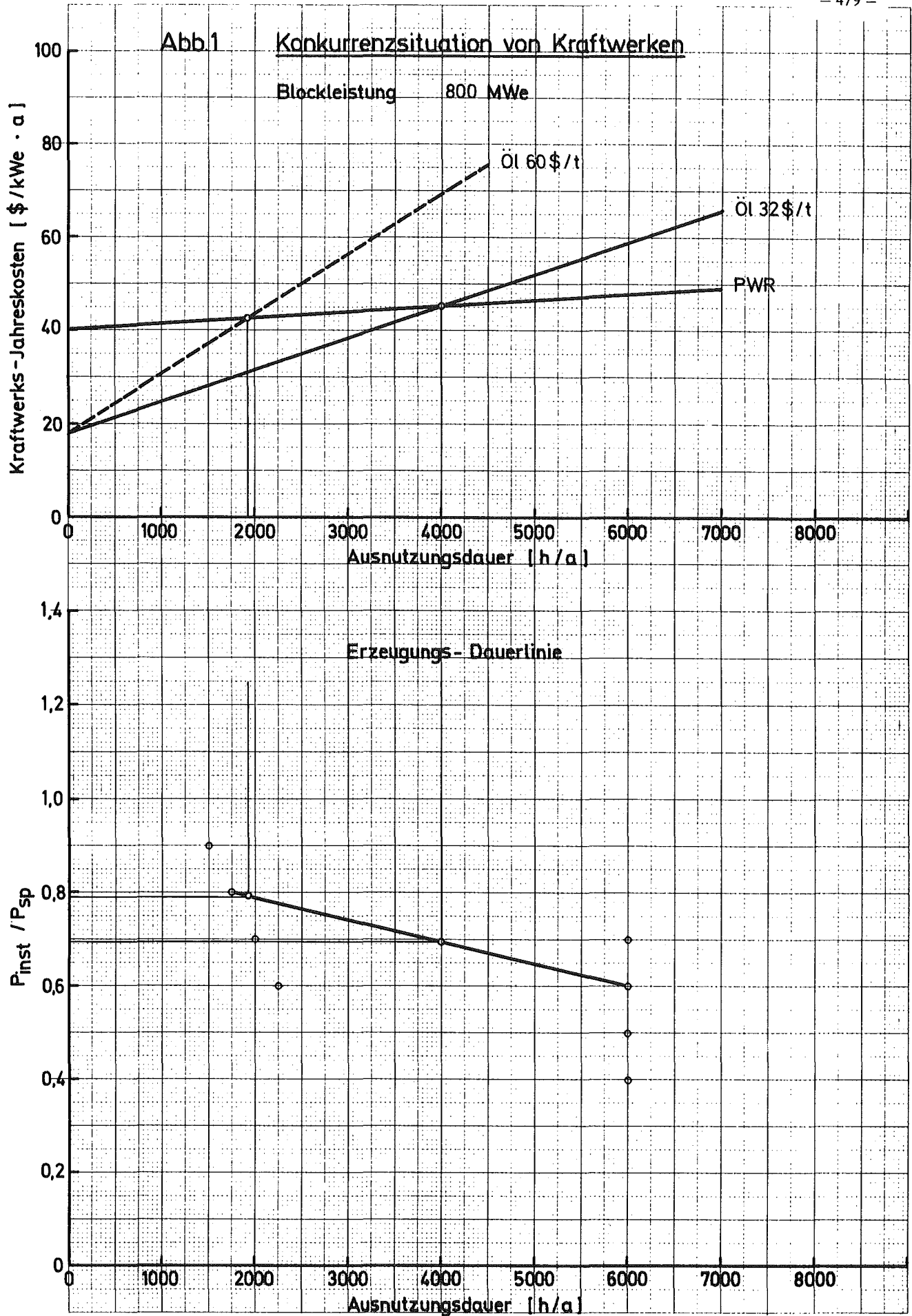
Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,75

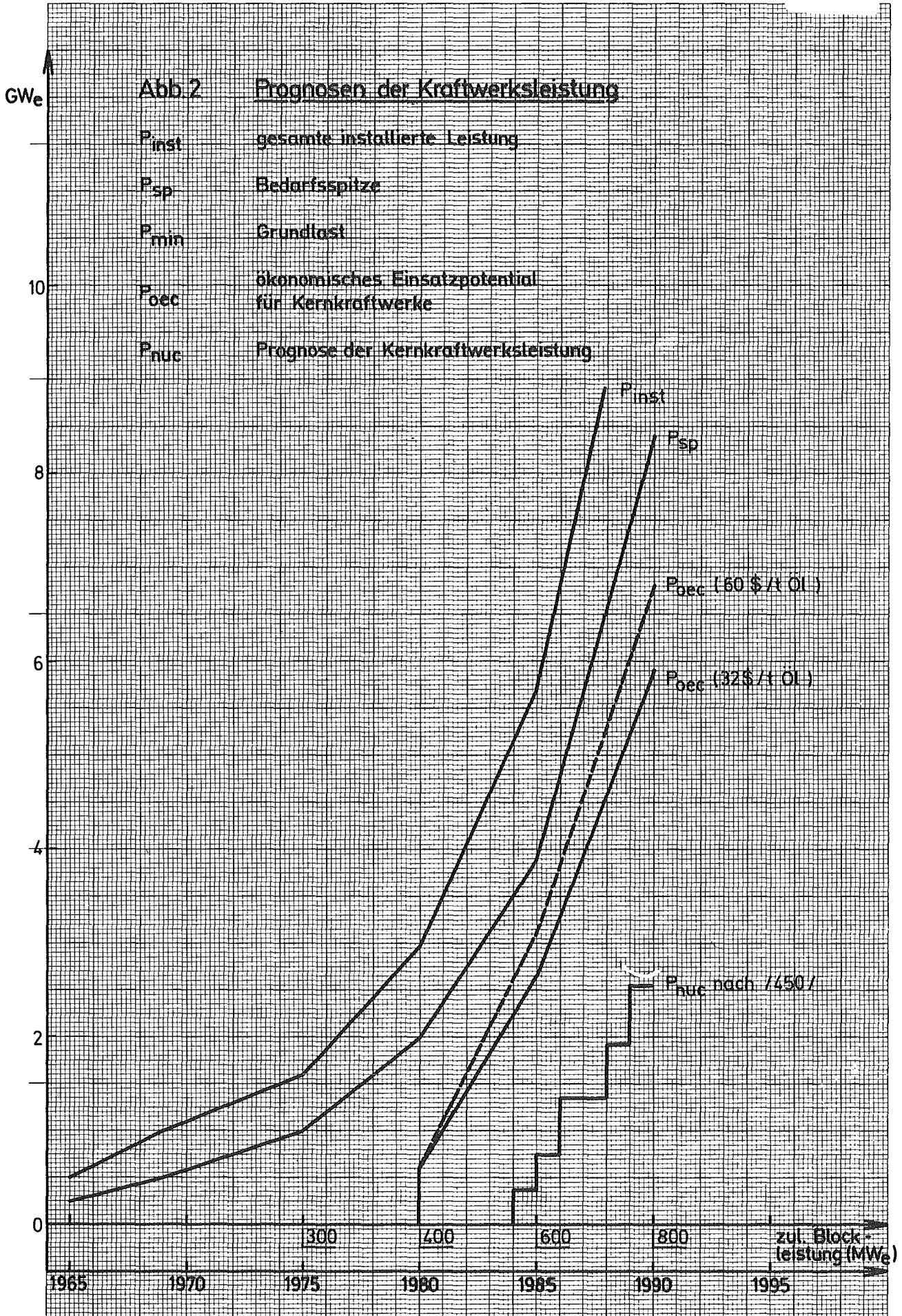
Konventionell: 0,65

4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 32 \$/t





V i e t n a m (S ü d)

Erstes Kernkraftwerk:Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab:

1990 für niedrige Prognose bei 60 \$ / t Öl
 1980 für höhere Prognose bei 60 \$ / t Öl

Einsatzpotential bis 1990:

0 Gwe bei 32 \$ / t Öl
 0,4 Gwe bei 60 \$ / t Öl (niedrige Prognose)
 1,4 Gwe bei 60 \$ / t Öl (höhere Prognose)

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	170 000		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	18,3		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (V.N.\$)	335 Mrd	19 700	1967	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 118 V.N.\$)	2,8 Mrd	167	1967	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	5,53 Mio	0,302	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	0		1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	1,13 Mrd	61,7	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	7 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	1 000 ¹⁾		1952	100/70
Braunkohle	0		1970	100/70
Erdöl	0		1970	530/70
Erdgas	0		1970	530/70
gesamt				

1) zusammen mit Nord-Vietnam

1. Allgemeine Situation

Es sind nur geringe mineralogische Bodenschätze vorhanden. Wegen der Kriegereignisse wurde der Abbau von Kohle eingestellt. Nach Erdöl wird gesucht.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Erzeugung elektrischer Energie kann trotz bis zu 20%-igen Zuwachsraten den Bedarf nur etwa zur Hälfte decken.

Rund 80% der Elektrizitätserzeugung erfolgt im Raume Saigon.

Es sind fünf Kraftwerke im Bau. Es wird erwartet, daß die Kapazität in 4-5 Jahren verdoppelt werden kann /311/72/.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 3,0% 1980: 3,0%	Ex-post: mäßig
BIP real zu Markt- preisen von 1960	Extrapolations- kurve: Exp.-Funktion	5%	
Elektrizitätserzeugung niedrige Prognose	Parabel	1970: 13,2% 1980: 9,3%	gut
Elektrizitätserzeugung hohe Prognose	Verdreifachung 1970 bis 1975, denn Extrapo- lationskurve : Parabel		

Eine Regression der statistischen Bruttoinlandsproduktwerte führte wegen der Stagnation 1965-1968 nicht zu plausiblen Ergebnissen. Daher wurde das Bruttoinlandsprodukt (real) mit einer Wachstumsrate von 5%/Jahr prognostiziert.

Neben der Prognose aufgrund der Extrapolation der bisherigen Elektrizitätserzeugung wurde eine Alternative betrachtet. Sie geht von höheren Wachstumsraten in den Jahren 1970-1975 aus. In den Tabellen werden diese Prognosen kurz mit N bzw. H bezeichnet.

Die niedrigere Prognose (N) führt zu einer sehr geringen Auslastung der in Bau befindlichen Kraftwerke. /311/

Die andere Prognose (H) geht davon aus, daß die Elektrizitätserzeugung mit der Überwindung der Kriegsfolgen von 1970 bis 1975 verdreifacht und sich danach mit den gleichen Zuwachsraten wie die Prognose N weiterentwickelt.

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wurde bei beiden Prognosen zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Eine Kostenrechnung für Blockleistungen von 200 und 300 MWe ergibt niedrigere Kosten für Ölkraftwerke im gesamten Lastbereich. Erst bei einer Blockleistung von 400 MWe ergeben sich im Grundlastbereich etwa gleiche Kosten für Öl- und Kernkraftwerke (Ölpreis 32 \$/t). Kraftwerke dieser Größe sind voraussichtlich aber erst nach 1990 einsetzbar.

Bei einem Ölpreis von 60 \$/t würden Kernkraftwerke ab 200 MW im Grundlastbereich billiger arbeiten als Ölkraftwerke.

5. Weitere Kriterien

Die starke Abhängigkeit von importiertem Öl bildet einen Anreiz zur Diversifizierung der Energieversorgung. Dies könnte ein Anreiz zur Installation von Kernkraftwerken schon vor ihrem wirtschaftlichen Durchbruch werden. Bisher macht allerdings die noch immer große Unsicherheit der politischen Lage derart langfristige Investitionen zu risikoreich.

6. Schlußfolgerungen

Auf der Basis der von uns angenommenen Voraussetzungen existiert bei einem Ölpreis von 32 \$/t bis 1990 kein wirtschaftliches Einsatzpotential für Kernkraftwerke.

Bei einem Ölpreis von 60 \$/t ergibt sich für die niedrige Energiebedarfsprognose (N) ein nukleares Einsatzpotential von 0,4 GWe, für die hohe Prognose (H) ein Einsatzpotential von 1,4 GWe.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n (N)

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd V.N. \$ (1960)	Elektrizitäts- verbrauch (niedrige Prognose)		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	100/71			100/70				
1960	14,0	82,8	0,344	24,6		0,099				
1965	16,0	106	0,484	30,3		0,295				
1968		103	0,67			0,453				
1969			0,835		0,17	0,513				
1970	18,3		0,904	49,4	0,19					
1975	21,4	145	1,61	75,2	0,33	0,66	0,2	70		
1980	24,9	185	2,59	104	0,54	0,81	0,2	100		
1985	28,8	236	3,86	134	0,8	1,2	0,2	150		
1990	33,3	300	5,42	163	1,12	1,68	0,2	200	0,4	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55

7: Reservefaktor 3 in 1969, 2 in 1975, 1,5 nach 1975

Tabelle 2 : P r o g n o s e n (H)

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd.V.N.S. (60)	Elektrizitäts- verbrauch Hohe Prognose		Last- spitze GWe	install. Leistung GWe	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a			rel.	MWe	GWe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle										
1960										
1965										
19										
19										
1975			2,7	125	0,56	1,1	0,2	100		
1980			4,35	175	0,9	1,35	0,2	200		
1985			6,5	225	1,34	2,0	0,2	250		
1990			9,1	273	1,88	2,8	0,18	300	1,4	0

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,55

7: Reservefaktor 3,0 in 1969, 2,0 in 1975, 1,5 nach 1975

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	200	802	96,3		10,37		106,67		15,2
	300	663	79,5		10,15		89,65		12,8
	400	584	70,0		10,0		80,0		11,4
ÖL	200	328	39,4	90	48	129,4	87,4	18,5	12,5
	300	287	34,4	90	48	124,4	82,4		11,8
	400	259	31,0	90	48	121	79,0	17,3	11,3 ¹

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 1,0

Konventionell: 0,9

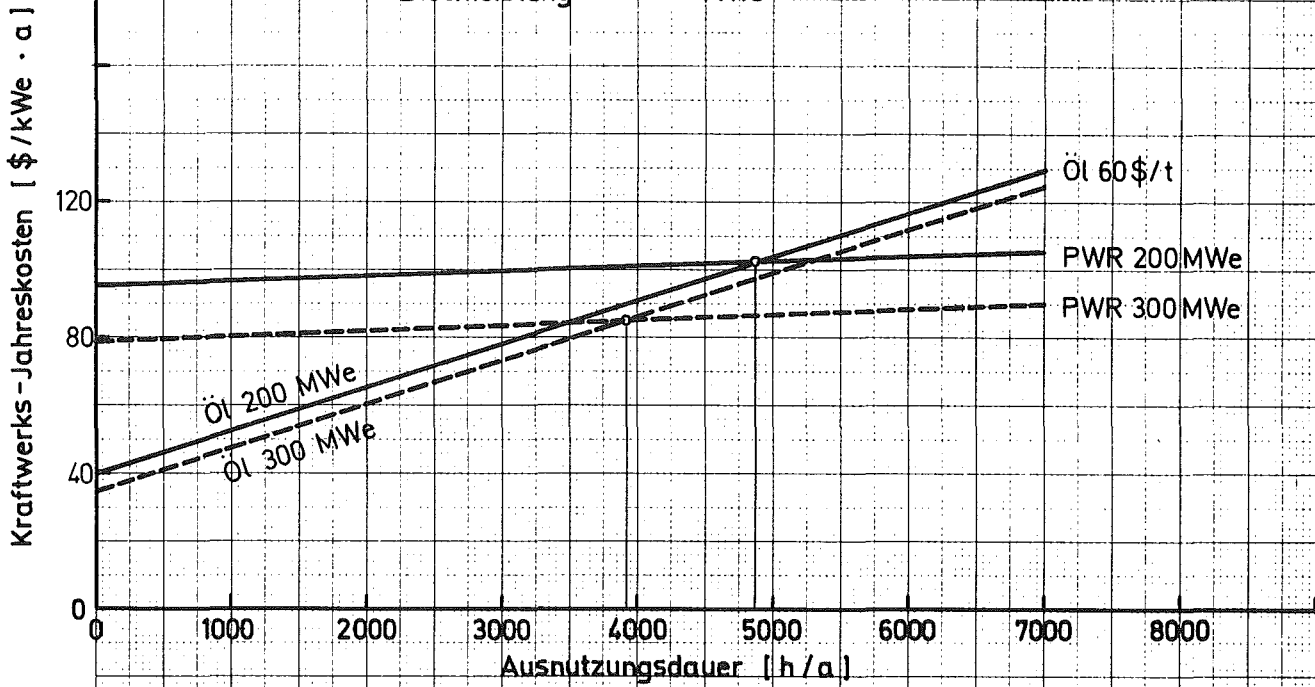
4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

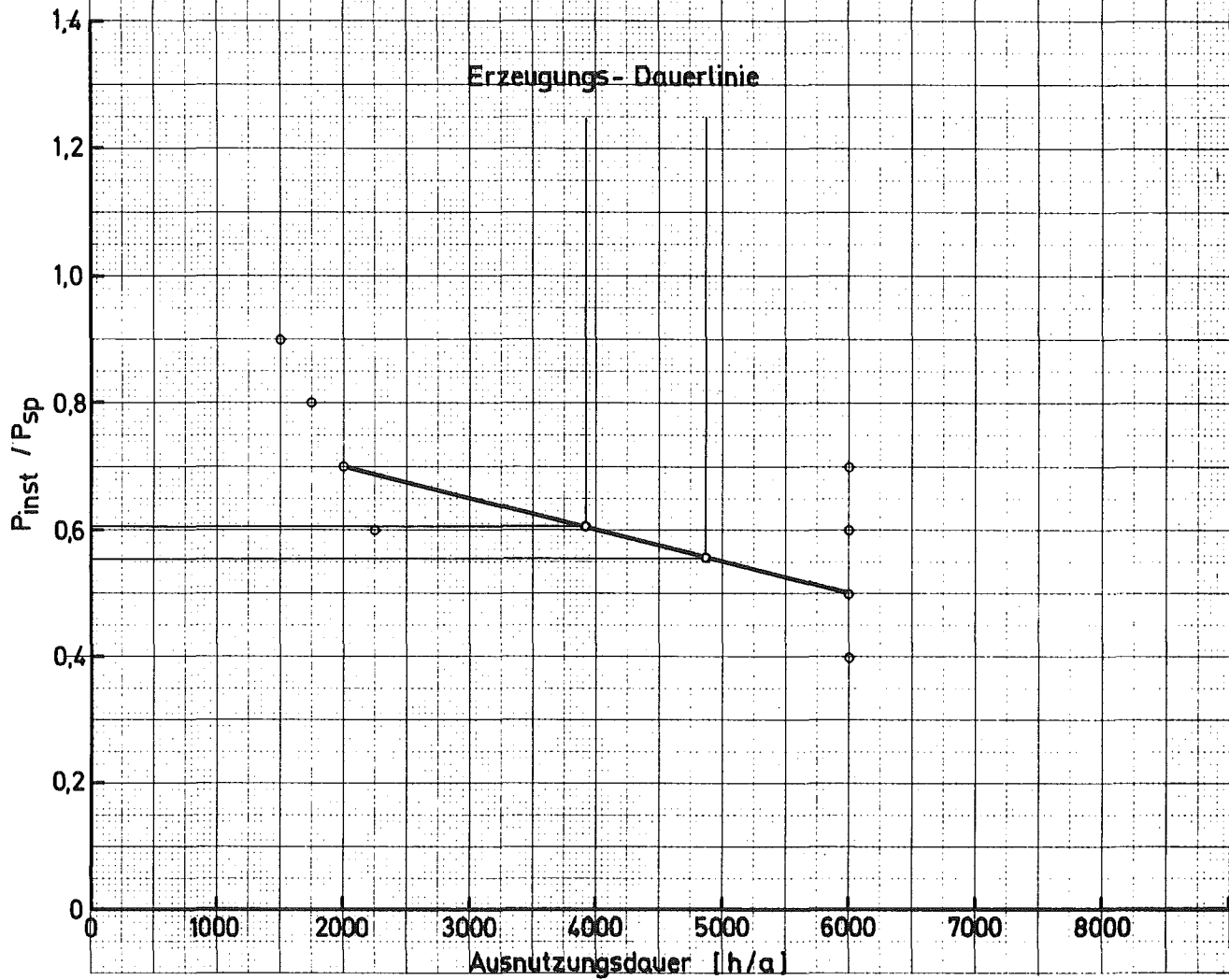
6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 32 \$/t

Abb 1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken

Blockleistung 200 / 300 MWe



Erzeugungs-Dauerlinie



GWe

Abb 2 Prognosen der Kraftwerksleistung

- P_{inst} gesamte installierte Leistung
- P_{sp} Bedarfsspitze
- P_{min} Grundlast
- P_{oec} ökonomisches Einsatzpotential für Kernkraftwerke
- P_{nuc} Prognose der Kernkraftwerksteistung
- N niedrige E-Bedarfsprognose
- H hohe E-Bedarfsprognose

4

3

2

1

0

1965

1970

1975

1980

1985

1990

1995

200(H)

300(H)

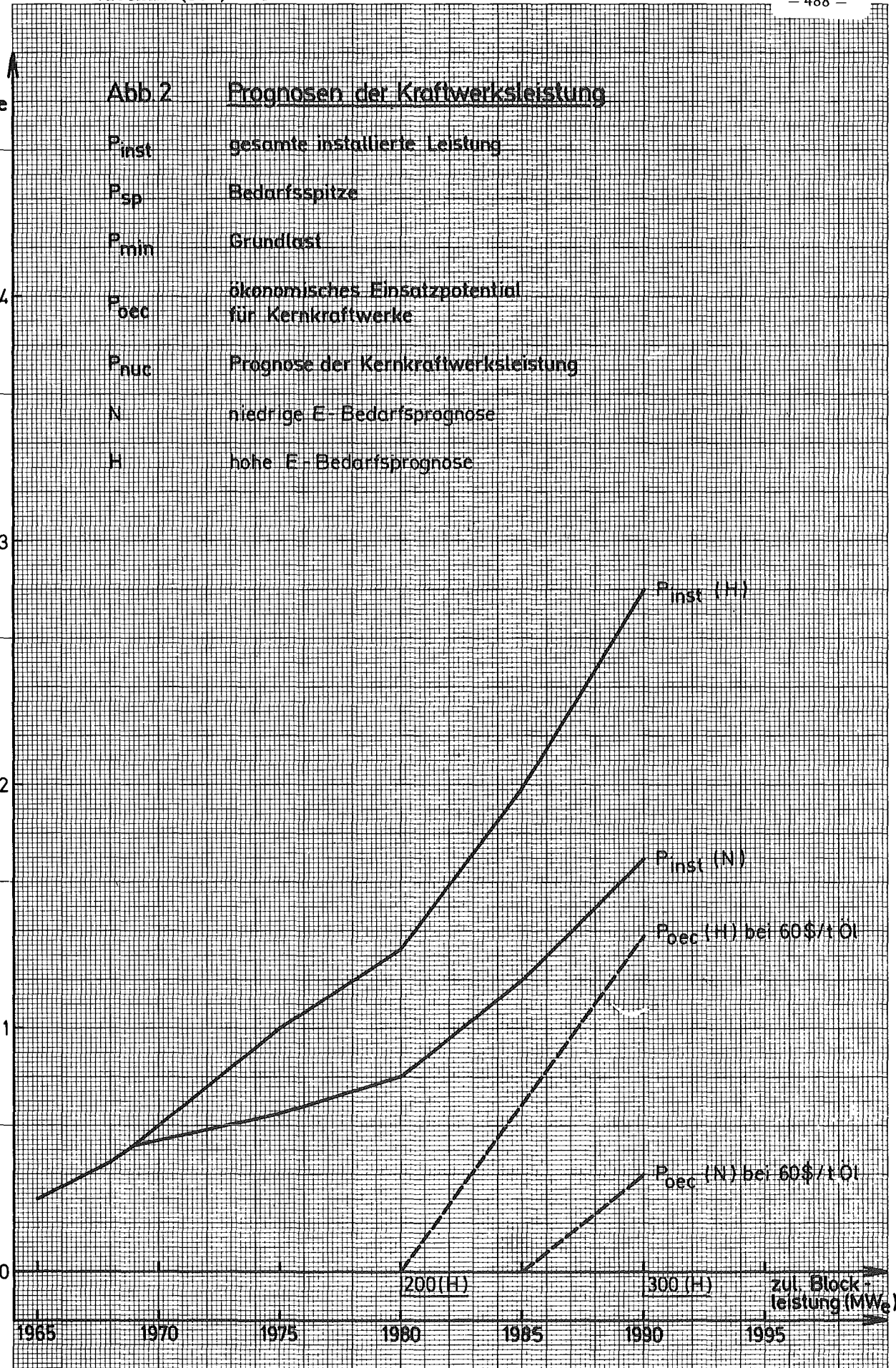
zul. Blockleistung (MWe)

$P_{inst}(H)$

$P_{inst}(N)$

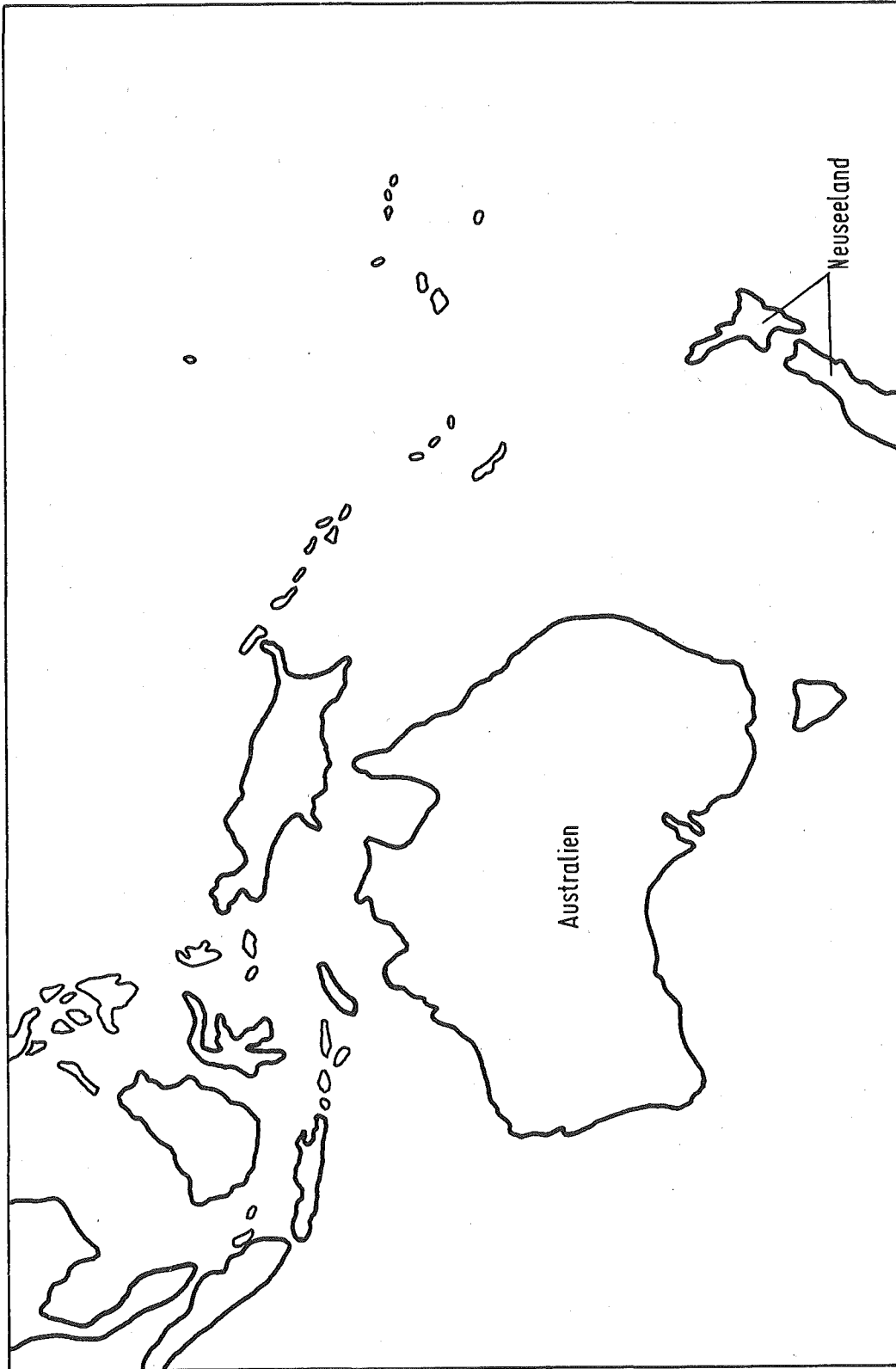
$P_{oec}(H)$ bei 60\$/t OI

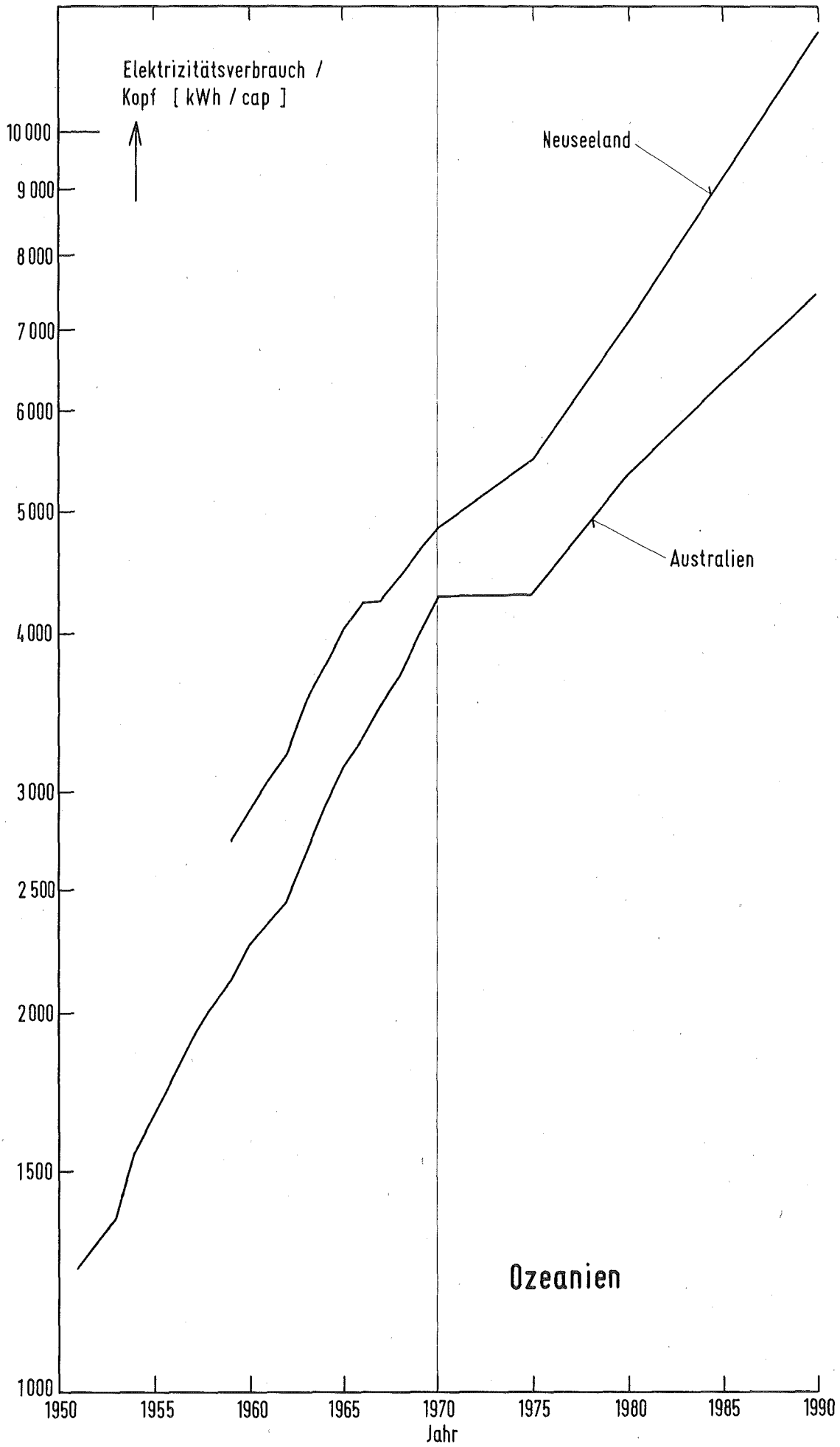
$P_{oec}(N)$ bei 60\$/t OI



6. Ozeanien

Ozeanien





Land	Elektrizitätsverbrauch in TWh/a			Kraftwerksleistung in GWe Zubaubedarf 1980 - 1990			Kernkraftwerke Stand 1973	
	1970	1980	1990	gesamt	nuklear		Anzahl	Leistung MWe
	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>OZEANIEN:</u>								
Australien	43	80	131	13,6	0		0	0
Neuseeland	12,1	23,3	44,2	6,1	0,4		0	0
Summe:	60	100	180	20	0,4		0	0

Anmerkungen Spalte 5: Referenzbedingungen

Spalte 6: Ölpreis 60 \$ / t

Spalten 7 u. 8: in Betrieb, im Bau oder bestellt nach /700/73,10/

A u s t r a l i e n

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der
Kernenergie ab:

Einsatzpotential bis 1990: 0

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	7,686 Mio		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	12,55		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	<u>total</u>	<u>pro Kopf</u>		
in Landeswährung (£ A)	29,9 Mrd	2 430	1969	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 0,9£ A)	33,2 Mrd	2 700	1969	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	68,1 Mio	5,43	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	67,8 Mio	5,40	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	54 Mrd	4300	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	25 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	16 000		1966-67	100/70
Braunkohle	32 000		1966	100/70
Erdöl	360		1970	470
Erdgas	520		1970	470
gesamt	49 000			

1. Allgemeine Situation

Australien verfügt über reiche Bodenschätze und eine leistungsfähige Industrie. An Primärenergieträgern sind Steinkohle, Braunkohle, die billig abgebaut werden können, in reichlichem Maße vorhanden, daneben Erdöl und Erdgas. Die Kohlevorkommen können den Energiebedarf des Landes für mehrere hundert Jahre decken. In den letzten Jahren sind große und mit geringen Kosten ausbeutbare Uranvorkommen entdeckt worden:

70 800 t Uran der Preisklasse bis 10 \$/lbO₃O₈, zusätzlich vermutlich
78 500 t
29 500 t Uran der Preisklasse 10-15 \$/lbO₃O₈, zusätzlich vermutlich
29 000 t /580/.

2. Elektrizitätsversorgung

Neben einigen großen Wasserkraftwerken (etwa 20% der insgesamt installierten Leistung) beruht die Elektrizitätserzeugung hauptsächlich auf Kohle- und Braunkohlekraftwerken. 90% der Kraftwerksleistung sind im Osten und Südosten des Landes konzentriert. Die Netze von New South Wales und Victoria sind miteinander verbunden, in den übrigen Bundesstaaten bestehen separate Netze.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 1,9% 1980: 1,7%	Ex-Post: gut
BIP real zu Markt- preisen von 1966	Parabel	1970: 5,7% 1980: 5,1%	gut
Elektrizitätserzeugung	Parabel	1970: 7,7% 1980: 5,8%	Ex-Post: gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 80% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Die Förderbedingungen der australischen Kohle sind so günstig, daß grubennahe Kohlekraftwerke mit geringeren Stromerzeugungskosten arbeiten können als Kernkraftwerke von 1200 MWe. An einigen Standorten liegen die Kohlekosten sogar niedriger als die Brennstoffzykluskosten von Kernkraftwerken. ¹⁾ Auch die Kosten erdgasgefeuerter Kraftwerke liegen sehr niedrig /470 P. 127/.

5. Weitere Kriterien

Da nicht alle Bundesstaaten über Kohlevorkommen verfügen, sind die Kosten fossiler Energieträger durch den Transport in den einzelnen Bundesstaaten sehr verschieden. Sie sind besonders niedrig in New South Wales und Victoria. In den übrigen Bundesstaaten, in denen vom Kostenstandpunkt Kernkraftwerke eventuell konkurrenzfähig sein könnten, sind die elektrischen Netze zu klein, um bis 1990 ein Kernkraftwerk wirtschaftlicher Größe in Betrieb nehmen zu können.

6. Schlußfolgerungen

Wegen der niedrigen Kosten der fossilen Energieträger, insbesondere der Kohle in den am stärksten industrialisierten Bundesstaaten ist bis 1990 kein wirtschaftliches Einsatzpotential für Kernkraftwerke vorhanden.

1) Z.F. Holy, private Mitteilung 1973.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd £A (1966)	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	160/70	100/71			100/71				
1960	10,3	16,9	18,6	1810						
1965	11,4	21,6	28,5	2500		8,47				
1969	12,3	27,0	39,1	3180	7,40	12,26				
1970	12,6		43,0	3410						
1975	13,7	37,2	59	4310	11,20	16,80	0,05	600		
1980	14,9	47,9	80	5370	15,20	21,28	0,05	800		
1985	16,2	60,6	103	6360	19,58	27,41	0,05	1000		
1990	17,5	75,2	131	7490	24,90	34,86	0,05	1200	0	

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,65 in 1969, 1,5 in 1975 und 1,4 ab 1980

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

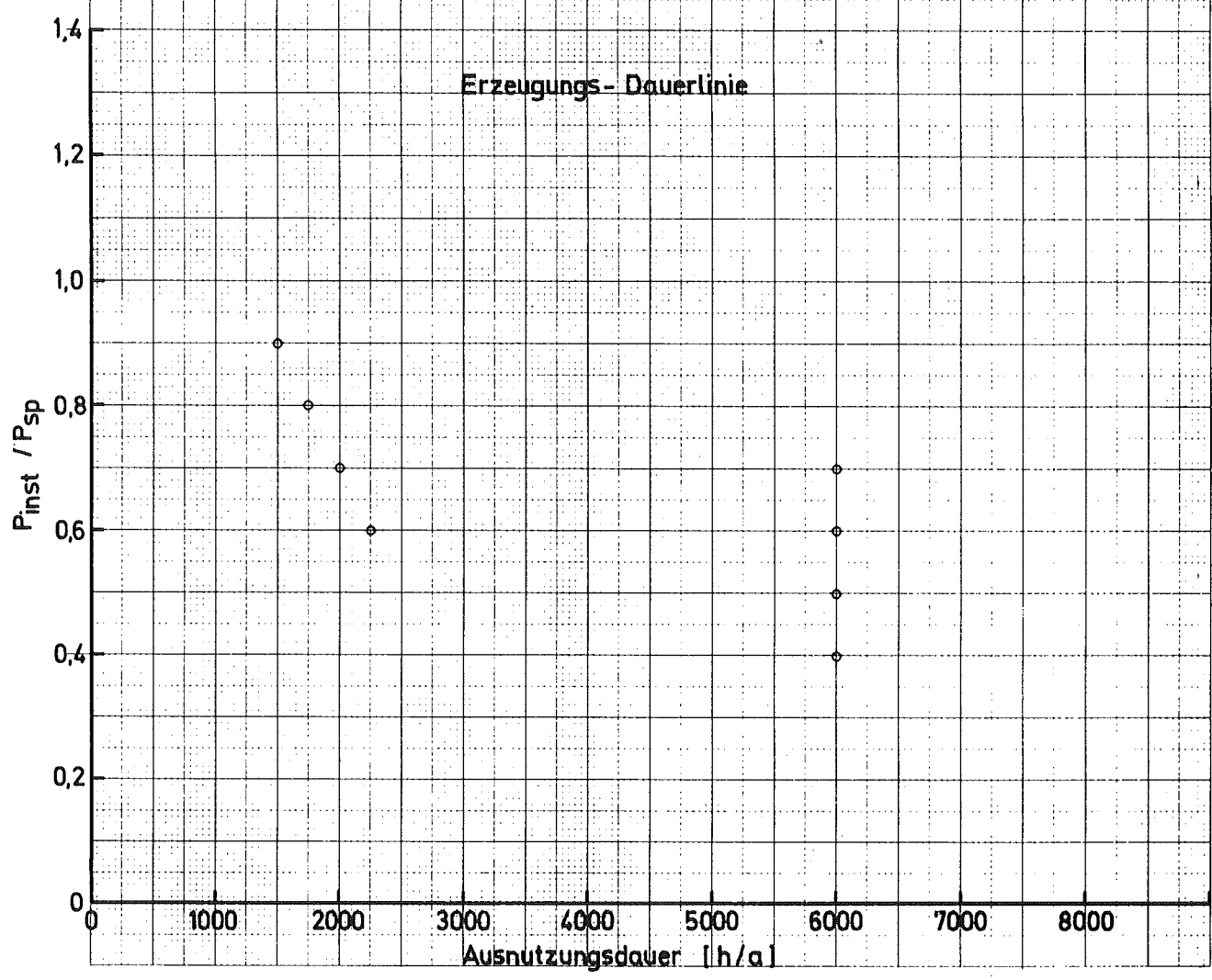
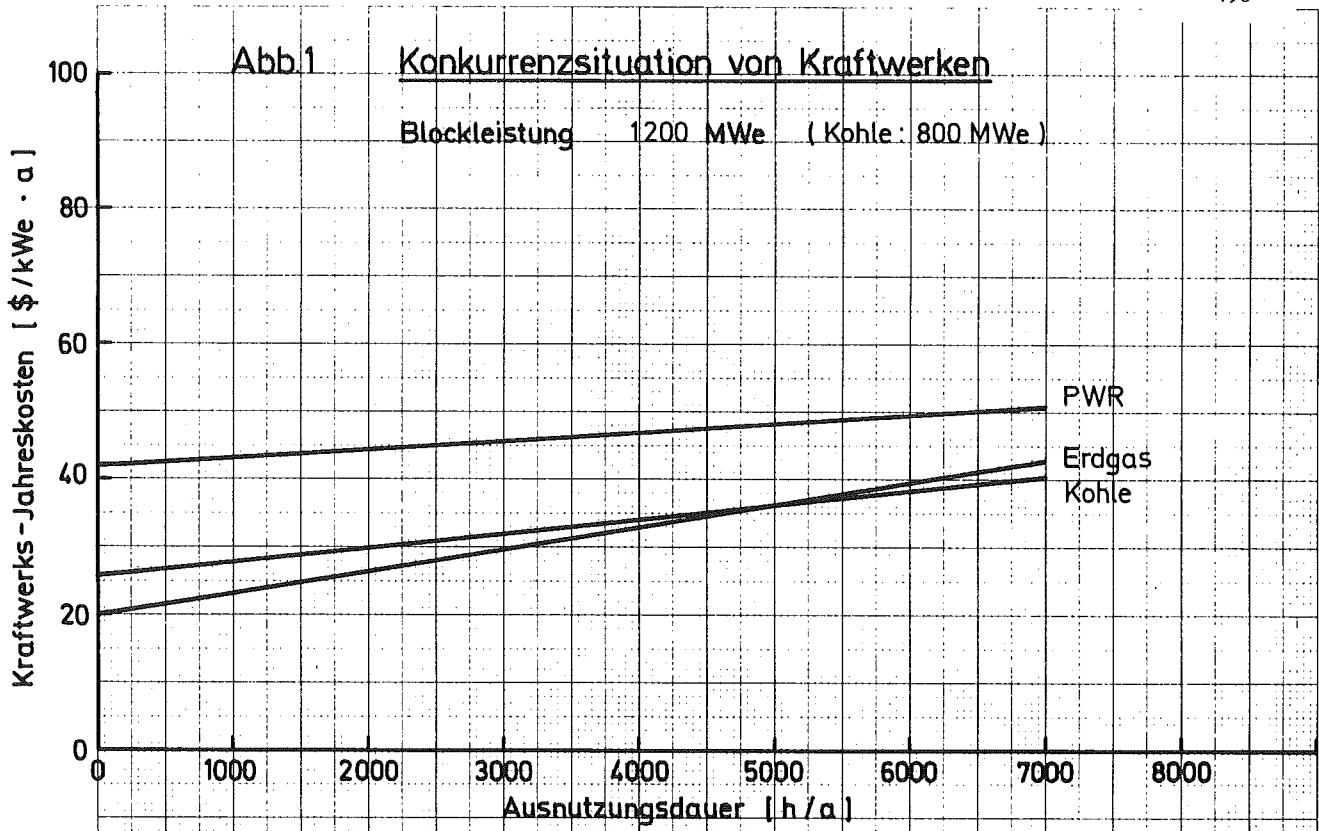
Kraftwerk		feste Kosten		Lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	1200	347	41,6		9,0		50,6		7,2
KOHLE	800	214	25,7		15,0		40,7		5,8
ERDGAS	1200	165	19,8		23,0		42,8		6,1

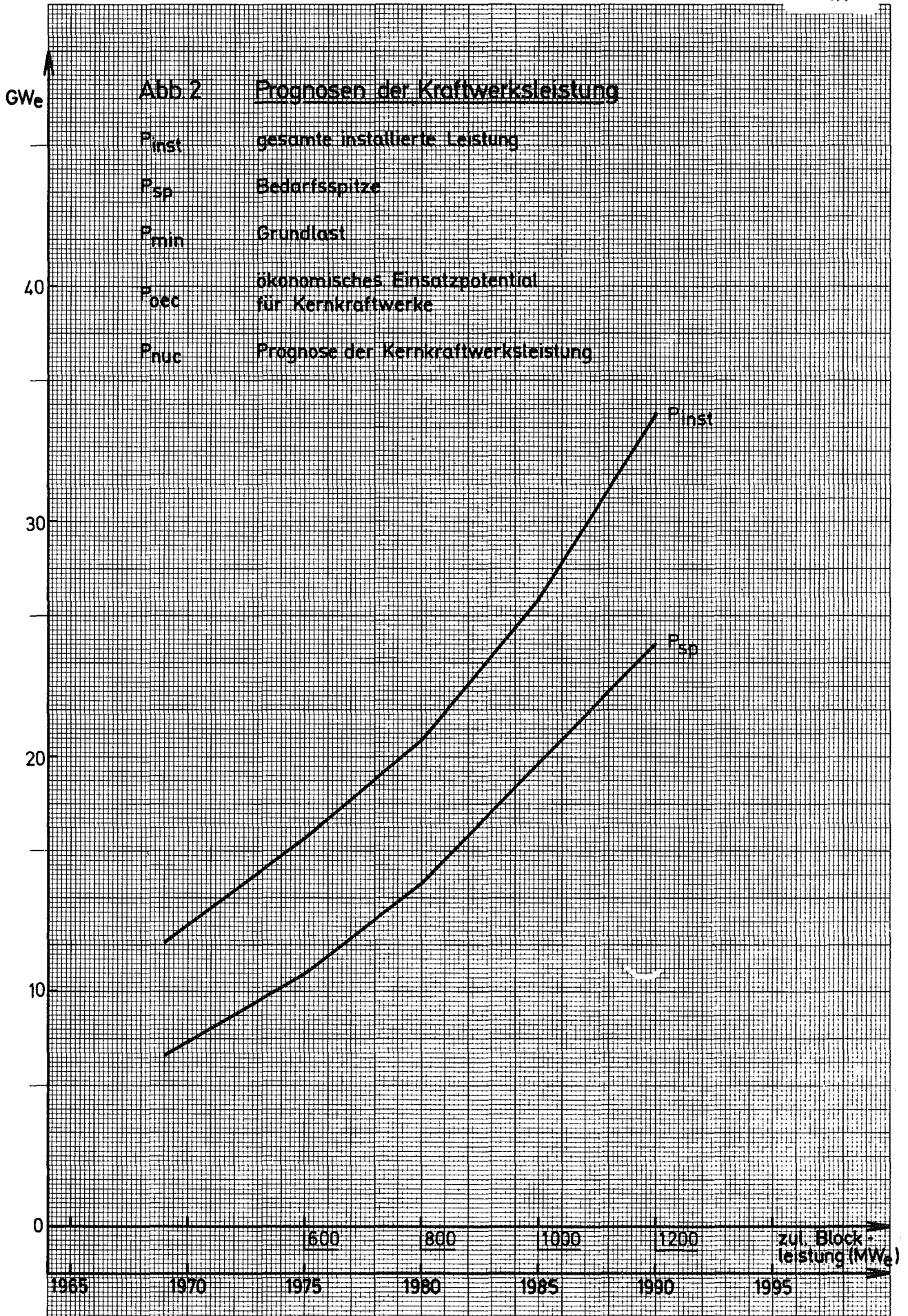
Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9

Konventionell: 0,8

4 : Annuitätsfaktor 12%





N e u s e e l a n d

Erstes Kernkraftwerk:

Wirtschaftlicher Einsatz der Kernenergie ab: 1990

Einsatzpotential bis 1990: 0,4 GWe

Tabelle 1: Wichtige Landesdaten

<u>Fläche in km²</u>	268 800		Jahr	Quelle
<u>Bevölkerung in Mio</u>	2,82		1970	120/71
<u>Bruttoinlandsprodukt (nominal)</u> (Marktpreise)	total	pro Kopf		
in Landeswährung (NZ \$)	5,5 Mrd	1950	1970	160/70
in US-\$ (1 US-\$ = 0,89 NZ \$)	6,2 Mrd	2190	1970	
<u>Energieverbrauch in t SKE/a</u>	7,4 Mio	2,6	1970	100/71
<u>Energieerzeugung in t SKE/a</u>	3,4 Mio	1,2	1970	100/71
<u>Elektrizitätserzeugung in kWh/a</u>	13,7 Mrd	4860	1970	100/71
Anteil am gesamten Energieverbrauch	27 %		1970	
<u>Fossile Energievorräte</u> in Mio t SKE (geschätzt)				
Steinkohle	830		1967	100/70
Braunkohle	250		1967	100/70
Erdöl	vermutet			
Erdgas	vorhanden, Menge unbekannt			
gesamt				

1. Allgemeine Situation

Die Industrialisierung Neuseelands hat erst nach dem Zweiten Weltkrieg begonnen. In den sechziger Jahren hat sich der Produktionswert der Industrie verdoppelt.

Neuseeland verfügt über Stein- und Braunkohle. (Förderungen 1969: Steinkohle 0,5 Mio t, Braunkohle 1,9 Mio t.) Die Erdgaslager sollen stärker genutzt werden, Erdölvorkommen werden vermutet, Uran ist vorhanden. 1970 wurden etwa 50% des Primärenergieverbrauchs importiert.

2. Elektrizitätsversorgung

Die Elektrizitätsversorgung beruht zu 80% auf Wasserkraft. Die Wasserkraftreserven auf der Nordinsel in Höhe von 1,35 GWe gelten als voll ausgebaut. Das Wasserkraftpotential der Südinsel (5 GWe) wird dagegen erst zu einem kleinen Teil genutzt. Hier läuft ein Großprojekt, das die Errichtung von 19 Wasserkraftwerken vorsieht. Auf der Nordinsel wurden 1968 ca. 10% des Stromaufkommens in geothermischen Kraftwerken erzeugt.

Die Elektrizitätsversorgung liegt vollständig in den Händen des Staates.

3. Prognosen

	Regressions- kurve	Wachstums- rate	Anpassung
Bevölkerung	Parabel	1970: 1,6% 1980: 1,3%	Ex-Post: recht gut
BIP real	Parabel	1970: 3,8% 1980: 3,6%	Ex-Post: recht gut
Elektrizitätserzeugung	Exp.-Funktion	6,4%	gut

Der Elektrizitätsverbrauch (netto) wird zu 88% der Elektrizitätserzeugung angenommen.

4. Kostenrechnung

Da uns Kostenangaben über die einheimischen Energiereserven nicht vorlagen, wurde für Braunkohle 75% des Wärmepreises von schwerem

Heizöl (34 \$/t) angesetzt. Auf dieser Basis ergeben sich etwa gleiche Kosten für Öl-, Braunkohle- und Kernkraftwerke im Grundlastbereich bei Blockleistungen von 300-400 MWe.

5. Weitere Kriterien

Neben der Nutzung einheimischer Energiereserven (Wasserkraft, Erdwärme, Stein- und Braunkohle) kommt auch der Import australischer Kohle in Betracht.

6. Schlußfolgerungen

Auf der Basis der hier getroffenen Annahmen schätzen wir, daß etwa 1990 ein erstes Kernkraftwerk von 400 MWe auf der Nordinsel wirtschaftlich eingesetzt werden könnte. Diese Schätzung ist unabhängig von einem weiteren Ansteigen des Ölpreises, sie ist jedoch unsicher, wegen der fehlenden exakten Kostenangaben für einheimische Energiereserven und evtl. australische Importkohle.

Tabelle 2 : P r o g n o s e n

Jahr	Einw. in Mio	BIP real Mrd NZ\$	Elektrizitäts- verbrauch		Last- spitze	install. Leistung	Blockleistung		Nukleares Einsatzpotential	
			TWh/a	kWh/cap.a	GWe	GWe	rel.	MWe	GWe	
									Prog. 1	Prog. 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quelle	120/71	490	100/71			100/71				
1960	2,37	2,37				1,58				
1965	2,63	3,01	9,3	3540		2,5				
1968	2,75	3,15	10,7	3900		3,14				
1969	2,77		11,4	4100	2,16	3,57				
1970	2,82		12,1	4280						
1975	3,06	4,21	16,9	5520	3,2	5,3	0,08	250		
1980	3,27	5,05	23,3	7100	4,43	7,3	0,07	300	0	
1985	3,47	6,01	32,1	9250	6,1	9,76	0,06	350		
1990	3,66	7,0	44,2	12100	8,4	13,4	0,05	400	0,4	

Anmerkungen:

Spalte 6: Lastfaktor 0,6

7: Reservefaktor 1,65 bis 1980, 1,6 nach 1980

9: Nordinsel

Tabelle 3 : Stromerzeugungskosten

Kraftwerk		feste Kosten		lfd. Kosten		Gesamtkosten			
Typ	Leistung MWe	\$/kWe	\$/kWe·a	\$/kWe·a		\$/kWe·a		mills/kWh	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PWR	300	599	71,88		10,15		82,03		11,7
	400	539	64,68		10,0		74,7		10,7
ÖL	300	255	30,6	90	51	120,6	81,6	17,2	11,7
	400	230	27,6	90	51	117,6	78,6	16,8	11,2
BRAUN-	300	330	40,0		40		80,0		11,4
KOHLE	400	300	36,0		40		76,0		10,8

Anmerkungen

Spalte 3 : Anlagekostenindex nuklear: 0,9

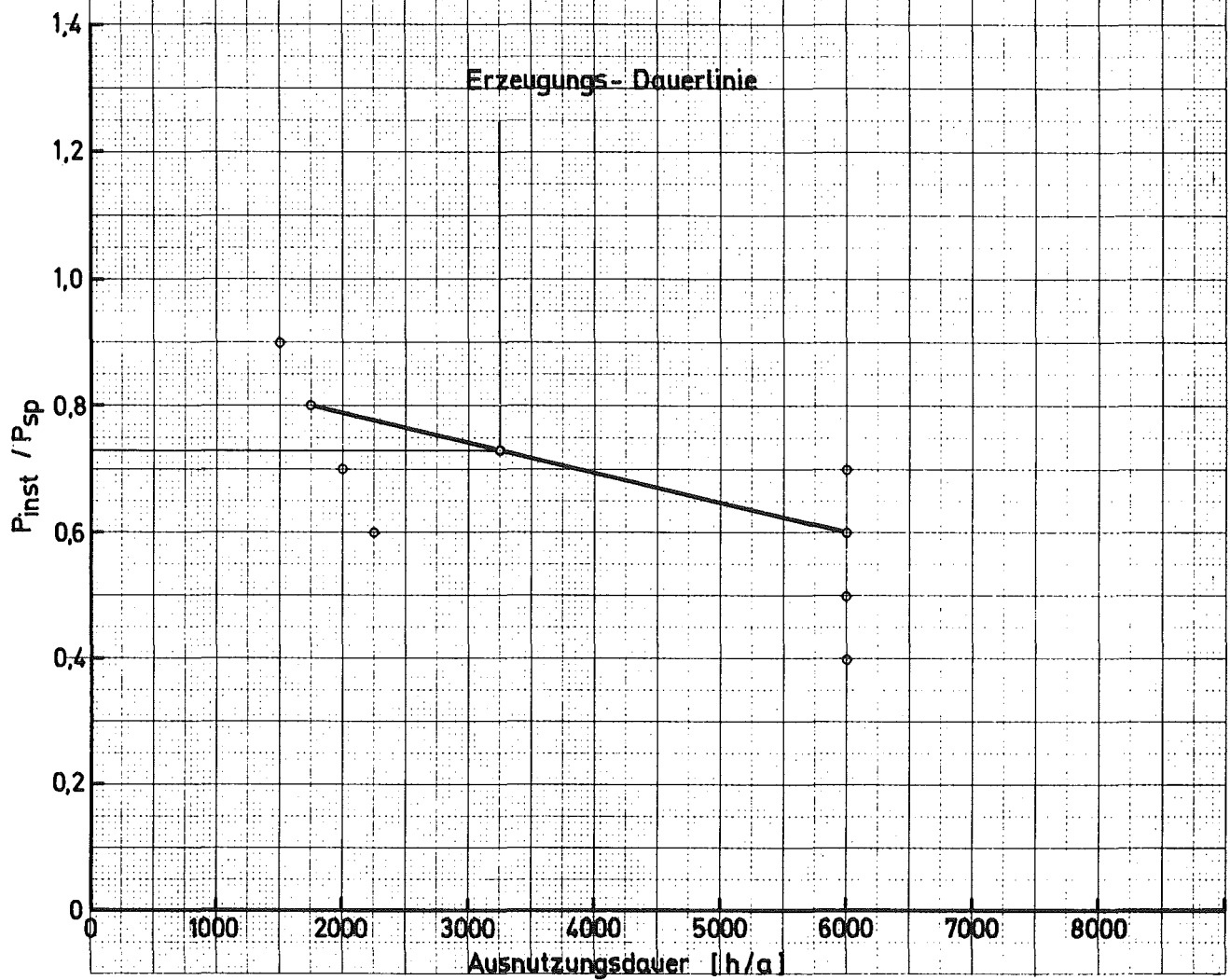
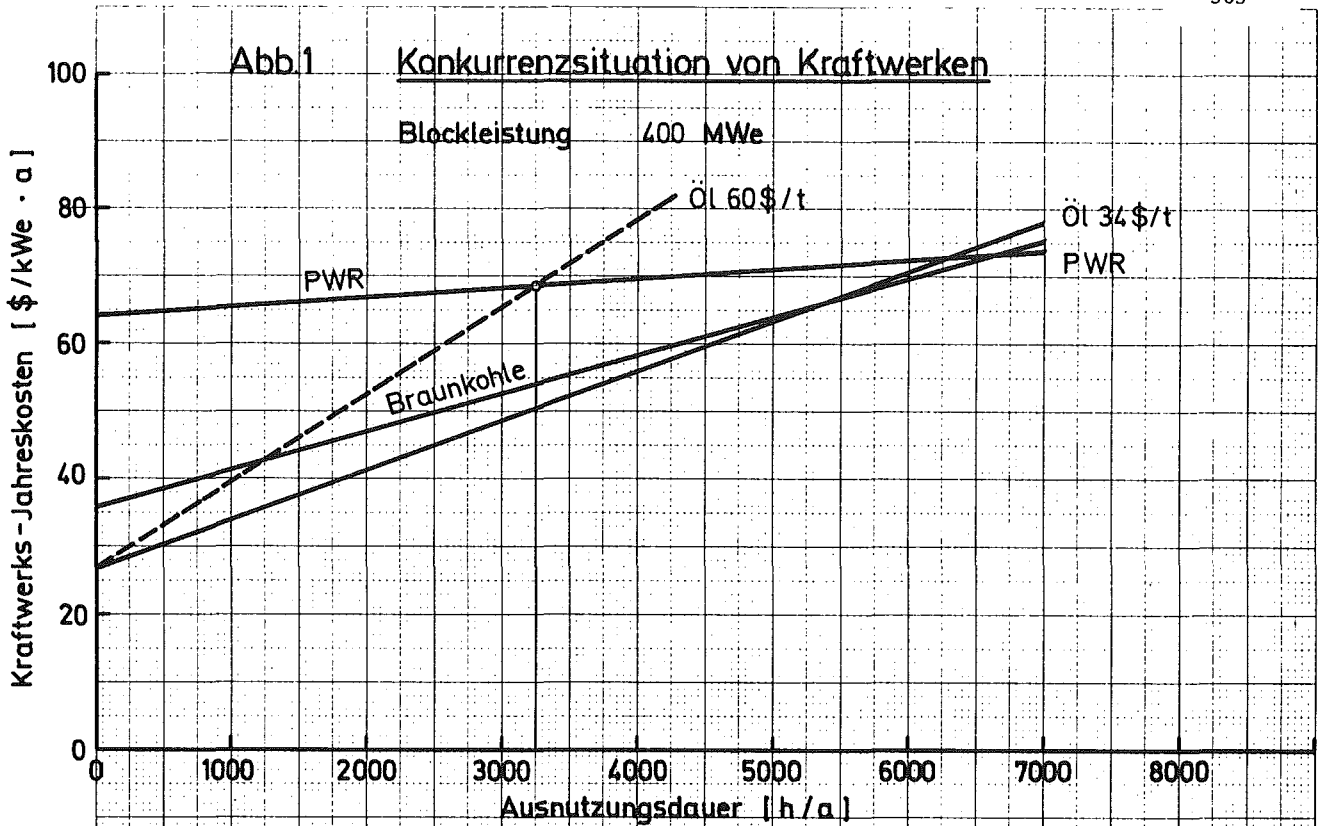
Konventionell: 0,8

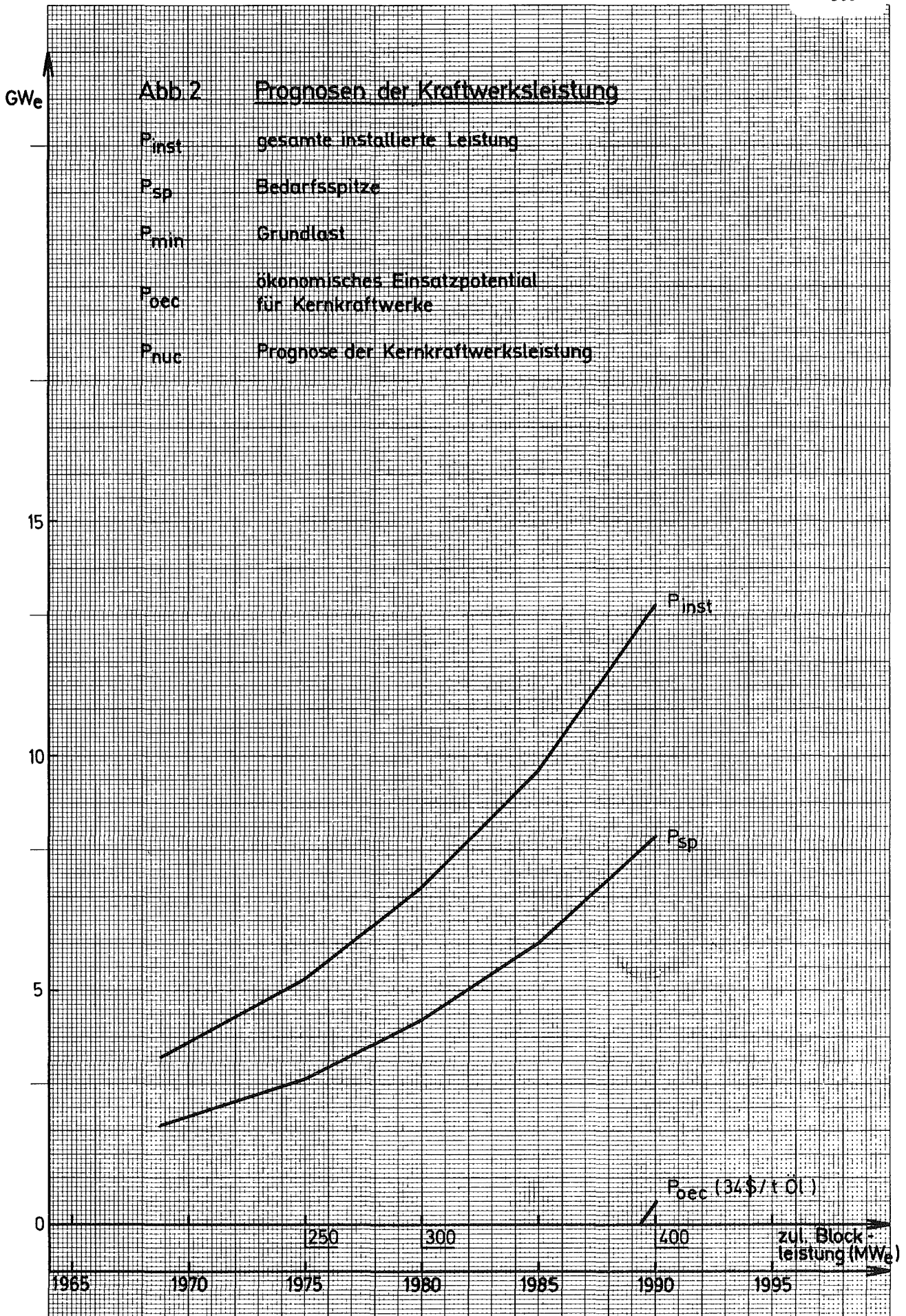
4 : Annuitätsfaktor 12%

5,7,9 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 60 \$/t

6,8,10 : Ausnutzungsdauer 7000 h/a, Rohölpreis 34 \$/t

Abb.1 Konkurrenzsituation von Kraftwerken





Anhänge zum Teil II

A. Abkürzungen

B. Literatur

Anhang A : Abkürzungen

Reaktortypen

AGR	Fortgeschrittener gasgekühlter Reaktor
BWR	Siedewasserreaktor
CANDU	kanadischer Druckröhren-Schwerwasserreaktor
D ₂ O-Gas	mit schwerem Wasser moderierter und gekühlter Druckwasserreaktor
FB	Schneller Brüter
GG	Gas-Graphit-Reaktor
HTR	Hochtemperaturreaktor
HWR	Schwerwasserreaktor
LWGR	mit Graphit moderierter und mit Leichtwasser gekühlter Reaktor
LWR	Leichtwasserreaktor
PWR	Druckwasserreaktor

Reaktorhersteller

AEA	Atomic Energy Authority
AECL	Atomic Energy of Canada Ltd.
AEG	Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft AEG-Telefunken
AB At	AB Atomenergi
CGE	Compagnie Générale d'Electricité
GE	General Electric Co.
GEC	General Electric Co. (Großbritannien)
KWU	Kraftwerk Union AG.
Technoprom	Technopromexp.
TNPG	The Nuclear Power Group

Westinghouse Westinghouse Electric Corp.
West-BBC Westinghouse Electric Corp. - Brown Boveri & Cie. AG.
West-EE Westinghouse Electric Corp. - English Electric

Sonstiges

BIP Bruttoinlandsprodukt
CIF Preis frei Hafen des Importlandes
EXP.- Exponential-
FOB Preis frei Hafen des Exportlandes
GWe 10^6 kWe
IAEA International Atomic Energy Agency
k.A. keine Angabe
Kcal Kilokalorie
mills 10^{-3} US- $\text{\$}$
Mio Million (10^6)
Mrd Milliarde (10^9)
MWe 10^3 kWe
NMP Nettomaterialprodukt
SKE Steinkohleneinheit (1 kg SKE = 7000 kcal)
TWh 10^9 kWh

Umrechnungsfaktoren

1 kcal = 0,001163 kWh
1 kWh = 859,845 kcal
1 SKE = 7 000 kcal/kg
= 8,141 kWh/kg

Anhang B : Literatur

- 10 Siegel, Sidney: Nonparametric Statistics for the
 Behavioral Sciences
 New York, Toronto, London 1956
- 100 Statistical Office of the United Nations:
 Statistical Yearbook
 New York, verschiedene Jahrgänge
- 105 UN: Annual Bulletin of Electric Energy
 Statistics for Europe
 verschiedene Jahrgänge
- 120 UN: Demographic Yearbook
 verschiedene Jahrgänge
- 160 UN: Yearbook of National Accounts Statistics
 Vol. I und II, verschiedene Jahrgänge
- 200 OECD: Statistics of Energy 1955-1969
 Paris 1971
- 210 OECD: National Accounts of OECD Countries 1953-1969
 und 1960-1970
- 305 Statistisches Bundesamt, Wiesbaden:
 Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik
 Deutschland 1972
- 310 Statistisches Bundesamt, Wiesbaden:
 Allgemeine Statistik des Auslandes,
 Länderberichte
 verschiedene Jahrgänge
- 311 Statistisches Bundesamt, Wiesbaden:
 Allgemeine Statistik des Auslandes,
 Länderkurzberichte
 verschiedene Jahrgänge
- 425 World Power Conference, Central Office:
 Survey of Energy Resources, 1972
 London 1972
- 450 International Atomic Energy Agency:
 Market Survey for Nuclear Power in
 Developing Countries
 General Report, Wien 1973
- 470 Fourth United Nations International Conference
 on the Peaceful Uses of Atomic Energy
 Genf 1971
- 490 Die Angaben wurden uns vom HWWA-Institut für
 Wirtschaftsforschung in Hamburg mitgeteilt.

- 500 Bischoff, G. und W. Gocht (Hrsg.) :
Das Energie-Handbuch
Braunschweig 1970
- 530 Esso-Magazin, Sonderbeilage zum ESSO-Magazin 1/70
ESSO A.G., Hamburg, April 1970
- 550 Zajonc, H.: Kernenergiebedarf der Welt
Eine Analyse des zukünftigen Marktpotentials
Kernforschungszentrum Karlsruhe
KFK 1147
- 555 Felix, Fremont: World Markets of Tomorrow
London, New York, Evanston, San Francisco 1972
- 560 Krämer, H. , B. Bergmann:
Technischer und wirtschaftlicher Stand sowie
Aussichten der Kernenergie in der Kraftwirt-
schaft der BRD
Jül-705-RG (1970)
Jül-827-HT (1972)
- 570 Power Reactors of Interest to Developing Countries
IAEA-140, Wien, Okt. 1971
- 580 Uranium Resources, Production and Demand
Joint Report by OECD/NEA-IAEA
August 1973
- 590 Z.J. Holy, G. Woite:
The Challenge of Natural Gas in the F.R.G.
Kernforschungszentrum Karlsruhe
KFK-1448, Sept. 1971
- 600 Fuller, L.C., C.A. Sweet, H.I. Bowers:
ORCOST - A Computer Code for Summary Capital
Cost Estimates of Steam-Electric Power Plants
ORNL-TM-3743, 1972
- 700 atomwirtschaft
- 710 Elektrizitätswirtschaft
- 730 Nucleus
- 760 nuclear news, Dez. 1973