

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE**

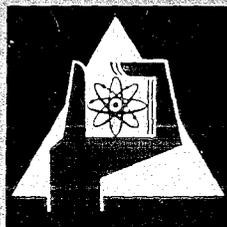
Februar 1970

KFK 1066

Institut für Angewandte Reaktorphysik

Methoden zur Beurteilung von Kernkraftwerksentwicklungen,  
insbesondere der Schnellen Brüter

P. Jansen



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.  
KARLSRUHE



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Februar 1970

KFK 1066

Institut für Angewandte Reaktorphysik

METHODEN ZUR BEURTEILUNG VON KERNKRAFTWERKSENTWICKLUNGEN,  
INSBESONDERE DER SCHNELLEN BRÜTER

Ein Beitrag zur Methodologie der Systemanalyse moderner  
technologischer Großprojekte

von

P. Jansen

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe

Herrn Professor Dr. Wolf Häfele möchte ich für die Problemstellung sowie für wertvolle Ratschläge und seine stetige Förderung bestens danken.

Weiterhin gilt mein Dank Herrn Dr. Jürgen Seetzen für aufschlußreiche Diskussionen und Betreuung, insbesondere für die gemeinsame Bearbeitung einiger volkswirtschaftlicher Fragestellungen. Hilfreiche Kommentare verdanke ich ferner Herrn Professor Dr. R. Henn und Herrn Dipl.-Ingenieur D. Faude.

## Abstract

Das Ziel der Studie ist, der Leitung des Projektes Schneller Brüter ein modernes Instrumentarium zur Vorbereitung langfristig zu beurteilender Entscheidungen an die Hand zu geben. Gleichzeitig wird eine Beurteilung der Kernkraftwerksentwicklungen, wie sie sich in der BRD abzeichnen, möglich. Besonderer Wert wird auf die Darstellung der Problematik von der Entscheidungsvorbereitung zugrunde gelegten Modelle gelegt und es wird versucht, bei den angebotenen Analysemethoden subjektiven Wichtungs- und Prognosefaktoren den Eingang zu ermöglichen.

Es schließt sich eine Untersuchung spezieller ökonomischer Probleme für Hochleistungsbrüter an, die insbesondere zu einem neuen umfassenden Optimierungskriterium für Schnelle Brüter führen.

Der dritte Teil befaßt sich mit einem wichtigen Parameter zur Beurteilung von Schnellen Brütern, dem Plutoniumpreis. Zunächst erfolgt eine Plutonium-Wertbestimmung für die verschiedenen Kraftwerkskonzepte. Da Plutonium von einigen bereits auf dem Energiemarkt eingesetzten Kraftwerkstypen erzeugt wird, von den Schnellen Brütern jedoch benötigt wird, werden die Verhandlungssituationen dieser Partner unter Anwendung der mathematischen Theorie der Spiele untersucht, Koalitionsmöglichkeiten diskutiert und eine Schlußfolgerung für den Plutoniumpreis bezüglich der Beurteilung von Schnellen Brütern gezogen.

Der vierte Teil unternimmt eine angewandte Systemanalyse der Situation der Kernenergie in der BRD für die bevorstehenden Dekaden. Dabei kommt der Diskussion des Problems der Bedarfsdeckung bzw. Bedarfsverringerung der für die Anreicherung von Uran für einige Kernkraftwerkstypen notwendigen Trennarbeit besondere Bedeutung zu. Dazu werden die möglichen repräsentativen Kraftwerkskombinationen ausgewählt, der Kernenergiebedarf abgeschätzt, Verfahren zur Anreicherung von Uran bezüglich Reifegrad der Entwicklung und ökonomischen Aussichten verglichen und ökonomische Vergleiche für die Energiewirtschaft bei den alternativen Kernkraftwerkskombinationen, insbesondere von Schwerwasserreaktoren, vorgenommen. Unter Einbeziehung von Exportmöglichkeiten und politischen Aspekten werden schließlich brauchbare Alternativen zusammengestellt und bezüglich verschiedener Kriterien in Präferenzklassen eingeteilt.

## Abstract

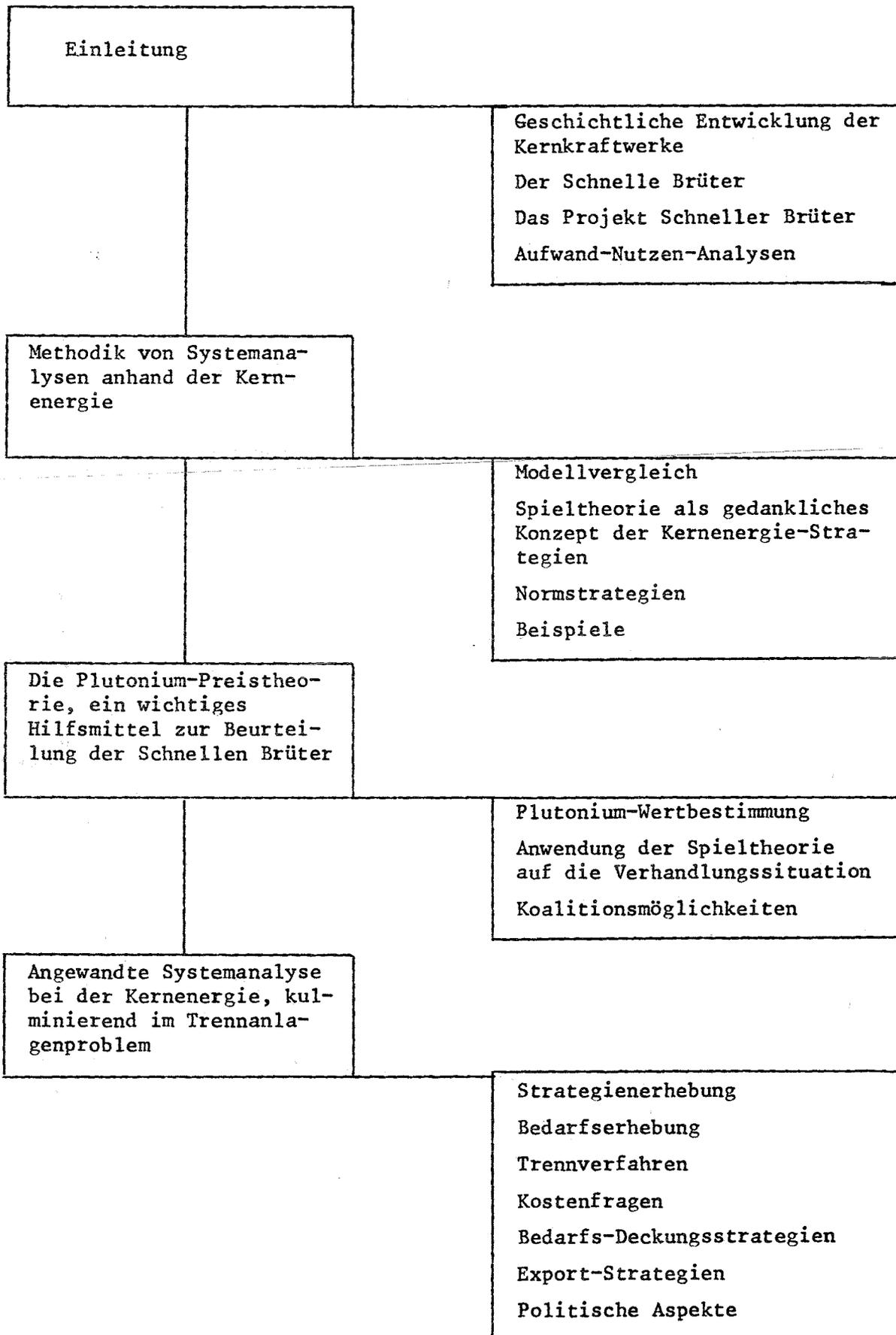
The purpose of the study is to make available to the managers of the Fast Breeder Project an up-to-date set of tools for judging long-term decisions. At the same time, this enables a judgement of the development tendencies of nuclear power stations in the Federal Republic of Germany. Particular emphasis is laid on a description of the problems associated with models forming the basis of decision preparation, and it is attempted to provide an input for subjective weighting and forecasting factors to the methods of analysis offered.

This is followed by an investigation of special economic problems associated with high performance breeders which result especially in a new and comprehensive criterion of Fast Breeder optimization.

The third part deals with an important parameter for judging Fast Breeders, the price of plutonium. Initially, the plutonium worth is determined for the different power station concepts. Since plutonium is produced already by some types of nuclear power stations used in the energy market and is required by the Fast Breeders, the competition of these partners is investigated in the light of the mathematical theory of games, possibilities of coalitions are discussed and a conclusion is drawn for the plutonium price with respect to the evaluation of Fast Breeders.

The fourth part includes an applied systems analysis of the situation of nuclear energy in the Federal Republic of Germany for the coming decades. Special significance is assigned to the discussion of the problem of satisfying or reducing the demand with respect to the amount of separative work required to enrich uranium for some types of nuclear power stations. For this purpose, the possible representative combinations of power stations are selected, the nuclear energy requirement is estimated, methods of uranium enrichment are compared with respect to the state of development and economic prospects, and economic comparisons are made for the electricity producing industry with alternative combinations of nuclear power stations, especially of Heavy Water Reactors. Useful alternatives are finally outlined with the inclusion of export possibilities and political aspects; they are subdivided into preferences with respect to different criteria.

## Überblick





## Gliederung

## Seite

1. Einleitung	1-1
1.1. Überblick der geschichtlichen Entwicklung der Kernkraftwerke	1-5
1.1.1. Die erste Entwicklungsstufe von Leistungsreaktoren	1-6
1.1.2. Die zweite Entwicklungsstufe von Leistungsreaktoren	1-7
1.1.3. Der Schnelle Brüter	1-8
1.1.4. Das Projekt Schneller Brüter	1-10
1.2. Aufwand-Nutzen-Analysen	1-11
2. Ökonomische Beurteilungskriterien für Kernkraftwerke	2-1
2.1. Die einfache Strategiemethode	2-2
2.1.1. Der Begriff der Strategie	2-3
2.1.2. Ein Beispiel	2-4
2.2. Einige andere Modelle zur Kraftwerksbeurteilung	2-8
2.2.1. Die Optimierung einer Bedarfsperiode	2-9
2.2.2. Die Optimierung des Kraftwerkszubaues	2-10
2.2.3. Diskussion der Optimierungsmodelle	2-11
2.3. Theoretische Grundlagen für eine Systemanalyse der Einführung der Kernenergie	2-13
2.3.1. Grundgedanke der Spieltheorie	2-14
2.3.1.1. Zusammenhänge mit der Entwicklungsplanung	2-14
2.3.1.2. Systemanalyse als Entscheidungshilfe	2-16
2.3.2. Die Normstrategien als systemanalytisches Handwerkszeug	2-18
2.3.2.1. Normkurven	2-19
2.3.2.2. Normbilanzen	2-21
2.3.2.3. Spezielle Möglichkeiten	2-22
2.4. Einige Ergebnisse aus Normstrategien bezüglich der Schnellen Brüter	2-23
2.4.1. Bedeutung des Plutonium-Inventars	2-25

	<u>Seite</u>
2.4.2. Die Optimierung des Brennstoffpelletdurchmessers beim Schnellen Brüter	2-27
2.4.3. Ein Brütervergleich	2-29
2.4.4. Die optimale Spaltstoffbelastung	2-31
2.4.5. Kriterien zur Brüteroptimierung	2-37
3. Die Plutoniumpreistheorie	3-1
3.1. Plutoniumpreisgrenzen	3-1
3.1.1. Abhängigkeit einzelner Reaktortypen vom Plutoniumpreis	3-2
3.1.2. Plutoniumwert in einzelnen Reaktortypen	3-4
3.2. Plutoniumpreistendenzen auf dem freien Markt	3-8
3.2.1. Verhandlungsmechanismen	3-10
3.2.2. Plutonium-Zweiparteienspiel	3-12
3.2.3. Plutonium-Dreiparteienspiel	3-16
3.2.3.1. Zwei Plutonium-Geber	3-17
3.2.3.2. Zwei Plutonium-Nehmer	3-21
3.2.3.3. Ein neutraler Partner	3-23
3.3. Schlußfolgerungen	3-24
3.4. Ein Reaktorvergleich	3-26
4. Systemanalyse der Kernenergieeinführung unter besonderer Berücksichtigung des Problems der Uran-Anreicherungskapazitäten	4-1
4.1. Reaktorstrategien	4-1
4.1.1. Reaktordaten	4-1
4.1.2. Reaktortypenkombinationen	4-2
4.1.3. Strategiergebnisse	4-3
4.1.3.1. Typenanteil	4-3
4.1.3.2. Plutonium-Bilanz	4-4
4.1.3.3. Einfluß der Form der Kernenergiebedarfskurve	4-4
4.1.3.4. Einfluß der Einsatzzeiten der fortgeschrittenen Reaktoren	4-5
4.2. Natururanbedarf	4-5
4.2.1. Natururanreserven	4-5
4.2.2. Reaktordaten	4-6
4.2.3. Strategienvergleich	4-6

	<u>Seite</u>
4.3. Anreicherungs-kapazitätsbedarf	4-7
4.3.1. Reaktordaten	4-8
4.3.2. Strategienvergleich	4-8
4.3.2.1. Der Anreicherungsbedarf in der BRD	4-10
4.3.2.2. Anreicherungsbedarf in der EWG	4-11
4.3.2.3. Anreicherungsbedarf in der westlichen Welt	4-11
4.3.2.4. Reaktorstrategien mit Uran-Start von Schnellen Brütern	4-12
4.4. Kosten der Reaktorstrategien	4-13
4.4.1. Reaktordaten	4-13
4.4.2. Strategienvergleich	4-15
4.4.3. Indifferenzwerte zwischen LWR (THTR) und SWR	4-18
4.4.4. Aufwand-Nutzen-Analyse	4-21
4.5. Anreicherungs-Anlagen	4-23
4.5.1. Anreicherungs-Verfahren	4-24
4.5.1.1. Gas-Diffusionsanlagen	4-24
4.5.1.2. Trenndüsenverfahren	4-28
4.5.1.3. Zentrifugenverfahren	4-30
4.5.2. Vergleich der Trennverfahren	4-31
4.6. Strategien für die Deckung des Anreicherungsbedarfs	4-33
4.6.1. Zubau von Anreicherungsanlagen	4-33
4.6.1.1. Amerikanische Anreicherungsanlagen	4-33
4.6.1.2. Europäische Anreicherungsanlagen	4-36
4.6.1.3. Anreicherungsanlagen in der BRD	4-37
4.6.1.4. Finanzierungsalternativen	4-39
4.6.2. Reaktorstrategien ohne Trennbedarf	4-40
4.6.2.1. Schwerwasserreaktoren	4-40
4.6.2.2. Thoriumreaktoren	4-42
4.6.3. Brüterstrategien	4-44
4.6.3.1. Schnelle Brüter mit Karbidbrennstoff	4-44
4.6.3.2. Einsatzzeitpunkt der Schnellen Brüter	4-45
4.6.3.3. Form der Energiebedarfskurve	4-45
4.6.3.4. Konvertertyp	4-45
4.7. Exportstrategien	4-46
4.7.1. Bedeutung des Exports	4-46
4.7.1.1. Wirtschaftliche Bedeutung	4-46

	<u>Seite</u>
4.7.1.2. Technologische Bedeutung	4-47
4.7.1.3. Politische Bedeutung	4-47
4.7.2. Strategien des Exports	4-48
4.7.2.1. Reaktortypen	4-48
4.7.2.2. Plutonium-Überschuß	4-48
4.8. Schlußfolgerungen	4-49
4.8.1. Referenzstrategien	4-50
4.8.1.1. Schnelle Brüter mit Karbid-Brennstoff	4-50
4.8.1.2. Thoriumreaktoren	4-50
4.8.1.3. Schwerwasserreaktoren	4-50
4.8.1.4. Trennanlagen	4-51
4.8.1.5. Politische Anstrengungen	4-51
4.8.2. Brennstoffreservenschonung	4-51
4.8.3. Ökonomische Präferenzen	4-52
4.8.4. Entscheidungsalternativen	4-52
4.8.5. Zusammenfassung	4-53

## Anhänge

- A. Zum Problem öffentlicher Investitionen in die gesamtwirtschaftliche Infrastrukturverbesserung
- B. Spieltheorie und Wirtschaftswissenschaften
- C. Berechnungsmethoden für die spezifischen Energieerzeugungskosten
- C'. Analytische Skizze zur Ableitung eines Optimierungskriteriums für Schnelle Brüter
- D. Erläuterung zur entscheidungsvorbereitenden Behandlung der Normstrategien
- E. Normstrategien als Hintergrundmaterial für Variation der Fragestellungen
- F. Die wichtigsten Strategiergebnisse für aktuelle Reaktordaten nach Normkurven
- G. Beschreibung des Programmsystems SAND
- H. SAND Fortran-Listen
- I. Literatur

## 1. Einleitung

Projekte, wie diejenigen zur Entwicklung von Schnellen Brütern, sind etwas Neues im Rahmen des bisherigen Wissenschaftsbereiches und etwas Neues im Rahmen industrieller Entwicklungsarbeiten. Es geht hier darum, eine großtechnische Entwicklung zu ökonomischer Reife zu führen, wozu es aber noch wissenschaftlicher Grundlagenforschung bedarf. Die Aktualität und Komplexität des Projektes erfordert eine straffe Planung, in der Forschungselemente genauso als Tätigkeiten verstanden werden, wie der Bau von Versuchseinrichtungen. Man stößt hierbei auf die komplementären Bestrebungen größtmöglicher wissenschaftlicher Genauigkeit im Erkennen und der zeitlichen Begrenztheit der Untersuchungen um des technischen Zieles willen. Eine dem Ziel dienliche Mischung beider Elemente zu finden, ist eine der Schwierigkeiten solcher Projekte. Neu sind deshalb auch die Methoden, die zur Ablaufplanung und Steuerung des Projektes verwendet werden müssen. W.Häfele nennt diesen neuen Bereich wissenschaftlich-technischer Arbeit "Projektwissenschaften" <sup>1)2)3)4)</sup>. In ihrem Rahmen ist ein Ziel zeitlich und sachlich als Soll umrissen, die Wege zu diesem Ziel müssen aber erst während des Projektablaufes gefunden werden.

~~Die folgende Arbeit gibt einen Beitrag zur Entscheidungsfindung in den Projektwissenschaften, vornehmlich unter dem Aspekt der volkswirtschaftlichen Rentabilität des Entwicklungsproduktes, speziell der Kernkraftwerke.~~

Dazu wird am Beispiel des Schnellen Brüters die Methodologie einer Systemanalyse moderner technologischer Großprojekte diskutiert, und dem momentanen Wissensstand entsprechend werden einige Prognosen über die Auswirkungen verschiedener Kernkraftwerksentwicklungen gegeben. Es wird sich zeigen, daß keine eindeutige Präferenzskala erarbeitet werden kann, weil ökonomische und politische

- 
- 1) W.Häfele: "Die Projektwissenschaften", Radius, Sept.1965, H.3
  - 2) W.Häfele: "Neuartige Wege naturwissenschaftlich-technischer Entwicklung", in Forschung und Bildung, H.4, 1963
  - 3) W.Cartellieri: "Die Großforschung und der Staat", in Forschung und Bildung, H.4, 1963
  - 4) J.Seetzen: "Das Projekt Schneller Brüter - Großforschung aus projektwissenschaftlicher und systemtechnischer Sicht", Hess.Hochschulwochen 1966

Zielsetzungen verschieden sein können, ohne daß ihre Beurteilung immer eindeutig zu sein braucht. Jedoch haben die Untersuchungen im konditionalen Sinne großen Wert und lassen, da die Konsequenzen einzelner Handlungsweisen deutlich werden, eine Rückkopplung auf die Angemessenheit der übergeordneten Beurteilungskriterien zu.

Darüber hinaus sind Aussagen dieser Art von der Natur der Sache her nicht vollständig. Sowohl ein Überholen der Prognosen als auch ein Weiterentwickeln der Methoden sind mit zunehmender Information ständig notwendig. Da das Spezifische an den Projektwissenschaften, das Erarbeiten und Einarbeiten neuer Informationen, erst während des Projektablaufes stattfindet, bedeuten diese Einschränkungen keinen methodischen Nachteil, vielmehr gehört ihr Bewußtwerden zur richtigen Einschätzung der planerischen Möglichkeiten.

Zum besseren Verständnis der Art der Behandlung des Themas sei auf die langjährigen Arbeiten bezüglich der Beurteilungsmöglichkeiten von Kernkraftwerken hingewiesen, wie sie im Literaturverzeichnis (Anhang I) angeführt sind. Danach richteten sich die ersten Überlegungen, nachdem die Funktionstüchtigkeit der Kernkraftwerke prinzipiell feststand, zunächst ausschließlich auf die spezifischen Energieerzeugungskosten von Kernkraftwerken und auf die Möglichkeiten, sie zu senken. Mit dem Aufkommen der Schnellen Brüter wuchs dann auch das Interesse an der Spaltstoffbilanz eines Systems von verschiedenen Kernkraftwerken. Man mußte abschätzen, ob das System überhaupt in der Lage ist, soviel Plutonium für Schnelle Brüter zu erzeugen, daß sich deren Entwicklung rechtfertigt. Es zeigte sich, daß die möglichen Einführungsraten der Schnellen Brüter im allgemeinen hoch waren und es gelang, die damit verbundene Schonung der Natururanreserven nachzuweisen. Damit ergab sich jetzt auch die Möglichkeit, die Überlegungen der Spaltstoffbilanz mit der Frage nach den Kosten zu koppeln und nach den Einsparungen für das System durch die Einführung der Schnellen Brüter zu fragen.

Diese Überlegungen fanden an mehreren Stellen der westlichen Welt gleichzeitig statt und es kristallisierten sich eine Reihe von Modellen heraus, mit denen diese Fragen beantwortet werden sollten. Gleichzeitig wuchsen mit den verschiedenen Modellen auch verschiedene Philosophien bezüglich der Voraussetzungen, Strukturen und Ziele solcher Überlegungen, was vielerorts zu einer gewissen Verwirrung bezüglich der Brauchbarkeit solcher Methoden zur Beurteilung von Kernkraftwerksentwicklungen führte und dadurch oft den positiven Kern modern angelegter Systemanalysen in Frage stellte.

Diese Arbeit möchte versuchen, den Nutzen und die Grenzen von solchen Methoden aufzuzeigen und gleichzeitig eine überschaubarere Methode zu erarbeiten, die eine angemessene Systemanalyse der Entwicklung der Kernenergie möglich machen soll; dazu ist es notwendig, bei den angestellten Überlegungen teilweise sehr weit auszuholen. Nur wenn der gedankliche Hintergrund, gewissermaßen die Philosophie die den Sinn und Wert von Fragestellungen und Antworten abzuschätzen ermöglicht, erarbeitet und ausführlich dargestellt worden ist, kann eine vorhandene Methodik verstanden und richtig verwendet werden. Deshalb wird nach einer Darstellung der Situation der Kernenergie allgemein und des Projektes Schneller Brüter zunächst die Grundidee von Aufwand-Nutzen-Analysen zur Rechtfertigung und Beurteilung von modernen technologischen Großprojekten hergeleitet. Nach einer Darstellung bereits existierender Modelle auf dem Gebiet der Kernenergie-Entwicklungsprognosen und ihrer Diskussion wird der Aufbau eines entscheidungsvorbereitenden Planspiels für die Kernenergieentwicklung gegeben werden. Dazu wird es nötig sein, zunächst das strategische Konzept der Spieltheorie und den besonderen Charakter der Entwicklungsplanung darzustellen, um Systemanalyse als Entscheidungshilfe richtig einschätzen und die speziell vorgeschlagenen Methoden der Analyse verstehen zu können.

Die erarbeiteten Methoden werden dann dazu verwendet, einige bisher unbeachtete oder ungeklärte Zusammenhänge bei der Bewertung einzelner Parameter des Schnellen Brüters zu behandeln.<sup>1)</sup> Dies bezieht sich jedoch zunächst nur auf Teilaspekte, die zwar zu einem Optimierungskriterium für den Schnellen Brüter führen, aber noch nicht zu einer Systemanalyse der Kernenergieentwicklung. Um diese anzusteuern, muß ein Parameter noch näher untersucht werden, der für die Konkurrenzsituation des Schnellen Brüters und damit für die Gesamtanalyse von Bedeutung ist, jedoch nicht vom Schnellen Brüter allein bestimmt wird. Gemeint ist die Frage nach dem Plutoniumpreis, die in zunehmendem Maße Gegenstand heftiger Diskussionen ist, aber bisher nicht befriedigend gelöst werden konnte. In

---

<sup>1)</sup> Die in dieser Arbeit verwendeten Daten, insbesondere Kostenangaben, sind stilisiert, um Spezifika der Theorien aufzeigen zu können. Insbesondere wurde der Thorium-Hochtemperatur-Reaktor sehr günstig angenommen, um scharfe Konkurrenzbedingungen zu schaffen. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Arbeit erscheint der Thorium-Hochtemperatur-Reaktor in einem ungünstigeren Lichte, als in dieser Arbeit angenommen, der Schnelle Brüter mit oxydischem Brennstoff jedoch liegt auf Grund erneuter eingehender Optimierungsarbeiten sowohl in den Kosten als auch im Spaltstoffinventar günstiger. Es verschiebt sich daher auch das Kostenbild zum dampfgekühlten Schnellen Brüter. Mit den Hilfsmitteln der Anhänge können jedoch die Auswirkungen von Änderungen in den Annahmen leicht untersucht werden.

einem weiteren Kapitel wird deshalb aus dem Status der Infrastruktur, auf die der Brüter trifft (Verhandlungssituation), mit Hilfe der mathematischen Theorie der Spiele eine Theorie des Plutoniumpreises erarbeitet, die Rückschlüsse auf die Konkurrenzsituation des Schnellen Brüters möglich macht.<sup>1)</sup> Damit sind alle wichtigen Bestimmungsstücke zu einer umfassenden Systemanalyse erfasst.

Im letzten Kapitel wird dann der gedankliche Hintergrund und die erarbeitete Methodik zu einer Systemanalyse dazu verwendet, alle wichtigen Fragestellungen und Aspekte zur Beurteilung von Kernkraftwerksentwicklungen und ihrer Einführung zu untersuchen.<sup>1)</sup> Dabei wird vor allem das Problem des Uran-Anreicherungs-kapazitätsbedarfes und seiner Deckung im Vordergrund stehen, da dieses komplexe Problem noch nirgends angemessen behandelt ist. Eine kritische Wertung der erörterten Lösungsalternativen führt dazu, die meisten davon auszuschneiden. Endlich wird darauf verwiesen, daß die Entscheidung für eine der verbleibenden Lösungsalternativen auf der energiepolitischen Ebene zu treffen sein wird, da diese Arbeit nur die Entscheidungshilfen liefern will.

Es ergibt sich eine Bestätigung des gedanklichen Hintergrundes bei der Entwicklung der Methodik der Systemanalyse moderner technologischer Großprojekte: Eine Systemanalyse ermöglicht die Entwicklungstendenz solcher Großprojekte hinsichtlich der ökonomischen Realisierbarkeit und ihrer Konsequenzen rational erfassbar zu machen; eine eindeutige Präferenz bezüglich verschiedener Zielvorstellungen ist jedoch auf Grund allgemein subjektiver Wertmaße nicht möglich. Um Durchgängigkeit der Gedankenführung zu erreichen, werden schließlich eine Reihe allgemeiner Abhandlungen und spezieller Darstellungen erst in Anhängen behandelt.

An Abkürzungen wurden verwendet:

Pu	Plutonium; speziell von Pu-239 + Pu-241
SBR	Schneller Brutreaktor
TKR	Thermischer Konverter-Reaktor
PuBR	Mit Plutonium startender Schneller Brüter
UBR	Mit Uran-235 startender Schneller Brüter
OBR	SBR mit oxydischem Brennstoff, natriumgekühlt
CBR	SBR mit karbidischem Brennstoff, natriumgekühlt
DBR	Dampfgekühlter SBR mit oxydischem Brennstoff
HeBR	Heliumgekühlter SBR
LWR	Leichtwasser-Reaktor
SWR	Schwerwasser-Reaktor
THTR	Thorium-Hochtemperatur-Reaktor

<sup>1)</sup> siehe Fußnote S. 1-3

$M_{Pu}$	Plutonium-Inventar (Masse)
$d_{Pu}$	Plutonium-Ausstoß
BR	Brutrate
$k_{SE}$	Spezifische Energieerzeugungskosten
$k_{Pu}$	Plutonium-Erlös
SBW	Strategien-Barwert (diskontierte Kostensumme)

### 1.1. Überblick der geschichtlichen Entwicklung der Kernkraftwerke

In den großen Industriestaaten liegen die Zuwachsraten des elektrischen Energieverbrauchs über denen des Bruttosozialproduktes <sup>1)2)4)</sup>. Es ist keine Tendenz erkennbar, daß sich hierin in absehbarer Zeit etwas ändert. Durch die Einführung der Kernenergie läßt sich dieser wachsende Energiebedarf auch langfristig decken, ohne daß die Rohstoffquellen knapp werden <sup>3)4)5)6)</sup>.

Kernkraftwerke haben über die Erweiterung der Rohstoffbasis hinaus das Potential, die Energie wirtschaftlicher zu erzeugen als bisherige Kraftwerke. Wenn man allein den elektrischen Energiebedarf in Deutschland betrachtet, und davon 70 % der Kernenergie mit einer Stromkostensenkung von 1 DPf/kWh zuordnet, so ergibt sich bei insgesamt ca.  $200 \cdot 10^9$  kWh pro Jahr eine Einsparung in den Stromkosten von ca. 1,4 Milliarden DM in einem Jahr. Man setze diese statt-

- 
- 1) D.Faude: "Welche Bedeutung hat der elektrische Strom in der deutschen Volkswirtschaft", KFK-Bericht 675, Okt.1967, S.10
  - 2) G.Fochler-Hauke: "Zahlen, Daten, Fakten", Der Fischer Weltalmanach 1967, Fischer - Bücherei
  - 3) H.Grümm et.al.: "Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in der Bundesrepublik Deutschland", KFK-Bericht 366, Sept.1965
  - 4) H.Grümm et.al.: "Ergänzendes Material zum Bericht 'Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in der Bundesrepublik Deutschland', KFK-Bericht 466, Sept.1966
  - 5) D.Gupta, P.Jansen, J.Seetzen: "Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zur Entwicklung Schneller Brutreaktoren", Chemie-Ingenieur-Technik, H.9/10, 1968
  - 6) EURATOM: "Lage und Perspektiven der Kernenergie in der europäischen Gemeinschaft", Venedig 12-14 Apr.1965

liche Summe ins Verhältnis zum Entwicklungsaufwand, der sich für die gesamte Kernenergie in der BRD auf max. 7 Milliarden DM insgesamt belaufen wird <sup>1)</sup>, und bedenke, daß schon geringfügige Produktionskostenverbilligungen in einer Volkswirtschaft über Konsum- und Produktionserweiterungen weitreichende Steigerungen des Volkseinkommens zur Folge haben <sup>2)</sup>. Aus diesen Gründen ist eine genaue Untersuchung der Kosten des Kernenergieeinsatzes eine wesentliche Aufgabe. Nun könnten kurzfristig ökonomische Lösungen dahin führen, daß langfristig nur noch sehr unökonomische Lösungen möglich sind. Deshalb müssen bei den Untersuchungen außer den unmittelbaren Kosten eines Reaktortyps auch seine Nutzung der Rohstoffquellen und anderes mehr betrachtet werden. Erst zusammen mit den längerfristigen Auswirkungen können dann Schlüsse auf die Ökonomie des Kernkraftwerkseinsatzes gezogen werden.

#### 1.1.1. Die erste Entwicklungsstufe von Leistungsreaktoren

Kernkraftwerke lassen sich in verschiedener Weise verwirklichen. Die Unterschiede liegen in der Art des Brennstoffs, des Moderators und des Kühlmittels sowie in den Auslegungsvarianten der Brennelemente und des Wärmetransportsystems. Bisher haben sich folgende Typen herauskristallisiert: der CO<sub>2</sub>-gasgekühlte, Graphit-moderierte Reaktor (GGR), auch nach dem Brennstabhüllmaterial Magnox-Reaktor genannt, der Schwerwasser-moderierte Reaktor mit verschiedenen Kühlmitteln (SWR) und der Leichtwasser-moderierte und -gekühlte Sied- oder Druckwasser-Reaktor (LWR), der auf angereichertes Uran angewiesen ist. Diese erste Entwicklungsstufe von Reaktoren ist in bestimmender Weise von den militärischen Vorentwicklungen und Vorinvestitionen geprägt <sup>1)</sup>. Solange bei den Typen dieser ersten Entwicklungsstufe die Anlagekosten nicht in die Nähe der Anlagekosten der konventionellen Kraftwerke kamen, konnte die Kernenergie nicht in Konkurrenz mit fossilen Brennstoffen treten. Erst als bei den LWR niedrige

---

1) J.Seetzen: "Die volkswirtschaftliche, insbesondere die energiewirtschaftliche Bedeutung der Atomforschung", Deutscher Industrie- und Handelstag, 1967

2) s.auch Anhang A: "Zum Problem öffentlicher Investitionen in die gesamtwirtschaftliche Infrastrukturverbesserung".

Anlagekosten möglich wurden, geschah der Durchbruch der Kernenergie <sup>1)</sup>. Damit kann die Entwicklung der ersten Stufe von Leistungsreaktoren als abgeschlossen angesehen werden.

#### 1.1.2. Die zweite Entwicklungsstufe von Leistungsreaktoren

Die Reaktoren der zweiten Entwicklungsstufe sind in zweierlei Weise an die Entwicklung der ersten Stufe gebunden. Entweder sind sie auf die vorhandenen Anreicherungsanlagen angewiesen oder sie verwenden das anfallende Plutonium aus den Reaktoren der ersten Entwicklungsstufe. Schon beim LWR konnten bei etwa gleichen Anlagekosten gegenüber Kraftwerken mit fossilem Brennstoff die Brennstoffkosten auf die Hälfte gesenkt werden. Bei den Reaktoren der zweiten Entwicklungsstufe werden nun die Brennstoffkosten nochmals bedeutend erniedrigt. Diese Reaktoren treten im wesentlichen in zwei Linien auf: Die eine Linie betrifft die gasgekühlten Hochtemperatur-Reaktoren mit Graphit-Moderator und hochangereichertem Uran-Brennstoff (THTR); dabei ergeben sich sehr kleine Brennstoffinventare. Hohe Abbrände tragen hier ebenso zur weiteren Verbilligung bei wie sehr gute Konversionsraten. Bei der zweiten Linie, den Schnellen Brütern, liegt der Vorteil in der ausgezeichneten Spaltstoffnutzung: es wird insgesamt mehr spaltbares Material erzeugt als verbraucht. Es entfällt die Amortisation des Spaltstoffinventars, die Spaltstoffzinsen werden durch den Spaltstoffüberschuß teilweise wieder ausgeglichen, es entstehen im wesentlichen nur noch Kosten für die Brennstoffdienste; all dies trägt zu außerordentlicher Verbilligung des Brennstoffzyklus bei. Beim Konversionsprozeß der THTR wird U-233 aus Thorium, im Brutprozeß Pu-239 aus Uran-238 gebildet. Hohe Temperaturen erniedrigen weiterhin die Anlagekosten über den höheren thermischen Wirkungsgrad. In beiden Linien sind Unterschiede in Kühlmittel- und Brennstoffart möglich, das führt erneut zu einem offenen Wettbewerb um den ökonomischsten, marktgerechtesten Typ.

---

1) Im Herbst 1963 gelang es der Firma General Electric, das Oyster-Creek-Kraftwerk, ein LWR mit 500 MWe, in New Jersey gegen Konkurrenzangebote von Kohle-Kraftwerken und ohne staatliche Unterstützung zu verkaufen.

### 1.1.3. Der Schnelle Brüter

Unter "Brüten" ist der bereits angedeutete Prozeß der Verwandlung von Uran-238 mittels Neutroneneinfang und anschließende  $\beta$ -Zerfälle in Plutonium-239 zu verstehen, wobei pro Spaltung eines Pu-239- mehr als ein neues Pu-239-Atom entsteht. "Konvertieren" würde die Erzeugung von weniger als einem neuen spaltbaren Kern pro Spaltung bedeuten.

"Schnell" bezieht sich auf die Geschwindigkeit der Neutronen, wie sie im Mittel im Reaktor vorliegt. Es sind dabei Energien von ca. 100 keV (Kilo-Elektronenvolt) angesprochen. "Thermisch" bezeichnet demgegenüber eine mittlere Neutronenenergie von 0.025 eV.

Um die schnellen Neutronen zu erhalten, wie sie bei der Spaltung entstehen, darf nicht, wie bei den bisherigen mit Uran fahrenden Kernkraftwerken, ein Moderator (Graphit, leichtes oder schweres Wasser) verwendet werden, der die Neutronen abbremst. Dies hat zwei Folgen. Erstens entsteht dadurch die zu erzeugende Leistung auf sehr kleinem Raum, was große Kühlprobleme aufwirft. Zweitens müssen alle Stoffe, die eine moderierende Wirkung haben, nach Möglichkeit vermieden werden. Aus beiden Gründen wurde Natrium als Kühlmittel gewählt und es mußten zum Aufbau der Brennelementrohre besondere Stahlsorten gefunden werden. Beides führte zu komplexen Entwicklungsvorhaben.

Daß Plutonium jedoch vorteilhaft in Schnellen Brütern und nicht so sehr in thermischen Konvertern Anwendung findet, folgt aus den Werten der Neutronenabsorption pro Spaltung in spaltbaren Kernen ( $\alpha$ ). Es ist bekannt, daß diese Größe die geringere Wirksamkeit von U-235 im schnellen Spektrum (20-35 %) zeigt und das Gegenteil für ein thermisches Spektrum (U-235 ist ca. 25% mehr wert). Das heißt, bezüglich des Bedarfs an Spaltmaterial, daß Plutonium in Schnellen Brütern ca. 1,5 - 1,8mal soviel wert ist, als in thermischen Konvertern <sup>1)</sup>.

Damit Hand in Hand geht, daß die für den Brutprozeß verfügbaren Neutronen bei Schnellen Brütern für Plutonium wesentlich zahlreicher sind als für Uran, zudem

---

1) W.Häfele: "Schnelle Brutreaktoren, ihr Prinzip, ihre Entwicklung und ihre Rolle in einer Kernenergiewirtschaft", KFK-Bericht 480, Okt.1966, S.3

die Neutronenausbeute je Spaltung bei Plutonium höher ist. Es gibt bis jetzt kein anderes Konzept, bei dem ökonomisch mehr spaltbares Material erzeugt als verbraucht wird.

Durch den Brutprozeß kann theoretisch alles in der Natur vorhandene Uran zur Spaltung herangezogen werden. Darüber hinaus fallen für den SBR die Kosten des Natururans wegen der großen Ausnutzung des Urans kaum ins Gewicht, wodurch für diesen Typ auch die teurer abbaubaren Reserven genutzt werden können und dadurch Rohstoffreserven in praktisch unerschöpflichem Maße zur Verfügung stehen. Demgegenüber kann bei den thermischen Konvertern zunächst nur das im Natururan zu 0,7 % vorkommende Uran-235 gespalten werden. Allerdings erhöht sich wegen des auch dort vorhandenen Konversionseffektes die effektive Kernbrennstoffausnutzung auf 4-6 % bzw. für die Konverter der zweiten Entwicklungsstufe auf 35-45 % <sup>1)</sup>. Bei den thermischen Konvertern werden deswegen die Rohstoffreserven stärker verbraucht. Dies wirkt sich im Laufe der Zeit in einer Verteuerung der Rohstoffe aus und damit indirekt in den Stromerzeugungskosten. Da die Schnellen Brüter die Lösung des Rohstoffreserveproblems darstellen, wurde ihre Entwicklung hierdurch ausgelöst <sup>1)2)3)</sup>.

Die Kernkraftwerke der zweiten Entwicklungsstufe sind technisch noch nicht ausgereift. Ab etwa 1980 ist mit dem Einsatz ökonomischer 1 GWe Einheiten zu rechnen. Der Stand der Entwicklung der Schnellen Brüter läßt sich an den Bauvorhaben ablesen:

BRD: 1970 Baubeginn eines 300 MWe Natrium-Schnellbrüter-Prototyp-Kernkraftwerkes (SNR), (ebenso 300 MWe THTR).

England: 250 MWe Natrium-Schnellbrüter-Prototyp (PFR), seit 1966 in Bau.

Frankreich: 250 MWe Natrium-Schnellbrüter-Prototyp (PHENIX), seit 1969 in Bau.

USA: General Electric, Atomics International und Westinghouse planen unabhängig voneinander zusammen mit Elektrizitätsversorgungsunternehmen seit 1965

- 
- 1) D.Gupta, P.Jansen, J.Seetzen: "Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zur Entwicklung Schneller Brutreaktoren", Chemie-Ingenieur-Technik, H.9/10, 1968
  - 2) H.Grümm et.al.: "Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland", KFK-Bericht 366, Sept.1965
  - 3) EURATOM: Lage und Perspektiven der Kernenergie in der europäischen Gemeinschaft, April 1965

Natrium-Schnellbrüter-Prototypen von 200-500 MWe. 1970 Baubeginn für ein erstes Prototyp-Kernkraftwerk.

UdSSR: 350 MWe Natrium-Schnellbrüter-Kernkraftwerk in Bau. 600 MWe Kernkraftwerk ist geplant.

Nur die USA und Deutschland untersuchten auch die Eigenschaften eines dampfgekühlten Schnellen Brüters. Aufgrund großer technischer und ökonomischer Probleme werden die Arbeiten hierauf jedoch sehr eingeschränkt <sup>1)</sup>.

#### 1.1.4. Das Projekt Schneller Brüter

Zunächst wurde 1960 die Entwicklung der Schnellen Brüter begonnen <sup>2)</sup>. Im Kernforschungszentrum Karlsruhe stehen neben den bekannten Einrichtungen, dem Schwerwasserreaktor FR2 und dem Mehrzweckforschungsreaktor MZFR, der ebenfalls mit Schwerwasser gekühlt und moderiert ist, für Messungen mit schnellen Neutronen die unterkritische Anordnung SUAK, der schnell-thermische Reaktor STARK und die ~~Schnelle-Null-Energie-Anordnung SNEAK zur Verfügung. Im Bau befindet sich~~ der natriumgekühlte 20 MWe KNK-Reaktor, der voraussichtlich 1969 in Betrieb gehen wird. Wertvolle Beiträge für die Entwicklung des Schnellen Brüters wird ferner der schnelle dynamische Testreaktor SEFOR in den USA leisten, der mit 20 MW die dynamischen Eigenschaften schneller Reaktoren testen soll. Sonstige Einrichtungen für die Komponenten-Entwicklung, wie die Untersuchung des Verhaltens von Natrium-Kreisläufen und für die Brennstoffhandhabung im Kernforschungszentrum Karlsruhe und bei der Industrie, ergänzen das Vorhaben. Holland, Belgien und Luxemburg sind diesem Projekt assoziiert. Staatliche Stellen Belgiens, Hollands und Deutschlands haben die Zusammenarbeit auf dem Schnellbrüter-Gebiet abgesprochen, die Forschungszentren Karlsruhe, Mol und Petten besitzen ein koordiniertes Forschungs- und Entwicklungsprogramm, Industriefirmen der drei Länder projektieren den Natrium-gekühlten Schnellbrüter-Prototyp.

1) M.Fischer, J.Seetzen, P.Jansen, D.Faude: "Untersuchung der technischen und ökonomischen Situation dampfgekühlter Schneller Brutreaktoren", KFK-Bericht 918, Januar 1969

2) D.Gupta et.al.: "Industrial Aspects of a Fast Breeder Reactor Programme", KFK-Bericht 546, März 1967

Der Umfang dieses sehr großen Forschungs- und Entwicklungsprojektes erfordert den Einsatz moderner elektronischer Rechanlagen und die Verwendung moderner Methoden des Managements, so daß das Projekt Schneller Brüter auch in diesen zukunftsgerichteten Gebieten eine prototypische Bedeutung besitzt.

## 1.2. Aufwand-Nutzen-Analysen

In 1.1. wurde angedeutet, daß die Stromkosteneinsparungen durch Kernkraftwerke sehr schnell den Aufwand für ihre Entwicklung um ein Vielfaches übersteigen können. Um die verschiedenen Kernkraftwerke untereinander vergleichen zu können, muß das Vorgehen präzisiert werden. Geht man von der augenblicklichen Zuwachsrate des elektrischen Gesamtenergiebedarfs von rd. 8 %/a aus und nimmt einen den amerikanischen Erfahrungen angepassten Rückgang dieser Zuwachsrates an, so ergibt sich für den Bedarf der BRD ein Schätzwert von 100 GWe für das Jahr 1980 und 230 GWe für 2000 <sup>1)</sup>. Läßt man die Einführung der Kernenergie alleine nach ökonomischen Gesichtspunkten zu <sup>4)</sup>, so kann sie bis zu 75 % des Gesamtenergiebedarfs übernehmen. In den Spitzenlastbedarf wird sie vorerst nicht vordringen. Nach Maßgabe der Lebensdauer der konventionellen Kraftwerke ergibt das einen Anteil der Kernenergie von 60 % im Jahr 1980 und 75 % im Jahr 2000 <sup>2)3)</sup>. Vorsichtiger Schätzungen <sup>1)</sup> nehmen 1980 nur 15 - 20 % und im Jahr 2000 40 - 60 % Kernenergie an. Damit gehört sie einem Lastbereich an, der bei ca. 6000 h/a seinen Mittelwert hat. Mit diesem Wert ergibt sich folgende Bedarfskurve als erste Schätzung:

<u>Tabelle 1</u>	Kernenergiebedarfsschätzung nach M.Recker <sup>1)</sup>
1970	2 GWe
1980	20 GWe
1990	60 GWe
2000	130 GWe

- 1) H.Grümm et.al.: "Ergänzendes Material zum Bericht 'Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland', KFK-Bericht 466, Sept.1966
- 2) J.Seetzen, D.Schade: "Vergleich verschiedener Abschätzungen des nuklearen Energiebedarfs in Deutschland und Abschätzung des maximal denkbaren nuklearen Energiebedarfs (interner Bericht)
- 3) A.Boettcher, H.Krämer, K.Wagemann: "Voraussichtlicher Bedarf der Trennarbeit für Uran in der BRD", Atomwirtschaft, Mai 1968
- 4) s.auch Abschnitt 2.2.2. und 2.3.2.1.

Wiederholt man die Abschätzung der Kosteneinsparungen bei Kernkraftwerken bei dieser Bedarfsentwicklung - wieder unter der Voraussetzung, daß Kernkraftwerke um 1 DPF/kWh billiger sind als konventionelle Kraftwerke - kumuliert dabei die Jahresersparnisse und diskontiert diese auf das Jahr 1970, so ergeben sich bis 1980 bereits 4 Milliarden DM, bis zum Jahr 2000 23 Milliarden DM an Kostenverringerung durch Kernkraftwerke nach heutigen Preisen.

Für die Kernenergie im allgemeinen ist somit hinreichend klar geworden, daß der Aufwand gerechtfertigt erscheint. Versucht man die angegebene Bedarfskurve z.B. durch zwei Typen zu decken, durch einen fortschrittlichen Leichtwasserreaktor und durch einen Schnellen Brüter, so wird man - ohne Plutonium-Zufuhr von außen - die Schnellen Brüter nur nach Maßgabe des aus den LWR und den SBR entstehenden Plutoniums zubauen können. Man nennt das eine Zweitypenstrategie <sup>1)</sup>. Bei einem mittleren Spaltstoffinventar von 2 t Plutonium würden die SBR bis zum Jahr 2000 ca. die Hälfte der installierten Kernkraftwerke ausmachen. Da man die SBR erst ab 1980 einsetzen können, ist es sinnvoll, nun Kostenersparnisse auf 1980 zu diskontieren. Der maximale Aufwand für die Entwicklung der SBR wird 2 Milliarden DM einschließlich der Entwicklungszinsen nicht übersteigen. Bei 7 % Diskontsatz sind von 1980 bis 2000, also über 20 Jahre, in dieser Zweitypenstrategie 2 Milliarden DM dann amortisiert, wenn der SBR um 0,15 DPF/kWh billiger ist als der LWR, wobei die angegebene pessimistische Bedarfskurve zugrunde gelegt wird. Wenn der SBR um 0,15 DPF/kWh billiger ist, ist die erfolgreiche Amortisation also sicher. Die Amortisationszeit von 20 Jahren wird höchstwahrscheinlich sogar unterboten werden.

Es ist nützlich, sich einige Gedanken über die Art dieser Vergleiche zu machen. Ganz allgemein werden sie mit dem Begriff "Cost-Benefit-Analysis" oder Aufwand-Nutzen-Betrachtungen bezeichnet. Es gibt Projekte, deren Ziele einem Sachverhalt entsprechen, der nicht in einem quantitativen Nutzen gefaßt werden kann. Die Notwendigkeit der Förderung solcher Projekte liegt oftmals trotzdem deutlich zutage (Krebs-Bekämpfung, Bildungsförderung). Es gibt aber auch Projekte, deren Ziele ausschließlich im ökonomischen Sektor liegen, für die es deshalb im allgemeinen möglich ist, mit mehr oder weniger großer Genauigkeit quantitative Nutzenangaben zu machen. Mit dieser Art Projekten befaßt sich diese Arbeit.

---

1) H.Grümm et.al.: "Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland", KFK-Bericht 366, Sept.1965

Für die Abwicklung eines Projektes ist ein gewisser Geldaufwand anzusetzen. Wenn das Projektziel erreicht ist, kann das Projektprodukt auf einem Wirtschaftsmarkt wirken. Kosteneinsparungen, die damit verbunden sind, und die Möglichkeit, neue Marktpositionen zu schaffen bzw. ganz allgemein Innovationen hervorzurufen, wirken sich für die entsprechenden Volkswirtschaften wachstumsfördernd aus, wodurch von einer Amortisation des Entwicklungsaufwandes gesprochen werden kann <sup>1)</sup>. Wenn man hier in Analogie zu Unternehmerinvestitionen und deren Wirkung von Renditen spricht, so wird diese Rendite mit dem Markt, der dem Projektprodukt zur Verfügung steht, wachsen. Große Volkswirtschaften haben also eine höhere Rendite. Das trifft nicht nur für die volkswirtschaftliche Rendite zu, sondern auch für die eines Einzelunternehmens. Ist ein großer Absatz eines Produktes zu erwarten, kann höherer Entwicklungsaufwand gerechtfertigt werden. Allein aus dem Verkauf von Kraftwerken ist auf dem Markt der BRD die Rendite für die Kernkraftwerkshersteller zu klein, wenn die Entwicklungskosten dieser Industrie angelastet würden. Die volkswirtschaftliche Rendite aber ist so hoch, daß eine Förderung der Entwicklung von der öffentlichen Hand als sinnvoll angesehen werden kann. Dieser Sachverhalt soll als charakteristisch für technologische Großprojekte angesehen werden.

Zum besseren Überblick sei die Aufwands- und die Nutzenseite noch ein wenig aufgegliedert. Von den Herstellerkosten soll im folgenden ebenso abgesehen werden, wie vom Herstellergewinn.

Die Aufwandsseite kann dann folgendermaßen aufgegliedert werden:

$A_1$  = indirekte Kosten für Vorprojekte, wissenschaftliche Vorarbeiten, Spezialeinrichtungen, Sonderausbildung etc., d.h. alle Kosten für die Bereitstellung der zur Entwicklung notwendigen Voraussetzungen. Hierzu gehört also auch das Bereithalten der wirtschaftlichen Infrastruktur. Größtenteils stellt  $A_1$  wohl eine öffentliche Aufgabe dar, auch in der Form, neue Möglichkeiten zu initiieren.

---

1) Über eine detaillierte Behandlung dieser Fragen siehe Anhang A.

$A_2$  = direkte Kosten für den Ablauf des Entwicklungsprojektes. Die Bedeutung dieser Kosten ist offensichtlich.  $A_2$  stellt für die Aufwand-Nutzen-Analysen im Rahmen von Projekten, wie sie in dieser Arbeit angesprochen werden, den wichtigsten Teil des Aufwandes dar. Dieser ist auch im allgemeinen am besten abschätzbar.

$A_3$  = mittelbare Kosten. Diese Kosten sind für alle Strukturveränderungen und deren Vorbereitung gedacht, die notwendig sind, um das Entwicklungsprodukt rationell in einer Volkswirtschaft einsetzen zu können. Bei Kernenergieprojekten sind hierbei z.B. Strukturänderungen von Energieversorgungsunternehmen, die Schaffung von Großabnehmer-Zentren oder von Energietransporteinrichtungen gemeint.

$A = A_1 + A_2 + A_3$  ist eine Funktion verschiedener Produktparameter  $p$  und der Projekteigenschaften  $P$  sowie der zur Verfügung stehenden Infrastruktur  $I$ , also  $A = A(p, P, I)$ . Nach den  $p$  kann erst optimiert werden, wenn auch die Nutzenseite erfaßt ist; die  $p$  stecken das Entwicklungsziel genauer ab. Sofern die  $p$  gegeben sind, kann mit Planungsmethoden  $P$  optimiert werden. In dieser Arbeit wird nur nach der Methode, die Produktparameter  $p$  zu bestimmen, gefragt und folglich der Aufwand keiner Analyse unterzogen, also  $P$  nicht optimiert.

Der Nutzen gliedert sich ebenfalls in drei Teilbereiche.

$N_1$  = technologische Nebenwirkungen (fall out), die sich durch das in der Entwicklungsphase entstandene Wissen (know how) ergeben haben, und als nutzbare Vorinformationen für andere Projekte und Produkte dienen.

$N_2$  = Gewinn durch Einsparungen infolge Ersatz von funktionell gleichen, alten Einheiten durch das Produkt der Entwicklung. Das sind also z.B. die Stromkostensparnisse beim Übergang von Kernkraftwerken der ersten Generation auf diejenigen der zweiten Generation.

$N_3$  = Gewinn durch Wirtschaftswachstumsimpulse, wie sie aus Rückwirkungen in der Gesamtwirtschaft als Einsatzfolge des neuen Produktes durch Accelerator- und Multiplikatorwirkungen sowie durch neue Konkurrenzsituationen entstehen.

$N = N_1 + N_2 + N_3$  ist wiederum eine Funktion verschiedener Produktparameter  $p$  und der Umwelteigenschaften  $U$ , also  $N = N(p, U)$ . Die  $p$  können optimiert werden, wenn man  $N(p, U) / A(p, P_{opt}, I)$  im Sinne einer Wirtschaftlichkeitskennzahl als

Optimierungskriterium nimmt. Wie noch gesagt werden wird, spielt U, das nur mit großer Unsicherheit erfaßt werden kann, eine so große Rolle bei der Beurteilung von Kraftwerkseigenschaften, daß in der hier angegebenen einfachen Form nicht optimiert werden kann. Vielmehr muß für verschiedene U ein Spektrum von Alternativen vorgesehen werden, und bei der Beurteilung auf relative Unabhängigkeit von Veränderungen in U Wert gelegt werden.

Wenn im folgenden immer nur die unmittelbaren Kosteneinsparungen  $N_2$  zum Aufwand-Nutzen-Vergleich herangezogen werden, so bedeutet das, daß nur ein Teil des Nutzens in Rechnung gesetzt wird, weil dieser Teil bei der Kraftwerksentwicklung der bedeutendste und am leichtesten faßbare ist <sup>1)</sup>. Sofern dieser Teil den Aufwand in vernünftigen Zeiträumen mit vernünftigen Diskontraten deckt, also genügend groß gegenüber der Aufwandseite erscheint, ist diese Analyse ausreichend und man hat gezeigt, daß der Aufwand gerechtfertigt ist.

Wenn als Aufwand immer der mutmaßliche Aufwand für die gesamte Entwicklung der Reaktoren der zweiten Generation angesetzt wird - oder implizit beim Barwertvergleich typenunabhängige Konstanz des Aufwandes vorausgesetzt wird - so rechtfertigt sich dies dadurch, daß immer nur ein Typ (oder wie bei Zweitypenstrategien ein Konverter und ein Brüter) aus dem Markt, entsprechend den Wachstumsmöglichkeiten, den vollen Nutzen ausschöpfen kann und zwar der billigste Typ. Dieser muß den Aufwand für alle anderen Entwicklungen, die seinetwegen nicht zum Zuge kamen, aber sicherheitshalber ebenfalls stattfanden, mit rechtfertigen. Teilen sich mehrere Typen den Markt, so wird der Nutzen entsprechend kleiner. Da diese Aufteilung nicht vorhergesehen werden kann, ist die Forderung zulässig, bei voller Einführungsrate die Amortisation des vollen Aufwandes zu verlangen.

---

1) Bei anderen Großprojekten, wie z.B. der anwendungsorientierten Förderung der Computer-Entwicklung und damit zusammenhängenden Problemen, liegt der wesentliche Nutzenanteil stärker bei  $N_3$ , dem indirekten Nutzen durch die Folgewirkungen des Einsatzes des Entwicklungsproduktes.



## 2. Ökonomische Beurteilungskriterien für Kernkraftwerke

Im allgemeinen werden für die Beurteilung von Kernkraftwerken die spezifischen Energieerzeugungskosten  $k_{SE}$  herangezogen<sup>13)</sup>. Dies sind aber nicht die einzigen Auswahlkriterien. Zum Zwecke einer vernünftigen Auswahl gilt es eine Reihe von wichtigen Kriterien zu erfassen. Das Ziel von Methoden zur Beurteilung von Kernkraftwerken muß es sein, durch geeignete Maßnahmen eine Zuordnung zwischen den verschiedenen Typeneigenschaften zu schaffen, die allen praktischen Vor- und Nachteilen des Typs Rechnung trägt.

Zur Zeit benutzte Methoden zur Beurteilung von Kernkraftwerken versuchen auf die verschiedensten Weisen, eine geeignete Wichtung der Vor- und Nachteile der einzelnen Eigenschaften zur Beurteilung der Typen herbeizuführen<sup>1) bis 12)</sup>. Darüber hinaus wird teilweise davon ausgegangen, daß mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Typen die energiewirtschaftliche Entwicklung selbst optimiert werden kann.

- 
- 1) USAEC: Civilian Nuclear Power, A Report to the President, Nov.1962
  - 2) J.R.Dietrich: "Efficient Utilization of Nuclear Fuels", Power Reactor Technology, Vol.6, No.4, 1963
  - 3) EURATOM: Lage und Perspektiven der Kernenergie in der europäischen Gemeinschaft, Venedig, April 1965
  - 4) H.Grümm et.al.: "Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland", KFK-Bericht 366, Sept.1965
  - 5) H.Grümm et.al.: "Ergänzendes Material zum Bericht 'Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland'", KFK-Bericht 466, Sept.1966
  - 6) D.Gupta et.al.: "Economic Aspects of Nuclear Energy Production with Different Thermal and Fast Reactors and the Required Separative Work Capability", KFK-Bericht 566, Juni 1967
  - 7) D.Gupta et.al.: "Prospects of Plutonium Fueled Fast Breeders", KFK-Bericht 569, Februar 1967
  - 8) D.Gupta, P.Jansen, J.Seetzen: "Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zur Entwicklung Schneller Brutreaktoren", Chemie-Ingenieur-Technik, H.9/10, 1968
  - 9) R.Harde, G.Memmert: "Modelluntersuchungen über Aussichten und Konsequenzen der Verwendung von Kernenergie zur Elektrizitätserzeugung", Atomwirtschaft 4, 1966
  - 10) A.Boettcher, H.Krämer, K.Wagemann: "Voraussichtlicher Bedarf an Trennarbeit für Uran in der BRD", Atomwirtschaft, Mai 1968
  - 11) H.Märkl: "Untersuchungen über langfristige und optimierte Reaktorstrategien unter Berücksichtigung des begrenzten Umfangs der Uranreserven", Nukleonik, H.4, 1967
  - 12) R.Gibrat, J.Gaussens, F.Lichtenberger: "Programme et économie des reacteurs rapides", III.FORATOM-Kongress, London, März 1967
  - 13) Eine ausführliche Darlegung für Kostenkalkulationen findet sich in Anhang C.

## 2.1. Die einfache Strategiemethode

Zusätzlich zu der Frage der spezifischen Energieerzeugungskosten tritt in den bisherigen Studien die Frage nach dem Verbrauch von Kernbrennstoff in den Vordergrund für die Beurteilung von Kernkraftwerken <sup>4)5)</sup>. Im einfachsten Fall werden verschiedene Kurven der zu installierenden Leistung für die einzelnen Typen angenommen und die Bilanz des erforderlichen Kernbrennstoffes daraus berechnet <sup>3)</sup>. Eine zusätzliche Aufsummierung und Wichtung der  $k_{SE}$  über den Typen und der Zeit gibt für verschiedene Modelle, d.h. verschiedene Typenkonstellationen und Installationskurven, Zuordnungen von Kostensumme und Kernbrennstoffverbrauch. Hieraus lassen sich Aufschlüsse über die wirtschaftlichen Auswirkungen verschiedener Modelle gewinnen.

Die Frage des Kernbrennstoffbedarfs tritt in zweierlei Weise auf. Einmal betrifft sie den Bedarf an Natururan, das von den Typen in größeren Mengen verbraucht wird, die mit angereichertem Uran oder Natururan als Brennstoff arbeiten. Der andere Kernbrennstoff ist Plutonium. Plutonium kommt in der Natur nicht vor, weswegen der Zubau von Reaktoren mit Plutonium-Inventar nur nach Maßgabe der Plutoniumerzeugung aus TKR und SBR erfolgen kann. Es liegt deshalb nahe, in Modellen mit SBR die Plutonium benötigenden SBR (PuBR) nur nach der inneren Modell-Plutoniumbilanz anwachsen zu lassen <sup>4)5)</sup>. Dabei wird davon ausgegangen, daß Plutonium in der nächsten Zukunft in allen Ländern Mangelware bleiben wird, also ein Zukauf von außen nicht in beliebigen Mengen möglich ist. Diese Annahme soll noch etwas erläutert werden, da sie in der erweiterten Strategiemethode dieser Arbeit beibehalten wird. Die Möglichkeit eines Plutoniumankaufes von außen ist nicht auszuschließen, aber sie ist für größere Mengen nicht sehr wahrscheinlich. Große Mengen können nur aus den USA kommen, die USA werden jedoch selbst in großem Maße Schnelle Brüter bauen. Außerdem ist das sicherlich beschränkte Ankaufvolumen nicht abschätzbar und es muß diese Frage auch politisch gesehen werden. Vielmehr ist es vernünftig, die Vorgehensweisen,

---

3) EURATOM: Lage und Perspektiven der Kernenergie in der europäischen Gemeinschaft, Venedig, April 1965

4) H.Grümm et.al.: "Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland", KFK-Bericht 366, Sept.1965

5) H.Grümm et.al.: "Ergänzendes Material zum Bericht 'Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland'", KFK-Bericht 466, Sept.1966

wie sie hier für die BRD gewählt werden, ähnlich denen anderer Länder anzusehen; dann aber ist die Abgeschlossenheit dieses "ähnlichen" Bereiches zulässig. Darüber hinaus müssen bei einer Entwicklung mit hohen Kosten vorsichtshalber die ungünstigen Umweltbedingungen betrachtet werden. Die Entwicklung von Schnellen Brütern muß daher von der Betrachtung eines beschränkten Plutoniummarktes ausgehen. Es geht hier nicht darum, die Zukunft vorauszusagen, die durchaus günstig sein kann, sondern vorsichtige Abschätzungen zu geben.

### 2.1.1. Der Begriff der Strategie

Es finden die Begriffe Eintypenstrategien und Zweitypenstrategien Verwendung. Ausgegangen wird von einer Schätzung der Entwicklung der installierten nuklearen Leistung, die im Falle der Eintypenstrategien ganz von jeweils einem Reaktortyp, im Falle der Zweitypenstrategien von zwei Reaktortypen, gedeckt wird und zwar jeweils von einem TKR und einem SBR, wobei die Aufteilung zwischen diesen beiden Typen durch die innere Pu-Bindung hergestellt wird. Von komplizierteren Konstellationen wird dabei bewußt abgesehen, um klar die Eigenschaften jedes einzelnen Typs untersuchen zu können. Jeder TKR Eintypenstrategie kann eine TKR-SBR-Zweitypenstrategie mit verschiedenen SBR gegenübergestellt werden. Die Eigenschaften der Strategie in Hinsicht auf Plutoniumeffektivität bestimmen die zeitabhängigen Auswirkungen in den Kostensummen und im Natururanverbrauch. Die jährliche Diskontierung der Stromerzeugungskosten auf einen Ausgangszeitpunkt gibt der Zukunft ein schwächeres Gewicht. Die kumulierten, so gewichteten Kosten ergeben den Strategienbarwert (SBW). Solange der SBR in  $k_{SE}$  billiger ist als der TKR, stellt der SBW keine schlechte Wichtung der Reaktoreigenschaften dar, da dann bei geringen Zuwachsraten des SBR sowohl Natururanverbrauch als auch Strategienbarwert des Systems steigen. Darüber hinaus muß immer ein Vergleich von Natururanverbrauch, Strategienbarwert und spezifischen Energieerzeugungskosten vorgenommen werden.

Der Begriff der Strategie wird hier bewußt in einem Sinne verwendet, der sich vom Begriff des Modells abheben soll. Ein Modell definiert mehr oder weniger einen Kausalzusammenhang, aus dem versucht wird, die zukünftige Entwicklung vorherzusagen. Strategie soll im Sinne des Wortgebrauchs in der mathematischen Theorie der Spiele ohne Wertbeimessung eine mögliche Folge von Maßnahmen und Ge-

gebenheiten beschreiben <sup>1)</sup>. Die Zukunft soll nicht vorhergesagt werden, sondern es sollen zukünftige Maßnahmen konditional vorbereitet werden.

### 2.1.2. Ein Beispiel

Mit der angesprochenen Methode sollen drei vorgegebene fortgeschrittene Schnellbrüter (z.B. mit karbidischem Brennstoff und Natrium-Kühlung) untersucht werden <sup>2)</sup>. Es soll damit die Wirkung verschiedener Beurteilungskriterien auf die Parameterauswahl gezeigt werden. Die technischen Voraussetzungen sind dabei nur bei praktischen Optimierungsarbeiten von Belang und hier nur vollständigheitshalber angedeutet. In diesem Zusammenhang soll nur die Vielgestaltigkeit der Beurteilungskriterien und ihre mögliche Zusammenfassung andeutungsweise vermittelt werden.

Als Stableistung wurde 920 W/cm gewählt. Als Variable dient der Durchmesser des Brennstoffpellets, der auf die Brennstoffbelastung und die Brutrate Rückwirkungen hat. Das Ziel ist, den Grad des Einflusses des Pelletdurchmessers auf die Ökonomie zu erkennen. Die Eigenschaften der fortgeschrittenen Schnellbrüter mit 1000 MWe Anlagengröße und die spezifischen Energieerzeugungskosten sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

- 
- 1) Eine ausführliche Behandlung der Gedanken der Spieltheorie erfolgt in Anhang B
  - 2) K. Benndorf et. al.: Variation einiger wichtiger Reaktorparameter beim natriumgekühlten 1000 MWe Schnellen Brüter zur Untersuchung der Brennstoffkosten und des Brennstoffbedarfs, KFK-Bericht 568, Juli 1967

Tabelle 2      Einige Daten für fortgeschrittene Schnellbrüter <sup>1)</sup>

Brennstoffdurchmesser $[\bar{\text{mm}}]$	5	6.5	8
Pu-Inventar $[\bar{\text{t}}]$	1.30	1.80	2.30
Brutrate	1.34	1.50	1.56
Pu-Überschuß $[\bar{\text{kg}}/0.7 \cdot \text{GWe} \cdot \bar{\text{a}}]$	200	300	340
Brennstoffmasse Core $[\bar{\text{t}}]$	8.5	15	22
axiales Blanket	10	15	19
radiales Blanket	30	34	39
Standzeit Core $[\bar{\text{a}}]$	1.1	1.9	2.7
radiales Blanket	3.3	5.7	8.1
Fabrikationskosten $[\bar{\text{DM}}/\bar{\text{kg}}]$	340	260	230
Wiederaufarbeitungskosten $[\bar{\text{DM}}/\bar{\text{kg}}]$	180	180	180
Spezifische Kosten $[\bar{\text{DPf}}/\bar{\text{kWh}}]$ :			
Fabrikationskosten	0.17	0.13	0.11
Wiederaufarbeitungskosten	0.08	0.07	0.07
Zinskosten Plutonium	0.12	0.17	0.22
Pu-Erlös	0.12	0.16	0.19
Betriebskosten	0.12	0.12	0.12
Kapitalkosten $[\bar{\text{DM}}/\bar{\text{kWe}}]$	580	580	580
Kapitalkosten $[\bar{\text{DPf}}/\bar{\text{kWh}}]$	1.11	1.11	1.11
Gesamte Energieerzeugungskosten	1.48	1.43	1.44

1) Kostenberechnung nach Anhang C, speziell auch Formel 204



Tabelle 4 Charakteristische Vergleichsdaten von Reaktorstrategien mit verschiedenen Schnellbrütervarianten

Brennstoffdurchmesser des Schnellbrüters $[\bar{m}]$	5	6.5	8
Spaltstoffbelastung $[\bar{M}W_{th}/kg\ Sp.]$	1.9	1.4	1.0
Spezifische Kosten $[\bar{D}Pf/kWh]$ :			
Brennstoffdienste	0.25	0.19	0.18
Spaltstoffkosten	0	0.01	0.03
Brennstoffzykluskosten	0.25	0.20	0.21
Gesamtkosten	1.48	1.43	1.44
Strategienbarwert in $10^9$ DM	36.5	36.8	37.4
Natururanverbrauch im Jahr 2000 in $10^3$ t	83	106	133
Tendenz	93	133	250
Anzahl der Brüter im Jahr 2000 $[\bar{G}We]$	99	82	57
Einfache Verdopplungszeit $[\bar{a}]$	6.5	5.8	6.8

Die billigsten Energieerzeugungskosten liegen bei etwa 7 - 7.5 mm Pellettdurchmesser, also etwa 1.1 - 1.3  $MW_{th}/kg$  Spaltstoff. Geht man von dieser kurzfristigen Betrachtungsweise ab, so zeigt die Tendenz des Natururanverbrauchs, daß bei Reserveknappheit der 5 mm Typ den günstigsten Einfluß auf die Strategie hat. Jedoch schon ohne Annahmen über eine eventuelle Natururanverteuerung erweisen sich aus strategischen Gesichtspunkten die 5 mm Typen als die günstigsten. Die Anzahl der im Jahr 2000 installierten SBR ist zunächst noch kein Kriterium. Versorgungssicherheit und Stromerzeugungskosten in der Volkswirtschaft müssen zur Beurteilung herangezogen werden. Immerhin ist die mögliche Zubaurate des 5 mm Typs mit der Brennstoffbelastung von 1.9  $MW_{th}/kg$  Sp. so groß, daß trotz des kleineren Kostenvorteils gegenüber dem LWR bei dieser Strategie sowohl der Strategienbarwert wie auch der Natururanverbrauch am niedrigsten sind. Allerdings ist der Unterschied in den Strategienbarwerten nicht signifikant, während es sich bei der Betrachtung des in der Strategie notwendigen Trennbedarfs <sup>1)</sup> erweisen wird, daß der Vorteil der hohen Brennstoffbelastung signifikant ist.

1) siehe Abschnitt 4.

An diesem Beispiel konnte gezeigt werden, daß der Strategienbarwert eine Reihe von Bewertungsgrößen, wie Energieerzeugungskosten und spaltbares Inventar bereits mit enthält. Es ist aber nicht selbstverständlich, daß die Fragen der Versorgungssicherheit notwendig zu demselben Ergebnis führen. Man kann sich zum Beispiel vorstellen, daß die Verteuerung der Energieerzeugungskosten für eine hohe Brennstoffbelastung so groß wird, daß trotz aller strategischen Vorteile der Strategienbarwert wieder zunimmt <sup>1)</sup>. Trotzdem kann es sinnvoll sein, diese Strategie auszuwählen, weil die Versorgungsprobleme andere, beispielsweise politische Schwierigkeiten aufzeigen können. Die Versorgungsprobleme allein als Bewertungskriterien zu verwenden, ist aber ebenfalls nicht angemessen, weil eventuell diese Probleme weniger Nachteile mit sich bringen als hohe Kosten. Deshalb müssen beide Kriterien nebeneinander betrachtet werden. Auch die zusätzliche Betrachtung der spezifischen Energieerzeugungskosten darf nicht entfallen, weil auf einem freien Markt nur in dem Rahmen nach in die Zukunft weisenden Kriterien gehandelt wird, wie es die Konkurrenzfähigkeit für die Gegenwart erlaubt. Dieser Gedanke wird die Grundlage für die erweiterte Strategiemethode darstellen, die in Abschnitt 2.3. gebracht und in Abschnitt 4. angewandt wird.

## 2.2. Einige andere Modelle zur Kraftwerksbeurteilung

Um eine präzisere Begründung für die jeweiligen Eigenschaften der erweiterten Strategiemethode geben zu können, sollen kurz die Prinzipien einiger anderer Methoden zur Beurteilung von Kernkraftwerken dargelegt werden.

---

1) Für den Fall, daß die Zinskosten nach Anhang C, Formel 203, berechnet werden müssen, also unter der Annahme, es gäbe keine Mittel, das Excoreinventar auf 1/3 zu halten, siehe Abschnitt 2.4.2., Tabelle 11 b.

### 2.2.1. Die Optimierung einer Bedarfsperiode 1)2)3)

Während die einfache Strategiemethode einem "Wenn - Dann" -Schema <sup>4)</sup> folgt, das verschiedenen Umweltsituationen angepasst die jeweils günstigsten Maßnahmen aufzeigen soll, wobei die eigentliche Entscheidung, welches Kriterium den Ausschlag geben wird, noch nicht gefallen ist, wird im folgenden ein Modell beschrieben, in dem das rechnerische Ergebnis ein ideales Vorgehen darstellt. Demzufolge sind die für die Entscheidungen notwendigen Wichtungen verschiedener Aspekte bereits im Modell vorgenommen. Selbstverständlich können Eingangsparameter variiert werden, als Ergebnis erhält man jedoch bereits eine über eine vorgesehene Periode optimale Kernenergieentwicklung.

Vorgegeben sind neben einer nuklearen oder Gesamtenergie-Bedarfskurve eine größere Anzahl von Kernkraftwerkstypen und gegebenenfalls konventionellen Kraftwerken <sup>5)</sup>. Ferner sind Angaben über Natururanreserven notwendig, denen bestimmte Natururanpreise zugeordnet werden. Für jeden Kraftwerkstyp  $i$ , jedes Jahr  $j$  und die jeweilige Beanspruchung der Natururanreservenkategorie  $k$  lassen sich dann diskontierte Jahreskosten pro Kraftwerkseinheit  $c_{ijk}$  und die zugehörige Anzahl  $x_{ijk}$  der Einheiten definieren und zum SBW zusammenfassen:

$$SBW = \sum_{ijk} c_{ijk} \cdot x_{ijk}$$

Aufgrund der Bedarfskurve bestehen für jedes Jahr wegen der begrenzten Reserven für jede Kategorie und wegen der inneren Pu-Bindung eine Reihe von linearen Nebenbedingungen in den  $x_{ijk}$ . Weitere Restriktionen, wie die Berücksichtigung der

- 
- 1) H.Märkl: Untersuchungen über langfristige und optimale Reaktorstrategien unter Berücksichtigung des begrenzten Umfangs der Uranreserven, Nukleonik H.4, 1967
  - 2) R.Gibrat, J.Gaussens, F.Lichtenberger: Programme et economie des reacteurs rapides, III.FORATOM-Kongress, London, März 1967
  - 3) J.Gaussens, H.Paillot: Etude des Valeurs et des Prix des Plutonium à long terme, un Modele Parametre Simplific, CEA-R 2795
  - 4) H.Grümm et.al.: Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland, KFK-Bericht 366, September 1965, S.3
  - 5) Bei Verwendung der Gesamtenergiebedarfskurve und konventioneller Kraftwerke wird noch eine Bedarfslastverteilungskurve benötigt, siehe Abschnitt 2.2.2. und 2.2.3.

Lebensdauer der einzelnen Kraftwerke kommen hinzu. Dadurch läßt sich eine Minimierung des SBW über einen vorgegebenen Planungszeitraum als Problem der linearen Planungsrechnung formulieren und beispielsweise mit der Simplexmethode <sup>1)</sup> lösen.

Bei dem skizzierten Vorgehen wirkt sich eine starke Beanspruchung der Kernbrennstoffreserven über eine Uranverteuerung in den Stromerzeugungskosten aus. Je nach der Abhängigkeit der Kraftwerkstypen von diesem Uranpreis reguliert der zu optimierende Strategienbarwert die Aufteilung  $x_{ijk}$  der Typen. Dabei werden in naher Zukunft noch nachteilige Maßnahmen, sofern sie sich in der ferneren Zukunft günstig auswirken, positiv bewertet.

### 2.2.2. Die Optimierung des Kraftwerkszubaues

Ein anderes Modell <sup>2)</sup> geht in der Prognosetechnik von den Entscheidungen aus, die beispielsweise alljährlich ohne Blick auf die Zukunft anfallen. Das Hauptauswahl-Kriterium ist dabei die Kostenstruktur der Kraftwerke. Deshalb werden hier auch die konventionellen Kraftwerke mit in das Modell einbezogen und die Gesamtenergiebedarfsschätzung sowie die Jahreslastkurve <sup>3)</sup> vorgegeben, das heißt, der Prozentsatz der Kraftwerke, die nur einen bestimmten Teil des Jahres in Betrieb sind. Eine zeitliche Veränderung des Uranpreises kann vorgegeben und an den Verbrauch im Modell gekoppelt werden.

Kraftwerke haben einen fixen und einen variablen Kostenanteil. Der fixe Kostenanteil fällt immer an, gleichgültig ob das Kraftwerk in Betrieb ist oder nicht. Je größer der fixe Kostenanteil gegenüber dem variablen ist, desto notwendiger besteht die Forderung nach einer hohen Auslastung des Kraftwerks, um die fixen Kosten auf viele Kilowattstunden umlegen zu können. Konventionelle Kraftwerke haben einen großen Anteil variabler Kosten und sind deshalb im Spitzenlastbereich besonders günstig. Kernkraftwerke haben dagegen einen hohen fixen Kostenanteil

---

1) G.Danzig: Lineare Programmierung und Erweiterungen, Springer-Verlag, 1966

2) R.Harde, G.Memmert: Modelluntersuchungen über Aussichten und Konsequenzen der Verwendung von Kernenergie zur Elektrizitätserzeugung, Atomwirtschaft 4, 1966

3) Aus beiden läßt sich die zur Verfügung zu stellende elektrische Leistung (Engpaßleistung) für die einzelnen Auslastungen berechnen.

und sind deshalb im Grundlastbereich besonders günstig <sup>1)</sup>. Bei der jetzigen Kostenstruktur ist es im allgemeinen so, daß die konventionellen Kraftwerke bei einem Lastfaktor von ca. 0.3 billiger werden als die Kernkraftwerke. Ein Anteil von etwa 25 % wird dadurch dem konventionellen Bereich verbleiben. Der andere Teil von ca. 75 % stellt den Bereich dar, in den die Kernenergie vordringen kann; dieser Anteil übersteigt die vorher erwähnten Schätzungen <sup>2)</sup> weit. In dem Modell wird davon ausgegangen, daß unter den Kernkraftwerken ebenfalls Typen existieren, die jeweils in einem ganz bestimmten Lastbereich am billigsten sind. Es ergibt sich also über den Lastbereich für die verschiedenen Kraftwerke eine Kurvenschar, deren Einhüllende für jeden Lastbereich die erreichbaren Energieerzeugungskosten angibt. Aus den Lastbereichen, an denen die Lastkurven der Typen die Einhüllende tangieren, lassen sich über die Lastverteilungskurve und über die entsprechende Engpaßleistungsbedarfskurve die von jedem Typ zu installierenden GWe errechnen. Zusätzlich können eine Reihe von Restriktionen in die Kraftwerksaufteilung eingebaut werden, wie geschlossene Plutonium-Bilanz, begrenzte Zuwachsrates, Mindestlebensdauer der Kraftwerke und anderes mehr.

### 2.2.3. Diskussion der Optimierungsmodelle

Dem in diesem Kapitel beschriebenen Modell ist anzulasten, daß das so wichtige Schema der Ursache-Wirkung-Beziehungen für in der Entwicklung befindliche Kraftwerkstypen durch Optimalisierungsmechanismen überlagert und verschleiert wird. Einflüsse bestimmter Maßnahmen für ein bestimmtes Entwicklungsprodukt werden beispielsweise teilweise durch die optimalen Kriterien durch Veränderungen der anderen Typenkonstellationen kompensiert. Die Aufgabe, den Typ, der Ziel eines Projektes ist, so gut wie möglich zu entwickeln, wird dadurch erschwert. Es kann nicht der Sinn solcher Modelle sein, zu zeigen, wie Schwächen an dem Typ, der Ziel eines Projektes ist, in einer Strategie ausgeglichen werden können.

Bei beiden Modellen kommt es nicht selten vor, daß ein Typ in wenigen Einheiten auf dem Markt erscheint. Eine Betrachtung des Nutzens, den dieser Typ bringt,

---

<sup>1)</sup> P.Jansen: Die Bedeutung Schneller Brutreaktoren in einer Kernenergiewirtschaft, Zweite Reaktortagung, Essen, 5.12.1967

<sup>2)</sup> siehe Tabelle 1, Abschnitt 1.2

kann kaum den Aufwand für seine Entwicklung rechtfertigen. Da es im übrigen wahrscheinlich ist, daß sich, wie in der ersten Stufe der Reaktorentwicklung, auch in der zweiten Stufe nur wenige Typen durchsetzen werden, ist ein methodisch einfacher Vergleich wohl instruktiver. Ohne Aussagekraft ist die bei geringen Änderungen der Eingangsdaten starke Auswirkung auf die Ergebnisse <sup>1)</sup>. Das hat zur Folge, daß Typen benachteiligt werden können, die im SBW keinen signifikanten Nachteil brachten. Dies ist umso unannehbarer, als die Kriterien zur Auswahl bestimmter Entwicklungsrichtungen sehr vielschichtig sind und laufend Verschiebungen in der Wichtung einzelner Betrachtungsweisen auftreten können, für die dann das Wissen um solche Indifferenzen wichtig wäre. Mit verschiedenem Maß zu wichten, ist aber bei der automatisierten Optimierung unmöglich.

Die Auswahl der Typenanteile, abhängig von den Kosten über dem Lastfaktor, ist ein besonders unsicheres Kriterium. Solange es sich um den Vergleich von konventionellen mit Kernkraftwerken handelt, ist die Bereichsabgrenzung eindeutig, da die Kostenstrukturen sehr verschieden sind. Die variablen Kosten sind jedoch bei Kernkraftwerken alle so klein, daß unter Berücksichtigung der Unsicherheiten von Kostenangaben für Kernkraftwerke zum heutigen Zeitpunkt eine Bestimmung des Anteils bestimmter Typen in bestimmten Lastbereichen unmöglich erscheint <sup>2)</sup>.

Zur Lastkurvenoptimierung sei noch folgendes gesagt: Ein Lastfaktor von 0.3 in der geordneten Jahreslastkurve heißt nicht, daß ein Kraftwerk 105 Tage/Jahr läuft und den Rest des Jahres nicht, sondern beispielsweise, daß es täglich 7 Stunden läuft. Wenn also die verschiedenen Lastbereiche mit in die Überlegungen des optimalen Kraftwerkseinsatzes einbezogen werden, so sollte dies über eine detaillierte Tages- oder Wochenoptimierung unter Berücksichtigung der Anfahr- und Lastregelungsverhalten verschiedener Kraftwerkstypen, die ja aus technischen Gründen sehr unterschiedlich sind, geschehen. Dies sind aber schon sehr spezielle Fragen der EVU-Betriebswirtschaft, die nicht zum Fragenkomplex dieser Arbeit gehören, die sich vor allem mit der Beurteilung von Entwicklungsrichtungen von Kernkraftwerken befassen will.

---

1) Wenn dies in Sonderfällen nicht auftritt, so liegt das daran, daß wegen Pu-Knappheit der eigentliche Optimierungsmechanismus nicht zur Wirkung kommt, also die Restriktion: geschlossener Pu-Markt dominiert.

2) P.Jansen: Die Bedeutung Schneller Brutreaktoren in einer Kernenergiewirtschaft, Zweite Reaktortagung, Essen, 5.12.1967

### 2.3. Theoretische Grundlagen für eine Systemanalyse der Einführung der Kernenergie

Das Ziel dieser Arbeit ist, Entscheidungshilfen für die Planung der Entwicklung von Schnellen Brütern, wie auch von anderen Kernkraftwerken und die damit verbundenen Probleme zu bieten. Daher sollen folgende Aspekte Berücksichtigung finden:

- Die Zusammenhänge von Ursachen und Wirkungen sollen so klar wie möglich erkennbar sein.
- Je nach der Fragestellung sollen vereinfachte oder ins Detail gehende Zusammenhänge studiert werden können.
- In jedem Fall soll die Anwendung der Methoden einfach und schnell möglich sein.
- Der Charakter von Hilfestellungen und nicht von Anweisungen soll erhalten bleiben.

Speziell sollen folgende Fragestellungen unter den vorgenannten Aspekten untersucht werden können:

- Die Kostenstruktur der Kernkraftwerke und ihr Einfluß auf die Konkurrenzsituation.
- Die Implikationen in einer wachsenden Kernenergiewirtschaft durch die Einführung bestimmter Typenkombinationen.
- Die Entwicklung des Plutoniumpreises.
- Optimierungskriterien für Kernkraftwerke aus betriebs- und volkswirtschaftlicher Sicht.
- Die volkswirtschaftliche Förderungswürdigkeit bestimmter Projekte.

Weil einige der Methoden zur Beantwortung der angegebenen Fragen besonders aufgrund der aufgezeigten Aspekte nicht selbstverständlich sind, diese aber bedeutend für die Zielsetzung der Arbeit sind, soll eine Reihe grundsätzlicher Überlegungen vorweggenommen werden.

### 2.3.1. Grundgedanke der Spieltheorie

Die mathematische Theorie der Spiele <sup>1)</sup> beschreibt Verhaltensweisen, in denen die Spieler vom Verhalten der anderen Spieler abhängen, aber nicht notwendig die gleichen Interessen haben, jeder aber seinen eigenen Gewinn maximieren möchte. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Gesamtgewinne sowie Einzelpositionen für alle Realisationen von Verhaltenskombinationen quantifiziert sind. In der Regel wird optimale Strategie <sup>2),4)</sup> eine Vorschriftsfolge von Verhaltensweisen genannt, die dem Spieler den größtmöglichen Mindestgewinn sichert, Rationalität aller Spieler vorausgesetzt. In der optimalen Strategie sind also alle möglichen Gegenstrategien der Gegner berücksichtigt <sup>5)</sup>. Im allgemeinen Fall gibt die Spieltheorie also Anleitung zu rationalem Vorgehen, sagt aber nicht die Zukunft voraus.

#### 2.3.1.1. Zusammenhänge mit der Entwicklungsplanung

Mit einer Abschätzung der Einsparungen in den Stromerzeugungskosten durch die Einführung der Kernenergie, beispielsweise mit Hilfe einer geeigneten Berechnung der Strategienbarwerte, geht immer ein Impuls auf die Entwicklung selbst einher, da diese Abschätzung in Zusammenhang mit der Entwicklung eines entsprechenden Reaktorprojektes vorgenommen wird. Es ist deshalb wichtig, solche Abschätzungen richtig zu bewerten. Sie stellen keine Modelle der Zukunft dar und sind möglicherweise schlechte Prognosen. Aber aus den Ausführungen zur Spieltheorie <sup>3)</sup> wird deutlich geworden sein, was gemeint ist, wenn diese Abschätzungen Strategien genannt werden, und welchen Charakter optimale Strategien haben. Es ist nicht in traditionell mathematisch-physikalischer Weise ein kausaler Zusammenhang zwischen dem Beobachtungszeitpunkt und dem Projektziel oder der zukünftigen ökonomischen Einsatzmöglichkeit eines neuen Reaktortyps herstellbar.

- 
- 1) Eine ausführlichere Darstellung der formalen Züge der Spieltheorie wird in Anhang B dargelegt.
  - 2) Strategie ist eine Abbildung aus der Menge der möglichen Informationen, die ein Spieler zu irgendeinem Zeitpunkt des Spieles haben kann, in die Menge der erlaubten Spielzüge.
  - 3) siehe besonders Anhang B, Spieltheorie und Wirtschaftswissenschaften
  - 4) "optimal" ist natürlich ein relativer Begriff. Beispielsweise kann risikofreudiges Vorgehen begrüßt oder verabscheut werden. Für die Intention dieser Arbeit ist der Begriff optimal jedoch genügend definiert und entspricht risikoarmem Verhalten in Zweipersonen-Nullsummenspielen.<sup>3)</sup>
  - 5) Dies entspricht also dem "Wenn-Dann"-Schema nach KFK-Bericht 366 (siehe Abschnitt 2.2.1. dieser Arbeit).

Es entspricht Ausnahmefällen, wenn - meist durch Zwang - alle Randbedingungen und Ergebnisse entsprechend einer Prognose, in der gar noch optimiert wurde, eintreten. Vielmehr muß man sich bewußt machen, daß eine Strategie nicht die Verhaltensweise, sondern den Reaktionsablauf genau festlegt. Damit verbundene mögliche Alternativen sind spezifisch für die Abläufe in Forschungsprojekten. Das einzige, was vorgegeben ist, ist ein grobes Ziel, zum Beispiel einen ökonomischen Reaktor zu entwickeln. Details können sich unter diesem Ziel ändern. Die ganze Aussagekraft von Abschätzungen des Nutzens des Projektproduktes hat finalen Charakter, ist auf das Ziel hin bezogen, weshalb die Abschätzungen laufend neu zu vollziehen sind. Die Parallelen zur Problemlage in der Spieltheorie und ihrer Lösungsansätze liegen auf der Hand. Es soll im folgenden nicht allgemein von Planung gesprochen werden, aber doch soviel gesagt werden, daß ihre Bedeutung im Rahmen eines Projektes, wie zum Beispiel das der Entwicklung von Schnellen Brütern, sichtbar wird oder besser gesagt, das sichtbar werde, was man von ihr erwarten darf und was nicht. Entsprechend sind die Auswertungen der Nutzenanalysen vorzunehmen. Das Folgende beleuchtet deshalb nochmals das Wesen des Vorschlages zu einer vergleichenden Kraftwerksbewertung dieser Arbeit.

Unter Planung in einem Projekt ist natürlich weit mehr zu verstehen als nur die Gebiete, die in dieser Arbeit behandelt werden. Vielleicht ist es aber erlaubt, die Planung in zwei wichtige Gruppen zu zerlegen. Beiden voran geht die Zielausrichtung, zum Beispiel der Bau eines konkurrenzfähigen Kernkraftwerkes. Die eine Gruppe betrifft die Teilzielfindung, die andere die Arbeitsabwicklung. Die Arbeitsabwicklung, die sich in komplexen Netzplänen darstellen läßt, zerfällt, wenn sie von Anfang bis Ende im Detail durchgeplant ist, in substituierbare Unterpläne. An sich ist die zweite Art eine überblickbare Angelegenheit, so kompliziert sie ist. In einem Forschungsprojekt, mit dem man es hier zu tun hat, ist die Weichenstellung, die den einen oder den anderen Weg zu gehen zwingt, oft erst abhängig von den Ergebnissen der Vorarbeiten. Die erste Art der Planung überlagert also maßgeblich die zweite. Während die letztere unter deterministischen Restriktionen zu optimieren hat, hat erstere zu optimieren unter Berücksichtigung von Wahrscheinlichkeiten mit denen alternative Projektabläufe notwendig würden.

Um eine angemessene Lösung des Problems der Bestimmung rationalen Verhaltens zu erhalten, wenn das Verhalten anderer mit Wahrscheinlichkeit verbunden ist, wird

versucht, dieses Problem im Sinne der Spieltheorie zu behandeln <sup>1)</sup>. In einem Spiel kontrolliert jedes Subjekt nur einige Variablen, die zusammen das Ergebnis eines Prozesses bestimmen, an dem die Spieler verschiedenes Interesse haben können. Dadurch ergibt sich das Konzept des strategischen Verhaltens, das eine Aussage darüber macht, wie jeder Teilnehmer seine eigene Antwort auf jede denkbare Verhaltensweise seiner Partner bestimmt, um sein Ziel zu erreichen. Man kann unter einem Spiel im weiteren Sinne ein objektives Entscheidungsverfahren zwischen mehreren Spielern verstehen, wobei die Spielregeln den Rahmen des Entscheidungsverfahrens bilden. Wissenschaftliche Erkenntnis kann als Ergebnis eines Spiels der Menschen gegen die Natur aufgefaßt werden. Wissenschaftliche Erkenntnis kann aber nur auf Theorien abgebildete Erfahrung sein. Unter Strategien wären dann die jeweils wissenschaftlichen Methoden zu verstehen. Vom Standpunkt der Spieltheorie aus wird ein Spiel nicht absolut gewonnen, sondern es sind Verhaltensweisen zu finden, die optimale Lösungen ergeben. Optimal heißt hier nicht mehr, als daß es für ein fortwährend neu zu spielendes Spiel brauchbare Erkenntnisse gibt. Optimal heißt nicht, es gäbe ein für alle Zeiten gültiges sicheres Wissen. Das liegt schon in der Definition von Strategie begründet. <sup>2)</sup>

#### 2.3.1.2. Systemanalyse als Entscheidungshilfe

Was hier im folgenden besonders interessieren soll, ist die genannte erste Stufe der Planung, also die Weichenstellung. Bei einem Entwicklungsprojekt wie dem Projekt Schneller Brüter, kann prinzipiell das Ergebnis einer bestimmten Projektphase nicht vorher bestimmt werden. Trotzdem soll die Weichenstellung auf das Ziel hin vollzogen werden. Soll sie nicht einfach einem Zufallsprozeß unterworfen werden, sondern durch ein pragmatisches Abtasten der Möglichkeiten von Mal zu Mal einen positiven Prozeßablauf ermöglichen, dann muß die Weichenstellung durch einen Entscheidungsprozeß herbeigeführt werden, der durch gedankliche Vorwegnahme der Alternativen die dem Ziel zuträglichste bestimmt. Dazu ge-

---

1) Dieser Absatz ist an die Ausführungen von W.Leinfeller angelehnt:  
W.Leinfeller: Einführung in die Erkenntnis und Wissenschaftstheorie,  
BI-Hochschultaschenbuch 41/41a, S.16

2) siehe Seite 2 - 14, Fußnote 2

hört also Planung im Sinne der Auswertung erstellter Prognosen. Da eine Vorwegnahme wissenschaftlicher Ergebnisse, die erst entstehen müssen, unmöglich ist, kann nur die Struktur erkannt und daraus Folgerungen für die Zukunft gezogen werden. Eine in diesem Sinne vorbereitete Weichenstellung kann rationale Entscheidung genannt werden. Wesentlich für den Entscheidungsakt sind hier also zwei Dinge:

- Die Weichenstellung erfolgt nicht zufällig, sondern aufgrund rationaler Kriterien,
- die Projektsituation im Entscheidungspunkt läßt einen kausal eindeutigen Zusammenhang von Vor- und Folgetätigkeiten vermissen und ist geprägt durch den finalen Charakter der Zielbezogenheit aller Maßnahmen im Projektablauf <sup>1)</sup>

Jene erste Art der Planung, von der die Rede war, die Teilzielfindung, kann also als Entscheidungsverfahren betrachtet werden, indem der Entscheidungsakt durch die Bestimmung der optimalen Strategie festgelegt wird. Es folgen dann nuremehr die Züge des Spielers. In diesem Sinne werden die in dieser Arbeit dargelegten Methoden in ihrer Anwendung Spiel genannt und der Begriff Strategien verwendet. Damit sollen aber gleichzeitig die Grenzen der Methoden sichtbar werden, wenn sie als Entscheidungshilfen Verwendung finden. Sie können, wie schon betont, keine Vorhersage machen. Sie können aber im zeitlichen Ablauf des Projektes rationales Verhalten ermöglichen. Das schließt nicht aus, daß wegen der Unklarheiten über alle darauffolgenden Zugfolgen nachträglich gesehen die Entwicklung anders hätte besser verlaufen können. Bei dem ganzen Vorgehen müssen also die Unsicherheiten aller über die Gegenwart hinausgehenden Annahmen im Auge behalten werden.

Dieses Problem verschärft sich, wenn man mit dem Planungsziel eine Stufe höher geht und zum Beispiel aus dem Wunsch einer optimalen Energieversorgung die Wahl des richtigen Kraftwerksentwicklungsprojektes ableiten will. Strategienvergleiche in diesem Sinne können nur qualitative Argumente liefern, Möglichkeiten aufzeigen und grobe Fehlentwicklungen vermeiden helfen. Eine aufgrund quantitativer Beurteilungen mögliche Präferenz bestimmter größenordnungsmäßig gleichguter Kraftwerke besteht vor Abschluß einer Entwicklung nicht. Also werden die hier

---

<sup>1)</sup> Diese Gedanken wurden in Diskussionen mit E.Hirsch präzisiert.

dargelegten Methoden vor allem für die Projektleitung eines Projektes zu dessen Steuerung nützlich sein. Es soll also aus der Menge der Strategien, die nach 2.1. erstellt sind, die optimale Strategie bezüglich verschiedener Kriterien gefunden werden. Dabei ist zu betonen, daß Optimalität nur die augenblicklich günstigste Vorgehensweise beschreibt und alle nicht zur eigenen Partei gehörigen Variablen als nicht eindeutig fixiert annimmt. Unter Partei ist dann beispielsweise die Seite der SBR gemeint, die sich mit mehreren TKR ökonomisch auseinandersetzen muß und nicht den für sie optimalen Partner herausfinden kann. Wesentlich ist es dabei, einerseits das Vorgehen des Partners zu ergründen, andererseits das eigene Vorgehen so zu gestalten, daß Änderungen der Umweltbedingungen keine nachhaltigen negativen Auswirkungen auf die eigene Strategiewahl haben.

### 2.3.2. Die Normstrategien als systemanalytisches Handwerkszeug

Es ist wichtig, wenn Systemanalysen im spieltheoretischen Sinn vorgenommen werden, möglichst viele Variable, die man selbst nicht kontrolliert, durch Variation auf ihre Auswirkung auf die eigene Position zu untersuchen. Dies ist dann besonders leicht möglich, wenn die Ergebnisse mathematisch programmierter Modelle so durchsichtig und einfach sind, daß man ohne Anstrengung diese Variationen anbringen kann. Dies soll nun anhand der Reaktorstrategien gezeigt werden. Zu den wesentlichen Variablen, die leicht zu variieren sein sollen, gehören folgende:

- Die Eigenschaften eines Konverters, der als Grundtyp bezeichnet werden soll,
- die Eigenschaften eines verbesserten Konverters, der von einem beliebigen Zeitpunkt ab einsatzbereit ist,
- die Eigenschaften und der Einsatzzeitpunkt von Schnellen Brütern,
- die Kernenergiebedarfsschätzungen und
- die Diskontrate.

Der grundsätzliche Aufbau der Strategien folgt den Angaben in 2.1.

### 2.3.2.1. Normkurven

Die Kernenergiebedarfsschätzungen gehen sehr weit auseinander. Für die BRD variieren die Angaben für das Jahr 2000 von 80 - 200 GWe <sup>1)2)3)</sup> und sie schwanken in ihren Zubauraten etwa zwischen einer kubischen und einer linearen Kurvenform <sup>4)</sup>. Interessant ist zu vermerken, daß als Ergebnis von Lastkurvenoptimierungen <sup>3)5)</sup> der Anteil der Kernenergie an der gesamten installierten elektrischen Leistung unter ökonomischen Bedingungen und Berücksichtigung der Lebensdauer aller Kraftwerke einem linearen Zubau folgt und etwa im Jahr 2000 einen Gleichgewichtsanteil von 70-80 % erreicht hat <sup>4)</sup>. Die seit zwei Jahren anhaltende Bestellung von LWR in den USA folgt ebenfalls einer nahezu linearen Kurve <sup>4)6)7)</sup>. Alle sonstigen Prognosen hingegen liegen mehr bei der kubischen Kurvenform, jedoch gehen neuere Schätzungen auch hier von ca. 75 % Kernenergieanteil für das Jahr 2000 aus <sup>2)</sup>.

Um bei der Bedarfskurve eine Variabilität zu ermöglichen, werden alle Strategieberechnungen einschließlich Kosten und Massenbilanzen für zwei Normkurven gerechnet, d.h. für das Jahr 2000 werden 100 GWe eingesetzt und von 1970 mit 1 GWe beginnend ~~einmal eine kubische zum anderen eine lineare Verbindungskurve~~ angenommen. Alle Untersuchungen werden grundsätzlich für diese beiden Möglichkeiten der Bedarfsentwicklung durchgerechnet:

- 
- 1) H.Grümm et.al.: Ergänzendes Material zum Bericht "Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland", KFK-Bericht 466, Sept.1966
  - 2) H.Mandel: Die Kernenergie an der Schwelle zur wirtschaftlichen Nutzung, Deutscher Industrie- und Handelstag, 1967
  - 3) A.Böttcher, H.Krämer, K.Wagemann: Voraussichtlicher Bedarf an Trennarbeit für Uran in der BRD, Atomwirtschaft, Mai 1968
  - 4) J.Seetzen, D.Schade: interner Bericht
  - 5) H.Märkl: Untersuchungen über langfristige und optimierte Reaktorstrategien unter Berücksichtigung des begrenzten Umfangs der Uranreserven, Nukleonik, Heft 4, 1967
  - 6) D.Gupta, P.Jansen, J.Seetzen: Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zur Entwicklung Schneller Brutreaktoren, Chemie-Ingenieur-Technik, Heft 9/10, 1968
  - 7) Ein momentan leichter Rückgang ist vor allen Dingen auf Kapazitätsschwierigkeiten der Reaktorindustrie zurückzuführen.

Tabelle 5

## Normkurven

J a h r	GWe	
	kubisch	linear
1970	1	
1975	6	- 18
1980	13	- 35
1985	24	- 51
1990	42	- 67
1995	67	- 84
2000	100	

Multipliziert man die Ergebnisse mit den tatsächlich im Jahr 2000 angenommenen Werten, so erhält man mit großer Genauigkeit die der entsprechenden Bedarfskurve zugeordneten Werte. Die Aufteilung von Konvertern und Brütern, die Kosten und Massenbilanzen sind für die Kurvenformen

$$a t^3 \quad \text{und} \quad a t \quad (1)$$

a = Konstante

t = Zeit

für verschiedene a ähnlich und folglich als obere und untere Grenzen für beliebige Marktgrößen verwendbar. Diese Kurven können mit einem einfachen Faktor versehen, zum Beispiel die Entwicklung für ein autonomes EVU darstellen, oder für die BRD, die EWG oder die USA. Viele Aussagen sind schon an den Normstrategien selbst möglich.

Die Normstrategien sind für den Kraftwerkvollastbetrieb berechnet. Im Umrechnungsfaktor für reale Verhältnisse muß dieser Umstand berücksichtigt werden. Die Ungenauigkeit durch Verwendung der Normstrategien und eines Multiplikationsfaktors liegt unter 3 % und rührt von der je nach dem Multiplikationsfaktor verschiedenen Einheitsgröße der Kraftwerkszubauten her. In den Normstrategien werden 1 GWe Einheiten zugebaut. Dieser Fehler ist unbedeutend gegenüber den allgemeinen Ungenauigkeiten, bringt aber den Vorteil, daß sich die Vergleiche von Kernkraftwerkentwicklungen hierdurch wesentlich vereinfachen und vor allem auch für jeweils neue Fragestellungen schnell ermöglichen lassen.

### 2.3.2.2. Normbilanzen

Nicht nur die Bedarfskurven werden bei diesem Vorgehen normiert, um schnell die Auswertungen verschiedener Annahmen ersehen zu können, sondern auch die Massen- und Kostenbilanzen.

Eine Normierung der Massenbilanzen für Plutonium ist allerdings nicht ohne weiteres möglich, weil die Plutonium-Bilanz die spezifischen Eigenschaften der Strategien (Verteilung von TKR und SBR) bestimmt. Um auch hier das Vorgehen zu verallgemeinern, werden Normwerte in ausreichend engen Schritten für verschiedene Parameterkombinationen berechnet und zu einem Strategienbuch zusammengefaßt <sup>1)</sup>. Zu diesen kombinierten Parametern gehören

der Plutoniumüberschuß des verbesserten Konverters,  
die Plutoniumverzögerungszeit des verbesserten Konverters,  
das Plutoniuminventar des Brüters und  
der Plutoniumüberschuß des Brüters.

Ferner kann variiert werden

der Plutoniumüberschuß des Grundtyp-Konverters,  
die Plutoniumverzögerungszeit des Brüters,  
der gemeinsame Einsatzzeitpunkt des Brüters und  
des verbesserten Konverters.

Der Plutoniumüberschuß des Grundtyps kann etwas allgemeiner auch als äußere Plutoniumquelle betrachtet werden.

Zur Berechnung der übrigen Massenbilanzen werden in 5-Jahresschritten der jährliche Zuwachs (GWe/a), die Installation (GWe) und die kumulierte erzeugte Energie (GWe·a) für Grundtyp, Konverter und Brüter getrennt angegeben. Es können damit unmittelbar die Auswirkungen von Änderungen irgendwelcher Parameter auf zum Beispiel den Trennbedarf studiert werden.

Zusätzliche Eingabe von weiteren spezifischen Eigenschaften der Konverter und Brüter z.B. der Durchsatz durch die Brennelementfabrikationsanlagen, der Natururanverbrauch oder der Trennbedarf ermöglicht auch die direkte Berechnung der Massenbilanzen, die jetzt nur noch in Bezug auf die Bedarfskurve normiert sind <sup>2)</sup>.

1) Der Anhang E, speziell E 5., gibt hierfür Beispiele. Eine Beschreibung der Ausdrücke befindet sich in Anhang D.  
2) siehe Anhang F.

Die Kostenbilanzen werden für die Einheitskosten der Stromerzeugung, also 1 DPf/kWh für 0 bis 20 % Diskontsatz in Schritten von 4 % für Grundtyp, Konverter und Brüter getrennt berechnet, wodurch sich durch einfache Multiplikation mit den tatsächlichen Stromerzeugungskosten die Normkurvenbilanzen ergeben. Durch Eingabe der tatsächlichen Kosten der Reaktortypen erfolgt diese Berechnung automatisch <sup>1)</sup>.

### 2.3.2.3. Spezielle Möglichkeiten

Die Allgemeingültigkeit dieses normierten Vorgehens ermöglicht die Errechnung weiterer interessanter Größen. Über die Normkosten läßt sich z.B. angeben, wieviel ein Kraftwerk billiger sein muß als ein Konkurrent, um einen Entwicklungsaufwand von z.B. einer Milliarde DM zu amortisieren. Die Antwort ist abhängig vom geforderten Diskontsatz und der Amortisationszeit. Bei gegebenen Anforderungen und für tatsächliche Kostendifferenzen und Bedarfskurven lassen sich so durch Multiplikation mit Faktoren bei den Kostendifferenzen auf diese Weise für Typenvergleiche auch Amortisationszeiten oder Renditen bestimmen.

Es ist mit diesen Normstrategien also möglich, unter Beibehaltung der Durchsichtigkeit von Ursache-Wirkung-Beziehungen schnell Aufwand-Nutzen-Betrachtungen, Massenbilanzen, wie Natururanverbrauch und Trennanlagenbelastung sowie Empfindlichkeiten auf Veränderungen der Eigenschaften von Brütern oder Konvertern abhängig von Bedarfsschätzungen, Diskontsätzen oder Kostenannahmen gegeneinander abzuwägen und unter Einbeziehung komplexer wirtschaftspolitischer Aspekte zu einer Schlußfolgerung zu kommen. Im allgemeinen sind keine gesonderten Rechnungen mehr nötig, sondern ein Normstrategienbuch <sup>2)</sup> ermöglicht schnellen Einblick und gibt im voraus ein Gefühl für die Wichtigkeit verschiedener Einflußgrößen.

---

1) siehe Anhang F

2) siehe eine Auswahl in Anhang E und F

#### 2.4. Einige Ergebnisse aus Normstrategien bezüglich der Schnellen Brüter

Einige interessante Ergebnisse aus den Normstrategien sollen im Hinblick auf die Optimierung der Schnellen Brüter in diesem Abschnitt diskutiert werden. In Abschnitt 4 wird in ausführlicher Weise mit diesen Methoden das Problem einer europäischen Urananreicherungsanlage behandelt werden, wodurch eine Reihe weiterer Ergebnisse herausgearbeitet werden, wie beispielsweise der Einfluß der Form der Bedarfskurve oder des Einsatzzeitpunktes der Schnellen Brüter auf Kosten, Trennanlagen u.a.m. Die hier folgenden Beispiele vertiefen jedoch bereits das Verständnis des vorgeschlagenen Modells und verbessern den gedanklichen Grundstock für die weitreichenden Aussagen in Kapitel 4.

Für Hochrechnungen der Normkurvenenergebnisse auf die tatsächlichen Werte für einzelne Staaten und Staatengemeinschaften wurden die recht zuverlässigen Schätzungen für den gesamten elektrischen Energiebedarf in den einzelnen Ländern als Ausgangsbasis genommen <sup>1)2)3)</sup>.

Tabelle 6                      Geschätzter elektrischer Energiebedarf für das Jahr 2000

	TWh	
BRD	1000	- 1200
EWG	3000	- 4000
USA	4500	- 7000

Die Schätzungen des Anteils der Kernenergie variieren in weiten Bereichen <sup>4)</sup>. Ein Teil der Variationen kann durch die beiden Kurvenformen, kubische oder lineare Zuwachsrate, abgedeckt werden. Ein anderer Teil kann durch die Annahmen einer verschiedenen hohen installierten Leistung für das Jahr 2000 abgedeckt

- 
- 1) H.Grümm et.al.: Ergänzendes Material zum Bericht "Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland", KFK-Bericht 466, Sept.1966
  - 2) H.Mandel: Die Kernenergie an der Schwelle zur wirtschaftlichen Nutzung, Deutscher Industrie- und Handelstag, 1967
  - 3) Esso Energieblatt
  - 4) siehe Abschnitt 2.3.2.1.

werden. Hier soll als plausible Annahme davon ausgegangen werden, daß im Jahr 2000 70-80 % der elektrischen Gesamtenergieerzeugung nuklear erzeugt wird, was einem Gleichgewichtszustand aus ökonomischen Gründen zwischen konventionellen und nuklearen Kraftwerken entspricht. Als Arbeitsgrundlage wird dementsprechend verwendet

Tabelle 7 Nukleare installierte elektrische Leistung im Jahr 2000

	GWe
BRD	200
EWG	600
USA	1200
Westliche Welt	2500

Diesen Werten wird ein mittlerer Lastfaktor für Kernenergie von ca. 0.7 zugrundegelegt. Entsprechend sind die spezifischen Daten für Massendurchsätze pro Jahr und DPF/kWh bei der Auswirkung der Normstrategien für einen Lastfaktor von 0.7 zu berechnen. Da sich die Kostenangaben nicht auf die installierte Leistung beziehen, sondern auf die erzeugte Energie, folgen nun zweierlei Multiplikationsfaktoren zum Angleich der Normergebnisse an die tatsächlichen Gegebenheiten.

Tabelle 8 Multiplikationsfaktoren für Normstrategien

	für Massenbilanzen	für Kostenbilanzen
BRD	2	1.4
EWG	6	4.2
USA	12	8.4
Westliche Welt	25	17.5

Die Darstellung der Vorgehensweise im einzelnen ist in Anhang D gegeben.

### 2.4.1. Bedeutung des Plutonium-Inventars

Wenn zum Vergleich von Reaktoren außer Kostenbetrachtungen auch strategische Betrachtungen herangezogen werden, so spielt die Verdopplungszeit immer eine wesentliche Rolle. Es gibt verschiedene Definitionen der Verdopplungszeit, für die Überlegungen hier reicht es aus, die einfachste Definition zugrunde zu legen:

$$t_D = \frac{M_{Pu}}{dPu} \quad (2)$$

dabei ist

$$\begin{aligned} M_{Pu} &= \text{Inventar an spaltbarem Plutonium} \\ dPu &= \text{jährlicher Plutoniumüberschuß} \end{aligned}$$

Mißt man die Güte eines Brütters an seiner Verdopplungszeit, so haben also Brutgewinn und Spaltstoffinventar dasselbe Gewicht. Dies ist aus zwei Gründen nicht vertretbar.

Erstens hat der Brutgewinn in den spezifischen Energieerzeugungskosten wegen der Diskontierung von zeitlich später auftretenden Erlösen auf den Vergleichszeitpunkt zu Beginn der Reaktorlebensdauer ein geringeres Gewicht, verglichen mit dem Erstinventar. Außerdem ist der Abbrand bezogen auf die spaltbaren Kerne nicht 100 %, so daß immer eine Überschussmenge  $M_{Pu}$  vorhanden ist, die dem Zähler in Gl.2 ein höheres Gewicht gibt. Nach Anhang C gilt näherungsweise

$$k_{Pu} = 0.095 M_{Pu} - 0.33 (0.99 \cdot BR - 1.01) \quad (3)$$

dabei ist

$$\begin{aligned} BR &= \text{Brutrate} \\ k_{Pu} &= \text{Plutoniumbilanz in DPf/kWh} \end{aligned}$$

Nach Gl.2 gleicht eine Verdopplung von BR-1 (äquivalent einer Verdopplung von dPu) eine Verdopplung von  $M_{Pu}$  aus. Nach Gl.3 hat der Brutgewinn jedoch kostenmäßig nur ca. 1/3 des Gewichtes vom Spaltstoffinventar, wenn  $M_{Pu}$  in der Gegend von 2-3 t/GWe und BR-1 um 0.2 - 0.3 liegt. Bei Hochleistungsbrütern kann das Gewicht des Brutgewinns auf die Hälfte des Gewichtes der kritischen Masse steigen. Bei unveränderter Verdopplungszeit ist also kleines Spaltstoffinventar ei-

nem großen vorzuziehen <sup>1)</sup>.

Zweitens spielt in allen strategischen Betrachtungen das Spaltstoffinventar eine dominierende Rolle <sup>2)</sup>. In dem sinnvollerweise zu betrachtenden Zeitraum von 1980 - 2000 kommt in LWR-SBR-Strategien für die Mehrzahl der zu installierenden Brüter das Plutonium aus den LWR. Nur ein geringer Anteil kann durch Plutonium aus Brütern selbst zugebaut werden <sup>3)</sup>. Dies zeigt Tabelle 9. Hier wurde das Spaltstoffinventar bei gleichbleibender Verdopplungszeit verändert. Noch geringer ist natürlich der Anteil der Energie, die zwischen 1980 und 2000 aus Brütern, die durch Brüter entstanden, erzeugt werden kann. Die Bilanzen für den Natururanverbrauch der Konverter von 1970 - 2000 weisen dies aus. Bei Halbierung der Verdopplungszeit durch Erhöhung der Bruterate ist die Reduzierung des Verbrauchs wesentlich geringer, als bei Halbierung der Verdopplungszeit durch Halbierung des Spaltstoffinventars. Bei Kostenbetrachtungen für Strategien schließlich ist der Einfluß der Bruterate noch unbedeutender, weil der Zubau an Brütern aus Brütern erst mit zunehmender Zeit größer wird, und diese durch Diskontierung immer weniger bewertet wird.

Die Auswirkung des Spaltstoffinventars in den spezifischen Energieerzeugungskosten und in den Strategien zusammengenommen ist also ein Faktor, gegen den die Bruterate fast vernachlässigt werden kann. Bruterate und Verdopplungszeit sind daher kein geeignetes Maß für die Bewertung von Brüterkonzepten. Vielmehr haben Spaltstoffinventar und spezifische Energieerzeugungskosten ein wesentliches und gleichstarkes Gewicht. Zur Beurteilung des Nutzens des Brütereinsatzes sind sowohl der Kostenvorteil als auch die Frage, wie oft dieser Kostenvorteil zur Wirkung kommt, bedeutend. Das kann dazu führen, daß ein großer Vorteil im Spaltstoffinventar ein Gesamtvorteil bleibt, auch wenn dabei zum Beispiel aus Gründen höherer Brennelementfabrikationskosten (5 mm Pelletdurchmesser statt 6.5 mm) die spezifischen Energieerzeugungskosten steigen.

- 
- 1) Tatsächlich bleibt bei Variationen der Brennstoffbelastung die Verdopplungszeit in erster Näherung konstant. Siehe dazu K.Benndorf et.al.: Variation einiger wichtiger Reaktorparameter...., KFK-Bericht 568, Juli 1967
  - 2) Zugehörige Normbilanzen in Anhang E 5.
  - 3) Eine analytische Skizze dieses Sachverhalts erfolgt in Anhang C

Tabelle 9 Zur Bewertung des Spaltstoffinventars <sup>1)</sup>

$M_{Pu}$	dPu	$t_D$	$k_{Pu}$	$n_{SBR}$	$U_{nat}$	BW
3.0	0.15	20	0.23	54	252	96.1
				90	298	174
3.0	0.30	10	0.15	66(0)	240	95.5
				100(36)	286	173
1.5	0.15	10	0.08	116(0)	174	93.0
				126(63)	232	169
1.5	0.30	5	0.0	146(33)	138	90.5
				128(141)	126	166

Es bedeuten

- $M_{Pu}$  = im Reaktor gebundenes Spaltstoffinventar  $[\bar{t}/GWe]$   
 (im System ist  $4/3 M_{Pu}$  gebunden)  
 $dPu$  = Plutonium-Ausstoß  $[\bar{t}/GWe \cdot a]$   
 $t_D$  = Verdopplungszeit  $[\bar{a}]$   
 $k_{Pu}$  = Kosten der Plutoniumbilanz  $[\bar{DPf}/kWh]$   
 $n_{SBR}$  = Anzahl der SBR im Jahr 2000  
 $U_{nat}$  = Kumulierter Natururanverbrauch im Jahr 2000  $[\bar{10}^3 t]$   
 $BW$  = Kosten-Barwert im Jahr 2000  $[\bar{10}^9 DM]$

#### 2.4.2. Die Optimierung des Brennstoffpellettdurchmessers beim Schnellen Brüter

In Abschnitt 2.1.2., Tabelle 2, sind drei Varianten von SBR mit karbidischem Brennstoff gezeigt, die sich im Pellettdurchmesser unterscheiden. Für die strategischen Rechnungen mit diesen Reaktoren nach Anhang E 5. werden folgende Aus-

1) Für LWR werden 1.75 DPf/kWh verwendet, für SBR 1.40 DPf/kWh Grundkosten und die Plutoniumkosten nach  $0.1 \cdot M_{Pu} - 0.5 \cdot dPu$  zugeschlagen. Die Strategienangaben gelten für die BRD. Der Diskontsatz ist 8 %/a und der SBW wird auf 1980 bezogen. Die zweite Zeile ist jeweils für die lineare Bedarfsschätzung. Der Plutoniumüberschuß an t im Jahr 2000 ist in Klammern mit angegeben.

gangsdaten verwendet, wobei Verluste und Reserveelemente sowie Unsicherheiten in den Berechnungen der Konzepte mit einkalkuliert sind:

Tabelle 10                      Daten für Hochleistungsbrüter

Pelletdurchmesser $\bar{d}_{mm}$	5	6.5	8
Stableistung $\bar{W}/cm$	920	920	920
Erstcorebedarf Pu in $\bar{t}$	1.5	2.0	2.5
Plutoniumüberschuß in $\bar{kg/a}$	200	300	350
Spezifische Gesamtenergieerzeugungskosten <sup>1)</sup> $\bar{DPf}/kWh$	1.48	1.43	1.44

Ein Vergleich der Strategienbarwerte ergibt folgende Präferenz:

Tabelle 11                      Strategienbarwerte für Hochleistungsbrüter

Pelletdurchmesser $\bar{d}_{mm}$	5	6.5	8
Strategienbarwert $\bar{10}^9 DM$			
kubische Kurve	92.5	92.9	93.8
lineare Kurve	168	168	170

Für den relativen Vergleich der drei Konzepte ist der schon im vorhergehenden Kapitel dargelegte strategisch begründete Trend zu kleinen kritischen Massen offensichtlich. Von dem Vorteil einer kleinen kritischen Masse für den Natururanverbrauch und den Bedarf an Trennkapazität soll hier nicht gesprochen werden. Dies geschieht in Abschnitt 2.1.2., 2.4.1., 2.4.4 und 4.1.3.1.

Berechnet man die Zinskosten unter Berücksichtigung des Excorebedarfs bei äusseren Zyklenzeiten von 0.75 Jahren <sup>2)</sup>, so sind die Reaktorkonzepte mit kurzen

1) Berechnet mit  $\frac{t_o + t_i}{t_i} = 1.33$  (siehe Anhang C, Gl.204). Begründung siehe Abschnitt 2.4.4., <sup>t\_i</sup> siehe auch Tabelle 11 b für unkorrigierte Berechnung von  $\frac{t_o + t_i}{t_i}$ .

2)  $\frac{t_i}{t_i}$   
siehe Anhang C, Gl.202

Standzeiten benachteiligt. Auch in den Strategien muß dann ein höherer Excorebedarf angenommen werden. In diesem Fall ergeben sich folgende Vergleiche

Tabelle 11 b Hochleistungsbrütervergleich

Pelletdurchmesser $\overline{[mm]}$	5	6.5	8
Spezifische Gesamtenergieerzeugungskosten $\overline{[DPf/kWh]}$	1.52	1.43	1.41
Strategienbarwert $\overline{[10^9 DM]}$			
kubische Kurve	93.4	92.9	93.5
lineare Kurve	169	168	169

Es muß im Einzelfall untersucht werden, ob der Nachteil des bei hohen Leistungsdichten großen Excorebedarfs umgangen werden kann <sup>1)</sup>. Zusammen mit den schon in Tabelle 4 ausgewiesenen Massenbilanzen muß man jedoch nach wie vor hohe Leistungsdichten als erstrebenswert ansehen <sup>2)</sup>, zumal die obigen Barwertunterschiede wenig signifikant sind <sup>3)</sup>.

### 2.4.3. Ein Brütervergleich

Bei einem Vergleich von verschiedenartigen Konzepten Schneller Brutreaktoren müssen die Unsicherheiten in den einzelnen Konzepten mit berücksichtigt werden. Mit Hilfe der Normstrategien kann das für jede Annahme leicht vollzogen werden. Um die grobe Tendenz wiederzugeben, seien folgende charakteristische Daten zum Vergleich vorgelegt <sup>4)5)6)</sup>.

- 1) siehe auch Abschnitt 2.4.4.
- 2) siehe auch Abschnitt 4.
- 3) Für den 5 mm Typ gilt  $1/10 \text{ DPf/kWh} = 1.7 \cdot 10^9 \text{ DM}$  (kubische Bedarfskurve)
- 4) ENEA: An Assessment Study of Steam-Cooled Fast Reactors for Civil Power Generation, Sept. 1968
- 5) ENEA: Helium-Gas Study
- 6) K. Benndorf et. al.: Variation einiger wichtiger Reaktorparameter beim natriumgekühlten 1000 MWe Schnellen Brüter zur Untersuchung der Brennstoffkosten und des Brennstoffbedarfs, KFK-Bericht 568, Juli 1967

Tabelle 12 Charakteristische Brüterdaten

Plutonium-Inventar $\overline{t}$	1.5	2.5	3.0	3.0
Plutonium-Ausstoß $\overline{kg/a}$	200	200	100	300
Spezifische Gesamtenergieerzeugungskosten $\overline{DPf/kWh}_{min}$	1.4	1.55	1.6	1.4
Spezifische Gesamtenergieerzeugungskosten $\overline{DPf/kWh}_{max}$	1.5	1.65	1.7	1.5
Zuzuordnende Konzeptnamen	CBR	OBR	DBR	HeBR

Es ist von den Resultaten aus 2.4.1. und 2.4.2. her unmittelbar einleuchtend, daß der beste Typ aus gesamtökonomischer Sicht das Konzept CBR sein muß und der schlechteste das Konzept DBR.

Um die Bereiche zu verdeutlichen, seien die Renditen aufgetragen, wie sie sich bei einer 20jährigen Amortisationszeit bei einem Einsatzzeitpunkt von 1980 ergeben. Dazu muß in Rechnung gestellt werden, daß ohne SBR der LWR sein Plutonium rezirkulieren müßte und also nur 7 \$/g verrechnen könnte. Was bei einem höheren Plutoniumpreis die LWR gewinnen, verlieren die SBR. In Abschnitt 3. wird gezeigt, daß es für die Renditenberechnung bei der Einführung von SBR deshalb zulässig und notwendig ist, die Kostendifferenzen bei einem Plutoniumpreis von 7 \$/g zu errechnen. Daraus folgt ein Vorteil in DPf/kWh gemäß Tabelle 13. Darin sind ferner die Renditen für die BRD in %/a angegeben, wobei der zu amortisierende Aufwand mit 2 Milliarden DM angesetzt wurde.

Tabelle 13 Kostendifferenzen von SBR gegenüber LWR

	CBR	OBR	DBR	HeBR
Kostendifferenzen $\overline{DPf/kWh}_{min}$	0.29	0.18	0.16	0.32
Kostendifferenzen $\overline{DPf/kWh}_{max}$	0.39	0.28	0.26	0.42
Daraus folgen Renditen in %:				
kubische Kurve	16-18	6-10	4-7	9-12
lineare Kurve	24-29	13-18	10-14	17-21

#### 2.4.4. Die optimale Spaltstoffbelastung

Aus den bisherigen Überlegungen geht hervor, daß eine möglichst hohe Spaltstoffbelastung anzustreben ist. In der üblichen Terminologie kann dies entweder durch Erhöhung der Stabileistung oder mit einer Verringerung des Pelletdurchmessers erreicht werden <sup>1)</sup>. Für beides gibt es technische Grenzen, beide Parameter sollten aber so stark wie möglich an der Erhöhung der spezifischen Leistung teilnehmen. Weil eine Verkleinerung des Pelletdurchmessers mit einer Erhöhung der Fabrikationskosten verbunden ist, gewinnt die Erhöhung der Stabileistung einen leichten Vorteil.

Hier soll nun untersucht werden, wie der Vorteil von karbidischem Brennstoff (CBR) gegenüber oxydischem (OBR) zu verstehen ist. Entsprechend 2.4.2. wird der Pelletdurchmesser von 5 mm beibehalten. Das Spaltstoffinventar des OBR beträgt 2.1 t und die Brutrate 1.29. Daraus ergeben sich spezifische Plutoniumkosten von 0.09 DPf/kWh. Eine Erhöhung der Stabileistung von 460 auf 920 W/cm ergibt ein Spaltstoffinventar von 1.3 t und für oxydischen Brennstoff eine Brutrate von 1.23, daraus 0.04 DPf/kWh für die spezifischen Plutoniumkosten. Für diese ~~Einsparung von 0.05 DPf/kWh~~ sind noch folgende Annahmen wesentlich. Die Brennstofffabrikationskosten ändern sich nicht, weil die bei höherer Spaltstoffbelastung kürzere Standzeit des Cores durch ein kleineres Core exakt ausgeglichen wird, sofern das Verhältnis der Massen von Blanket und Core beibehalten wird. Als Excoreinventar wird 1/3 des Coreinventars angenommen unter der Annahme, daß angemessene Maßnahmen unternommen werden <sup>2)</sup>. Andernfalls würde der Vorteil der Erhöhung der Stabileistung auf 0.03 DPf/kWh sinken, wenn ein zweites Drittel Excore als notwendig angesehen würde und die Erhöhung bringt nur noch begrenzt Vorteile. Nimmt man weiter an, was mit guter Näherung zutrifft, daß das Spaltstoffinventar für oxydischen und karbidischen Brennstoff gleich ist <sup>3)</sup>, dann bringt Karbid, unter der Tatsache, daß vorerst überhaupt nur karbidischer Brenn-

<sup>1)</sup> K. Benndorf et.al.: Variation einiger wichtiger Reaktorparameter beim natriumgekühlten 1000 MWe Schnellen Brüter zur Untersuchung der Brennstoffkosten und des Brennstoffbedarfs, KFK-Bericht 568, Juli 1967

<sup>2)</sup> Durch Verkürzung der Abklingzeiten für bestrahlte Brennelemente, Erhöhung der Kapazität der Brennstoffdienstleistungen und Verkleinerung der zu verarbeitenden Brennstoff-Ladungen, ist dies ohne Kostennachteile möglich (siehe auch Fußnote 3, Seite 2-33)

<sup>3)</sup> Der Vorteil im Anteil an leichten Kernen wird durch die höhere Dichte des Neutronen absorbierenden U-238 ausgeglichen.

stoff die hohen Stabileistungen wärmetechnisch zu verwirklichen in Aussicht stellt, eine Erhöhung der Brutrate auf 1.34, was einen weiteren Gewinn von 0.04 DPf/kWh in den spezifischen Plutoniumkosten gegenüber oxydischem Brennstoff darstellt. Für die Kosten der Brennstoffdienste im Falle eingeführter Konzepte seien für karbidischen Brennstoff dieselben spezifischen Kosten angenommen, wie für oxydischen Brennstoff. Da sich die Kosten der Brennstoffdienste auf das Kilogramm Brennstoff beziehen, aber geometrieabhängig anfallen, sind die Kosten pro Kilogramm zwar wegen der ca. 23 % höheren Dichte des karbidischen Brennstoffes um den entsprechenden Betrag billiger, dafür aber der Durchsatz in Kilogramm entsprechend höher. Da gleicher Abbrand in MWd/kg Brennstoff vorausgesetzt wird, erhöht sich jedoch die Standzeit um jene 23 %. Damit sinken aber die spezifischen Fabrikations- und Wiederaufarbeitungskosten um 0.05 DPf/kWh. Der Gesamtvorteil in den spezifischen Energieerzeugungskosten von karbidischem gegenüber oxydischem Brennstoff liegt also um 0.10 - 0.15 DPf/kWh. Bei 6.5 mm Pelletdurchmesser liegt der Kostengewinn bei Übergang auf Karbid bei 0.16 DPf/kWh, bei 8 mm bei 0.21 DPf/kWh <sup>1)</sup>. Die Ausführungen in 2.4.1. und 2.4.2. haben eindeutig gezeigt, daß strategisch in Bezug auf Massenbilanzen und Kosten ein Pelletdurchmesser von 5 mm anzustreben ist, oder anders ausgedrückt, daß eine hohe Spaltstoffbelastung günstig ist. Der Grund liegt darin, daß für eine gesamtökonomische Nutzenbetrachtung die Kostenvorteile in den spezifischen Energieerzeugungskosten genauso wichtig sind wie die Einführungsrate der Brüter, wobei die letztere aber nur unwesentlich von der Brutrate beeinflusst wird. Vielmehr sind das Erstcoreinventar der Brüter und der Plutoniumüberschuß der Konverter die wesentlichen Parameter in Bezug auf ökonomischen Nutzen und Schonung von Brennstoffreserven in einer Kernenergiewirtschaft. Der Parameter Plutoniumüberschuß der Konverter steht aber bei einem Brütervergleich nicht zur Debatte. Er gehört zu den Parametern, die die Brüterseite im Sinne der Spieltheorie nicht kontrollieren kann.

Durch diese strategische Betrachtungsweise werden die ca. 0.15 DPf/kWh Vorteile

---

1) Führt die höhere Dichte des Karbidbrennstoffs dazu, daß aufgrund von Schwellerscheinungen der Abbrand nicht gleich dem bei Oxydbrennstoff ist, sondern zum Beispiel um 23 % geringer, also ca. 65 MWd/kg, so bleiben die Brennstoffdienste dieselben wie im Oxyd-Fall und die Mindestkostensparnis vom Karbid-Fall beträgt noch über 1/10 DPf/kWh.

des karbidischen Brennstoffs noch durch den Vorteil im Spaltstoffinventar von 1 t Plutonium für eine 1000 MWe-Anlage vermehrt. Das führt zu den deutlichen Präferenzen in 2.4.3., Tabelle 13. Hinzuzufügen ist, daß eine weitere Erhöhung der Stabileistung bei karbidischem Brennstoff bis ca. 1300 W/cm möglich ist.

Bis jetzt heißt die These, die Spaltstoffbelastung sei so hoch wie technisch möglich. Im Rahmen der heute zur Verfügung stehenden technischen Daten bleibt die These richtig, trotzdem ist zu fragen, ob hier nicht Grenzen gesetzt sind. Der Erhöhung der Spaltstoffbelastung ist dann eine Grenze gesetzt, wenn die Erhöhung der spezifischen Leistung mit solchen Kostennachteilen verbunden ist, daß weder Kostenbilanzen in Strategien noch Argumente für Brennstoffschonung oder die Verringerung der Trennkapazität dagegen verrechnet werden können. Im Rahmen der bisherigen Annahmen sind solche Grenzen nicht unmittelbar zu sehen.

Eine zweite Implikation betrifft die Standzeit. Hohe Brennstoffbelastung würde in dem Moment den Kostennachteil durch die sonstigen Vorteile nicht mehr aufwiegen, in dem es notwendig wird, mehr als 1/3 des Inventars im äußeren Zyklus zu halten. Darüber hinaus würde die Frage der Verfügbarkeit des Kernkraftwerkes aktuell. Bis jetzt wurde immer von einer Teilladungszahl von drei ausgegangen <sup>1)</sup> und bei Brütern für Wiederaufarbeitung 0.5 und für Refabrikation 0.25 <sup>2)</sup> Jahre angenommen. Die Mindeststandzeit im Reaktor muß also 2.25 Jahre betragen, um der Forderungen nach 1/3 Excoreinventar zu genügen. Nach der Angabe in 2.1.2, Tabelle 2, ist dies bei ca. 7 mm Pelletdurchmesser der Fall. Die Spaltstoffbelastung würde hierfür ca. 1.25 MWth/kg Sp. betragen. Bei 5 mm Pelletdurchmesser ist die Standzeit nurmehr 1.1 Jahre. Trotzdem wurde bei den Berechnungen ab Abschnitt 2.3 von 1/3 Excoreinventar ausgegangen. Das hat folgenden Grund. Man wird sich, wenn notwendig und bei verstärktem Brütereinsatz, um eine Verkürzung der Brennstoffdienstzeiten bemühen <sup>3)</sup>. Bei weiterer Erhöhung der spezifischen Leistung und damit Spaltstoffbelastung könnte eine Abbranderhöhung ebenfalls die Einhaltung der Bedingungen: 1/3 Excoreinventar ermöglichen. Bei den meisten der

1) D.Smids, A.Müller: Referenzstudie für den 1000 MWe natriumgekühlten Schnellen Brutreaktor (NaI), KFK-Bericht 299, Dez.1964

2) H.Grümm et.al.: Ergänzendes Material zum Bericht "Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland", KFK-Bericht 466, Sept.1966

3) Neuere Untersuchungen, deren Veröffentlichung vorgesehen ist, zeigen, daß die Brennstoffdienstzeiten immer so angepaßt werden können, daß sie zusammen mit einer Variation der Teilladungszahl das Excoreinventar in ökonomisch vertretbaren Grenzen halten.

Maßnahmen würde auch die Verfügbarkeit wieder verbessert, die ihren Idealwert bei kontinuierlichem Beladen hätte. Die These: Spaltstoffbelastung so hoch wie möglich, kann, allerdings mit Vorbehalten, aufrechterhalten bleiben.

Sieht man 0.5 Jahre für die Brennstoffdienste als Minimum an, so sind, um 1/3 Excoreinventar bei 3 Teilladungen pro Standzeit beibehalten zu können, folgende Parametergrenzwerte abhängig vom Abbrand verwirklichtbar:

Tabelle 14            Minimale Pelletdurchmesser in  $\overline{\text{mm}}$

a MWd/kg	460 W/cm	920 W/cm	1380 W/cm	d.h. ca. $b_{\max}$ MWth/kg
60	5.2	7.4	9.1	1.2
80	4.8	6.3	7.8	1.4
120	3.7	5.2	6.3	1.7

Bei einer Brennstoffdienstzeit von 0.75 Jahren folgt:

60	6.3	8.4	10.9	0.9
80	5.4	7.6	9.3	1.1
120	4.8	6.3	7.8	1.5

Welche Auslegungsfolgen dies nach dem derzeitigen Stand der Technik näherungsweise hätte, ist in der Tabelle angefügt. Auch wenn die Zusammenhänge im Grunde komplexer sind und schon erläutert wurden <sup>1)</sup>, ein guter Schneller Brüter ist erst zu erwarten, wenn wenigstens eine Spaltstoffbelastung von 1.5 MWth/kg Sp. erreicht werden kann.

Unabhängig von den konkreten Maßnahmen kann zusammenfassend bezüglich des Anreizes für die Entwicklung von Hochleistungsbrennelementen, insbesondere von Elementen mit karbidischem Brennstoff, bei natriumgekühlten Brütern festgestellt werden:

1) siehe auch Abschnitt 2.4.3.

## I. Erhöhung der Stableistung bei oxydischem Brennstoff

Eine Erhöhung der Stableistung bringt als Haupteffekte:

1. Kleineres Corevolumen
2. Kleineres Spaltstoffinventar
3. Kleinere Brutrate
4. Kleinere Standzeit

Daraus folgt in erster Näherung:

1. Eine Erniedrigung der spezifischen Brennstoffkosten, da der Einfluß des Spaltstoffinventars den Einfluß der Brutrate überwiegt.
2. Gleichbleibende Brennstoffdienstkosten, weil die kleinere Standzeit durch das kleinere Corevolumen aufgewogen wird.
3. Ein bedeutender Vorteil im Verhalten in einer expandierenden Kernenergiewirtschaft, weil in der interessierenden Periode der nächsten Dekaden für das reaktorstrategische Verhalten vor allem das Spaltstoffinventar Bedeutung hat. Das hat zur Folge:
  - a) Erniedrigung der Kosten einer Reaktorstrategie, auch wenn die spezifischen Kosten des Brütters leicht gestiegen wären,
  - b) Reduzierung des Natururanbedarfes,
  - c) Bedeutende Reduzierung der beanspruchten Trennanlagenkapazitäten.
4. Kleine Standzeiten, deren Zulässigkeit im Einzelfall zusammen mit der Frage des Excoreinventars untersucht werden muß.

## II. Übergang von oxydischem auf karbidischen Brennstoff bei gleicher Stableistung

Die um 30 % höhere Dichte des Anteils der schweren Kerne in UC gegenüber  $UO_2$  bringt:

1. Eine wesentlich erhöhte Brutrate.
2. Ungefähr dasselbe Spaltstoffinventar, weil die höhere Absorption in U-238 wegen des höheren U-238-Anteils etwa durch das härtere Spektrum,

das auch vom Übergang von  $O_2$  auf C herrührt, kompensiert wird. Wegen der höheren Dichte sinkt damit die Anreicherung.

3. Bei gleichem nominellen Abbrand eine um 30 % erhöhte Standzeit.

Daraus folgt in erster Näherung:

1. Weitere Verbilligung der Stromerzeugungskosten wegen der erhöhten Brutrate.
2. Eine Verbilligung der Brennstoffdienste um 20 bis 30 %, weil
  - a) die Brennstoffdienstkosten zunächst gleichbleiben, da der Hauptanteil der Brennstoffdienstkosten volumenabhängig ist und sich dieses vom Übergang von oxydischem auf karbidischen Brennstoff nicht verändert. Zusätzliche Schwierigkeiten der Karbidherstellung werden dabei nicht berücksichtigt,
  - b) die höheren Standzeiten eine entsprechende Erniedrigung der Brennstoffdienstkosten verursachen.

### III. Kombination von I. und II.

Wenn eine wesentliche Erhöhung der Stabileistung durch Einführung des karbidischen Brennstoffs ermöglicht wird, so folgt daraus

1. Erniedrigung des Spaltstoffinventars
2. Ungefähr gleichbleibende bzw. steigende Brutrate
3. Leichte Erniedrigung der Brennstoffdienstkosten
4. Beträchtliche Erniedrigung der Brennstoffzykluskosten
5. Erniedrigung der Standzeit

### IV. Einfluß des Pelletdurchmessers

Die Wirkung der Stabileistungserhöhung kann auch durch Erniedrigung der Pelletdurchmesser erreicht werden, nämlich eine Erhöhung der Leistungsdichte. Es gilt also das in I. Gesagte. Zusätzlich erhöhen sich im allgemeinen die Brennstoff-Fabrikationskosten.

Insgesamt ergibt sich also die Tendenz:

1. Stableistung so hoch wie möglich,
2. Pelletdurchmesser so klein wie möglich.

Grenzen sind gesetzt durch:

1. Die technischen Verwirklichungsmöglichkeiten,
2. die Standzeit
  - a) in ökonomischer Hinsicht (Spaltstoffbedarf im System)
  - b) hinsichtlich der Verfügbarkeit des Kraftwerks.

Das größere Gewicht kommt einer Erhöhung der Stableistung zu.

#### 2.4.5. Kriterien zur Brüteroptimierung

Die Ausführungen des Abschnittes 2 legen den Schluß nahe, daß zur Beurteilung von Kernkraftwerksentwicklungen verschiedene Aspekte herangezogen werden müssen, die sich wegen der immer subjektiv bleibenden Wichtungsmaßnahmen nicht auf eine Zahlenangabe reduzieren lassen. Ein größer angelegter Vergleich verschiedener Kraftwerksstrategien und verschiedener Aspekte wird in Abschnitt 4 vorgenommen. Um die Wichtungen immer neu vollziehen zu können, wurde bei der Erarbeitung der Beurteilungsmethodik in Abschnitt 2 Wert auf Durchsichtigkeit der Methodik gelegt und für praktische Vergleiche der Normstrategienanhang beigefügt.

Im Rahmen von Optimierungsarbeiten an einem einzigen Reaktortyp ist es jedoch möglich, aus ausführlichen Studien zu einer Einigung über eine kondensierte Beurteilungsgröße zu kommen. Im Falle des SBR verhelfen dazu besonders die Ausführungen in den Abschnitten 2.4.1. bis 2.4.4. Im Verein mit welchen Reaktortypen auch immer, gibt die Rendite die Güte eines SBR in mehrfacher Hinsicht wieder (bzw. der SBW-Anteil der SBR in den Strategien):

Mit vollem Gewicht geht der Kostenvorteil gegenüber einer Vergleichsstrategie ein.

Mit vollem Gewicht geht das gebundene Plutoniuminventar ein, das die Zuwachsrate der SBR bestimmt und damit unmittelbar die Fragen der Brennstoffreserven und Trennkapazitäten mit berücksichtigt.

Mit wesentlich verringertem Gewicht geht die Brutrate ein, einerseits über den Kostenvorteil, andererseits auch über den Einfluß der Zuwachsrates. Letztere ist jedoch unbedeutend, da die späten Jahre, in denen sich günstige Verdopplungszeiten erst bemerkbar machen, per Diskontsatz nochmals geringer bewertet werden.

Es gibt wohl Fälle, in denen die Frage der Brennstoffreserven und Trennkapazitäten noch größeres Gewicht als in der Rendite haben sollen. Immerhin ist die Rendite keine unvernünftige Beurteilungsgröße, weil die Bedingungen bei Brennstoffreserven und Trennkapazitäten bezüglich der SBR-Auslegung in dieselbe Richtung weisen, wie strategisch-wirtschaftliche Fragen, denn mehr SBR vergrößern die Rendite und verringern den Natururan- und Trennkapazitätsbedarf des Systems. Für begrenzte Problemstellungen kann man sich also recht gut auf die Rendite als Beurteilungskriterium einigen.

Für praktische Optimierungen in Programmsystemen mag man nach einfachen Formeln suchen, die dasselbe leisten, wie die Renditenberechnung nach Anhang E oder mit dem Programmsystem nach Anhang H. Dies ist anstatt mit Kosten oder Verdopplungszeiten mit folgender Bewertungsgröße sehr gut möglich, denn sie beinhaltet die wesentlichen, die Rendite beeinflussenden Faktoren <sup>1)</sup>:

$$r = \Delta k / M_{\text{Syst}}$$

$\Delta k$  = Kostendifferenz des Brütters zum Konkurrenten bei 7 \$/g Plutonium-Preis in DPf/kWh <sup>2)</sup>

$M_{\text{Syst}}$  = Gebundenes Plutoniuminventar des Systems eines Kernkraftwerkes in t/GWe.

Es seien als Beweis für die Brauchbarkeit dieser Größe die in den Abschnitten 2.4.1. bis 2.4.4. vorgenommenen Vergleiche wiederholt. Es ergeben sich dieselben Tendenzen.

1) Eine analytische Skizze dieser Tatsache findet sich in Anhang C.

2) Bezüglich der 7 \$/g siehe Abschnitt 3.

Tabelle 14 a

Vergleich mit Tabelle 11

Typ	5	6.5	8
$M_{\text{Syst}}$	2.0	2.7	3.3
$\Delta k$	0.31	0.37	0.37
r	0.15	0.14	0.11

Tabelle 14 b

Vergleich mit Tabelle 11 b

Typ	5	6.5	8
$M_{\text{Syst}}$	2.5	2.7	3.3
$\Delta k$	0.28	0.37	0.39
r	0.11	0.14	0.12

Tabelle 14 c

Vergleich mit Tabelle 13

	CBR	OBR	DBR	HeBR
$M_{\text{Syst}}$	2.0	3.3	4.0	4.0
$r_{\text{pess}}$	0.15	0.055	0.040	0.080
$r_{\text{opt}}$	0.20	0.085	0.065	0.105

Tabelle 14 d

Vergleich mit Tabelle 9

$M_{\text{Pu}}$	dPu	$M_{\text{Syst}}$	$\Delta k$	r
3.0	0.15	4.0	0.19	0.05
3.0	0.30	4.0	0.25	0.06
1.5	0.15	2.0	0.29	0.15
1.5	0.30	2.0	0.35	0.17



### 3. Die Plutoniumpreistheorie <sup>1)</sup>

Wie in der Einleitung bereits dargestellt wurde, gehört der Plutoniumpreis zu jenen Parametern, für die noch keine konsistente Theorie vorhanden ist. Er ist jedoch von großem Einfluß auf die Konkurrenzsituation der Kernkraftwerke und ist, wie die folgende Theorie zeigen soll, von den Partnern einer Kernenergie-wirtschaft abhängig. Für die richtige Heranziehung der einzelnen Beurteilungskriterien im Rahmen einer Systemanalyse der Kernenergieentwicklung, ist daher die Plutoniumpreistheorie von Wichtigkeit. In Kapitel 3.4 werden ihre Auswirkungen gezeigt.

Bei allen bisherigen Überlegungen wurde ein Plutoniumpreis von 10 \$/g angesetzt. Dieser Preis hat historische Gründe <sup>2)3)4)</sup>. Solange noch wenig Plutonium produziert wird und das Plutonium für Versuchszwecke notwendig gebraucht wird (bis etwa 1975-1980), wird der Plutoniumpreis sehr hoch liegen. Sobald aber SBR im freien Wettbewerb eingesetzt werden können, gibt es eindeutige Restriktionen für den Plutoniumpreis.

#### 3.1 Plutoniumpreisgrenzen

Bevor auf den Mechanismus der Plutoniumpreisbildung eingegangen wird, sollen die Kriterien der Preisgrenzen näher untersucht werden.

- 
- 1) Diese Theorie wurde bereits in dem "Panel on Plutonium Utilization" der International Atomic Energy Agency vom 2.-6. Sept. 1968 in Wien von P. Jansen mit dem Thema vorgetragen: An Analysis of the Long-Term Market of Plutonium for the Use in Fast Breeder Reactors.
  - 2) E. Eschbach: Plutonium Value Analysis ICP UAE, P/246, Genf (1964)
  - 3) ENEA Working Team on Fast Reactor Evaluation. An Assessment Study of Steam- and Gas-Cooled Fast Reactors for Civil Power Generation, Sept. 1968
  - 4) USAEC-Rückkaufspreis

### 3.1.1. Abhängigkeit einzelner Reaktortypen vom Plutoniumpreis

Für die Fragen, die in diesem Abschnitt anstehen, werden die Energieerzeugungskosten, insgesamt abhängig ( $k_1$ ) und unabhängig ( $k_0$ ) vom Plutoniumpreis angegeben. Es gelten für die gesamten Energieerzeugungskosten ( $k$ ), wenn Pu den Plutoniumpreis in \$/g bedeutet

$$k = k_0 + k_1 \cdot \text{Pu} \quad \left[ \frac{\text{DPf}}{\text{kWh}} \right] \quad (4)$$

Tabelle 15                      Energieerzeugungskosten der Referenztypen <sup>1)</sup>

	LWR	SWR <sub>W</sub> <sup>2)</sup>	SWR	THTR	DBR	OBR	CBR
$k_0 \left[ \frac{\text{DPf}}{\text{kWh}} \right]$	1.88	1.80	2.00	1.56	1.40	1.50	1.40
$\text{Pu} \cdot k_1 \left[ \frac{\text{DPf}}{\text{kWh}} \right]$ bei Pu=10 \$/g	-0.10	0	-0.20	0	+0.23	+0.16	+0.06

Die aktuellen SWR-Kosten ergeben sich aus

$$k^{\text{SWR}} = \text{Min} (k^{\text{SWR}}, k^{\text{SWR}_W}) \quad (5)$$

Gemäß Tabelle 15 gilt für SWR

- für Pu <10 \$/g: Wiederaufarbeitung des bestrahlten Brennstoffes unwirtschaftlich
- für Pu ≥10 \$/g: Wiederaufarbeitung des bestrahlten Brennstoffes wirtschaftlich
- (6)

1) Diese Daten sind gerundete Referenzwerte, angepaßt an die Anforderungen dieses Abschnittes, in dem diese Typen hauptsächlich als Beispiele für den Kern der Plutoniumpreistheorie Verwendung finden sollen. Bei speziellen Vergleichen muß mit Abweichungen gerechnet werden. Insbesondere wird der THTR teurer und der OBR billiger sein als angegeben. Hier soll jedoch für den SBR eine scharfe Konkurrenz angenommen werden.

2) Der Index W deutet an, daß der bestrahlte Brennstoff als Waste behandelt wird, also nicht wiederaufgearbeitet wird.

Die Wiederaufarbeitungskosten von 100 DM/kg zur Extraktion von Plutonium aus bestrahltem SWR-Brennstoff führen zu Kosten von 10 \$/g Plutonium. Diese Kosten werden also verursacht, wenn für die SBR nicht aufgearbeiteter, gelagerter SWR-Brennstoff aufgearbeitet wird. Die entsprechenden Plutoniumkosten bei LWR-Brennstoff, sofern er aus irgendeinem Grund nicht wiederaufgearbeitet worden wäre und das U-235 nicht mit in Rechnung gestellt würde, lägen bei 5 \$/g. Diese beiden Kosten sind zugleich die jeweils untersten Plutoniumpreisgrenzen unter den angegebenen Bedingungen.

Tabelle 16 gibt diese kostenbedingten untersten Preisgrenzen für Plutonium nochmals an, wobei sie in der Form

$$P_{\text{TKR}/\text{TKR}_W}^{\text{Pu}} \quad (7)$$

weitere Verwendung finden werden. Bei anderen Annahmen, beispielsweise anderen Wiederaufarbeitungskosten oder anderen Plutoniumkonzentrationen im bestrahlten Brennstoff <sup>1)</sup>, ergeben sich natürlich andere Zahlenwerte.

Tabelle 16 Extraktionskosten für Plutonium

	$P_{\text{TKR}/\text{TKR}_W}^{\text{Pu}}$	\$/g
LWR	5	
SWR	10	

Eine obere Plutoniumpreisgrenze kann aus der Bedingung der Konkurrenzfähigkeit des Plutonium-Käufers abgeleitet werden, zum Beispiel eines SBR. Tabelle 17 zeigt den Plutoniumpreis, der bei Kostengleichheit

$$k^{\text{TKR}} = k^{\text{SBR}} \quad (8)$$

vorliegt und durch

<sup>1)</sup> H.Grümm et.al.: Ergänzendes Material zum Bericht "Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland", KFK-Bericht 466, Sept.1966

$$Pu_{TKR/SBR}$$

(9)

dargestellt wird.

Tabelle 17      Obere Plutoniumpreisgrenzen bei TKR/SBR-Kostengleichheit  
in  $[\$/g]$

	DBR	OBR	CBR
LWR	14.5	14.6	30
SWR	14	13.9	23
THTR	7	3.7	27

Es wurde schon durch  $k_1$  in Tabelle 15 deutlich, daß das ökonomische Gewicht von Plutonium in einem Reaktor wie dem CBR, der eine sehr effektive Nutzung des Plutoniums ermöglicht, steigt. Oder anders gesagt, Tabelle 17 weist aus, daß der CBR ohne seine Konkurrenzfähigkeit zu belasten, höhere Plutoniumpreise vertragen kann.

### 3.1.2. Plutoniumwert in einzelnen Reaktortypen

Während die Plutoniumpreisgrenzen bisher aus dem Blickwinkel der Konkurrenzfähigkeit bzw. der Kostendeckung bestimmt worden waren, sollen sie nun bezüglich möglicher Substitutionsgüter ermittelt werden. Untersucht wird ausschließlich der Zusammenhang von Uran-235 mit spaltbarem Plutonium. Nach Tabelle 15 sinken die Energieerzeugungskosten von LWR und SWR mit steigendem Plutoniumpreis. Wenn zum Beispiel im Fall des SWR der Plutoniumpreis  $Pu_{SWR/SWR}$  übersteigt, kann Plutonium unter ökonomischen Bedingungen extrahiert und auf dem Markt verkauft werden. Beim LWR würde das schon ab  $Pu = 5 \$/g$  bedeuten - bei Verrechnung des mit aufgearbeitetem U-235 sogar schon eher -, daß Plutonium mit Vorteil verkauft werden kann. Es gibt jedoch beim LWR Gesichtspunkte, die zu einer anderen unteren Plutoniumpreisgrenze führen, die höher liegt als die nach Tabelle 16. Unterhalb einer bestimmten Preisgrenze kann Plutonium nämlich ökonomischer zur eigenen Energieerzeugung verwendet werden. Nach Abschnitt 1.1.3. hat Plutonium

in LWR näherungsweise 80 % des Wertes von U-235. Mit Trennarbeitskosten von 30 \$/kg und Urankosten von 8 \$/lb  $U_3O_8$  liegt der U-235-Preis in LWR bei ca. 8.5 \$/g, wofür im Falle des Rezirkulierens von Plutonium diesem ein Äquivalentwert

$$Pu_{LWR/LWR_R} = 0.8 \cdot 8.5 = 6.8 \text{ $/g} \quad (10)$$

zuzuordnen ist. Dies entspricht also einem dem Uranpreis äquivalenten Verkaufspreis von Plutonium unter LWR-Betreibern. Liegt der Pu-Preis darüber, wird das Pu verkauft, liegt er darunter, wird das Pu rezirkuliert. Unter Berücksichtigung der Unsicherheiten, die in diese Pauschalbilanz zur Plutoniumwertbestimmung eingehen, wird im weiteren

$$Pu_{LWR/LWR_R} = 7 \text{ $/g} \quad (11)$$

(Der Index R bedeutet Rezirkulieren des Plutoniums)

verwendet und LWR Plutonium-Äquivalentwert genannt. In derselben Weise existiert ein SWR Plutonium-Äquivalentwert von ca.

$$Pu_{SWR/SWR_R} = 3.5 \text{ $/g} \quad (12)$$

Dies soll in Tabelle 18 zusammengefaßt werden.

Tabelle 18 Plutonium-Äquivalentwerte in TKR

	$Pu_{TKR/TKR_R}$	\$/g
LWR	7	
SWR	3.5	

Die exakte Berechnung der Uran-Plutonium-Äquivalentwerte basiert auf den spezifischen Energieerzeugungskosten von Reaktortypen, die Plutonium verkaufen ( $k^{TCR}$ ) und solchen, die Plutonium rezirkulieren ( $k^{TCR_R}$ ). Aus der Kostengleichheit beider Typen

$$k_o^{\text{TCR}} + k_1^{\text{TCR}} \cdot \text{Pu} = k_o^{\text{TCR}_R} + k_1^{\text{TCR}_R} \cdot \text{Pu} \quad (13)$$

ergibt sich

$$\text{Pu} = \text{Pu}_{\text{TCR}/\text{TCR}_R} = \frac{k_o^{\text{TCR}} - k_o^{\text{TCR}_R}}{-k_1^{\text{TCR}}} \quad (14)$$

$k_1^{\text{TCR}_R}$  ist nämlich null, weil dieser Term sich nur auf eine interne Plutoniumbilanz bezieht, also unabhängig vom Plutoniumpreis sein muß. Abgesehen von Effekten zweiter Ordnung, bedingt durch die Einbrennphase zu Beginn einer Reaktorlebensdauer, ist der Zähler von Gl.14 gegeben durch den Wert der U-235-Menge, die durch Rezirkulieren von Plutonium eingespart wird. Der Nenner ist direkt abhängig von der verfügbaren Plutoniummenge. Folglich gilt die Gleichung

$$\text{Pu}_{\text{TCR}/\text{TCR}_R} = \frac{\text{eingesparte U-235-Menge}}{\text{rezirkulierte Plutoniummenge}} \cdot \text{U-235-Preis} \quad (15)$$

die identisch ist mit dem

$$\text{Plutonium-Äquivalentwert} = (\text{Plutonium-Reaktivitätsäquivalentwert}) \cdot (\text{Uran-235-Preis}) \quad (16)$$

In einem aktuellen Fall wird natürlich der Plutonium-Äquivalentwert besser vermittels Gl.14 bestimmt. Im Rahmen dieser Arbeit ist Gl.16 jedoch ausreichend genau.

Ebenfalls mit Gl.16 kann nun ein Uran-Plutonium-Äquivalentwert für SBR berechnet werden. Tabelle 19 zeigt die Daten und Ergebnisse.

Tabelle 19

## Plutonium-Äquivalentwerte in SBR

	$Pu_{SBR-Pu/SBR-U}$ \$/g		
	DBR	OBR	CBR
Urananreicherung $[\%]$		ca. 15 - 25	
U-235-Preis $[\$/g]$		ca. 11	
Reaktivitätsäquivalent U/Pu	1.20	1.35	1.45
$Pu_{SBR/UBR}$ $[\$/g]$	13	15	16

Falls die Plutoniumpreise die Werte dieser Tabelle übersteigen, würde der betreffende Typ vorteilhafter mit Uran gestartet werden.

Voraussetzung für einen solchen Uranstart ist allerdings die Konkurrenzfähigkeit mit anderen Reaktortypen. Diese wurde in Tabelle 17 untersucht. In der Praxis wird der Preis für Plutonium weder die Werte der Tabelle 17 noch die der Tabelle 19 übersteigen, weil sonst kein Plutonium gehandelt werden kann, da entweder die SBR mit Uran starten oder wegen mangelnder Konkurrenzfähigkeit überhaupt nicht auf dem Markt sind. Die obere Plutoniumpreisgrenze ergibt sich also aus Kombination der Tabellen 17 und 19 mit Hilfe

$$Pu_{\max} = \text{Min} (Pu_{TKR/SBR}, Pu_{SBR/UBR}) \quad 1) \quad (17)$$

Daraus folgen die (gerundeten) Werte der Tabelle 20.

Tabelle 20

## Maximale Plutoniumpreise für einige Reaktorkombinationen

	$Pu_{SBR}$ $[\$/g]$		
	DBR	OBR	CBR
LWR	13	15	16
SWR	13	14	16
THTR	7	4	16

1) Da die spezifischen Wiederaufarbeitungskosten für ein Gramm Plutonium bei den hohen Plutoniumkonzentrationen der SBR äußerst niedrig sind, rentiert sich das Wiederaufarbeiten immer. Diese Fragen werden also nicht untersucht.

Für die nachfolgenden Untersuchungen wird einfachheitshalber generell der Wert

$$Pu_{SBR} = 15 \text{ \$/g} \quad (18)$$

verwendet.

Ebenso entsteht der minimale Plutoniumpreis aus Kombination der Tabellen 16 und 18 vermittels

$$Pu_{\min} = \text{Max} (Pu_{TKR/TKR_W}, Pu_{TKR/TKR_R}) \quad (19)$$

und es ergibt sich Tabelle 21.

Tabelle 21 Minimale Plutoniumpreise

	$Pu_{TKR} \text{ [}\bar{\$/g}\bar{]}$
LWR	7
HWR	10

Als Repräsentationswert für die nachfolgenden Untersuchungen gilt

$$Pu_{TKR} = 7 \text{ \$/g} \quad (20)$$

Die Werte in Tabelle 20 und 21 sollen fortan Plutonium-Werte in Abgrenzung zum Plutonium-Preis genannt werden.

### 3.2. Plutoniumpreis-Tendenzen auf dem freien Markt

Es gibt eine Vielzahl von Annahmen über den Plutonium-Preis, der sich auf einem freien Markt einstellen wird. Das Feld der Argumente enthält zum Beispiel, daß nur der Plutonium-Äquivalentwert in Leichtwasser-Reaktoren, allgemein  $Pu_{TKR}$ , als Preis für Plutonium angerechnet werden kann <sup>1)</sup>, oder den Versuch,

<sup>1)</sup> Dies entspricht dem Vorgehen in Ländern mit staatlicher Energieversorgung, in denen kein freier Markt für Plutonium auftritt (z.B. U.K.)

einen -für eine Periode nuklearer Energieentwicklung in Bezug auf minimale Strategiekosten- optimalen Plutoniumpreis zu bestimmen, oder die Aussage, selbstverständlich müsse der SBR den Preis zahlen, der seinem Plutoniumwert entspricht, also  $Pu_{SBR}$ <sup>1)</sup>. In der Plutoniumpreistheorie, die in den folgenden Abschnitten entwickelt wird, disqualifizieren sich die erste und die letzte Ansicht von selbst. Die mathematische Theorie der Spiele kann angewandt werden, um für einen freien Markt die Position verhandelnder Partner zu zeigen, die verschiedene Vorstellungen vom Nutzen einer Ware haben<sup>2)</sup>. Die beiden Nutzensvorstellungen sind in Tabelle 20 und 21, bzw. vereinfacht in Gl.18 und 20 angegeben.

Das zweite Argument, von dem oben die Rede war<sup>3)</sup>, bedarf einer ausführlicheren Diskussion. In einer Strategie mit verschiedenen Reaktortypen spielt, über eine Periode von z.B. 1970-2000, der Plutoniumüberschuß der TKR und der Bedarf an Plutonium für die Installation von SBR die entscheidende Rolle für deren Einführungsrate<sup>4)</sup>. Die Bruttrate und damit die Verdopplungszeit der SBR spielt eine sehr untergeordnete Rolle, so daß nur wenige SBR aus Plutonium von SBR entstehen. Wenn also in der Hauptsache Plutonium von den TKR zu den SBR fließt, verursacht eine Veränderung des Plutoniumpreises lediglich eine Veränderung der relativen Kostensituation von TKR und SBR, nicht aber der Gesamtkosten der Strategie. Ausgaben der einen Seite sind Einnahmen der anderen. Es ist deshalb angebrachter, den Plutoniumpreis aus den Verhandlungspositionen einzelner Partner in einem freien Markt zu bestimmen, als durch Bestimmen eines globalen Optimums, aus dem sich nur ein Schein-Plutoniumpreis ergibt.

- 
- 1) In leicht abgewandelter Form sind diese Gedanken enthalten in R.Harde, G.Memmert: Modelluntersuchungen über Aussichten und Konsequenzen der Verwendung der Kernenergie zur Elektrizitätserzeugung, Atomwirtschaft 4, 1966
- 2) siehe Anhang B
- 3) Sie fand eine besondere Betonung in J.Gaussens, H.Paillot: Etude des Valeurs et des Prix des Plutonium a long terme; un Model Parametre Simplific, CEA-R 2795
- 4) siehe Abschnitt 2.4.1.

### 3.2.1. Verhandlungsmechanismen

Zu Beginn soll betont werden, daß sogar im Fall von Plutoniumknappheit vermutlich überall ein Plutonium-Markt existieren wird. Schon aus Gründen der Zinsverluste für Lagerung wird mindestens ein Spitzenbedarf immer ausgetauscht werden. Auch ohne die Situation, daß eine Partei immer Plutonium verkauft und eine andere immer kauft, kann ein Marktpreis, wie gewöhnlich zwischen Verkäufern und Käufern bestimmt werden. Obwohl die Reaktoren keine wirklichen Handelspartner sind, kann als Modell die Seite der LWR oder SWR als Verkäufer und die SBR-Seite als Käufer behandelt werden. Als erstes soll ein einfaches Marktmodell untersucht werden <sup>1)</sup>:

- A sei der Verkäufer und der Wert des austauschbaren Gutes  
für ihn sei  $u$
- B sei der Käufer und der Wert des austauschbaren Gutes  
für ihn sei  $v$

Unter Wert ist hier der Nutzen für jeden Verhandlungspartner ausgedrückt in der Dimension des Geldes, zu verstehen, das heißt jener Betrag von Geld, der ihn indifferent in Bezug auf die Entscheidung macht, das Gut auszutauschen oder nicht.  $V_i$  repräsentiert den Wert, den das austauschbare Gut in dem Moment für die Person  $i$  hat. In dem Fall, in dem der Austausch nicht stattfindet, gilt dann offensichtlich folgende Aussage:

$$\begin{aligned} V_A &= u \\ V_B &= 0 \end{aligned} \tag{21}$$

Wenn

$$v > u \quad \text{ist,} \tag{22}$$

wird angenommen, daß der Austausch stattfindet und der Zuwachs im Wert des Gutes  $v-u$  sich im Besitz der Koalition AB befindet. Während das Gut vor dem

<sup>1)</sup> Für eine ausführlichere Darstellung siehe Anhang B, Spieltheorie und Wirtschaftswissenschaften, sowie die dort angegebene Literatur.

Tausch den Wert  $u$  hat, hat es nach dem Tausch den Wert  $v$ . Als Ergebnis der Verhandlung muß jedoch ein Übereinkommen zwischen den Partnern erzielt werden, welche Auszahlungen jedem zukommen sollen. Zunächst gilt also zusätzlich zu Gl.21

$$V_{AB} = v \quad (23)$$

$V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_{AB}$  werden charakteristische Funktion eines Spiels genannt. Sie erlauben die vollständige Darstellung eines so gearteten Spiels. Wenn

$$V_{AB} > V_A + V_B \quad (24)$$

liegt ein wesentliches Spiel vor, und der Tausch findet statt. Nun verbliebe also die Frage, was die Auszahlungen dieses Spiels sind, also welche Aufteilung von dem kooperativen Gewinn

$$V_{AB} - V_A - V_B = v - u \quad (25)$$

vorgenommen werden soll.  $\alpha_A$  und  $\alpha_B$  seien die Auszahlungen, die die Teilnehmer A bzw. B erhalten. Der gemeinsame Besitz ist nach Gl.23

$$\alpha_A + \alpha_B = v \quad (26)$$

Spieler A möchte nach dem Tausch nicht weniger besitzen als vorher, deshalb gilt mit Gl.21

$$\alpha_A \geq u \quad (27)$$

Dasselbe gilt für B

$$\alpha_B \geq 0 \quad (28)$$

Aus Gl.26 und 28 folgt

$$v - \alpha_A \geq 0 \quad (29)$$

und mit Gl.27

$$u \leq \alpha_A \leq v \quad (30)$$

Das, was der Verkäufer A für seine Ware bekommt, nämlich  $\alpha_A$ , kann als Preis der Ware angesehen werden. Gl.30 zeigt nun, daß der Preis für das Tauschgut in dem gezeigten Modell undefiniert zwischen u und v ist. Das erscheint eine triviale Feststellung, aber nicht jedermann erkennt es als ganz natürlich an. Wichtig ist zu erkennen, daß aus keinem Grund die Grenzen des Bereiches in Gl.30 vor dem übrigen Intervall ausgezeichnet sind. Frühere Preistheorien <sup>1)</sup> gingen von der Annahme aus, daß es einen festen natürlichen Preis für ein Gut gebe <sup>2)</sup>, oder nahmen den subjektiven Grenznutzen als den einzig annehmbaren Preis einer Ware an <sup>3)</sup>. Zwar würde Plutonium ein teilbares Gut darstellen, und deshalb einem komplizierten Formalismus unterliegen, aber es trifft mit Sicherheit zu, daß Plutonium, solange es knapp bleibt -und das ist in dem interessierenden Zeitraum der Fall- keinem subjektiven, mit der Plutoniummenge zusammenhängenden, veränderlichen Grenznutzen unterworfen ist. Damit kann aber Gl.30 auf den Plutoniumtausch angewendet werden.

Die Situation, die andere Spiele als das eben erläuterte notwendig machen, sollen hier nicht weiter in aller Ausführlichkeit behandelt werden, weil ihre Darstellung sehr lang würde <sup>4)</sup>. Jedoch werden in den nächsten Abschnitten, mit dem Tausch von Plutonium als Beispiel, eine Reihe von Erweiterungen vorgenommen, die auf dem Hintergrund des gezeigten einfachen Spiels per Plausibilitätsbetrachtung das Erarbeiten von Lösungen zulassen. Dies betrifft vor allem Dreipersonenspiele mit zwei Plutoniumgebern, zwei Plutoniumnehmern oder einem neutralen Partner.

### 3.2.2. Plutonium-Zweiparteienspiel

Die Strategie LWR-OBR wird als repräsentatives Beispiel ausgewählt. Gl.21 und 23 kombiniert mit Tabelle 20 und 21, ergibt die charakteristische Funktion

- 
- 1) Eine Diskussion der Auswertungen dieser Preistheorien und ihre Verbesserung durch die Spieltheorie erfolgt in Anhang B
  - 2) S.Smith: Eine Untersuchung über Natur und Wesen des Volkswohlstandes, 1776
  - 3) C.Menger: Grundsätze der Volkswirtschaftslehre, 1923
  - 4) s. aber O.Morgenstern, J.v.Neumann: Spieltheorie und wirtschaftliches Verhalten, Physica-Verlag 1961

$$\begin{aligned}
 V_{\text{LWR}} &= Pu_{\text{LWR}} = 7 \text{ \$/g} \\
 V_{\text{OBR}} &= 0 \\
 V_{\text{LWR/OBR}} &= Pu_{\text{OBR}} = 15 \text{ \$/g}
 \end{aligned}
 \tag{31}$$

Wegen

$$V_{\text{LWR/OBR}} > V_{\text{LWR}} + V_{\text{OBR}} \tag{32}$$

findet ein Plutonium-Tausch statt, das heißt, daß der OBR das Plutonium für sein Spaltinventar verwenden kann. Entsprechend Gl.30 ergibt sich das Plutoniumpreisintervall

$$Pu_{\text{LWR}} \leq Pu \leq Pu_{\text{OBR}} \tag{33}$$

oder

$$7 \leq Pu \leq 15 \text{ \$/g} \tag{34}$$

Das heißt mit anderen Worten, daß der LWR einen Vorteil hat bei

$$Pu > Pu_{\text{LWR}} \tag{35}$$

der OBR, wenn

$$Pu < Pu_{\text{OBR}} \tag{36}$$

ist.

Es gibt kein weiteres Kriterium, welches irgendeinen der Partner prinzipiell in Vorteil bringen könnte. Die Folgerung ist, daß mit diesem Preis zwischen diesen Grenzen zu rechnen ist. Die wichtigste Erkenntnis ist, daß jeder Preis im Intervall Gl.33 die Konkurrenzfähigkeit des OBR garantiert. Durch die Kombination der Tabellen 17 und 19 für die obere Plutonium-Preisgrenze der Tabelle 20, ist sowohl der vom Plutoniumpreis unabhängige Uranstart eingeschlossen, als auch die Konkurrenzfähigkeit zum LWR garantiert. Im Falle des OBR liegen beide Grenzen ungefähr beim selben Plutoniumpreis. Deshalb bringt der OBR keine wesentlichen Vorteile und für den Fall, daß Plutonium über  $Pu_{\text{OBR}}$  zu liegen kommt, wird kein OBR installiert und folglich muß der LWR sein Plutonium rezirkulieren und mit dem niedrigen Wert

$$P_u = P_{u_{LWR/LWR_R}} = 7 \text{ \$/g} \quad (37 \text{ a})$$

nach Tabelle 18 vorlieben. Auf diese Weise ist der Mechanismus der Plutoniumpreisbildung erarbeitet, keineswegs aber der tatsächliche Preis. Für viele Fragen ist aber schon ein wesentlicher Vorteil, den Mechanismus zu kennen, wie man bereits sehen konnte und wie es noch deutlich gezeigt werden wird.

Zum Beispiel kann der eben diskutierte Sachverhalt nochmals auf folgende Weise dargestellt werden, was zu einer bedeutenden Schlußfolgerung führen wird. Gl.33 kombiniert mit Gl.17, die zu Tabelle 20 führte, kann wie folgt geschrieben werden

$$P_{u_{LWR}} \leq P_u \leq \text{Min} (P_{u_{LWR/OBR}}, P_{u_{OBR/UOBR}}) \quad (37 \text{ b})$$

Nach wie vor gilt

$$P_{u_{LWR}} = 7 \text{ \$/g} \quad (38)$$

Gl.8 sieht für  $P_{u_{LWR/OBR}}$  wie folgt aus

$$k_o^{LWR} + k_1^{LWR} \cdot P_u = k_o^{OBR} + k_1^{OBR} \cdot P_u \quad (39)$$

oder

$$P_{u_{LWR/OBR}} = \frac{k_o^{LWR} - k_o^{OBR}}{k_1^{OBR} - k_1^{LWR}}, \quad (40)$$

$P_{u_{LWR/OBR}}$  gibt den maximalen Plutoniumpreis an, für den der OBR noch konkurrenzfähig ist, nämlich 14.6 \\$/g nach Tabelle 17. Gemäß Tabelle 15 gilt folgende Ungleichung

$$k_o^{LWR} > k_o^{OBR} \quad (41)$$

Der Nenner von Gl.40 kann als konstant angesehen werden. Je billiger LWR werden, je kleiner also durch irgendwelche Maßnahmen -zum Beispiel höhere Spaltstoffbelastung oder billigere Trennarbeitskosten-  $k_o^{LWR}$  wird, desto niedriger wird  $P_{u_{LWR/OBR}}$ .

Wenn  $Pu_{LWR/OBR} < Pu_{OBR/UOBR}$  (42)

hat sich das Plutoniumpreis-Intervall auf

$$Pu_{LWR} \leq Pu \leq Pu_{LWR/OBR} \quad (43)$$

verkleinert. Die obere Preisgrenze des Intervalls ist nun also von den LWR-Kosten abhängig. Als extremer Fall kann

$$Pu_{LWR/OBR} = 7 \text{ \$/g} \quad (44)$$

werden, der mit Gl.38 und 43 auf einen Plutoniumpreis von

$$Pu = 7 \text{ \$/g} \quad (45)$$

führen würde. Hier ist das Intervall zu einem Wert zusammengeschrumpft und

$$Pu_{LWR} = Pu_{LWR/OBR} \quad (46)$$

Dies könnte nach den Referenzwerten beispielsweise dann der Fall sein, wenn sich die Kapitalkosten von LWR und OBR um 180 DM/kWe unterscheiden. In den Referenzwerten ist der Unterschied nur 80 DM/kWe. Sollte der LWR gegenüber dem OBR noch billiger werden, würde folgende Gleichung gelten

$$Pu_{OBR} = Pu_{LWR/OBR} < 7 \text{ \$/g} \quad (47)$$

oder in der Schreibweise von Gl.32

$$V_{LWR/OBR} < V_{LWR} + V_{OBR} \quad (48)$$

und in diesem Fall würde kein Plutoniumtausch stattfinden, das heißt, der OBR kann nicht gebaut werden <sup>1)</sup>. So kann aus Gl.37 b ein Plutoniumpreis

1) Ein Uranstart wäre unter diesen Bedingungen hoffnungslos unökonomisch, weil ihm sogar ein Plutoniumpreis von 15 \\$/g entsprechen würde.

$$P_u = P_{u_{LWR}} \quad (49)$$

abgeleitet werden, der für den OBR die äußerste Konkurrenzsituation meistert, und wann immer notwendig, auch einstellt. Er ist natürlich nur als Grenzwert zu verstehen und im Fall von SBR-Kombinationen mit LWR durch Gl.45 gegeben bzw. durch Gl.19 bestimmt.

Als Regel gilt

$$P_u = P_{u_{TKR}} \quad (50)$$

(nach Tabelle 21)  $P_{u_{TKR}}$  ist der Plutoniumpreis, der für Kostenkalkulationen verwendet werden soll, wenn das Potential von Kernkraftwerken abgeschätzt werden soll. Dies ist in zweifacher Hinsicht bedeutsam:

- erstens gibt dieser Preis die äußerste Konkurrenzsituation der SBR gegenüber anderen Typen an,
- zweitens läßt sich mit diesem Preis der Kostenvorteil der Brütereinführung in einer Strategie oder beispielsweise Renditen für die Brüterentwicklung beim Vergleich verschiedener Typen errechnen, weil ohne die SBR für Plutonium mit genau diesem Preis hätte gerechnet werden müssen.

Es wird hier nochmals betont, daß Gl.50 keine Vorhersage des aktuellen Marktpreises bedeutet. Jedoch kann er für Kostenkalkulationen verwendet werden, weil dieser Preis dann erreicht werden wird, wenn der SBR sich in harter Konkurrenz befindet. In dem Fall, in dem der tatsächliche Preis des Plutoniums in Übereinstimmung mit dem Intervall nach Gl.33 oder allgemein nach

$$P_{u_{TKR}} \leq P_u \leq P_{u_{SBR}} \quad (51)$$

höher ist, heißt das lediglich, daß er vom SBR, ohne seine Konkurrenzfähigkeit anzutasten, in Kauf genommen werden kann. Der Strategiegewinn durch Einführung der SBR verändert sich jetzt aber nicht, denn dafür werden die TKR billiger.

### 3.2.3. Plutonium-Dreiparteienspiel

Mit Hilfe von Plausibilitätsbetrachtungen, wenn auch in Analogie zur Spieltheorie, sollen einige Fälle mit mehreren verschiedenartigen Reaktortypen behandelt werden.

3.2.3.1. Zwei Plutonium-Geber

Die charakteristische Funktion der Kombination LWR, SWR, OBR, als Beispiel für diesen Abschnitt, ist

$$\begin{aligned}
 V_{LWR} &= P_{uLWR} \\
 V_{SWR} &= P_{uSWR} \\
 V_{OBR} &= 0 \\
 \\ 
 V_{LWR/SWR} &= P_{uLWR} + P_{uSWR} & (52) \\
 V_{LWR/OBR} &= P_{uOBR} \\
 V_{SWR/OBR} &= P_{uOBR}
 \end{aligned}$$

$$V_{LWR/SWR/OBR} = P_{uOBR}$$

mit

$$P_{uOBR} > P_{uSWR} > P_{uLWR} \quad (53)$$

Hier sind nur die wesentlichen Koalitionen

$$LWR/OBR, SWR/OBR, LWR/SWR/OBR \quad (54)$$

interessant. Sie würden nach den Ergebnissen von Abschnitt 3.2.2. zu Folgendem führen

$$\begin{aligned}
 LWR/OBR & \quad 7 \leq P_u \leq 15 \text{ \$/g} \\
 SWR/OBR & \quad 10 \leq P_u \leq 15 \text{ \$/g}
 \end{aligned} \quad (55)$$

Wenn jedoch der LWR seinen Plutoniumpreis über 10 \$/g anhebt, droht der OBR mit einer Koalition SWR/OBR, welche für ihn ohne Nachteil wäre. Die Situation ergäbe dann folgendes Bild

$$\begin{aligned}
 LWR/OBR & \quad 7 \leq P_u \leq 10 \text{ \$/g} \\
 SWR/OBR & \quad 10 \leq P_u \leq 15 \text{ \$/g}
 \end{aligned} \quad (56)$$

Das würde für den LWR eine Einschränkung seiner Möglichkeiten bedeuten. Jedoch hat er noch eine andere Möglichkeit. Er kann mit dem SWR eine Koalition eingehen. Da der SWR in keiner guten Position ist -der OBR wird gemäß Gl.56 immer den LWR bevorzugen- stellt sich der SWR gerne zur Verfügung, der Verkäufer von LWR-Plutonium in der Unterkoalition SWR/LWR zu sein.

Kommt es zum Plutoniumtausch zwischen dem OBR und dem Konverter, gilt als Koalition

$$\text{LWR/SWR/OBR} \quad 10 \leq \text{Pu} \leq 15 \text{ \$/g} \quad (57)$$

Auf diese Weise ist das Plutoniumpreisintervall von unten her eingeschränkt worden. Die Aufteilung des Gewinns auf LWR und SWR soll hier nicht diskutiert werden. Es genügt, herauszustellen, daß Gl.57 gilt, wenn sich LWR und SWR einig werden. Es ist in Übereinstimmung mit rationalem Verhalten im Falle zweier Plutoniumgeber TKR 1 und TKR 2 zu schreiben

$$\text{Max} (\text{Pu}_{\text{TKR 1}}, \text{Pu}_{\text{TKR 2}}) \leq \text{Pu} \leq \text{Pu}_{\text{SBR}} \quad (58)$$

Sogar im Falle von Zweitypenstrategien kann der SBR als zweiter Plutoniumgeber angesehen werden. Da die SBR mit sinkendem Plutoniumpreis billiger werden, kann im Sinne der linken Seite von Gl.58

$$\text{Max} (\text{Pu}_{\text{TKR}}, \text{Pu}_{\text{SBR}_{\text{min}}}) \quad (59)$$

ersetzt werden durch

$$\text{Max} (\text{Pu}_{\text{TKR}}, 0) = \text{Pu}_{\text{TKR}} \quad (60)$$

also bleibt Gl.51 gültig. Sind einmal nach dem Jahr 2000 nurmehr SBR auf dem Markt, so würde aus derselben Überlegung folgen

$$0 \leq \text{Pu} \leq \text{Pu}_{\text{SBR}} \quad (61)$$

Es gibt jedoch Gründe, anzunehmen, daß sich ein Plutoniumpreis von wenigstens

$$-1 = P_{u_{TKR \text{ alt}}} \quad (62)$$

erhält, da der Prozeß einer weiteren Preissenkung alle jene Brüterkraftwerke benachteiligt, die dann mehr für das Erstinventar bezahlen, als der Plutonium-erlös bringt. Der Plutonium-Verkaufspreis wird also generell nur schwer unter den einmal festgelegten Einkaufspreis sinken <sup>1)</sup>.

Eine andere Implikation der Strategie LWR-SWR-OBR tritt auf, wenn noch TKR zugebaut werden müssen. Für das Plutoniumpreisintervall nach Gl.57 sind folgende Beziehungen anwendbar <sup>2)</sup>:

$$10 \leq P_u \leq 12 \text{ \$/g} \implies k^{LWR} \leq k^{SWR} \quad (63)$$

$$12 \leq P_u \leq 15 \text{ \$/g} \implies k^{SWR} \leq k^{LWR} \quad (64)$$

Es sei davon ausgegangen, daß beide Typen auf dem Markt sind. Eine neuartige Konkurrenzsituation entsteht nun bei der Frage, welcher Typ LWR oder SWR bei Bedarf zugebaut wird. Solange in diesem Sinne LWR und SWR Konkurrenten sind, wird der LWR seine Plutoniumpreisangebote im Bereich von Gl.63 machen, er wird vom OBR vorgezogen und den SWR ausstechen. Der LWR kann dann aber keinen SWR mehr zum Verkaufsprozess verschieben und es scheint das Intervall

$$7 \leq P_u \leq 12 \text{ \$/g} \quad (65)$$

aktuell zu werden. Benutzen die OBR so viel Plutonium als nur gerade verfügbar, so werden sie aber auch auf die SWR zurückgreifen, und da diese sogar mehr Plutonium machen als die LWR, kann nicht ausgeschlossen werden, daß die SWR auch zugebaut werden und somit das gesamte Intervall

$$7 \leq P_u \leq 15 \text{ \$/g} \quad (66)$$

wieder offen ist. Denn schon Gl.57 kommt nur zustande, wenn nach Gl.56 der SWR ausgeschaltet werden könnte. Sind die SBR aber auf das gesamte Plutonium unter  $P_{u_{SBR}}$  angewiesen, so können beide Konverter verkaufen, unabhängig von der Koalitionsbindung. Dann aber gilt Gl.55. Dabei kann es offensichtlich passieren, daß zweierlei Preise auf dem Markt sind. Ob deshalb Gl.57 wahrscheinlicher ist

1) Über eine weitere Schlußfolgerung aus dieser Überlegung s.auch Abschnitt 3.3.

2) s.auch Tabelle 15

da LWR und SWR nicht gezwungen sind, eine Koalition einzugehen, bleibt dahingestellt. Es scheint so, als ob auch hier der SBR mit dem gesamten Intervall nach Gl.66 rechnen kann. Für die äußerste Konkurrenzsituation gilt jedenfalls, daß bei 7 \$/g kein SWR-Plutonium mehr zur Verfügung steht.

Als Schlußfolgerung kann gesagt werden:

Der statische Fall (kein TKR-Zubau) liefert zunächst das Plutoniumpreisintervall

$$10 \leq \text{Pu} \leq 15 \text{ \$/g} \quad (67)$$

Die äußerste Konkurrenzsituation darf auch bei LWR-SWR-SBR-Strategien mit

$$\text{Pu} = 7 \text{ \$/g} \quad (68)$$

abgeschätzt werden, weil der LWR lieber sein Plutonium im Intervall

$$7 \leq \text{Pu} \leq 10 \text{ \$/g} \quad (69)$$

verkauft, als daß er in einer LWR-SWR-Koalition Plutonium rezirkuliert, weil der OBR nicht mehr konkurrenzfähig ist, wenn

$$\text{Pu}_{\text{SBR}} < \text{Pu}_{\text{SWR}} \quad (70)$$

geworden ist. Das SWR-Plutonium wäre dann aber nicht mehr verfügbar.

Im dynamischen Fall, das heißt, wenn noch TKR zugebaut werden müssen und beim Ankauf von Plutonium von SWR-Reaktoren das Intervall Gl.67 nicht zu umgehen ist, kann genausogut eine Koalition für

$$12 \leq \text{Pu} \leq 15 \text{ \$/g} \quad (71)$$

zwischen LWR und SWR eintreten - der LWR läßt mit dem Vorteil eines hohen Plutoniumpreises dem SWR den Vortritt im Reaktorzubau - wie auch das ganze Intervall

$$7 \leq \text{Pu} \leq 15 \text{ \$/g} \quad (72)$$

offenbleiben. Dies hängt von der subjektiven Einschätzung des Wertes von teurem Plutoniumverkauf und Reaktorzubau ab. Hier spielt dann in zunehmendem Maße die jeweilige Struktur des Energieversorgungsunternehmens eine Rolle. Besitzt es beide Typen, wird es wohl den Fall nach Gl.71 vorziehen. Den Vorteil, Plutonium sowohl vom LWR als auch vom SWR kaufen zu können, also die Möglichkeit eines starken Zuwachses hat der OBR nur, wenn er mit 10 \$/g noch konkurrenzfähig ist. Die zu erstrebende Grenze in der Konkurrenzfähigkeit ist also über Gl.67 mit

$$P_u = 10 \text{ \$/g} \quad (73)$$

gegeben.

Dieser Fall der LWR-SWR-OBR-Strategie wurde aus dem Grund so ausführlich diskutiert, weil über den reinen spieltheoretischen Formalismus hinaus hier eine nicht voll entscheidbare Situation deshalb eintritt, weil zwei subjektive Nutzenaspekte in Einklang gebracht werden müssen:

1. Auswirkungen des Plutoniumpreises auf die Energieerzeugungskosten bestehender TKR
2. Auswirkungen des Plutoniumpreises auf die Konkurrenzsituation für den Zubau verschiedener TKR

Da die mathematische Theorie der Spiele für ihre Analysen die subjektiven Nutzenvorstellungen als fixiert voraussetzt, ist sie auch nicht in der Lage, eine rationale Wichtung beider Kriterien herbeizuführen. Die verbale Durchleuchtung des Sachverhaltes führt jedoch, ohne die Antwort auf die reale Situation zwischen den TKR geben zu können, für die Fragen, die auf der SBR-Seite interessieren, zu den Aussagen nach Gl.68 und 73.

### 3.2.3.2. Zwei Plutonium-Nehmer

Als Referenzstrategie für den Fall zweier Plutonium-Verbraucher sei LWR-OBR-CBR ausgewählt. Aus Tabelle 15 ist offensichtlich, daß der CBR für jeden Plutoniumpreis

$$Pu \geq Pu_{LWR} \quad (74)$$

billiger ist, als der OBR. Folglich wird ab seiner Verfügbarkeit in einer Strategie nurmehr der CBR-Typ zugebaut. Da billigeres Plutonium für beide, also auch für den OBR, von Vorteil ist, wird der CBR mit dem OBR ein Übereinkommen im Sinne der Argumentation der Spieltheorie über den Tauschmechanismus treffen, der zu dem Plutoniumpreisintervall

$$Pu_{LWR} \leq Pu \leq \text{Min} (Pu_{OBR}, Pu_{CBR}) \quad (75)$$

führt, bzw.

$$7 \leq Pu \leq 15 \text{ \$/g} \quad (76)$$

Die Grenze der Konkurrenzfähigkeit muß also auch hier mit

$$Pu = 7 \text{ \$/g} \quad (77)$$

abgeschätzt werden.

Wenngleich die Zahlenangaben nach Tabelle 15 dies nicht unmittelbar ausweisen, so könnte im Falle von LWR-DBR-CBR-Strategien der Fall eintreten, daß ein Plutoniumpreis existiert

$$Pu \geq Pu_{LWR} \quad (78)$$

für den

$$k_{DBR} \leq k_{CBR} \quad (79)$$

ist. Da in diesem Fall nicht die Komplikation wie bei zwei Plutonium-Gebern eintritt, daß man auf beide Typen angewiesen ist, würde hier der von LWR sogar noch bevorzugte Fall

$$Pu_{DBR/CBR} \leq Pu \leq Pu_{CBR} \quad (80)$$

eintreten. Hier wird der DBR diskriminiert, während dies im Falle zweier Pluto-

niumgeber für keinen von beiden der Fall ist, weil Plutonium von beiden gebraucht wird. Allgemeiner kann für Gl.80 geschrieben werden

$$\text{Max} (Pu_{LWR}, Pu_{DBR/CBR}) \leq Pu \leq Pu_{CBR} \quad (81)$$

### 3.2.3.3. Ein neutraler Partner

Es bleibt noch die Strategie LWR-THTR-CBR näher zu untersuchen. Der THTR hat keinerlei Plutoniumbilanz. Er und der CBR seien in einer Strategie ab 1980 verfügbar. Da

$$k^{THTR} < k^{LWR} (Pu_{CBR}) \quad (82)$$

gelten soll, also der THTR für jeden zulässigen Plutoniumpreis billiger sein soll als der LWR, ist die Zubaufgabe der TKR eindeutig zugunsten des THTR entschieden. Die bestehenden LWR werden jedoch nach wie vor interessiert sein, Plutonium für

$$Pu > Pu_{LWR} \quad (83)$$

zu verkaufen. Wird jedoch der Plutoniumpreis eine Höhe erreicht haben, für die

$$k^{CBR} > k^{THTR} \quad (84)$$

ist, wird kein CBR zugebaut und der LWR muß für einen Plutoniumwert von

$$Pu = Pu_{LWR} \quad (85)$$

rezirkulieren. So ist es rational für den LWR, im Falle des Vorhandenseins des THTR, die obere Plutoniumpreisgrenze von Gl.33 auf

$$Pu_{LWR} \leq Pu \leq Pu_{THTR/CBR} \quad (86)$$

zu erniedrigen. Allgemein ist die Ungleichung

$$Pu_{LWR} \leq Pu \leq \text{Min} (Pu_{CBR}, Pu_{THTR/CBR}) \quad (87)$$

anwendbar.  $Pu_{\text{THTR/CBR}}$  ist zu bekommen aus

$$k^{\text{THTR}} = k^{\text{CBR}} \quad (88)$$

Die Ähnlichkeit von Gl.87 mit Gl.37 b ist evident und es ergibt sich dieselbe Schlußfolgerung. Je billiger ein Typ wie der THTR wird, desto niedriger muß die obere Grenze des Plutoniumpreisintervalls gesetzt werden. Deshalb muß die untere Preisgrenze für die Bestimmung der Konkurrenzfähigkeitsgrenze Verwendung finden:

$$\begin{aligned} \text{im Falle von LWR-Strategien } Pu_{\text{min}} &= 7 \text{ \$/g} \\ \text{im Falle von SWR-Strategien } Pu_{\text{min}} &= 10 \text{ \$/g} \end{aligned} \quad (89)$$

Eine Variante ist die folgende:

Würde es einen Plutoniumpreis  $Pu_{\text{LWR/THTR}}$  innerhalb des Intervalls nach Gl.87 geben, für den

$$k^{\text{LWR}} < k^{\text{THTR}} \quad (90)$$

ist, so kann der SBR den Zubau von THTR vermeiden, wenn er dem Intervall

$$\text{Max} (Pu_{\text{LWR}}, Pu_{\text{LWR/THTR}}) \leq Pu \leq \text{Min} (Pu_{\text{CBR}}, Pu_{\text{THTR/CBR}}) \quad (91)$$

zustimmt. Der minimale Plutoniumpreis ist nun zwar gestiegen, dafür hat der SBR den Vorteil größerer Plutoniumproduktion in der Strategie durch den weiteren Zubau der LWR. Erst wenn die linke Seite in Gl.91 größer wird als die rechte, gilt wieder der Fall nach Gl.87 und ein beschränkter CBR-Zubau.

### 3.3. Schlußfolgerung

In Abschnitt 3 konnten die Preismechanismen für Plutonium auf einem freien Markt gezeigt werden. Daraus folgt, daß es vernünftig ist, die Kernkraftwerke mit den Plutoniumpreisen nach Tabelle 21 in 3.1.2. zu vergleichen, d.h. den minimalen Preisen der zulässigen Preisintervalle. Es wurde hervorgehoben, daß dies nichts mit einer Bestimmung des aktuellen Marktpreises zu tun hat, jedoch gemäß den

Preisbildungsmechanismen ein Preis ist, der eintreten wird, wenn die SBR einer harten Konkurrenz ausgesetzt sind. Er gibt deshalb die äußerste Grenze der Konkurrenzfähigkeit der SBR an.

Es gibt jedoch noch ein Argument, das den Plutoniumpreis

$$Pu = Pu_{\min} \quad (92)$$

als einen rational begründbaren tatsächlichen Marktpreis, jedenfalls als Grenzwert, liefert. Ist der Marktpreis höher als besagtes  $Pu_{\min}$ , muß damit gerechnet werden, daß ein möglicher Konkurrent der Brüter wegen seiner billigen Energieerzeugungskosten den Plutoniumpreis, entsprechend z.B. Gl.87, gegen  $Pu_{\min}$  drängt. Dies verursacht für die bestehenden SBR-Kraftwerke einen bedeutenden Nachteil, weil die Amortisation des Anfangsinventars mit einem höheren Plutoniumpreis kalkuliert wurde, als für den Plutoniumüberschuß nun tatsächlich aufgebracht werden kann, was zu steigenden Energieerzeugungskosten führt. Deshalb kann es für die Betreiber von Kernkraftwerken von Vorteil sein, Absprachen über einen von vornherein auf

$$Pu = Pu_{\text{TKR}} \quad (93)$$

fixierten Plutoniumpreis zu treffen.

Die Annahme, daß derartige Absprachen vernünftig seien, soll keinen Eingriff in den freien Markt fordern. Es ist vollkommen klar, daß diese Plutoniumpreise auf keinen Fall erzwungen werden können. Unter der Annahme rationalen Verhaltens im Sinne der Spieltheorie auf Seiten der Elektrizitätserzeugungsunternehmen kann man eine solche Entwicklung jedoch erwarten. Da in Strategien das, was der Brüterseite genommen wird, automatisch auf der Konverterseite wieder hereinkommt, verändert der Plutoniumpreis den Strategienbarwert nicht signifikant. Dies ist wichtig, wenn die Betreiber von Kraftwerken Brüter und Konverter gleichzeitig besitzen. So könnten sie bereit sein, einen niedrigen Plutoniumpreis zuzulassen, denn ein niedriger Plutoniumpreis verhindert Amortisationsverluste des Erstinventars, wenn ein Konkurrent wie der THTR auftritt. Da jedoch trotzdem an den Kernkraftwerken immer Plutonium sowohl im Überschuß als auch als Mangelware auftritt, wird die Konkurrenzsituation in Bezug auf den Plutoniumpreis zwischen den Elektrizitätsversorgungsunternehmen erhalten bleiben. In solchen Fällen liegt aber eine Koalition im Bereich des Möglichen.

### 3.4. Ein Reaktorvergleich

Mit den Kostenangaben in Tabelle 15 läßt sich nun ein Reaktorvergleich auf der Basis der Plutoniumpreistheorie vornehmen. Danach ist die Konkurrenzsituation bei LWR-Strategien mit 7 \$/g gerechnet, diejenige bei SWR-Strategien mit 10 \$/g und schließlich noch der Fall mit den maximalen Plutoniumpreisen nach Tabelle 20 angefügt. Die erste und die zweite Zeile sind als realistischer Vergleich anzusehen.

Tabelle 22                      Spezifische Energieerzeugungskosten  $\overline{DPf/kWh}$

Pu-Preis	LWR	SWR	THTR	DBR	OBR	CBR
$Pu_{LWR}$	1.81	1.86	1.56	1.56	1.61	1.44
$Pu_{SWR}$	1.78	1.80	1.56	1.63	1.66	1.46
$Pu_{SBR}$	1.72-1.75	1.68-1.74	1.56	1.70	1.74	1.50

Mit Zeile 1 ergeben sich bei 8 % Diskontsatz folgende Amortisationszeiten für  $2 \cdot 10^9$  DM Aufwand für die beiden Bedarfskurven in der BRD.

Tabelle 23                      Amortisationszeiten <sup>1)</sup>

THTR	DBR	OBR	CBR
8 - 10	13 - 22	13 - 20	6 - 11

1) Reaktoreigenschaften nach Tabelle 12 in 2.4.3.

#### 4. Systemanalyse der Kernenergieeinführung unter besonderer Berücksichtigung des Problems der Uran-Anreicherungskapazitäten

Die speziell in Abschnitt 2.3. erarbeitete Methode zur Systemanalyse moderner technologischer Großprojekte soll nun für eine umfassende Beurteilung verschiedener Kernkraftwerksentwicklungen verwendet werden. Da diese Beurteilung unter Berücksichtigung von Kernkraftwerkskombinationen in einer expandierenden Kernenergiewirtschaft vorgenommen wird, erweist sich die Frage nach ausreichender Brennstoffversorgungsgarantie als zentral. Deshalb ist der Kernpunkt der Untersuchung dieses Abschnittes der Frage gewidmet, wie man das heute aktuelle Problem der Uran-Anreicherungskapazitäten lösen kann. Es wird zu sehen sein, wie dieses Problem wesentlich an der Beurteilung verschiedener Kraftwerktypen teilhat und wie besonders die in Abschnitt 2.3. entwickelten Methoden geeignet sind, eine Lagebestimmung unter solch komplexen Aspekten zu ermöglichen. Die verwendeten Reaktordaten sind ohne allzugroße Genauigkeit, die nicht möglich ist, sorgfältig ausgewählt und sollen für die einzelnen Typen repräsentativ sein. Die Analyse ist so ausführlich dargelegt, daß Variationen in den Annahmen jederzeit und leicht mit Hilfe der Anhänge D, E und F ausgewertet werden können.

##### 4.1. Reaktorstrategien

In diesem Kapitel sollen die grundlegenden Eigenschaften der zu diskutierenden Reaktorstrategien erläutert werden. Dies kann mit Vorteil an den Normkurven geschehen und bleibt für jede Wirtschaftsgröße richtig. Kleine Abweichungen können vernachlässigt werden.

##### 4.1.1. Reaktordaten

Die Normkurvenenergebnisse nach Anhang B werden ausschließlich von der Plutoniumbilanz der Reaktortypen beeinflusst. Tabelle 23 gibt die Werte, die Verwendung fanden. Ihnen sind typische Reaktorkonzepte zugeordnet. Die beiden Karbidvarianten sollen die Auswirkungen aufzeigen, die auftreten, wenn man sich um höhere Plutoniumproduktion bemüht und dabei gleichzeitig ein höheres Plutoniuminventar in Kauf nehmen muß.

Tabelle 23      Plutoniumbilanz verschiedener Typen für 1000 MWe-Anlagen <sup>1)</sup>

	LWR	SWR	THTR	OBR	CBR 1	CBR 2
Plutoniuminventar [ to Pu <sub>spaltbar</sub> ]	0	0	0	2.5	1.5	2.5
Plutoniumüberschuss [ to/a Pu <sub>spaltbar</sub> ]	0.15	0.30	0	0.15	0.15	0.30
Anfangsverzögerung für Pu-Überschuss [ a ]	3	1	0	1	1	1

#### 4.1.2. Reaktortypenkombinationen

In Anhang E sind durch eine vielseitige Kombination der in Tabelle 23 gegebenen Werte zusammen mit verschiedenen Einsatzzeitpunkten der fortgeschrittenen Typen eine große Zahl von Strategien und damit Typenkombinationen gerechnet. Eine für die nächsten Überlegungen brauchbare Zusammenstellung der Kombinationen gibt Tabelle 24. Hinter dem Typennamen sind in Klammern auch die Einsatzzeitpunkte angegeben. Die repräsentativen Strategien sind an den Anfang gestellt.

Tabelle 24      Typische Strategien

LWR (1970)
LWR (1970) - THTR (1980)
LWR (1970) - CBR (1980)
LWR (1970) - SWR (1975) - CBR 1 (1980)
LWR (1970) - UCBR (1980) - CBR 1 (1980)
LWR (1970) - OBR (1980)
LWR (1970) - CBR 1 (1985)
LWR (1970) - THTR (1980) - OBR (1980)
LWR (1970) - THTR (1980) - CBR 1 (1980)
LWR (1970) - SWR (1975) - OBR (1980)
LWR (1970) - SWR (1975) - CBR 1 (1985)
LWR (1970) - THTR (1975)
LWR (1970) - THTR (1975) - CBR (1980)
LWR (1970) - THTR (1975) - CBR 1 (1985)
LWR (1970) - UOBR (1980) - OBR (1980)
LWR (1970) - UCBR (1985) - CBR 1 (1985)

<sup>1)</sup> Die etwas vorsichtigen Annahmen bei den SBR sind absichtlich und verhindern ein evtl. zu optimistisches Bild bei den Lösungsmöglichkeiten des Trennkapa-  
zitätsproblems.

#### 4.1.3. Strategienergebnisse

Als Ergebnisse werden hier noch keine Massen- und Kostenbilanzen angegeben, sondern die Reaktortypenanteile. Ein Vergleich der möglichen Installationen der einzelnen Typen gibt ausreichend Aufschluß über grundlegende Eigenschaften der Strategien.

##### 4.1.3.1. Typenanteile

Für die Strategien nach Tabelle 24 zeigt Tabelle 25 die zeitabhängigen Anteile der einzelnen Typen an 100. Besonders hervorzuheben ist der den Plutoniumausstoß der SBR weitaus überragende Einfluß der Plutoniuminventare für die Anteile an der Gesamtenergie, wie aus Tabelle 26 ersichtlich. Dies hat eine entsprechende Bedeutung für Massen- und Kostenbilanzen <sup>1)</sup>.

Tabelle 25      Reaktortypenanteile an 100

	<u>Grundtyp</u>	<u>Konverter</u>			<u>Brüter</u>		
		<u>1980</u>	<u>1990</u>	<u>2000</u>	<u>1980</u>	<u>1990</u>	<u>2000</u>
LWR		13-35	42-67	100			
LWR-THTR	13-35	0	29-32	87-65			
LWR-CBR1	13-35	0	15-3	29-3	0	14-30	58-63
LWR-SWR-CBR1	6-18	7-17	13-21	16-21	0	23-29	78-61
LWR-UCBR-CBR1	13-35	0	17-3	36-3	0	12-30	51-63
LWR-OBR	13-35	0	21-13	54-14	0	8-20	33-52
LWR-CBR1 (1985)	24-51	0	9-0	23-0	0	9-17	53-50
LWR-THTR-OBR	13-35	0	23-15	72-21	0	6-18	15-45
LWR-THTR-CBR1	13-35	0	18-3	52-3	0	11-30	35-63
LWR-SWR-OBR	6-18	7-17	22-23	39-23	0	14-27	55-59
LWR-SWR-CBR1 (1985)	6-18	7-17	20-34	20-34	0	16-16	74-48

Tabelle 26      Reaktortypenanteile an 100 für OBR, CBR1 und CBR2

	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>2000</u>
LWR-OBR	3-8	3-20	33-52
LWR-CBR1	5-14	14-30	58-63
LWR-CBR2	3-8	9-22	42-55

<sup>1)</sup> s.a. Abschnitt 2.4.1.

#### 4.1.3.2. Plutonium-Bilanz

Es wird für die Frage von Exportstrategien von Interesse sein, den Plutoniumüberschuß eines Systems auszuweisen. Strategien gemäß Tabelle 24, in denen dieser Überschuß null ist, werden hier nicht betrachtet, ebenfalls nicht der Typ CBR2 und Strategien ohne Brüter. Fortan steht CBR für CBR1.

Tabelle 27      Plutoniumüberschuß bei verschiedenen Reaktorstrategien /t kumuliert /

	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>
LWR-CBR (1980)	0-2	0-10	0-31	0-63
LWR-SWR-CBR (1980)	0-10	0-35	3-71	6-118
LWR-UCBR (1980) -CBR	0	0-8	0-30	0-62
LWR-OBR (1980)	0	0	0-2	0-13
LWR-CBR (1985)	0	0-8	0-30	0-61
LWR-SWR-OBR (1980)	0	0-5	0-21	0-48
LWR-SWR-CBR (1985)	0	3-33	4-78	10-135
LWR-UOBR (1980) -OBR	0	0	0	0-12
LWR-UCBR (1985) -CBR	0	0-8	0-30	0-61

Diese Werte gelten für die Normkurven des Kernenergiebedarfs <sup>1)</sup>, für die BRD müssen diese Werte mit 2 multipliziert werden.

#### 4.1.3.3. Einfluß der Form der Kernenergiebedarfskurve

Schon Tabelle 25 läßt erkennen, welcher bedeutenden Einfluß die Kurvenform auf die Eigenart einer Strategie hat. Bei der linearen Bedarfskurve, also einem frühzeitigen forcierten Zubau von LWR oder SWR, ist bis zur Einführung der SBR der Grundstock an Plutonium-produzierenden Reaktoren so groß, daß vom Einsatzzeitpunkt der fortgeschrittenen Reaktoren an keine Konverter mehr zugebaut werden müssen. Das hat zwei bedeutende Folgen. Erstens sind die Überschüsse an Plutonium spätestens ab 1990 bedeutend, und zweitens ist die Belastung aller mit der Versorgung von Konverterbrennstoff im Zusammenhang stehenden Anlagen ab 1980 bzw.

<sup>1)</sup> siehe Abschnitt 2.3.2.1.

1985 über 2 Dekaden konstant. Auf dem Sektor der Trennanlagen hat dies auf die Ökonomie rückwirkende Folgen. Umgekehrt gibt ein zögernder Konvertereinsatz ein ungünstigeres Bild mit relativ kurzer Bedarfsspitze meist erst um oder nach dem Jahre 2000 für die Trennanlagen. Was immer man also tun kann, eine großzügige Einführung von Kernkraftwerken gerade in der nächsten Dekade zu ermöglichen, ist von Vorteil.

#### 4.1.3.4. Einfluß der Einsatzzeiten der fortgeschrittenen Reaktoren

Aus Tabelle 27 ergibt sich, daß der Einfluß der Einsatzzeiten des SBR von überraschend geringer Bedeutung ist. Die gleiche Anzahl von SBR kann im Jahr 2000 nach Tabelle 25 bei Einsatz der SBR ab 1985 statt 1980 nur deshalb nicht erreicht werden, weil ein wesentlich erhöhter Grundstock an Konvertern einen beträchtlichen Teil der Energieversorgung bereits abdeckt. Diese Erhöhung des Grundtyps bzw. der Konverter von 13-35 auf 24-51 GWe hat natürlich Bedeutung für die Fragen der Brennstoffbeschaffung.

## 4.2. Natururanbedarf

Bevor die Reaktorstrategien bezüglich des Natururanbedarfs in Klassen eingeteilt werden, sei ein Überblick über die Natururanreserven gegeben.

### 4.2.1. Natururanreserven

Die Schätzungen über die Natururanreserven schwanken bei den einzelnen Quellenangaben, außerdem ändern sie sich mit dem Zeitpunkt der Betrachtung <sup>1)</sup>. Nach 1) sind die billigen Reserven bis 10 \$/lb  $U_3O_8$  in der westlichen Welt ca.  $1.4 \cdot 10^6$  t. Sicher bekannt sind davon etwa die Hälfte. Der Anteil der USA an diesen Vorräten beträgt etwa  $0.5 \cdot 10^6$  t. Heute liegen für die USA statistische Schätzungen vor, die für dieselbe Preiskategorie bis zu 10 \$/lb  $U_3O_8$  etwa  $1.1 \cdot 10^6$  t bis ca.  $3 \cdot 10^6$  t

1) Eine ausführliche Darstellung und Analyse dieses Sachverhalts ist gegeben in H. Grumm u.a.: Ergänzendes Material zum Bericht 'Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland', KFK-Bericht 466, Sept.1966, Kap.2

angeben 1) 2). Die erste Angabe beruht auf einer Analyse uranträchtiger geologischer Formationen und wird mit einem Unsicherheitsbereich von  $\pm 50\%$  angegeben. Die zweite Angabe bedeutet eine Maximalschätzung gemäß der Verteilung der Elemente in der Erdkruste. Es läßt sich schließen, daß die  $1.4 \cdot 10^6$  t billiger Uranreserven eine untere Grenze darstellen und das 3-fache davon noch wahrscheinlich ist.

#### 4.2.2. Reaktordaten

Die Berechnung der Strategien erfolgt so, daß mit Hilfe von Anhang E für sehr verschiedene Annahmen von Reaktoreigenschaften leicht und schnell Massenbilanzen errechnet werden können. Trotzdem werden in Tabelle 28 plausible Referenzdaten gegeben, die den Vergleich der Strategien noch leichter machen. In 4.2.3. sind die Ergebnisse, die in Anhang F für alle Strategien nach den Normkurven einzusehen sind, auf den aktuellen Bedarf umgerechnet.

Tabelle 28      Reaktordaten für 1000 MWe-Anlagen

	<u>LWR</u>	<u>SWR</u>	<u>THTR</u>
Uran-235-Inventar <u>[ t ]</u>	3.0	1.0	1.0
Inventar-Aufbau Anteil Natururan <u>[ t ]</u>	600	200	250
laufender Natururan- Bedarf <u>[ t/a ]</u>	100	125	35

#### 4.2.3. Strategienvergleich

Der Strategienvergleich zeigt den großen Vorteil der Einführung der fortgeschrittenen Reaktortypen (Tabelle 29). Langfristig gesehen sind es erst die SBR,

1) R. Witzke, E. Smitz, J. Bach: Enriched Uranium Supply and Demand, Economic Factors, American Power Conf., April 1968

2) V. Mc. Kelvey: Relation of Reserves of the Elements in their Crustal Abundance, American Journal of Science, V.258-A 1960

die den Natururanverbrauch zum Verschwinden bringen. Erst bei SWR-SBR-Strategien kann man davon sprechen, daß die Versorgungssicherheit groß ist.

Tabelle 29 Natururanverbrauch  $\underline{10^6}$  t kumuliert  $\underline{7}$  für die gesamte westliche Welt

	<u>2000</u>	<u>Tendenz des Jahresverbrauches</u>
LWR <sup>+</sup>	4.0 - 5.3	steigend
LWR-THTR (1975)	1.7 - 2.9	steigend
LWR-OBR	3.0 - 3.5	langsam fallend
LWR-CBR	2.2 - 2.9	schnell fallend
LWR-SWR-OBR	2.2 - 3.2	schnell fallend
LWR-SWR-CBR	1.4 - 3.0	null

<sup>+</sup> ohne Rezirkulieren des Plutoniums  
(mit Rezirkulieren können 15-25% gespart werden)

Eine Verzögerung der Einsätze der SBR bis 1985 würde außer beim THTR nur bei SWR-CBR-Strategien tragbar sein. Es ergibt sich für die gesamte westliche Welt  $1.8 - 3.8 \cdot 10^6$  t.

Eine Klasseneinteilung würde 3 Klassen ergeben.

Tabelle 30 Strategien-Klassen in Bezug auf Natururanverbrauch

Klasse I (niedriger Verbrauch)
alle SWR, THTR und CBR-Strategien
Klasse II (mittlerer Verbrauch)
alle OBR-Strategien
Klasse III (hoher Verbrauch)
LWR-Strategien auch mit Rezirkulieren

#### 4.3. Anreicherungs-kapazitätsbedarf

Die interessantesten Aufschlüsse über die Eigenarten der einzelnen Strategien

gibt die Analyse des Anreicherungsbedarfs. Die Frage der Trennbedarfsdeckung <sup>1)</sup> wird in Abschnitt 4.6. gesondert behandelt.

#### 4.3.1. Reaktordaten

Der bisher verwendete Schwerwasserreaktor ist als Natururanreaktor gedacht. Er weist deshalb keinen Anreicherungsbedarf auf. SWR-Konzepte mit angereichertem Uran versprechen nach ersten Abschätzungen keinerlei Vorteile. Im optimalen Fall werden leicht sinkende Kosten, die nicht unter denen der LWR liegen, durch den Bedarf an Anreicherungskapazität wieder abgewertet. Macht man die Anreicherung so hoch, daß die Plutoniumproduktion merklich ansteigt, so wird nicht nur der Anreicherungsbedarf undiskutabel hoch, sondern auch die hohe kritische Masse verursacht große Kostennachteile. Es verbleiben also nur die beiden Typen der Tabelle 31 für die Trennarbeitsuntersuchungen.

Tabelle 31      Trennarbeitsbedarf für 1000 MWe-Anlagen

	<u>LWR</u>	<u>THTR</u>
Inventar-Aufbau-Anteil an Trennarbeit $\int t$	400	250
laufender Bedarf an Trennarbeit $\int t/a$	70	35

#### 4.3.2. Strategienvergleich

Der Vergleich des erforderlichen Trennbedarfs erfolgt für alle in Tabelle 24 angegebenen Strategien. Das Zahlenmaterial nach Anhang F ist in Tabelle 32 zusammengestellt. Die Bereiche lassen erkennen, daß der zweiten Stelle der Zahlenangaben keine Bedeutung beizumessen ist.

<sup>1)</sup> statt "Anreicherung-" ist auch der Begriff "Trenn-" üblich.

Tabelle 32 Trennarbeitsbedarf für verschiedene Reaktorstrategien /  $10^3$  t/a T<sup>1)</sup>

	1980	1990	2000
LWR <sup>+</sup>	1.7 - 3.7	4.6 - 6.0	10.0 - 8.3
LWR-THTR (1980)	1.6 - 3.4	2.9 - 4.3	4.8 - 5.5
LWR-CBR (1980)	1.7 - 3.3	2.6 - 2.7	3.3 - 2.7
LWR-SWR (1975) -CBR (1980)	0.4 - 1.3	0.4 - 1.3	0.4 - 1.3
LWR-OBR (1980)	1.7 - 3.6	3.5 - 3.6	6.1 - 3.4
LWR-CBR (1985)	1.7 - 3.7	3.0 - 3.6	3.6 - 3.6
LWR-THTR (1980) -OBR (1980)	1.6 - 3.4	2.6 - 3.3	5.0 - 3.2
LWR-THTR (1980) -CBR	1.5 - 3.2	2.2 - 2.6	3.8 - 2.6
LWR-SWR (1975) -OBR (1980)	0.4 - 1.3	0.4 - 1.3	0.4 - 1.3
LWR-SWR (1975) -CBR (1985)	0.4 - 1.3	0.4 - 1.3	0.4 - 1.3
LWR-THTR (1975)	1.3 - 2.6	2.4 - 3.2	4.3 - 4.4
LWR-THTR (1975) -CBR (1980)	1.0 - 2.3	2.4 - 2.5	4.7 - 2.3
LWR-THTR (1975) -CBR (1985)	1.1 - 2.6	2.6 - 3.0	5.0 - 2.9

<sup>+</sup> ohne Rezirkulieren des Plutoniums  
(mit Rezirkulieren können 15-25 % gespart werden)

Hier gelten die Beobachtungen, die schon in 4.1.3. gemacht wurden. Speziell ein forciertes Zubau von Grundtypen in der nächsten Dekade, die Plutonium produzieren, vermeidet übergroße Bedarfsspitzen. Vielmehr wird ein gleichmäßiger, nicht übergroßer Bedarf an Trennarbeit über wenigstens zwei Dekaden gewährleistet.

Weiterhin läßt sich erkennen, daß der mit einer verzögerten Einführung des günstigen CBR einhergehende Anstieg an notwendiger Trennarbeit nicht übermäßig groß ist. Der THTR, der hohe Urananreicherungen benötigt, liegt auf die Dauer teils ungünstiger, besonders wenn er nicht 1975 verfügbar ist. Versucht man, im Rahmen der Ungenauigkeiten eine Klasseneinteilung der Strategien vorzunehmen, so gilt folgende Aufteilung:

1) Der Trennarbeitsbedarf mit UBR wird in 4.3.2.4. gesondert behandelt

Tabelle 33 Klasseneinteilung für den Trennarbeitsbedarf

Klasse I	(fast kein Bedarf)
	alle LWR-SWR (1975) Strategien
Klasse II	(niedriger Bedarf)
	LWR-CBR (1980, 1985)
	LWR-THTR (1980) - CBR (1980)
Klasse III	(mittlerer Bedarf)
	LWR-OBR
	LWR-THTR (1980) - OBR
	alle LWR-THTR (1975) Strategien
Klasse IV	(hoher Bedarf)
	LWR auch mit Rezirkulierung

4.3.2.1. Der Anreicherungsbedarf in der BRD

Nachdem eine Reihe von Auswirkungen von Variationen bekannt sind, werden nunmehr weniger Strategien gebracht, die Alternativen als strategische Ziele darstellen.

Tabelle 34 Trennarbeitsbedarf in der BRD  $\overline{10^3}$  t/a

	<u>1980</u>	<u>1990</u>	<u>2000</u>
LWR	3.4 - 7.4	9.2 - 12	20 - 16.6
LWR-THTR	3.2 - 6.8	5.8 - 8.6	9.6 - 11.0
LWR-CBR (1980)	3.4 - 6.6	5.2 - 5.4	6.6 - 5.4
LWR-SWR (1975) <sup>+</sup>	0.8 - 2.6	0.8 - 2.6	0.8 - 2.6
LWR-OBR	3.4 - 7.2	7.0 - 7.2	12.2 - 6.8
LWR-THTR (1980) - OBR	3.2 - 6.8	5.2 - 6.6	10.0 - 6.4
LWR-SWR (1980) - OBR	2.8 - 6.2	1.8 - 5.0	1.8 - 5.0
LWR-CBR (1985)	3.4 - 7.4	6.0 - 7.2	7.2 - 7.2
LWR-THTR (1975)	2.6 - 5.2	4.8 - 6.4	8.6 - 8.8
LWR-THTR (1975) - CBR (1980)	2.0 - 4.6	4.8 - 5.0	9.4 - 4.6
LWR-THTR (1975) - CBR (1985)	2.2 - 5.2	5.2 - 6.0	10.0 - 5.8

<sup>+</sup> gültig für alle Brüterkombinationen

In Abschnitt 4.5. wird ersichtlich sein, daß Bedarfsdeckungsstrategien nur mit Trennanlagen von der Größe um 8000 t/a Trennarbeit ökonomisch sinnvoll sind. Nur bei dem auch anderweitig vorteilhaften schnellen Zubau von Kernenergie in den nächsten 10 Jahren kann ein ähnlich großer Bedarf auftreten. Ist dies unsicher, erscheinen die SWR-Strategien als die günstigsten und sichersten Strategien. Die ökonomischen Folgerungen werden in Abschnitt 4.4. diskutiert.

#### 4.3.2.2. Anreicherungsbedarf in der EWG

Für die EWG sollen nur wenige sinnvolle Strategien angeführt werden. Es ist ratsam, wegen der unterschiedlichen Energieprogramme der Länder zwischen den angegebenen Strategien zu wichten.

Tabelle 35      Bereiche des Trennarbeitsbedarfs in der EWG /  $10^3$  t/a  $\bar{}$

	<u>1980</u>	<u>1990</u>	<u>2000</u>
LWR-CBR (1985)	10 - 22	18 - 22	22
LWR-CBR (1980)	10 - 20	16	16 - 20
LWR-THTR (1975) - CBR (1980)	6 - 14	ca. 15	30 - 14
LWR-THTR (1975) - CBR (1985)	5 - 10	15 - 18	30 - 17
LWR-SWR (1975) - CBR (1980, 1985)	2.4 - 7.8	2.4 - 7.8	2.4 - 7.8

#### 4.3.2.3. Anreicherungsbedarf in der westlichen Welt

Bei der Betrachtung des Bedarfs an Trennarbeit in der ganzen westlichen Welt werden dadurch, daß neben den LWR teilweise SWR oder THTR eingesetzt werden, sowie die Brüter zu verschiedenen Zeiten auf den Markt kommen können, zunächst die Angaben in einem weiten Bereich streuen. Da aber über die ganze westliche Welt gemittelt die beiden Extreme der Kernenergiebedarfskurve, die lineare und die kubische Form, immer unwahrscheinlicher werden, kann der Bereich dahingehend interpretiert werden, daß er die Unsicherheiten, die durch die Verwendung von einer Referenzstrategie für alle Länder entstehen, mit ausdrückt. Es wird angenommen, daß 7.5% einer LWR-CBR (1980) Strategie, 30% einer LWR-CBR (1985) Strategie

folgen. Weitere 30% mögen einer reinen SWR-Strategie und ca. 10% einer THTR-Strategie folgen. Liegen über die nationalen Strategien bessere Informationen vor, so ist es leicht, die entsprechenden Bedarfsangaben mit Hilfe der Tabelle 32 oder Anhang F zusammenzustellen. Tabelle 36 entsteht noch ohne Berücksichtigung irgendeiner Rückwirkung von Überlegungen des Bedarfs an Trennkapazität und daraus folgende Maßnahmen, lediglich als Mutmaßung über die Entwicklung, wenn sie sich selbst überlassen ist.

Tabelle 36	Geschätzter Trennarbeitsbedarf für die westliche Welt $[10^3 \text{ t/a}]$		
	1980	1990	2000
LWR-CBR (1980)	40 - 85	65 - 70	85 - 70
Gemischte Reaktorstrategien (geschätzt)	30 - 60	50 - 60	60 - 50

#### 4.3.2.4. Reaktorstrategien mit Uran-Start von Schnellen Brütern

Es gibt die Möglichkeit, Schnelle Brutreaktoren anstatt mit Plutonium mit Uran-235 zu starten und das dann entstehende Plutonium so lange zu rezirkulieren, bis ein rein mit Plutonium beladener Schnellbrüter entstanden ist. Es zeigt sich bei diesem Vorgehen, daß außer der ersten Nachladung kein zusätzliches Uran-235 gebraucht wird. Die Eigenschaften dieser Typen lassen sich wie folgt beschreiben:

Tabelle 37	Schnelle Brüter mit Uran-Start (1000 MWe-Anlagen)	
	UOBR	UCBR
Spaltbares Anfangsinventar U-235 $[t]$	3.4	2.2
Zeit bis zur Konversion zu einem Plutonium-Brüter $[a]$	6	6 <sup>1)</sup>
Plutonium-Ausstoß $[t/a]$	0.15	0.15
Gesamtbedarf an Trennarbeit $[t]$	900	400

1) Genau genommen ist diese Einbrennzeit bei UCBR kürzer (ca. 4 Jahre). Es ist jedoch kein großer Fehler, sie gleich mit dem UOBR zu belassen, was der Einfachheit halber in Anhang E angenommen wurde.

Läßt man ab 1980 in LWR-SBR Strategien auch den Brüter-Uran-Start zu, so folgt:

Tabelle 38 Trennarbeitsbedarf in der BRD bei Reaktorstrategien mit Uran-Start von SBR

	<u>1980</u>	<u>1990</u>	<u>2000</u>
LWR-UOBR-OBR	4.4 - 7.8	7.4 - 6.2	9.4 - 5.0
LWR-UCBR-CBR	3.2 - 6.6	3.6 - 5.0	2.8 - 5.0 <sup>+</sup>

<sup>+</sup> nur 3 UCBR installiert.

Vorteile dieser Strategien sind nur bei langsamem Kernenergiezubau zu erwarten. Nachteilig ist die notwendige Urananreicherung um 15-25 %. Für besondere Situationen sollte die Möglichkeit eines Uran-Starts im Auge behalten werden. Eine günstige Lösung des Trennbedarfsproblems stellt der Uran-Start nicht dar.

#### 4.4. Kosten der Reaktorstrategien

Die Alternativen in den Strategien, wie sie sich aus den Bedarfsbetrachtungen als sinnvoll herauskristallisieren, müssen auch einer ökonomischen Prüfung unterzogen werden. Unökonomische Strategien könnten nur unter extremen politischen Situationen als gute Lösungen des Versorgungsproblems angesehen werden. Da die zukünftigen Entwicklungen auf der Kostenseite immer am meisten Unsicherheiten unterworfen sind, wird vor allem Wert darauf gelegt, die Abhängigkeiten zu zeigen und daraus zu folgern, was erreicht werden müßte. In Abschnitt 4.6. werden dann die Wahrscheinlichkeiten bestimmter ökonomischer Entwicklungen mit den Versorgungsproblemen in Zusammenhang gebracht.

##### 4.4.1. Reaktordaten

Weil es beim gegenwärtigen Stand der Entwicklung schwierig ist, für bestimmte Reaktorkonzepte fixierte Kosten anzunehmen, werden die Normstrategien so berechnet, daß in Anhang E die Strategie-Barwertanteile der einzelnen Typen für spezifische Energieerzeugungskosten von 1,0 DPf/kWh ausgewiesen sind. Auf diese

Weise ist es leicht möglich, die Auswirkungen von Änderungen in den Kosten zu studieren. Trotzdem müssen für die weiteren Überlegungen feste Annahmen gemacht werden. Es wurde versucht, diese dem momentanen Stand des Wissens anzupassen. Die Berechnungsmethoden erfolgen mit gleichen Grundlagen, wodurch der Vergleich, der als einziges interessiert, möglich wird.

Tabelle 39      Kostenstruktur der Reaktortypen      1) 2) 3)

	<u>LWR</u>	<u>THTR</u>	<u>SWR</u>	<u>OBR</u>	<u>CBR</u>
Kapitalkosten $\underline{[DM/kWe]}$	500	550	550	580	580
Spez. Kapitalkosten $\underline{[DPf/kWh]}$ (Lastfaktor 0,7)	0.96	1.05	1.05	1.11	1.11
Spez. Betriebskosten einschl. Schwerwasser <sup>4)</sup> $\underline{[DPf/kWh]}$	0.12	0.12	0.25	0.12	0.12
Spez. Brennstoffkosten (8 \$/lb $U_3O_8$ ; 26 \$/kg Trennkosten, 10 \$/g Pu) <sup>8)</sup> $\underline{[DPf/kWh]}$	0.67	0.38	0.55	0.42	0.22
Spez. Gesamtenergieerzeugungs- kosten $\underline{[DPf/kWh]}$	1.75	1.55	1.85	1.65	1.45
Änderungen pro					
+ 10 \$/g Pu $\underline{[DPf/kWh]}$	- 0.09	0	- 0.18	+ 0.16	+ 0.06
+ 10 \$/kg Trennarbeit      "	+ 0.09	+ 0.04	0	0	0
+ 10 \$/lb $U_3O_8$ "	+ 0.34	+ 0.08	+ 0.17	0	0
+ 10 DM/kWe Anlagekosten      "			+ 0.02		

Abgesehen von den Annahmen in den Umweltbedingungen, wie Uranpreis, Trennkosten und Pu-Preis, sind die Kostenangaben schätzungsweise auf  $\pm 0.05$  DPf/kWh genau. Lediglich die Kapitalkosten der SWR sind relativ unsicherer und werden deshalb noch einer Variation unterzogen.

- 1) Die Daten sind gerundete Referenzwerte und unterliegen selbstverständlich Streuungen. Neuere Tendenzen zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Arbeit sprechen dafür, daß sich der THTR mit zwei Kühlkreisläufen und OBR bei etwa 1.60 DPf/kWh treffen. Ein THTR mit direktem Kühlkreislauf als futuristische Entwicklungsvariante entspricht dem Potential eines CBR.
- 2) H.Grümm u.a.: Ergänzendes Material zu "Kernbrennstoffbedarf und Kosten ..." KFK-466, Sept. 1966
- 3) K.Benndorf u.a.: Variationen einiger wichtiger Reaktorparameter.... KFK-Bericht Nr. 568, Juli 1967
- 4) Schwerwasserkosten 240 DM/kg

Ohne Schwerwasserkosten (in den Betriebskosten eingerechnet) und ohne Erstinventar nahm die Kapitalkostenentwicklung folgenden Verlauf <sup>1)</sup>:

Tabelle 40      SWR-Kapitalkostenentwicklung <sup>2)</sup>

Douglas Point	200 MWe	1800 DM/kWe
Gentilly	250 MWe	1360 DM/kWe
Pickering	500 MWe	720 DM/kWe
Schätzung 1970 Technologie	1000 MWe	560 DM/kWe

Mit einer weiteren Erniedrigung der Kapitalkosten gegen 1980 ist zu rechnen.

Der Pu-Preis wurde in Tabelle 39 zu 10 \$/g angenommen.

Beim Uran-Start des SBR steigen die spezifischen Energieerzeugungskosten im Falle des OBR um ca. 0.10 DPf/kWh, im Falle des CBR um ca. 0.05 DPf/kWh. Beim Vergleich der Kosten ist zu erkennen, daß der UOBR damit ökonomisch nicht mehr sehr attraktiv ist.

#### 4.4.2. Strategienvergleich

Mit den angegebenen Kosten ergeben sich folgende mit 8 % auf 1970 bezogene bis zum Jahr 2000 kumulierte Kosten der Strategien:

Tabelle 41      Strategienbarwerte /  $10^9$  DM / für Normkurven

LWR <sup>3)</sup>	32.6 - 59.3
LWR-THTR (1980) <sup>3)</sup>	30.3 - 57.4
LWR-CBR (1980)	30.6 - 55.6
LWR-SWR (1975) - CBR (1980)	30.4 - 57.5
LWR-UCBR (1980) - CBR (1980)	29.6 - 55.5

1) A.Aikin: Experience with Candu Reactors and their Potential, AECL-2795, Canada, Dec. 1967

2) Die Kostendegression kann nicht allein auf die Anlagengröße bezogen werden, sondern betrifft auch den Zeitpunkt der Projekte

3) Zum Vergleich mit 7 \$/g Plutoniumpreis gemäß Theorie Abschnitt 3 gerechnet.

Noch Tabelle 41

LWR-THTR (1975) <sup>1)</sup>	29.7 - 55.6
LWR-THTR (1975) -CBR (1980)	29.3 - 54.5
LWR-THTR (1975) -CBR (1985)	29.5 - 55.0
LWR-OBR (1980)	31.9 - 57.7
LWR-OBR (1985)	31.9 - 58.7
LWR-CBR (1985)	31.0 - 57.6
LWR-SWR (1975) -OBR (1980)	32.5 - 59.3
LWR-SWR (1975) -OBR (1985)	32.8 - 60.0
LWR-SWR (1975) -CBR (1985)	31.2 - 59.1
LWR-UOBR (1980) -OBR (1980)	32.0 - 57.8

In erster Näherung kann man den Aufwand für die gesamte Entwicklung der Reaktoren der zweiten Generation als unabhängig von den schließlich zu wählenden Strategien ansehen, denn ein Großteil des Aufwandes ist schon dazu notwendig, das Potential abschätzen zu können. Dann aber ist die absolute Höhe der Strategienbarwerte ein ausreichendes Maß für die Untersuchung der Rentabilität der Entwicklung. Setzt man die Zinsen für das Entwicklungsgeld mit 8% an, so zeigen die Barwertunterschiede zu einer reinen LWR-Referenzstrategie, welche Kosten vom möglichen Einsatzpunkt der Typen bis zum Jahr 2000 in Kauf genommen werden müssen, wenn man aus anderen als aus ökonomischen Gründen auf teurere Strategien übergeht.

Aus Anhang E lassen sich die Barwertänderungen gegenüber Unsicherheiten in den spezifischen Energieerzeugungskosten leicht errechnen. Sie betragen z.B. in der LWR-CBR-Strategie bei einer Änderung der spezifischen Energieerzeugungskosten um 0.05 DPf/kWh beim LWR  $0.7 - 1.2 \cdot 10^9$  DM, beim CBR  $0.2 - 0.45 \cdot 10^9$  DM. Die Berücksichtigung dieser Empfindlichkeiten bei der Beurteilung von Strategien ist von Wichtigkeit. Barwertunterschiede können wohl erst als signifikant bezeichnet werden, wenn  $\pm 0.05$  DPf/kWh eingeplant sind. Treffen sie für alle Typen einer Strategie zu, so werden bei der kubischen Bedarfskurve erst

---

<sup>1)</sup> Zum Vergleich mit 7 \$/g Plutoniumpreis gemäß Theorie Abschnitt 3 gerechnet.

$1.8 \cdot 10^9$  DM Barwertunterschied signifikant, bei der linearen Kurve erst  $3.3 \cdot 10^9$  DM. Dies ist auch tragbar, da bei der pauschalen Art der Aufwand-Nutzenbetrachtungen der Nutzen neuer Entwicklungen schon ein Vielfaches über dem Aufwand liegen sollte, sofern rein ökonomische Gründe für eine Neuentwicklung angegeben werden. Der Aufwand bewegt sich bei den meisten Konzepten aber zwischen  $0.5$  und  $2 \cdot 10^9$  DM. (Für die BRD sind die Barwertvorteile nach Tabelle 41 mit dem Faktor 1.4 zu multiplizieren). Es lassen sich nach diesen Gesichtspunkten die Strategiergebnisse nach Tabelle 41 in folgenden beiden Klassen zusammenfassen:

Tabelle 42      Barwertklassen

Klasse I    (große Einsparungen gegenüber LWR)

LWR-THTR-CBR

LWR-THTR-OBR

LWR-THTR

LWR-CBR

LWR-SWR-CBR

Klasse II    (weniger große Einsparungen gegenüber LWR)

LWR

LWR-OBR

LWR-SWR-OBR

Die Schlüsselpositionen für das Vordringen in die Klasse I wird also durch THTR und CBR gewährleistet. Daran ändert der SWR, der aus anderen Gründen günstig ist, nichts. Das heißt, die LWR-SWR-CBR-Strategie ist ökonomisch vertretbar. Vor allem liegt sie auch nach Tabelle 41 im Vergleich zu LWR-CBR-Strategien gut, obwohl der SWR um  $0.10$  DPf/kWh teurer ist als der LWR. Die Ursachen sind die strategischen Vorteile der SWR.

Interessant ist, daß eine Verzögerung des Einsatzzeitpunktes billiger Typen natürlich Nachteile bringt, diese aber unbedeutend sind und durch geringe Erfolge in den Stromkosten während der längeren Entwicklungsphase schnell über-

rundet werden.

Auch für die Änderungen der Strategienbarwerte durch Erhöhung der Trennarbeitskosten können mit Hilfe von Anhang E verschiedene Klassen formuliert werden. Eine Erhöhung der Trennarbeitskosten von 10 \$/kg bewirkt beispielsweise bei der LWR-CBR-Normstrategie eine Verteuerung von  $1.4 - 2.4 \cdot 10^9$  DM. Da hier kein Strategienvergleich vorliegt, sondern eine Änderung unmittelbar studiert wird, sind diese Folgen als groß zu bezeichnen (siehe auch Tabelle 64 in 4.6.1.2.).

Tabelle 43      Abhängigkeit von den Trennarbeitskosten in Klassen

Klasse I    (kleine Abhängigkeit)

LWR-SWR

LWR-SWR-OBR

LWR-SWR-CBR

Klasse II   (mittlere Abhängigkeit)

LWR-THTR

LWR-THTR-OBR

LWR-THTR-CBR

LWR-CBR

Klasse III (große Abhängigkeit)

LWR-OBR

LWR

#### 4.4.3. Indifferenzwerte zwischen LWR (THTR) und SWR

Ist das Interesse vorrangig auf die Ökonomie gerichtet, will man aber möglichst keine strategischen Nachteile in Kauf nehmen, so kann man fragen, welche Werte bestimmter, besonders unsicherer oder leicht variierbarer Parameter erreicht werden müssen, um beides zu gewährleisten.

Es sei als erstes die Situation zwischen LWR und SWR Strategien betrachtet. Dabei soll nur der CBR als Partner benützt werden und erst 1985 zum Einsatz kommen. Dies ist der Hauptfall, in der der SWR eine wichtige Alternative ist

und bedeutet höhere Anforderungen an seine Kosten. Die Variablen seien beim LWR die Trennarbeitskosten  $T$  [ $\$/\text{kg}$ ], abhängig also von der Trennanlage. Beim SWR seien die Kapitalkosten  $K$  [ $\text{DM}/\text{kWe}$ ] die Unbekannte. Nach Tabelle 39 ist die einfache Kostengleichheit erreicht bei

$$1.52 + 0.009 \cdot T = 0.80 + 0.0019 \cdot K \quad (94)$$

und die Indifferenzwerte lauten:

Tabelle 44      Indifferenzwerte für  $k_{\text{LWR}} = k_{\text{SWR}}$

$T$ [ $\$/\text{kg}$ ]	15	20	30	40	50	70
$k_{\text{SWR}}$ [ $\text{DM}/\text{kWe}$ ]	450	474	521	568	616	710

Eine Barwertgleichheit bei 8% Diskont

$$\text{BW}_{\text{LWR/GBR}} = \text{BW}_{\text{SWR/GBR}} \quad (95)$$

ist nach Anhang E und den Erläuterungen in Anhang D für die kubische Kurve für die Indifferenzwerte erreicht:

Tabelle 45      Indifferenzwerte für  $\text{BW}_{\text{LWR/GBR}} = \text{BW}_{\text{SWR/GBR}}$  bei kubischer Kurve

$T$ [ $\$/\text{kg}$ ]	15	20	30	40	50	70
$k_{\text{SWR}}$ [ $\text{DM}/\text{kWe}$ ]	480	511	572	633	694	816

Ebenso wie bei der linearen Kurve (Tabelle 46) ist der Plutoniumüberschuß der Strategie mit 10  $\$/\text{g}$  auf 1970 verrechnet.

Tabelle 46      Indifferenzwerte für  $\text{BW}_{\text{LWR/GBR}} = \text{BW}_{\text{SWR/GBR}}$  bei linearer Kurve

$T$ [ $\$/\text{kg}$ ]	15	20	30	40	50	70
$k_{\text{SWR}}$ [ $\text{DM}/\text{kWe}$ ]	477	500	546	593	639	731

Daß die lineare Kurve höhere Anforderungen an den SWR stellt, rührt vor allem daher, daß durch den SWR keine Erhöhung des Brüterzubaues möglich ist, weil schon beim LWR der Plutoniumüberschuß 1985 reicht, den Bedarfszuwachs an Kernenergie durch Brüter zu decken. Das Plutonium aber, das man beim SWR in Verrechnung bringen kann, bringt (Export) keine sekundären Vorteile in unserer Wirtschaft, beispielsweise billige Stromerzeugungskosten.

Einen weiteren Vorteil für den SWR bietet eine Berücksichtigung des schwächeren Natururanverbrauchs bei steigenden Erzkosten. Da keine guten Annahmen hierüber gemacht werden können, soll kein Zahlenbeispiel gegeben werden.

Es ist ersichtlich, daß der SWR sogar teurer sein darf als in Tabelle 39 angegeben, um in strategischer Sicht ökonomisch günstiger zu sein als ein LWR-Typ, wenn die Trennarbeitskosten auf 30 \$/kg und mehr steigen, was eintreten wird, wenn der Trennbedarf nach 1980 nicht mehr von den US-Anlagen gedeckt werden kann. In 4.6. wird dies näher diskutiert werden. Bei 26 \$/kg Trennarbeitskosten müßten die Kapitalkosten des SWR zwischen 550 und 530 DM/kg liegen, was im Bereich des Möglichen ist.

Es soll nun ein Vergleich THTR-SWR angestellt werden. Natururanverbrauchsvorteile können gegenüber dem THTR nicht ins Feld geführt werden. Wird der THTR als Zwischengeneration angesehen, die bei verzögertem SBR-Einsatz die Energieerzeugung übernimmt, so muß man mit dem Bau einer deutschen oder europäischen Trennanlage rechnen. Dabei muß mit teureren Trennarbeitskosten gerechnet werden, besonders wenn die Trennanlage nicht auf 3% Anreicherung optimiert sein kann. Welche Kosten darf nun eine solche Trennanlage haben, um die THTR-Strategien mit SWR-Strategien gleichwertig zu machen? Der THTR- bzw. SWR-Einsatz soll 1975 erfolgen, der CBR-Einsatz 1985. Es ist interessant, die Indifferenztabelle einmal für 8% Diskontsatz und einmal für null % aufzustellen. Im letzteren Fall wird die fernere Zukunft ebenso stark bewertet wie die nähere. Kubische und lineare Bedarfskurve treten wieder als Bereichsgrenzen auf.

Tabelle 47 Indifferenzwerte für  $BW_{THTR/CBR} = BW_{SWR/CBR}$  bei 8% Diskontsatz

$\frac{K_{SWR}}{DM/kWe}$	450	500	530	550	600
$\frac{T}{\$/kg}$	30-34	45-56	53-69	59-77	73-99

Noch Tabelle 47

bei 0 % Diskontsatz

$\frac{K_{SWR}}{[DM/kWe]}$	450	500	530	550	600
$\frac{T}{[$/kg]}$	27-32	39-53	46-65	51-74	64-95

#### 4.4.4. Aufwand-Nutzen-Analyse

Die Rendite als Beurteilungskriterium für Kernkraftwerkentwicklungen ist nur dann sinnvoll, wenn die Unsicherheiten in Aufwand, Kostenvorteil und Einführungsrate des entsprechenden Kraftwerkstypes eine signifikante Präferenz verschiedener Kraftwerkskonzepte zulassen. Da über Aufwand und Kostenunsicherheiten hier keine Untersuchungen vorgenommen werden, werden Tabellen mit variablen Annahmen gegeben. Eine absolute Bewertung der Renditen ist nicht möglich, da bei Investitionen in die Infrastruktur, wie dies die staatliche Förderung der Kernenergie darstellt, die Einigung über Abschreibungszeiten und diejenige Rendite, ab der man eine Investition als sinnvoll bezeichnet, besonders deshalb schwierig ist, weil die Verbilligung der Stromerzeugung nur ein Aspekt der positiven Folgen einer Förderung der Kernenergie ist. Andere Aspekte können beispielsweise mit "fall out" oder veränderten Konkurrenzbedingungen auf dem Markt oder Innovationsförderung beschrieben werden. <sup>1)</sup>

Für die Kernenergie insgesamt gilt für die BRD bei einem Kostenvorteil von 1 DPf/kWh mit den Annahmen dieser Arbeit als amortisierbarer Aufwand (Bezugspunkt 1970) Tab. 48.

Tabelle 48      Amortisierter Aufwand /  $10^9$  DM

	über	10	20	30 Jahre
bei 4 %		5.7 - 16	22 - 50	53 - 88
12 %		3.6 - 10	9.0 - 21	14 - 27
20 %		2.4 - 6.9	4.3 - 11	5.2 - 12

Anstatt die Renditen oder die Amortisationszeiten anzugeben, soll auch für die

<sup>1)</sup> s. Abschnitt 1.2.

Reaktoren der zweiten Generation nach dem Gesamtaufwand gefragt werden, der durch die Einführung eines neuen Typs gegenüber den Energieerzeugungskosten LWR-Eintypenstrategie in der BRD amortisiert werden kann. Dazu ist es notwendig, mit einer LWR-Eintypenstrategie zu vergleichen, in der der Plutoniumpreis den Rezirkulierwert von ca. 7 \$/g hat. Der Vorteil, der durch die Einführung der SBR über einen höheren Plutoniumpreis auch den LWR und damit der Gesamtstrategie zugutekommt, kann dadurch in Zweitypenstrategien berücksichtigt werden, daß auch für die SBR der Preis von 7 \$/g Pu beibehalten wird. <sup>1)</sup>

Damit ergeben sich aus Tabelle 39 für LWR-Zweitypenstrategien folgende Kostendifferenzen als Berechnungsgrundlage:

Tabelle 49      Kostendifferenzen gegen LWR in strategischer Hinsicht /DPf/kWh/

THTR	0.23
OBR	0.18
CBR	0.35

~~Der amortisierbare Aufwand ist nun aus den folgenden Tabellen zu ersehen und Anhang E entnommen. Bezugspunkt ist der Einsatzzeitpunkt der zweiten Generation: 1980.~~

Tabelle 50      Amortisierter Aufwand für LWR-THTR (1980) /10<sup>9</sup> DM/

	<u>bis</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>
Rendite					
0	0.70	- 1.2	3.5 - 4.5	9.2 - 11.	19. - 18.
4	0.60	- 1.0	2.6 - 3.5	6.1 - 7.0	11. - 11.
8	0.55	- 0.88	2.0 - 2.7	4.2 - 5.0	6.7 - 7.0
12	0.48	- 0.78	1.6 - 2.2	3.0 - 3.6	4.3 - 4.6
16	0.43	- 0.73	1.3 - 1.8	2.2 - 2.7	2.9 - 3.3
20	0.38	- 0.62	1.0 - 1.4	1.6 - 2.0	2.0 - 2.4

<sup>1)</sup> s. Abschnitt 3.2., S. 3-9 und 3-15.

Tabelle 51      Amortisierter Aufwand für LWR-OBR (1980) /  $10^9$  DM /

	<u>bis</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>
Rendite				
0		0.63 - 1.8	1.95 - 4.8	4.6 - 9.5
4		0.48 - 1.3	1.27 - 3.2	2.6 - 5.5
8		0.37 - 1.0	0.85 - 2.2	1.5 - 3.4
12		0.29 - 0.83	0.60 - 1.6	0.96 - 2.2
16		0.22 - 0.66	0.43 - 1.1	0.62 - 1.5
20		0.18 - 0.54	0.31 - 0.8	0.42 - 1.1

Tabelle 52      Amortisierter Aufwand für LWR-CBR (1980) /  $10^9$  DM /

	<u>bis</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>
Rendite					
0		0.40 - 1.4	2.3 - 6.0	7.0 - 14.	16. - 26.
4		0.35 - 1.2	1.7 - 4.5	4.5 - 10.	9. - 15.
8		0.30 - 1.0	1.3 - 3.5	3.1 - 6.7	5.5 - 10.
12		0.26 - 0.9	1.0 - 2.8	2.1 - 4.8	3.4 - 6.4
16		0.23 - 0.8	0.8 - 2.2	1.5 - 3.5	2.2 - 4.4
20		0.20 - 0.7	0.6 - 1.8	1.1 - 2.7	1.5 - 3.1

Es entspricht einem vorsichtigen Vorgehen bei Aufwandsschätzungen, mit den unteren Werten des amortisierbaren Betrages zu vergleichen. Werden alle Entwicklungen durchgeführt, so zeigt dieses Zahlenmaterial im Vergleich zu einem konstanten Gesamtaufwand, daß THTR und CBR in der Rentabilität ungefähr gleich an der Spitze liegen. Soweit Einfluß auf den Zuwachs der Kernenergie genommen werden kann, sind die Renditen bei steilem Bedarfszuwachs und CBR-Strategien am größten.

#### 4.5. Anreicherungsanlagen

In diesem Kapitel sollen Verfahren und Kostenstruktur von Trennanlagen, soweit Informationen verfügbar waren und soweit es für diese Abschätzungen von Interesse ist, diskutiert werden.

#### 4.5.1. Anreicherungsverfahren

Technische Details der verschiedenen Verfahren sind im allgemeinen weder bekannt noch für diese Studie interessant. Es werden deshalb nur einige wenige bemerkenswerte Unterschiede angegeben.

##### 4.5.1.1. Gas-Diffusionsanlagen

Bei den Gas-Diffusionsanlagen <sup>1)</sup> wird Uranhexafluorid durch poröse Röhren gepumpt. Die leichteren U-235 Atome kommen häufiger mit der porösen Wand in Kontakt und diffundieren auch leichter durch sie hindurch. Um vorrangig die U-235 Moleküle durch die Poren zu bekommen, ist die Porenweite von Bedeutung. Durch eine Aneinanderschaltung sehr vieler solcher Diffusionsstufen kann das U-235 bis zu 98 % angereichert werden. Von Bedeutung für den ökonomischen Gebrauch sind zur Zeit nur die drei Anlagen in den USA <sup>1)</sup>, die zur Zeit bei niedrigem Leistungsniveau arbeiten und folgende Kapazitäten aufweisen:

Tabelle 53      Amerikanische Diffusionsanlagen, niedriges Leistungsniveau

	Elektr.Leistung	Trennarbeit
	MWe	10 <sup>3</sup> t/a
Paducah	1000	3.6
Oak Ridge	500	1.6
Portsmouth	500	1.7
	2000	6.9

Bei hohem Leistungsniveau und dem momentanen Stand der Technik angepassten Änderungen gilt:

Tabelle 54      Amerikanische Diffusionsanlagen, hohes Leistungsniveau und Verbesserungen

	Elektr.Leistung	Trennarbeit
	MWe	10 <sup>3</sup> t/a
Paducah	2550	8.6
Oak Ridge	1700	5.7
Portsmouth	1750	5.9
	6000	20.2

<sup>1)</sup> USAEC: Gaseous Diffusion Plant Operation, Febr. 1963, ORO-658

Weitere technologische Verbesserungen nach 1970 und ein Leistungsniveau von 7300 MWe geben den drei US-Anlagen eine Kapazität von  $26 \cdot 10^3$  t/a Trennarbeit. Zur Zeit kostet in den USA die Trennarbeit 26 \$/kg. Eine Analyse der Kostenstruktur für die Jahre nach 1970 ergibt nach USAEC-Angaben folgendes Bild <sup>1)</sup>:

Tabelle 55      Kostenstruktur von US-Diffusionsanlagen nach USAEC

Kapazität in t/a Trennarbeit	5000	8000	17500
installierte Leistung MWe	1280	2080	4600
Kapitalkosten in $10^6$ \$	506	743	1446
Annuität bei 5% Zins über 10 Jahre in $10^6$ \$/a	65.5	96.2	187.3
Energiekosten bei 1.6 Dpf/kWh in $10^6$ \$/a	44.8	72.9	161.2
Betriebskosten in $10^6$ \$/a	4.7	5.3	6.1
Trennarbeitskosten in \$/kg	23.0	21.8	20.3

Aus diesen Angaben läßt sich ein Degressionsexponent der Anlagekosten von 0.8 ableiten. Es gilt also näherungsweise für die Kapitalkosten einer Anlage der Kapazität T [t/a Trennarbeit]

$$K = 740 \left( \frac{T}{8000} \right)^{0.8} \quad \text{für ca. } 3000 \leq T \leq 20000 \quad (9.6)$$

Es ist sinnvoll, für Anlagen weit unter 3000 t/a Trennarbeit einen kleineren Degressionsexponenten anzunehmen <sup>2) 3) 4)</sup>. Diese Größen sind jedoch ökonomisch nicht interessant. Bei einer Annuität von 10% kommt eine französische Studie <sup>3)</sup> jedoch auf die folgende höhere Bilanz für eine Anlage von ca. 8000 t/a Trennarbeit, bei Optimalisierung der Anlage auf 3% U-235 Anreicherung <sup>5)</sup>:

- 1) USAEC: Gaseous Diffusion Plant Operation, Febr. 1968, ORO-658
- 2) D. Gupta u.a.: Economic Aspects of Nuclear Energy Production with Different Thermal and Fast Reactors and the Required Separative Work Capability KEK-Bericht 566, Juni 1967
- 3) C.Frejaques, R.Galley: Deductions Based on Studies of Uranium Isotopic Separation and Trend Achievements in the Field, Mai 1964
- 4) Atomic Industrial Forum: Private Ownership and Operation of Uranium Enriched Facilities, Juni 1968
- 5) Euratom: Probleme im Zusammenhang mit der Errichtung einer Isotopentrennanlage in der Gemeinschaft - Voruntersuchung, EUR/C/3000/67 d

Tabelle 56      Kostenstruktur einer europäischen Diffusionsanlage

Annuität (10%) in $10^6$ \$/a	15.4
Energiekosten bei 2.0 DPF/kWh in $10^6$ \$/a	20.8
Betriebskosten in $10^6$ \$/a	12.5
Indirekte Kosten in $10^6$ \$/a	7.3
Trennarbeitskosten in \$/kg	56.

Während an den von der USAEC angegebenen Daten nicht gezweifelt werden kann, wird von Euratom noch von großen notwendigen Anstrengungen gesprochen, die von allen Ländern der Gemeinschaft unternommen werden müssten, um wenigstens 30 \$/kg Trennarbeit erreichen zu können. Die 10 \$/kg Unterschied zu Tabelle 55 ergeben nach Tabelle 39 beim LWR Mehrkosten von 0.09 DPF/kWh. 0.10 DPF/kWh sind aber genau der Unterschied, bei dem sich eine neue Reaktorentwicklung zu lohnen beginnt. Es deutet also viel darauf hin, daß es in Europa schwierig sein dürfte, jemals die Ökonomie amerikanischer Anlagen zu erreichen. Dies geht auch aus einer schwedischen Studie hervor <sup>1)</sup>, die auf <sup>2)</sup> aufbaut und günstigere Werte lediglich für Anlagen unter 7000 t/a Trennarbeitskapazität aufweist.

Gehen in den USA die Trennanlagen in private Hände über, und würde dort ein Zubau an Trennkapazität mit dem Diffusionsverfahren erfolgen, so sind 30 \$/kg sogar dann zu erreichen, wenn das investierte Kapital die für Unternehmer interessante Rendite von über 20% bringen soll.

Neuere Überlegungen für eine europäische Anlage <sup>3)</sup> lassen folgende Aufstellung als erreichbar erscheinen. Dabei sind die Stromerzeugungskosten bei den notwendig zu erzielenden Versorgungsgarantien mit 1.4 DPF/kWh niedrig gegriffen.

- 
- 1) M.Martensson: A Study of the Economics of Uranium Enrichment by Means of Gaseous Diffusion, IAEA, SM-105/21, May 1968
  - 2) C.Frejaques, R.Galley: Deductions Based on Studies of Uranium Isotopic Separation and Trend Achievements in the Field, Mai 1964
  - 3) Euratom: Probleme im Zusammenhang mit der Errichtung einer Isotopentrennanlage in der Gemeinschaft - Voruntersuchung, EUR/C/3000/67 d

In den USA liegt hierfür eine viel unkompliziertere Struktur vor. In Europa dürften die in <sup>1) 2) 3)</sup> angegebenen 1.6 DPf/kWh kaum erreicht werden können. Es ist einschließlich der Maßnahmen für Vollastgarantie mindestens mit 2 DPf/kWh zu rechnen. Für amerikanische Anlagen gilt, daß 0.4 DPf/kWh 2 \$/kg Trennarbeit ausmachen. Nach den Angaben in <sup>4)</sup> ist es für europäische Anlagen das Doppelte.

Tabelle 57      Ziel­daten einer europäischen Gasdiffusionsanlage <sup>5)</sup> für 8000 t/a Trennarbeitskapazität für 3% U-235-Anreicherung optimiert <sup>+</sup>

Kapitalkosten 10 <sup>6</sup> \$	900
Annuität (12%, d.h. 7% Zins über 25a mit Steuer und Versicherungen) 10 <sup>6</sup> \$/a	108
Personal und Wartung 10 <sup>6</sup> \$/a	36
indirekte Kosten	18
Feste Betriebskosten	162
Energie (bei 2 DPf/kWh) indirekte Kosten	100 11
Proportionale Kosten	111
Trennarbeitskosten in \$/kg	34

<sup>+</sup> Es ist im Hinblick auf THTR oder UBR bemerkenswert, daß bei einer derartigen Optimierung eine höhere Anreicherung ausgeschlossen ist.

- 1) Atomic Industrial Forum: Private Ownership and Operation of Uranium Enriched Facilities, Juni 1968
- 2) R.Witzke, E.Smitz, J.Bach: Enriched Uranium Supply and Demand, Economic Factors American Power Conference, April 1968
- 3) USAEC: Gaseous Diffusion Plant Operation, February 1968, ORO-658
- 4) C.Frejaques, R.Galley: Deductions Based on Studies of Uranium Isotopic Separation and Trend Achievements in the Field, Mai 1964
- 5) Euratom: Probleme im Zusammenhang mit der Errichtung einer Isotopentrennanlage in der Gemeinschaft - Voruntersuchung, EUR/C/3000/67 d

Hierbei ist als Ziel ein spezifischer Energieverbrauch von 2500 kWh/kg Trennarbeit angenommen. In <sup>1)</sup> wird von 4150 kWh ausgegangen. Ref. <sup>2)</sup> zeigt, daß die heute bestehende Anlage in den USA im Mittel 3100 kWh/kg Trennarbeit benötigt, gibt aber für die frühen Jahre von 1970 einen Stromverbrauch von ca. 2000 kWh/kg Trennarbeit als Schätzung an. Für Europa bedeutet es deshalb einige Anstrengung, die 2500 kWh/kg zu erreichen.

#### 4.5.1.2. Trenndüsenverfahren

Das Trenndüsenverfahren nutzt die größeren Trägheitskräfte von U-238F<sub>6</sub> gegenüber U-235F<sub>6</sub> dadurch zur Trennung aus, daß in einer scharf gekrümmten, sich erweiternden Düse die schweren Moleküle vorzugsweise außen, die leichteren durch das Druckgefälle in dem sich erweiternden Innenraum vorzufinden sind <sup>3)</sup> <sup>4)</sup>. Ein Abschäler trennt die beiden mit dem Arbeitsgas Helium vermischten Fraktionen. Dieses Verfahren ist erst in der Entwicklung, die Planung des Baues einer 600 t/a Trennarbeits-Prototypanlage gestattet aber eine Reihe von Aussagen <sup>5)</sup>. Während die Flächenbelegung wesentlich geringer ist, als bei Diffusionsanlagen, ist der Energieverbrauch höher, er liegt bei 6850 kWh/kg Trennarbeit.

- 
- 1) C.Frejaques, R.Galley: Deductions Based on Studies of Uranium Isotopic Separation and Trend Achievements in the Field, Mai 1964
  - 2) USAEC: Gaseous Diffusion Plant Operation, February 1968, ORO-658
  - 3) E.Becker, K.Bier, W.Bier: Entmischung der Uran-Isotope nach dem Trenndüsenverfahren, Chemie-Ingenieur-Technik, 1967
  - 4) E.Becker u.a.: Entmischung der Uranisotope in einer 10-stufigen Trenndüsenversuchsanlage, Atomwirtschaft/Atomtechnik, März 1968
  - 5) E.Becker, W.Bier, R.Schütte: Principles and Economic Aspects of the Separation Wozzle Process, Turin, Oct.1/2, 1968

Für die 600 t/a Anlage gilt:

Tabelle 58      Kostenstruktur der Trenndüsen-Prototypanlage

Kapazität in t/a Trennarbeit	600
installierte Leistung in MW	520
Kapitalkosten in $10^6$ \$	75
Annuität (12%) bei 7% Zins über 25 a mit Steuer und Versicherungen in $10^6$ \$/a	9
Energiekosten bei 1.60 DPf/kWh in $10^6$ \$/a	17
Betriebskosten	5
Trennarbeitskosten in \$/kg	52

Behält man als Degressionsexponent 0.8 bei, so gilt für die Kosten einer 8000 t/a Anlage Tabelle 59. Die extrem weite Extrapolation ist tragbar, weil die Kapitalkosten beim Trenndüsenverfahren einen geringen Einfluß ausüben. Aus dem selben Grund ist auch der Kapitalzins und die Abschreibungszeit kein sehr wesentlicher Faktor.

Tabelle 59      Geschätzte Kosten für eine Trenndüsenanlage für  
8000 t/a Trennarbeit

installierte Leistung in MWe	7000
Kapitalkosten in $10^6$ \$	600
Annuität (12%) in $10^6$ \$/a	72
Energiekosten bei 1.6 DPf/kWh in $10^6$ \$/a	226
Betriebskosten in $10^6$ \$/a	5 +
Trennarbeitskosten in \$/kg	38

+ nach USAEC für Diffusionsanlagen

Während sich der Energiebedarf beim derzeitigen Stand des Trenndüsenverfahrens gegenüber dem fortgeschrittenen Diffusionsverfahren um den Faktor 3.4 unterscheidet, müßte dieser um den Faktor 2.3 kleiner werden, um die Trennarbeitskosten mit diesen Diffusionsanlagen gleich zu machen. Das Trenndüsenverfahren steht jedoch am Anfang der Entwicklung und es ist zu erwarten, daß wie beim

Diffusionsverfahren der Energieverbrauch reduziert werden kann. Gegenüber dem Energieverbrauch bei Diffusionsanlagen älterer Technologie <sup>1)</sup> beträgt der Unterschied nur 1.65 gegenüber den derzeitigen US-Anlagen 2.2.

Beim Trenndüsenverfahren sind deshalb die Energieerzeugungskosten ein wichtiger Parameter. Vom LWR ausgehend, kann man für die Jahre um 1980 für einen Lastfaktor von 0.9 unter optimistischen Annahmen 1.4 DPf/kWh ansetzen. Die Kosten für die Stromverteilung sind in den Anlagekosten des Trenndüsenverfahrens enthalten. Durch die günstigen Einfahreigenschaften des Verfahrens sind Strom verteuernde Versorgungsgarantien nicht notwendig. Dadurch ergeben sich für das Trenndüsenverfahren 34 \$/kg Trennarbeitskosten. Da die 1.4 DPf/kWh für 26 \$/kg Trennarbeitskosten beim LWR gerechnet waren, muß eine Iteration eingeleitet werden, die schließlich bei 1.5 DPf/kWh auf 36 \$/kg Trennarbeit für das Trenndüsenverfahren bei einer Kapazität von 3000 t/a Trennarbeitseinheiten führt. Diese Angaben liegen so dicht bei den Kosten der Diffusionsanlagen, daß die Möglichkeit einer weiteren Verbilligung durch Fortschritte in den Entwicklungsphasen im Auge behalten werden sollte. Besonders der Vergleich mit Diffusionsanlagen in Europa zeigt das Potential des Trenndüsenverfahrens. Dies gilt auch für kleinere Anlagen. Natürlich können diese Aussagen nur grob sein, sie dienen aber dazu, zu zeigen, daß ein wirtschaftlicher Einsatz des Trenndüsenverfahrens nicht ausgeschlossen werden kann.

#### 4.5.1.3. Zentrifugenverfahren

Das Zentrifugenverfahren wird an mehreren Stellen der Welt entwickelt. Eine ökonomische Abschätzung des Potentials ist schwierig, da überall Geheimhaltung geübt wird oder die Aussagen wenig untermauert sind <sup>2)</sup>. Eine grobe Abschätzung läßt sich auf folgender Basis machen. Da über Degressionsexponenten nichts ausgesagt werden kann, soll die Anlagengröße außer Betracht bleiben.

---

1) s. Tabelle 56

2) M. Bogaardt, A. Theyse: Some Considerations Regarding the Design and the Operation of an Ultra-Centrifuge Enrichment Facility, Symposium on the "Problems bearing on the Isotope Separation of Uranium" Turin, Oct. 1963

Tabelle 60      Annahmen für eine Zentrifugenanlage

Trennarbeit pro Zentrifuge in kg/a	3 - 6	
Gesamtkosten pro Zentrifuge in \$	1000 - 3000	
Energieverbrauch pro Zentrifuge kW	0.5	
Lebensdauer einer Zentrifuge	ca. 5 Jahre	
Ersatzkosten pro Zentrifuge in \$	300 - 1000	
Spezifische Kosten für den Fall	pessimistisch	optimistisch
Kapital in \$/a (12% Annuität)	360	120
Ersatzkosten in \$/a	200	60
Wartung und Personal in \$/a	100	50
Trennarbeitskosten in \$/kg	220	38

Auch hier ist also noch offen, ob eine Konkurrenzfähigkeit zu den Diffusionsanlagen, besonder im europäischen Rahmen, erreicht werden kann.

#### 4.5.2. Vergleich der Trennverfahren

Ein Vergleich der Verfahren nach ökonomischen Gesichtspunkten ist deshalb schwierig, weil bei den meisten Verfahren noch nicht abzusehen ist, welche weitere Verbesserungsmöglichkeiten vorgenommen werden können. Auch wenn in den USA Trennarbeiten von 20 \$/kg in Aussicht stehen, muß auf der Basis privater Betreiber und aus der Position der Abhängigkeit mit 30 \$/kg gerechnet werden. Es läßt also die nachfolgende Tabelle keinen Schluß zu, welche Anlage im europäischen Rahmen vorzuziehen wäre. Versuchsweise soll lediglich ein Gefühl für den Einfluß der Annuität und der Stromkosten auf die Trennarbeitskosten vermittelt werden:

Tabelle 61 Versuch eines Trennanlagenvergleichs auf europäischer Basis für eine Anlage mit 8000 t/a Trennarbeit

Annuität [ $\%$ ]	bei 4% Zins über 25 Jahre <sup>+++++</sup> (staatlich)						bei 12% Zins über 10 Jahre <sup>+++++</sup> (privat)					
	6.5			17.5			6.5			17.5		
Stromkosten [DPf/kWh]	1.5			2.5			1.5			2.5		
Verfahren Ref. Tabelle	D 26c	TD 26e	Z 27 <sup>++</sup>	D	TD	Z	D	TD	Z	D	TD	Z
Kapital [ $10^6$ \$/a] $\epsilon=0.8$	59	39	87	59	39	87	157	105	234	157	105	234
Energie [ $10^6$ \$/a]	75	212	0	125	350	0	75	212	0	125	350	0
Betrieb und Wartung [ $10^6$ \$/a]	65	50 <sup>+</sup>	130 <sup>+++</sup>	65	50	130	65	50	130	65	50	130
Trennarbeit [\$/kg] Anlagengröße												
8000 t/a, $\epsilon=0.8$	25	37	27 <sup>++++</sup>	31	55	27	37	46	46	43	64	46
$\epsilon=0.4$	25	35		31	53		37	37		43	55	
2000 t/a, $\epsilon=0.8$	27	39		33	57		43	50		49	68	
$\epsilon=0.4$	35	37		41	55		64	43		70	61	

+ Gleich gegenüber Diffusionsanlage, aber halbe Personalkosten

++ optimistische Werte

+++ wie Trenndüsenverfahren, aber einschl. Ersatzzentrifugen

++++ keine Anlagengrößenabhängigkeit angenommen, da kein Referenzpunkt bekannt

+++++ einschließlich 2,7% Steuer und 1% Versicherungen

Es bedeuten:

- D = Diffusionsanlagen
- TD = Trenndüsenanlagen
- Z = Zentrifugenanlagen
- $\epsilon$  = Kapital-Degressionsexponent

Besonders hingewiesen werden muß jedoch auf die sehr große Unsicherheit, mit der heute Kostenangaben für Trenndüsen- und Zentrifugen-Verfahren behaftet

sind (Tabelle 58, 59, 60). Bedenkt man, daß nach Tabelle 39 in Abschnitt 4.4.1. die Kosten eines LWR pro 10 \$/kg Trennarbeitskostenerhöhung um ca. 1/10 DPf/kWh teurer werden, und daß 1/10 DPf/kWh schon Anreiz für neue Entwicklungen gibt, so erscheint zur Zeit jedes andere Anreicherungsverfahren als das Diffusionsverfahren als zu risikoreich. Beispielsweise bedingen 10 \$/kg Erhöhung der Trennarbeitskosten für den Zeitraum von 1970 - 2000 bei LWR-THTR (1980)-Strategien einen Kostennachteil von ca.  $10-16 \cdot 10^9$  DM ohne Diskontierung und bei einer Diskontierung mit 8% auf  $1970 \ 2-4 \cdot 10^9$  DM für die BRD. Dazu kommen die Entwicklungskosten für neue Verfahren.

#### 4.6. Strategien für die Deckung des Anreicherungsbedarfs

Dieser Abschnitt zeigt eine Reihe von Möglichkeiten auf, durch die der Brennstoffbedarf in der westlichen Welt gedeckt werden kann. Dabei wird ausgewiesen, welche Implikationen beispielsweise auf der Kostenseite die Folge sind. Hierbei ist es wichtig, sich nochmals vor Augen zu führen, welches methodische Vorgehen dieser Studie zugrundeliegt <sup>1)</sup>. Vor allem soll nochmals auf die in den Anhängen gegebene Möglichkeit hingewiesen werden, andere als die hier dargestellten Strategien und andere Fragestellungen untersuchen zu können. Wenn bei den Strategienvergleichen oft optimistische Annahmen eingehen, so war der Gedanke dabei, das aufzuzeigen, was unter äußersten Anstrengungen denkbar wäre. Die folgenden Ausführungen sollen also nur als Diskussionsgrundlage verstanden werden und keine Entscheidungen vorwegnehmen.

##### 4.6.1. Zubau von Anreicherungsanlagen

Als erstes unter den möglichen Alternativen soll der Zubau weiterer Trennanlagen untersucht werden. Dabei gibt es eine Reihe von Möglichkeiten.

##### 4.6.1.1. Amerikanische Anreicherungsanlagen

In den Jahren nach 1970 kann die amerikanische Trennkapazität nach 4.5.1.1.  $26 \cdot 10^3$  t/a Trennarbeit betragen. Nach Tabelle 36 in 4.3.2.3. wird 1980 der Trenn-

<sup>1)</sup> s. Abschnitt 2.1., 2.3. und 2.4., sowie 1.2.

arbeitsbedarf für die westliche Welt bei  $30 - 60 \cdot 10^3$  t/a liegen. Bei Verwendung von reinen LWR-Strategien, also z.B. bei einer verzögerten Einführung der SBR steigt der Bedarf rapide. Offensichtlich bereitet es keine Schwierigkeiten, in den USA weitere Trennkapazitäten zu äußerst ökonomischen Bedingungen zuzubauen. Die hier zugrundegelegten Strategien lassen es dann aber wahrscheinlich werden, daß bald eine Uranverteuerung eintritt.

Will man die ökonomischen Vorteile so großer Anlagen, wie sie für den Bedarf der gesamten westlichen Welt erforderlich sind, und die Vorteile des amerikanischen "know how" nicht missen, aber auch nicht Gefahr laufen, daß von den USA ein Trennmonopol zu ökonomischem Ausbeuten führt, so wäre eine Internationalisierung von Anreicherungsanlagen eine auch politisch interessante und ökonomisch positive Alternative.

Erhöht man die Tailanreicherung <sup>3)</sup> in den Anreicherungsanlagen von 0.20 auf 0.35%, so sinkt die für die reine LWR-Strategie zugrundegelegte notwendige Trennarbeit im Jahre 1980 mit Rezirkulieren von  $35 - 75 \cdot 10^3$  t/a auf  $25 - 50 \cdot 10^3$  t/a. Dabei steigt der Natururanverbrauch allerdings um ca. 30% <sup>1)</sup>. Dieses Vorgehen heißt, daß bei konstanter Trennarbeit mehr angereichertes Uran ausgestoßen wird. Der Anteil der Trennarbeit an den Brennstoffkosten wird deshalb kleiner, der des Uranpreises dagegen höher. Für das genannte Beispiel sind die LWR-Kosten aber nur von 1.75 DPf/kWh auf 1.76 gestiegen. Dies bewirkt aber so viel, als ob eine 8000 t/a Anlage bei 26 \$/kg Vollastkosten zu 140% ausgelastet ist. Offensichtlich kann notfalls ohne Kostennachteil die Kapazität noch weiter ausgedehnt werden <sup>2)</sup>. Das heißt aber, daß der Zubau von 8000 t/a Trennarbeits-Kapazitäten ohne merkliche Teillastverluste möglich ist.

---

1) Es wird noch gezeigt, daß in der Praxis die Tailanreicherung schwanken wird. Im Mittel 15% Erhöhung des Natururanverbrauchs hat jedoch bei den Unsicherheiten in den Angaben über Natururanreserven keine Bedeutung (s.a. 4.2.1.)

2) R.Witzke, E.Smitz, J.Bach: Enriched Uranium Supply and Demand, Economic Factors, April 1968

3) Unter Tailanreicherung versteht man die Restanreicherung, die das ursprüngliche Natururan nach dem Anreicherungsprozess noch hat, das als Abfall aus der Anreicherungsanlage kommt.

Für den LWR gilt näherungsweise, ausgehend von einer 8000 t/a Anlage, 90% Auslastung mit 26 \$/kg:

Tabelle 62      LWR-Kosten abhängig vom Diffusionsanlagen-Durchsatz des angereicherten Materials

Durchsatzfaktor	0.7	1.0	1.4
LWR $\overline{DPf/kWh}$	1.78	1.75	1.76

Der stufenweise Zubau auch großer Einheiten bringt also maximale Schwankungen von 3/100 DPf/kWh. Eine Anlagengrößenoptimierung, abhängig von der Zuwachsrate des Bedarfs, hat also wenig Bedeutung. Die Situation in den nächsten Jahren in Europa wird noch erläutert.

Die Daten des LWR und THTR in Bezug auf den Trennbedarf verändern sich gegenüber Tabelle 31 in 4.3.1. bei Änderung der Tailanreicherung wie folgt:

Tabelle 63      Trennarbeit für LWR und THTR, abhängig von der Tailanreicherung

Tailanreicherung in %	LWR			THTR		
	0.20	0.30	0.35	0.20	0.30	0.35
Inventaraufbaufaktor an Trennarbeit $\overline{t/GWe}$	400	320	280	250	210	200
Laufender Verbrauch an Trennarbeit $\overline{t/GWe \cdot a}$	70	56	49	35	30	28

Ohne Zweifel bietet das Vorgehen, die Trennanlagen zu internationalisieren, die versorgungsmäßig sicherste und ökonomisch günstigste Möglichkeit der Brennstoffbeschaffung. Zudem wird es naheliegen, die Kompetenzen einer entsprechenden Organisation auch auf Schürfrechte etc. auszudehnen. Die Unsicherheit liegt lediglich in der Frage, ob eine derartige Internationalisierung politisch bewerkstelligt werden kann. Es läge nahe, dann auch den Kraftwerksexport dem internationalen freien Wettbewerb zu überlassen, da Versorgungsprobleme ausgeschaltet sind. Dies wird sicher nicht allen Nationen recht sein.

#### 4.6.1.2. Europäische Anreicherungsanlagen

Aufgrund der in 4.5.2. gezeigten Schwierigkeiten einer Wertung zwischen verschiedenen Trennverfahren soll hier nur auf Diffusionsanlagen eingegangen werden. Nach Angaben von Euratom <sup>1)</sup> kann mit der Verfügbarkeit einer entsprechenden Anlage nicht vor 1980 gerechnet werden. Dies trifft auch für andere Verfahren zu. Bis dahin ist der europäische Bedarf (EWG einschließlich UK) im Falle von LWR-Strategien mit Rezirkulieren auf ca.  $11 - 24 \cdot 10^3$  t/a Trennarbeit angestiegen. Im Falle von THTR-Strategien in der BRD ab 1975 und einer Installierung von Reaktoren in den übrigen Ländern, die nur jeweils 50% angereichertes Uran benötigen, und einem Brüttereinsatz ab 1980 beträgt der Bedarf ca.  $7 - 15 \cdot 10^3$  t/a. Er ist also immer noch groß genug, um eine ökonomische Trennanlage erstellen zu können. Ein weiterer Zubau ist - falls notwendig - mit den Überlegungen in 4.6.1.1. ohne Nachteile in großen Einheiten möglich.

Man könnte einwenden, daß die USA einen plötzlichen Ausfall von Trennarbeit dieser Größe aus ökonomischen Gründen nicht mitmachen. Nach den Ausführungen in 4.6.1.1. beträgt ein fiktiver Faktor, der an die Trennarbeit angelegt werden kann ohne die Kraftwerkskosten nennenswert zu verändern, 2.0. Dies ist der Faktor zwischen 70%-iger Auslastung einer Anlage und einem 140%-igen Ausstoß an angereichertem Material. Da Europa, in relativen Einheiten gezählt, bei gleichartigen Strategien nur etwa 8 gegenüber 25 Einheiten der westlichen Welt an Trennarbeit benötigt <sup>2)</sup>, kann ein Ausfall Europas leicht aufgefangen werden. Sofern die USA hierüber informiert ist, kann dies also beispielsweise dadurch bewerkstelligt werden, daß die USA ihren Anlagenzubau nach dem Bedarf ohne Europa richtet. Der europäische Bedarf bis 1980 kann dann durch Erhöhung der Tailanreicherung in den letzten Jahren leicht abgedeckt werden, denn  $\frac{25}{25-8} = 1.47 < 2$ . Von daher ist es auch nicht zwingend, unbedingt mit kleineren Anlagen vor 1980 zu beginnen. Im übrigen könnte in Europa wohl schon vor 1980 eine 8000 t/a Anlage zu 70% ausgelastet sein.

Was nun die Wirtschaftlichkeit europäischer Anlagen betrifft, so hat Kapitel 4.5. gezeigt, daß man mit schätzungsweise 10-20 \$/kg Trennarbeit Mehrkosten gegenüber

1) Euratom: Probleme im Zusammenhang mit der Errichtung einer Isotopentrennanlage in der Gemeinschaft - Voruntersuchung, EUR/C/3000/67 d

2) s. Abschnitt 2.4., Tabelle 7

amerikanischen oder internationalisierten Anlagen rechnen muß. Das bedeutet beim LWR eine Verteuerung von 0.1 - 0.2 DPf/kWh, oder beim THTR eine solche von 0.05 - 0.1 DPf/kWh. Tabelle 64 zeigt die Mehrausgaben, die hierdurch für die BRD entstehen und zwar für eine Verteuerung von 15 \$/kg.

Tabelle 64 Mehrausgaben pro 15 \$/kg Verteuerung der Trennarbeitskosten in der BRD von 1970 - 2000 / 10<sup>9</sup> DM /

Strategie	Diskont 8% auf 1970
LWR	3.4 - 6.2
LWR-THTR (1975)	2.2 - 4.5
LWR-SWR (1975)	1.0 - 2.7
LWR-OBK (1980)	2.7 - 5.1
LWR-CBR (1980)	2.5 - 4.5

Bei diesen Mehrausgaben müssen noch die Entwicklungskosten für die ökonomische Bereitstellung der entsprechenden Trennanlagen hinzugerechnet werden. Solange es verschieden teure Alternativen gibt, und die öffentliche Hand Entwicklungsgelder für die Erzeugung billiger Energie in Kernkraftwerken gibt, sind diese Werte erst zu nehmende Wertungskriterien <sup>1)</sup>. Deshalb sollte als Alternative zu internationalisierten Trennanlagen eine von Europa betriebene, aber von der amerikanischen Industrie gebaute Diffusionsanlage mit in die Überlegungen einbezogen werden.

#### 4.6.1.3. Anreicherungsanlagen in der BRD

Die spezielle Frage, wie in der BRD eine Selbstversorgung mit angereichertem Material möglich ist, macht neben den politischen Implikationen auch sachliche Schwierigkeiten. Zunächst sei der Trennbedarf zwischen 1970 und 1980 etwas ausführlicher aufgeschlüsselt.

<sup>1)</sup> Ähnlich einer Internationalisierung der Trennanlagen könnte eine Mitwirkung der amerikanischen Industrie beim Bau europäischer Anlagen dieses Problem zum Teil lösen. Allerdings würden dann die Trennanlagen auf privater Basis erstellt, was wenigstens auch zu 30 \$/kg führt. Dazu kommen die schon angesprochenen vermutlich höheren Energiekosten in Europa. Beides könnte aber durch billige Gelder aufgefangen werden.

Tabelle 65      Trennarbeitsbedarf in der BRD /  $10^3$  t/a  $\bar{T}$

	1970	1972	1975	1977	1980
LWR	0.6-1.6	1.0-3.8	1.8-5.2	2.4-6.2	3.4-7.4
LWR-THTR (1975)	0.6-1.6	1.0-3.8	1.8-4.8	2.2-6.0	2.6-6.6
LWR-SWR (1975)	0.6-1.6	1.0-3.8	1.4-4.0	0.8-2.6	0.8-2.6
LWR-CBR (1980)	0.6-1.6	1.0-3.8	1.8-5.2	2.4-6.2	2.6-5.0

Sodann muß die Frage nach der Art der Anlage und nach dem Zeitpunkt gefragt werden, zu dem eine solche Anlage verfügbar ist. Am wahrscheinlichsten ist, daß in der BRD zunächst nur eine Anlage vom Typ Trenndüsenverfahren in Betrieb gehen wird. Bei einer Trenndüsen-Demonstrationsanlage mit 600 t/a Trennarbeit kann mit einer Fertigstellung bis 1975 gerechnet werden. Diese Anlage wird bereits im Falle der niedrigen Bedarfsschätzung aber nicht mehr ausreichen, auch wenn man eine höhere Tailanreicherung annimmt. Bei der höheren Bedarfskurve, die nach Abschnitt 4.1.3.3. und 4.3. für die Jahre nach 1980 große Vorteile aufweist, wäre bereits mindestens eine 4000 t/a Anlage ratsam, es sei denn, man setzt ab 1975 SWR ein. Darüber hinaus sind die geschätzten Trennarbeitskosten für diese kleinen Kapazitäten verhältnismäßig hoch <sup>2)</sup>.

Sollte es möglich sein, bis 1980 eine ausreichende Kapazität von ca.  $3 - 7 \cdot 10^3$  t/a je nach Bedarfskurve zur Verfügung zu haben, so gelten die Überlegungen von 4.6.1.2., das heißt, ein weiterer Bedarfszuwachs kann durch Elastizität zwischen 70% Auslastung und einer Tailanreicherung von 0.35% ohne Nachteil mit großen Einheiten vollzogen werden.

Bei LWR-Strategien und linearem Bedarfszuwachs bedeutet das Anlagen bis zu 8000 t/a; überdies ist bei Einführung der SBR ab 1980 kein Zubau mehr erforderlich, wobei dann schon 5000 t/a ausreichen <sup>3)</sup>. Bei LWR-THTR (1975)-Strategien wird man vorteilhaft ebenfalls mit Einheiten von 8000 t/a beginnen. Im Falle der kubischen Bedarfskurve ist ein laufender Anstieg zu erwarten, der ohne Kostennachteil bei Bedarfszuwachs abgedeckt werden kann, wenn man 1980 mit ca. einer 5000 t/a Anlage bei LWR-Strategien und einer 3000-4000 t/a Anlage bei

2) s. Tabelle 58 in Abschnitt 4.5.1.2. und Tabelle 61 in Abschnitt 4.5.2.

3) s. Tabelle 34 in Abschnitt 4.3.2.1.

THTR-Strategien beginnt. Unabhängig davon, welcher Bedarfszuwachs und welche Strategie schließlich eintritt, ist nach Tabelle 62 in 4.6.1.1. das Ziel vertretbar, bis 1980 eine 5000 t/a Anlage zu haben. Eine Ausnahme bilden die SWR-Strategien.

Für die Kosten solcher Strategien gelten natürlich die Aussagen in 4.6.1.2. speziell in Tabelle 64 zusammen mit Tabelle 61 in 4.5.2.. Danach sind solche Autarkiebestrebungen mit erheblichen Kosten verbunden. Die genauen Werte hängen von Entwicklungserfolgen, Marktbedingungen und Strategien sowie Bedarfskurven ab. Die Gegenüberstellungen in Kapitel 4.5. machen jedoch einen Kostennachteil sehr wahrscheinlich. Es muß ferner darauf hingewiesen werden, daß zum Beispiel bei Diffusionsanlagen eine deutliche Kostenreduktion dadurch zu erreichen ist, daß die Anlagen auf eine 3% Anreicherung optimal ausgelegt werden. Das heißt, bei Verwendung von THTR, die 92% Uran benötigen, ist mit erhöhten Trennarbeitskosten zu rechnen, wenn Anlagen diese Anreicherungen machen können.

#### 4.6.1.4. Finanzierungsalternativen

In Abschnitt 4.5.2. Tabelle 61 wurde gezeigt, welchen Einfluß die Amortisationsrate auf die Trennarbeitskosten hat. Da private Gelder oft noch höhere Renditen aufweisen müssen, kann man davon ausgehen, daß die Trennarbeitseinheit im privaten Fall doppelt so teuer wird. Je nach Ausgangspunkt sind dies 20 bis 40 \$/kg Trennarbeitsverteuerung. Nach Abschnitt 4.4.1. Tab. 39 und 4.6.1.2. Tab. 64 ist damit ein Kostenunterschied angesprochen, der im allgemeinen neue Reaktorentwicklungen lohnend macht. Neue Reaktorentwicklungen, die den Strom billiger erzeugen, lohnen sich deshalb, weil sie in der Gesamtwirtschaft wachstumsfördernd wirken <sup>1)</sup>. Diese Entwicklung zu fördern, gilt allgemein als öffentliche Aufgabe <sup>2)</sup>, vor allem weil sie nicht einem einzigen, z.B. einem Reaktorbaunternehmen, zugute kommt.

Aus den Erfahrungen mit den Strategienuntersuchungen geht hervor <sup>3)</sup>, daß in den nächsten Dekaden der Einfluß der Brüter auf die Kosten einer Strategie geringer ist, als der der Konverter. Gelingt es, die Konverter zu verbilligen,

---

1) s. Anhang A

2) s. Abschnitt 1.2.

3) s. Abschnitt 2.4.1. und Anhang C

so hat das zwar nur einen kurzfristigen, aber effektiven Einfluß auf die Kosten der Energieerzeugung. Erwartet man nun von der öffentlichen Hand, durch Entwicklung von fortgeschrittenen Konvertern im Sinne einer Zwischen-generation eine solche Verbilligung der Kernenergieerzeugung mit herbeiführen zu helfen, so sollte man überlegen, ob als Alternative dazu nicht für einige Zeit eine Verbilligung existierender Kraftwerkstypen möglich ist. Wird also das für eine solche Entwicklung ganz oder unverzinst bzw. schwach verzinst zur Verfügung gestellte Geld, beispielsweise für den Bau einer Trennanlage einschließlich Energiebereitstellung verwendet - was sich die öffentliche Hand im Gegensatz zu privaten Unternehmen aus den oben angesprochenen Gründen leisten kann -, so können die Trennarbeitskosten auf die Hälfte sinken oder gar gegen null gehen. Solange eine derartige Betonung der Energieerzeugung aus angereichertem Brennstoff nicht die Natururanreserven zu stark angreift und damit den Preis erhöht, könnte auf diese einfache Weise bei den LWR eine Kosteneinsparung von ca. 2/10 DPf/kWh und mehr herbeigeführt werden.

Hieran zeigt sich, daß je nachdem, auf welche Strategie man sich aus den verschiedensten, auch politischen Gründen, festlegen will, eine Betrachtung der Frage, ob öffentliche (niedrig verzinste) oder private (hoch verzinste) Gelder verwendet werden, eine wichtige Rolle für die sachgerechte ökonomische Beurteilung der Alternativen spielt. Diese Überlegungen sind besonders zusammen mit der Möglichkeit des Baues einer Diffusionsanlage durch die amerikanische Industrie in Europa interessant. Amerikanisches "know how" und billige Gelder bieten unübersehbare Vorteile.

#### 4.6.2. Reaktorstrategien ohne Trennbedarf

Eine weitere Alternative zu dem Kauf von angereichertem Uran aus den USA ist eine drastische Senkung des Bedarfs an angereichertem Material. Diese Überlegungen werden sich ausschließlich auf den Fall der BRD konzentrieren.

##### 4.6.2.1. Schwerwasserreaktoren

Die interessanteste Variante ist die Verwendung von SWR anstelle der LWR. Für den Trennbedarf spielt es dann keine Rolle mehr, ob und wann Brüter

eingesetzt werden können. Daß sich der Brütereinsatz kostensparend auswirkt sowie den Bedarf an Natururan verringert, ist in den Abschnitten 4.2. und 4.4. ausgewiesen.

Da die SWR bisher nicht zum Durchbruch gekommen sind, wurde in Abschnitt 4.1. davon ausgegangen, daß es noch bis 1975 dauern kann, bis der LWR-Zubau durch SWR-Zubau abgelöst wird. In diesem Falle wäre der Trennarbeitsbedarf für die BRD ab 1975 konstant  $0.8 - 2.6 \cdot 10^3$  t/a und der Einfluß von 10 \$/kg Trennarbeitserhöhung nur  $0.7 - 1.8 \cdot 10^9$  DM für die Zeit von 1970 - 2000 in der BRD bei 8% Diskont <sup>1)</sup>. Werden an mehreren Stellen der westlichen Welt entsprechende Strategien verfolgt, so ist ein Zubau an Trennanlagen in der USA unsicher.

Mit Hilfe der Indifferenztabelle in Abschnitt 4.4.3. kann nun abgeschätzt werden, welche Bedingungen an den SWR gestellt werden müssen, um auch ökonomisch keine Nachteile zu verursachen. Dabei sind die Tabellen 45 und 46 in 4.4.3. von unmittelbarem Interesse. Die hier folgende Tabelle 66 soll für eine Reihe von denkbaren Alternativen zur Schwerwasserstrategie mit Karbidbrütern darstellen, welche ökonomischen Ziele beim SWR erreicht werden müssen. Die Ergebnisse sind natürlich nur Anhaltspunkte. Vor allem sollen die angegebenen Trennarbeitskosten nur Trends zeigen.

Tabelle 66      Bedingungen an den SWR gegenüber LWR bei Strategien mit fortgeschrittenen SBR ab 1980

Alternative der Trennbedarfsdeckung	Trennarbeitskosten \$/kg	Kapitalkosten SWR DM/kWe
international	20	500 - 510
amerikanisch	30	550 - 570
europäisch	40	590 - 630
deutsch	50	610 - 640

Es wird deutlich, daß je nach der Einschätzung politischer Möglichkeiten an den SWR erreichbare Forderungen gestellt werden. Bereits bei 30 \$/kg Trennarbeit ist eine SWR-Strategie konkurrenzfähig. Die Kapitalkosten des LWR sind vergleichsweise 500-520 DM/kWe. Mit Hilfe des in dieser Studie gegebenen

<sup>1)</sup> s. Tabelle 64 in 4.6.1.2.

Zahlenmaterials kann natürlich ebenso ausgerechnet werden, wieviel es kostet, wenn diese Indifferenzwerte nicht erreicht werden, aber es aus anderen Gründen ratsam ist, SWR-Strategien vorzunehmen. Speziell gilt, daß jede nicht erreichten 10 DM/kWe bei SWR-CBR-Strategien  $0.4 - 0.7 \cdot 10^9$  DM bei 8% Zins in der BRD machen. Auch in diesem Falle gilt entsprechend 4.6.1.4., daß es unter Umständen empfehlenswert sein kann, anstatt der politischen und technologischen Anstrengung zum Bau einer Trennanlage, die auch noch einigen Geldaufwand erfordern dürfte, durch Herabsetzen der Zinssätze öffentlich bereitgestellter Gelder die kapitalintensiven Schwerwasserreaktoren zu begünstigen und so der öffentlichen Aufgabe, für die langfristige Brennstoffversorgung zu sorgen, indirekt gerecht zu werden.

Es soll hier natürlich darauf hingewiesen werden, daß im Falle dieser SWR-Strategien bis 1975 Schwerwasser-Erzeugungsanlagen in Betrieb sein müßten. Bei den hier zugrundeliegenden Kosten werden hierfür 240 DM/kg verwendet. Auch hierin dürfte eine Verbilligungsmöglichkeit des SWR liegen. Ein weiterer interessanter Punkt bei SWR-Strategien ist der nach Abschnitt 4.1.3.2. auftretende Plutonium-Überschuß bei angemessenen Strategien. Davon wird aber speziell Abschnitt 4.7. handeln.

#### 4.6.2.2. Thorium-Reaktoren

Wenn auch die Thorium-Reaktoren vor allem im Falle der Trennbedarfseigenversorgung innerhalb Europas oder der BRD interessant sind, so ergeben sie auch dann interessante Strategien, wenn man unter der Voraussetzung der Abhängigkeit von der USA durch möglichst geringe Belastung deren Kapazität möglichst große Versorgungssicherheit erreichen möchte. In 4.6.1.2. wurde schon darauf hingewiesen, daß notfalls durch Erhöhung der Tailanreicherung die amerikanische Trennkapazität lange ausreicht. Anstatt den Trennbedarf durch diese Maßnahme zu verringern, wird nur zu Vergleichszwecken in der folgenden Tabelle die Kapazität der bestehenden Anlagen der USA analog erhöht und würde damit ohne großen Kostennachteil <sup>1)</sup> einer  $40 \cdot 10^3$  t/a Trennarbeits-Anlage entsprechen. Dabei wird angenommen, daß lediglich in der USA keine THTR, sondern reine LWR-Strategien verfolgt werden.

<sup>1)</sup> s. 4.6.1.1.

Tabelle 67 Trennarbeit der westlichen Welt bei THTR-Strategien mit Ausnahme USA /  $10^3$  t/a

	1980	1990
USA (LWR) <sup>+</sup>	16 - 36	44 - 58
USA <sup>++</sup> (LWR-CBR(1980))	16 - 32	31 - 32
restliche westl. Welt (THTR)	17 - 34	31 - 42
restliche westl. Welt (THTR-CBR(1980))	13 - 30	31 - 32
Gesamtbedarf ohne CBR	33 - 70	75 - 100
Gesamtbedarf mit CBR	29 - 62	62 - 64

<sup>+</sup> mit Rezirkulieren des Plutoniums

<sup>++</sup> Rezirkulieren des Plutoniums bis 1980

Es liegt nun auch an dem Erfolg der Brütererentwicklungen und dem Bedarfszuwachs, der im Mittel der westlichen Welt nicht so breitstreuen wird, ob das Vorgehen dieses Abschnittes günstig ist. Da in einigen Ländern wohl in jedem Fall SWR-Strategien vorgezogen werden <sup>1)</sup>, ist denkbar, daß bei geringen Erweiterungen an den bestehenden Anlagen die USA-Kapazität ausreicht. In jedem Fall hätte man für Entscheidungen in dieser Richtung noch Zeit, bis Bedarfsentwicklung und CBR-Entwicklung besser abzusehen sind.

Hervorzuheben ist, daß alle THTR-Strategien laut Abschnitt 4.4.2. kostenmäßig sehr günstig sind, jedenfalls dann, wenn billige Trennarbeit vorausgesetzt werden kann.

Es soll hier ferner darauf hingewiesen werden, daß kanadische Studien <sup>2)</sup> davon sprechen, daß eine Kombination von Thorium mit Schwerwasser weitere strategische Vorteile verspricht. Zum Beispiel können diese Typen mit Plutonium gestartet werden, ohne nennenswerten Nachschub zu brauchen.

1) s.a. 4.3.2.3.

2) W.Lewis: The Super-Converter or Valuebreeder, A Near-Breeder Uranium-Thorium Nuclear Fuel Cycle, May 1968, AECL-3081

#### 4.6.3. Brüterstrategien

Es sind viele Gründe dafür angeführt worden, warum die SBR das Ziel langfristiger Entwicklungsmaßnahmen auf dem Kernkraftwerksgebiet darstellen. Wie die endgültige Variante eines SBR aussehen wird, kann man nicht vorhersagen, der CBR kann aber als ein guter Repräsentant der SBR angesehen werden. Je nachdem, wie sicher man vor den Folgen einer eventuellen Verzögerung des Brüter-einsatzes sein muß, übernehmen die anderen Typen im Grunde meist nur die Rolle der Zwischengeneration. Für die folgenden Abschnitte wird probeweise von der Annahme ausgegangen, daß Schnelle Brüter mit karbidischem Brennstoff 1980 oder 1985 einsatzbereit wären.

##### 4.6.3.1. Schnelle Brüter mit Karbidbrennstoff

Wenn die SBR mit Karbidbrennstoff bis 1980 verfügbar sind, so darf angenommen werden, daß ihr Einsatz auf Grund ihrer ökonomischen und strategischen Vorteile in fast der ganzen westlichen Welt erfolgt. Dann ist nach Abschnitt 4.3. der Trennbedarf Europas und Amerikas:

Tabelle 68 Trennarbeitsbedarf für CBR-Strategien in Europa und USA  
/10<sup>3</sup> t/a/

1980	30 - 60
1990	50 - 60
2000	ca. 60

In Analogie zu den in 4.6.2.2. für Tabelle 67 gegebenen Werten, also unter dem Aspekt, daß man über die Effekte der Erhöhung der Tailanreicherung zu Vergleichszwecken auch sagen kann, es ständen in den USA  $40 \cdot 10^3$  t/a Trennarbeitskapazität zur Verfügung, zeigt Tabelle 68, daß man im Falle der CBR-Einführung 1980 evtl. ohne weiteren Zubau auskommen kann. Tatsächlich kann man nämlich annehmen, daß auf Grund von Strategien in Ländern wie Frankreich sowieso ca. 1/5 des Energiebedarfs bis 1980 nicht durch LWR abgedeckt wird. Der maximale Bedarf 1980 stimmt dann mit der verfügbaren Kapazität gut überein (25-50). Ist z.B. abzusehen, daß  $50 \cdot 10^3$  t/a nicht überschritten werden, kann es ratsam sein, die Tailanreicherung auch unter Kostennachteilen noch etwas

auszudehnen, also bis zu einer Durchsatzerrhöhung der Anlagen an angereicher-tem Material von 2 zu gehen. Die Auswirkungen von Trennanlagenverteuerungen sind aus Tabelle 64, Abschnitt 4.6.1.2. zu sehen. Schon bei geringen Abweichungen vom Maximalbedarf gelten die Kostenvorteile dieser Strategie nach Abschnitt 4.4.2..

#### 4.6.3.2. Einsatzzeitpunkt der Schnellen Brüter

Das Risiko, das mit dieser Strategie einhergeht, ist dadurch deutlich, daß im LWR-CBR(1985)-Fall der Trennbedarf 1985 auf  $45-70 \cdot 10^3$  t/a Trennarbeit bei Abzug des Fünftels nach 4.6.3.1. angestiegen ist. Da die verfügbare Kapazität aber erst nach 1980 überschritten wird, und spätestens ab 1975 der Erfolg der CBR-Entwicklung zu sehen ist, könnte dieser Verzug in den USA leicht durch einen Anlagenzubau abgefangen werden. Die Größenordnung des Zubaus läge zwischen  $25$  und  $40 \cdot 10^3$  t/a Trennarbeitskapazität. Die Trennanlagen könnten dann wieder mit normaler Vollaustattung fahren, also niedriger Tailanreicherung.

#### 4.6.3.3. Form der Energiebedarfskurve

Aus Tabelle 68 ist leicht zu erkennen, daß die lineare Bedarfskurve die Trennbedarfsentwicklung günstiger gestaltet. Ein anfänglich schneller Anstieg bringt durch große und schnell gut ausgelastete Anlagen, und dadurch einen über 20 Jahre konstanten Bedarf, Vorteile, die in den USA zu einer Erweiterung der Kapazität führen können. Aber auch wenn diese Kurvenform nicht realisiert werden wird, ist ersichtlich, daß eine Entscheidung über weiteren Trennanlagenzubau bei diesen Strategien nicht unmittelbar bevorstünde, jedoch auch ohne Nachteil getroffen werden könnte.

#### 4.6.3.4. Konvertertyp

Im Zusammenhang mit LWR-Strategien wurden bei diesen Untersuchungen konstant  $150$  kg/a Plutoniumerzeugung bei 70% Auslastung und 1 GWe Anlagengröße angenommen <sup>1)</sup>. An den strategischen Vorteilen des SWR erkennt man die Wichtigkeit

---

<sup>1)</sup> s. Tabelle 23 in Abschnitt 4.1.1.

der Plutonium-Erzeugung bei Konvertern. Für die ersten Dekaden, also dem in dieser Arbeit vorrangigen Betrachtungszeitraum, gilt, daß sich der Trennbedarf genau um den Prozentsatz erniedrigt, um den sich der Plutoniumausstoß des Konverters einschließlich Grundtyp verbessert. Man kann also den Vergleich mit den vorhandenen Kapazitäten nach Tabelle 68 sofort wiederholen, wenn man mit anderen Plutoniumbilanzen bei den LWR rechnen will. Entschließt man sich zu dem Vorgehen, das in diesem Abschnitt 4.6.3. dargestellt ist, so ist der Versuch, dem LWR mehr Plutonium abzuverlangen, lohnend. Hierdurch kann die Versorgungssicherheit mit angereichertem Uran wesentlich verbessert werden und die Strategie, die in 4.6.3.1. beschrieben ist, verwirklicht werden.

#### 4.7. Exportstrategien

Es ist naheliegend, nicht alleine die billige und sichere Energieversorgung zur Bewertung einzelner Strategien heranzuziehen, sondern auch zu untersuchen, welche Bedeutung der Export von Kraftwerken für die BRD hat und unter welchen Bedingungen er möglich ist.

##### 4.7.1. Bedeutung des Exports

Die Bedeutung des Exports von Kernkraftwerken zu analysieren, würde eine eigene Studie darstellen <sup>1)</sup>. Es reicht hier, darauf hinzuweisen, in welchem weitverzweigten Zusammenhang diese Möglichkeiten stehen.

##### 4.7.1.1. Wirtschaftliche Bedeutung

Einer der größten Vorteile beim Export von Kernkraftwerken liegt in dem Gewinn an Devisen. Irgendwo muß eine moderne Volkswirtschaft, da Autarkiebestrebungen im allgemeinen den Lebensstandard beschneiden, in der zunehmend auch zwischenstaatlich arbeitsteiligen Welt, exportieren. Natürlich gibt es hierzu viele Möglichkeiten. Es scheint aber, daß gerade die Kernenergie ein interessanter Faktor im Export werden könnte, da eine Anzahl potentieller Abnehmer existiert.

---

1) In Bearbeitung

Im spezielleren Fall liegt die wirtschaftliche Bedeutung natürlich in dem Geschäft, das die Reaktorbaufirmen einschließlich der Zulieferer-Industrie hierbei machen können.

#### 4.7.1.2. Technologische Bedeutung

Immer wieder sind größere Entwicklungsaufwände für parallele, vielleicht nicht weniger interessante, Entwicklungen dadurch begrenzt, daß der Markt, auf dem der Entwicklungsaufwand wieder amortisiert werden kann, zu klein ist. Wenn der Energieverbrauch in der BRD festliegt, schwächt jede zusätzliche Reaktorentwicklung die Rendite des Entwicklungsaufwandes, sofern nicht ein neuer Kostenvorteil in Aussicht gestellt ist <sup>1)</sup>. Dann aber würde der alte Entwicklungsaufwand, dessen Produkt oft auch noch nicht auf dem Markt ist, unnützlich.

Die Wünsche anderer Staaten können sich jedoch auf recht verschiedene Konzepte konzentrieren. Ökonomische und politische Umweltbedingungen spielen eine Rolle. Während, solange man den Bedarf der BRD betrachtet, aus dem Kraftwerksbau keine Rendite gefolgert werden kann, weil diese auch für konventionelle Kraftwerke bestanden hätte, kann die Möglichkeit, durch interessante Reaktorkonzepte einen ausländischen Kraftwerksmarkt zu erschließen, sehr wohl Rendite für die entsprechenden Investitionen bringen <sup>2)</sup>. Auf diese Weise ist es besonders dann, wenn die eigene strategische Position auch auf Grund politischer Implikationen noch nicht festgelegt ist, vertretbar, technisch interessante Konzepte verschiedener Art mit Nachdruck zu verfolgen. Das bietet auf die Dauer auch technologisch große Vorteile für diese Nation.

#### 4.7.1.3. Politische Bedeutung

Welche politische Bedeutung es impliziert, auf z.B. dem Gebiet der Kernkraftwerke eine führende Rolle auf dem internationalen Markt zu spielen, braucht wohl nicht angeführt zu werden. Im besonderen ergeben sich neue Aspekte in Bezug auf die Abhängigkeiten von den USA. Beispielsweise lassen sich über

---

1) s.a. Abschnitt 1.2.

2) Hierdurch wird nämlich der Markt der Kraftwerke bauenden Firmen erweitert.

Exportstrategien leicht Möglichkeiten zu Lieferverträgen über Natururan möglich machen, das auch außerhalb der USA erhältlich ist. Zusätzliche Beteiligung an Prospektion und Schürfungen verbessern die Lage. Natürlich muß dann auch die Frage der Trennanlage oder die Art der Strategien gelöst sein.

#### 4.7.2. Strategien des Exports

Unter dem Aspekt des Exports könnte es natürlich besonders attraktiv werden, eigene Trennanlagen zu haben bzw. anbieten zu können. Letzteres ist vielleicht politisch nicht ohne weiteres zu vollziehen. Aber auch ersteres hat den Nachteil, daß trotz aller Vorteile der Verflochtenheit mit Kernenergie-Importländern die Natururanreserven immer schonend behandelt werden müssen. Ebenso könnten die Brennstoffkosten bei deutschen Trennanlagen so hoch liegen, daß trotz aller politischen Vorteile Drittländer doch lieber in den USA kaufen. Es bleiben deswegen nicht viel Reaktortypen zur Auswahl.

##### 4.7.2.1. Reaktortypen

Der Reaktortyp, der die Anforderungen erfüllt, die an eine Exportstrategie gestellt werden müssen, ist der Natururan-Schwerwasserreaktor. Wird er darüber hinaus nach Abschnitt 4.6.2.1. auch im eigenen Lande eingesetzt, so entsteht nach Abschnitt 4.1.3.2. Tabelle 27 sehr bald so viel Plutonium-Überschuß, daß auch Plutonium exportiert werden kann. Sind die Schnellen Brüter verfügbar, sichert das den Brüter-Export, im übrigen können mit Plutonium gestartete Thorium-Hochtemperatur-Reaktoren oder Thorium-Schwerwasserreaktoren mit Plutonium-Start interessante Produkte weiterer Entwicklung sein, die dem Inlands- wie dem Auslandsmarkt zugute kommen können.

##### 4.7.2.2. Plutonium-Überschuß

Neben der Tatsache, daß die SWR überallhin exportiert werden können, wo es Natururan gibt, ist es nicht uninteressant zu sehen, wieviel Brüter einschließlich Plutoniumbedarf exportiert werden könnten. Für die BRD soll das im Falle

des CBR in Tabelle 69 dargestellt werden <sup>1)</sup>, wobei die hierfür vorteilhafte steile Bedarfskurve verwendet wird. Diese zu ermöglichen, gehört auch zu den Strategien für den Export.

Tabelle 69      Mögliches Exportangebot an Brütern in der BRD in GWe  
kumuliert bis zum Jahre 2000

Strategie

LWR-CBR	60
LWR-SWR-CBR	120
LWR-THTR-CBR	0

Man sieht, wie besonders SWR-Strategien und der Fall eines starken Kraftwerkszubaues in der nächsten Dekade eine gute Grundlage für den Brütererexport bieten.

#### 4.8. Schlußfolgerungen

Die Ausführungen dieses Abschnittes sollen nicht so verstanden werden, daß eine optimale Lösung des Brennstoffversorgungsproblems angegeben wird, denn zu viele andere, ökonomische, aber vor allem politische Aspekte spielen mit eine Rolle. Wenn trotzdem einige Strategien besonders heraustreten, so sind die Bedingungen, die sie ermöglichen, wesentlich, und es kann hier eigentlich nicht mehr gewollt werden, als daß die Realisierungswahrscheinlichkeit der entsprechenden Bedingungen kritisch dargestellt und die Möglichkeit erleichtert wird, aus der dargebotenen Methodik und den Analysen der jeweiligen Umstände die Entscheidungsvorbereitung im Rahmen der BRD zu erleichtern.

Wenn auch die Versorgung mit Natururan Probleme aufwirft, so liegt die wichtigste Frage bei der Meisterung der Bereitstellung der nötigen Trennkapazität. Zwei Möglichkeiten, nämlich die Trennkapazität zu erhöhen oder den Trennbedarf zu senken, stehen zur Debatte.

<sup>1)</sup> s.a. Tabelle 27 Abschnitt 4.1.3.2.

#### 4.8.1. Referenzstrategien

Zunächst noch ohne Berücksichtigung der jeweiligen Risikoabsicherung sollen die fünf Möglichkeiten zusammengefaßt werden, die jeweils mit einem ähnlichen Maß an konzentrierter Anstrengung erreicht werden könnten.

##### 4.8.1.1. Schneller Brüter mit Karbid-Brennstoff

Der Bedarf an Trennarbeit kann mit den derzeit in den USA existierenden Anlagen dann mittels einiger geringer Maßnahmen abgedeckt werden, wenn die Entwicklung eines natriumgekühlten Schnellen Brüters mit karbidischem Brennstoff mit allem Nachdruck vorangetrieben wird und 1980 zum Erfolg führt. Da an vielen Stellen der Welt an den hiermit zusammenhängenden Problemen gearbeitet wird, besteht eine gute Aussicht auf Erfolg.

##### 4.8.1.2. Thoriumreaktoren

Anstrengungen zur frühzeitigen Einführung von THTR (1975) verzögern die Notwendigkeit weiterer Anstrengungen. Entweder man kann bis wenigstens 1985 Schnell-Brüter mit karbidischem Brennstoff erwarten, oder man muß bis dahin weitere Trennkapazität zur Verfügung haben. Unangenehm ist die Tatsache, daß THTR hochangereichertes Material benötigen. Anstrengungen in Richtung auf THTR mit Plutonium-Beladung haben vor allem Exportvorteile. Allerdings würden diese THTR mit Plutonium-Beladung im eigenen Land die Pu-Produktion für den Brüter-zubau und den Export einschränken. Es ist aber nicht sicher, ob eine Einführung der THTR 1975, wie dies für die positiven Strategien notwendig ist, gelingt.

##### 4.8.1.3. Schwerwasserreaktoren

Die baldmögliche Einführung von Schwerwasser-Natururanreaktoren löst das Problem der Trennkapazitäten auf andere Weise. Die Einführung der Schnellen Brüter ist trotzdem erstrebenswert, steht aber nicht mehr unter großem Zeitdruck. Außerdem könnte in erster Phase ohne große Nachteile mit oxydischem Brennstoff gearbeitet werden.

#### 4.8.1.4. Trennanlagen

Eine den vorgenannten Punkten alternative Möglichkeit ist der Bau von eigenen Trennanlagen. Hierbei gibt es die Möglichkeit einer europäischen oder einer deutschen Trennanlage. Die Entscheidung hierüber hängt von dem technischen Fortschritt der einzelnen Verfahren und der daraus folgenden Ökonomie ab. Neben den Vorteilen eigener Anlagen sind die Möglichkeiten, die eine Zusammenarbeit auf diesem Gebiet in Europa bringen könnten, zu bedenken. Man kann zusammenfassen, daß diese Strategie technologische und politische Anstrengungen erfordert.

#### 4.8.1.5. Politische Anstrengungen

Während alle bisherigen Punkte mit technologischen Anstrengungen verbunden waren, gibt es noch die Möglichkeit rein politischer Anstrengungen, die, wenn sie Erfolg haben, mehr Zeit für die technologischen Entwicklungen zur Verfügung stellen. Hierbei gibt es zwei Möglichkeiten: entweder es gelingt, durch eine anderweitig gestärkte Position keinen Versorgungsausfall oder keine wirtschaftliche Maßnahme von seiten der USA befürchten zu müssen, oder es gelingt, die Trennanlagen zu internationalisieren. Letzteres wäre sicher die eleganteste Lösung. Da es in dieser Studie nicht möglich ist, über die Erfolgswahrscheinlichkeit solcher Unternehmungen etwas auszusagen, sollen alternativ auch die anderen Möglichkeiten diskutiert werden.

#### 4.8.2. Brennstoffreserveschonung

Die Schonung der Natururanreserven ist am besten durch die SWR-Strategien <sup>1)</sup> gewährleistet. Wenn weitere Prospektionen, die ohnehin erforderlich sind, mit Beteiligung der BRD vorangetrieben werden, so sind auch die THTR-Strategien sowie alle in Abschnitt 4.8. aufgezeigten Alternativen günstig. Eine unmittelbare einflußreiche Präferenz folgt jedoch hieraus nicht.

---

1) s. Abschnitt 4.8.1.3.

#### 4.8.3. Ökonomische Präferenzen

Rein vom ökonomischen Standpunkt sind alle Strategien, die von europäischen oder deutschen Trennanlagen ausgehen, ungünstig. Beim Bau eigener Anlagen würde besonders auch der THTR, der sonst ökonomisch große Vorteile hat, relativ benachteiligt, weil sich bei der notwendigen Anreicherung auf 93% die Trennarbeitskosten erhöhen<sup>1)</sup>. Die günstigsten Strategien ergeben sich dann, wenn die Anstrengungen von 4.8.1.5. einer Internationalisierung der Trennanlagen mit der Anstrengung gemäß 4.8.1.1., bald einen Karbidbrüter zu haben, kombiniert werden. Werden beide nicht kombiniert, so werden im einen Fall die frühzeitige Karbideinführung von evtl. teureren Trennarbeitskosten, im anderen Fall die billigen Trennarbeitskosten von einer späten Karbideinführung überschattet.

Die weitaus günstigste Kombination unter Einbeziehung der Exportchancen aber wäre, die Entwicklung von Karbidbrütern gemäß Abschnitt 4.8.1.1. und die Entwicklung von Schwerwasserreaktoren gemäß 4.8.1.3. zu fördern. Eine Verzögerung in der Fertigstellung der Karbidtypen könnte dann in Kauf genommen werden. Der Schwerwasserreaktor ist im Prinzip verfügbar, lediglich einige in 4.4.3. und 4.6.2.1. diskutierten Zielwerte ökonomischer Natur müßten noch erreicht werden.

#### 4.8.4. Entscheidungsalternativen

Es wird nun versucht, in einem grobmaschigen Gerippe die Entscheidungsalternativen darzustellen. Dies soll also lediglich als Ansatz dienen für eine Entscheidungsfindung, die der Leser nach seinem eigenen Urteil vollziehen muß.

A) Der Erfolg von Bemühungen, die Trennanlagen zu internationalisieren, ist unsicher. Eine Trennbedarfsdeckung in den USA ist möglich, aber ebenfalls mit Risiko versehen, weil die dadurch entstehende einseitige Abhängigkeit von den USA zu politisch nachteiliger Abhängigkeit um den Preis der Versorgung mit Brennstoff oder zu ökonomischer Ausbeutung ausgenützt werden könnte. Auch könnte der Export hier Probleme aufwerfen. Der Bau einer europäischen Anreicherungsanlage durch die amerikanische Industrie sollte als Möglichkeit näher in Betracht gezogen werden.

---

1) Bis jetzt ist noch nicht klar, ob niedrigere Anreicherungen noch zu ökonomischen Konzepten führen.

- B) Die frühzeitige Einführung der SWR löst die Frage der Abhängigkeit von den USA. Leichte Kostennachteile des SWR, die möglicherweise beseitigt werden können, werden durch das günstigere Verhalten gegenüber SBR-Strategien wieder ausgeglichen. Der CBR bleibt also das Ziel. Umgekehrt könnte man auch sagen, daß die Nachteile verzögerter Brütereinführung im Hinblick auf Natururanreserven und Trennbedarf durch die Ersetzung von LWR durch SWR abgefangen wird. Besonders hervorstechend sind die durch die SWR-Strategien gegebenen Exportchancen.
- C) Eine Unsicherheit des Erfolges von Schwerwasserstrategien liegt vor allem darin, daß die EVU nicht gezwungen werden können, diese statt der LWR zu kaufen. Durch Unterstützung der Industrie und Bestellung eines Demonstrationskraftwerkes von seiten der öffentlichen Hand sowie Förderung von Schwerwasseranlagen kann mit wesentlich weniger Aufwand als bei der Entwicklung ökonomischer Trennanlagen ein Durchbruch der SWR erzielt werden. Wenn die Verpflichtung der öffentlichen Hand ernst genommen wird, auch bei ungünstigem Verhalten der EVU für die Energieversorgung der BRD zu sorgen, also beispielsweise durch politische Maßnahmen Brennstoff zu beschaffen oder Trennanlagen zu fördern, dann ist die öffentliche Hand auch berechtigt, z.B. zusätzlich durch gewisse Sicherheitsgarantien für SWR das Verhalten der EVU indirekt zu beeinflussen.
- D) Zusätzliche rein technologische Weiterentwicklung aussichtsreicher Trennverfahren hat den Vorteil, bei einem Scheitern der aufgezeigten SWR-Strategien gegenüber amerikanischen Abhängigkeitsnachteilen zwar evtl. ökonomisch Einbuße zu erleiden, aber wenigstens politisch unabhängig zu bleiben.

#### 4.8.5. Zusammenfassung

Die reaktorstrategischen Ergebnisse des Abschnittes 4 werden in Tab. 70 zusammengefaßt. Jede Zeile gibt die Reaktortypen an, die jeweils einzeln Ursache für die Zuordnung einer Strategie zu einer Präferenzklasse sind. Die erste Zeile kennzeichnet die beste Strategie. Eine Strategie gehört zu der Präferenzklasse, in der ihr bester Strategienteilnehmer ist. Die Angaben einer Zeile dominieren also über diejenigen der darauffolgenden.

Tabelle 70 Präferenzskalen für Kernkraftwerke bezüglich verschiedener Beurteilungskriterien

Präferenz- Klasse	Natururan- verbrauch (Versorgungs- sicherheit)	Trennarbeits- bedarf (Abhängigkeit)	Strategien- Barwert (Nutzen)	Einfluß der Trennarbeits- kosten (Risiko)
1	CBR, SWR, THTR	SWR	CBR, THTR	SWR
2	OBR	CBR	OBR, LWR, SWR	CBR, THTR
3	LWR	OBR, THTR		OBR, LWR
4		LWR		

Präferenz- Klasse	Entwicklungs- stand (Aufwand)	Exportchancen (u.a. Pu-Pro- duktion)	Energieerzeugungskosten (Konkurrenzsituation)
1	LWR, SWR	SWR	CBR
2	OBR, THTR	OBR, CBR	OBR, THTR
3	CBR	LWR, THTR	LWR, SWR

Fragt man nach der günstigsten Kombination, so findet man, daß die Kombination SWR-CBR immer der Präferenzklasse 1 angehört.

Die neben der forcierten CBR-Entwicklung starke Förderung der Schwerwasserreaktoren mit Natururan bietet also folgende Vorteile:

1. Der Trennbedarf ist auf Grund der reduzierten LWR geringer.
2. Eine Verzögerung der Brütereinführung kann ohne Versorgungsengpässe abgefangen werden.
3. Abhängigkeiten und Natururanbedarf sind wesentlich reduziert.
4. Die Einführung der Schnellen Brüter ist durch den höheren Pu-Ausstoß des SWR gegenüber den LWR wesentlich erleichtert.
5. Der Schwerwasser-Natururanreaktor ist ein attraktives Konzept für den Export.
6. Der Export auch von Brütern oder neuartigen Typen würde dadurch erleichtert, daß Plutonium sehr bald im Überschuß anfällt.
7. Die für die Ökonomie der Energiewirtschaft notwendigen Kosten des SWR können erreicht werden.
8. Die Möglichkeiten des Exports durch den SWR-Typ erleichtern die Teilhabe an ausländischen Uranvorkommen.

Maßnahmen, die dies erreichen ließen, müßten sein:

1. Um die EVU von der Funktionstüchtigkeit und Ökonomie eines SWR zu überzeugen, müßte ein Kraftwerk von ca. 600 MWe von der öffentlichen Hand in Auftrag gegeben werden.
2. Durch Unterstützung der Industrie müßte die Wirtschaftlichkeit dieses Typs ermöglicht werden.
3. Anstelle der Förderung von Trennanlagen im großen Stil träte die Förderung einer Schwerwasser-Herstellungsanlage.
4. Anstelle politischen Bemühens um die Versorgungssicherheit für angereichertes Material können den EVU Ausfallsicherungen für den SWR gegeben werden, um den SWR-Kauf zu fördern.
5. Die Entwicklung eines natriumgekühlten Schnellen Brütters mit karbidischem Brennstoff müßte vorangetrieben werden.

Ob die hier dargestellte oder eine der anderen in Abschnitt 4.8. oder den Anhängen dargestellten Strategien schließlich gewählt wird, wird jedoch von der Beantwortung der folgenden Fragen abhängen. Die Reihenfolge der Fragen soll gleichzeitig angeben, für welche Fragen eine positive Antwort am vorteilhaftesten erscheint.

1. Wie wahrscheinlich ist eine Internationalisierung der Trennanlagen oder der Bau einer europäischen Anlage durch die amerikanische Industrie?
2. Wie wahrscheinlich ist der Erfolg der Bemühungen staatlicher Stellen, den LWR durch den SWR abzulösen?
3. Wie wahrscheinlich ist eine Einführung der CBR in den frühen 80er Jahren?
4. Wie wahrscheinlich ist eine Ausnützung einer Brennstoff-Abhängigkeit der BRD durch die USA?

In dem Maße, in dem diese Fragen beantwortet werden können, können aus dem in dieser Arbeit aufgezeigten Material Schlüsse gezogen werden. Bei mit fortschreitender Zeit verbesserten Ausgangsdaten ist dann mit den gegebenen Methoden auch eine Quantifizierung der Folgen einzelner Entscheidungen denkbar.

Orientiert man sich am derzeitigen Stand des Wissens und den gegebenen Vorbedingungen im Rahmen der Kernenergieentwicklung, ergeben sich im wesentlichen folgende Handlungsalternativen für die Versorgung der BRD mit angereichertem Uran:

1. Durch den starken Zuwachs der Leichtwasserreaktoren auch in Europa sollte die Versorgung mit angereichertem Uran nicht alleine den USA überlassen bleiben. Es ist eine enge Zusammenarbeit mit den USA erforderlich, durch die entweder eine Internationalisierung aller Trennanlagen oder eine Mitarbeit der amerikanischen Industrie beim Bau europäischer Trennanlagen nach dem Diffusionsverfahren herbeigeführt wird. Dies ergäbe die am schnellsten durchführbare und kostengünstigste Lösung (s. Abschnitt 4.5.1.1, speziell Tabelle 55 S.4-25 sowie Tabelle 61 S.4-32, ferner Abschnitt 4.6.1.1 und Fußnote 1 S.4-37).
2. Im europäischen Rahmen besteht immer noch eine weitere sehr vorteilhafte Lösung des Problems der Brennstoffbeschaffung darin, durch verstärkte Einführung von Schwerwasserreaktoren den Bedarf an angereichertem Uran stark zu verringern. Von besonderer Bedeutung gegenüber 1 ist, daß hierdurch insgesamt keine ~~signifikanten Kostennachteile entstehen.~~ (s. Abschnitt 4.6.2.1 sowie Abschnitt 4.4.3, speziell die Bedingungen in Tabelle 45 und 46 auf S.4-19, ferner Abschnitt 4.7.2.2, 4.8.4. und 4.8.5, insbesondere Tabelle 70 S.4-54).
3. Eine technologisch unabhängige Lösung der Versorgung mit angereichertem Uran besteht in der Weiterentwicklung des Zentrifugen- und Trenndüsenverfahrens. Im Augenblick kann man nicht abschätzen, ob damit kostenmäßige Nachteile verbunden sind (s. Abschnitt 4.5.1.2 sowie Tabelle 61 S.4-32 und Abschnitt 4.6.1.3 und 4.6.1.4, außerdem Tabelle 64 S.4-37 sowie Abschnitt 4.5.1.3 und 4.6.1.2).

Anhang AZum Problem öffentlicher Investitionen in die gesamtwirtschaftliche Infrastrukturverbesserung<sup>1)</sup>

Die Problematik staatlicher Ausgaben für die Wirtschaftsstrukturverbesserung ist deswegen besonders kompliziert, weil im allgemeinen durch Infrastrukturverbesserungen ein Nutzen sowohl als unmittelbare Kosteneinsparungen erkennbar ist als auch eine mittelbare Stimulierung der gesamten Wirtschaft erwartet werden kann, sofern ein latenter Bedarf für Wirtschaftsprozesse besteht, der durch eine solche Infrastrukturverbesserung angeregt wird. Ein weiteres schwieriges Problem ist die Unvermeidbarkeit einer ungleichen Nutzenverteilung infolge solcher öffentlicher Investitionen.

Kosteneinsparungen können zum Beispiel im Falle von Verbesserungen an Transportsystemen für Güter und Informationen auftreten. Dabei wird im allgemeinen angestrebt, daß der einzelne Transportprozeß gegenüber der Situation vor der Investition billiger wird, so daß unmittelbar eine echte Einsparung für das gesamte Transportaufkommen zu errechnen ist. Ein ähnlicher Fall liegt bei der Energieerzeugung vor, wenn die Energieproduktionskosten durch Investitionen zu verringern sind oder im Falle des Einsatzes von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen, die infolge von Rationalisierungseffekten Kosten vermindern.

Die durch Investitionen in die Infrastrukturverbesserung im volkswirtschaftlichen Sinne direkt eingesparten Kosten setzen sich normalerweise unmittelbar in höhere Gewinne um und führen dadurch über Konsumerweiterungen oder Kapitalbildung zu mittelbarem oder unmittelbarem Wirtschaftswachstum. Ein mittelbares Wirtschaftswachstum wird angeregt, wenn die Konsumerweiterung zu induzierten Investitionen führt. Ein unmittelbares Wirtschaftswachstum wird angeregt durch direkte Investition des ersparten Geldes.

Eine Berücksichtigung der Verzögerungen, mit denen diese Prozesse ablaufen, hat natürlich ein differenziertes Bild zur Folge. Zunächst wird eine Konsumerweiterung durch Kostenersparnisse keinen sofortigen Einfluß auf Investitionen ausüben, eine Kapitalbildung keinen sofortigen Wachstumseffekt haben. Infolge der Konsumerweiterung wirkt jedoch mit größerer oder kleinerer Verzögerung das aus der Volkswirtschaftslehre bekannte Akzelerationsprinzip so, daß die Zunahme der In-

<sup>1)</sup> Zu Abschnitt 1.2

vestitionen relativ größer ist als durch die Vermehrung der nachgefragten Produktmenge unmittelbar verursacht. Andererseits haben auch die durch Kapitalbildung ermöglichten autonomen Investitionen durch das Multiplikationsprinzip die verzögerte Wirkung, den Konsum anzuregen. In beiden Fällen wird also nicht nur das Volksvermögen indirekt oder direkt erhöht, sondern ein Impuls für das Wirtschaftswachstum gegeben.

In einer marktwirtschaftlich orientierten Volkswirtschaft fließt normalerweise das gebildete Kapital in die Bereiche größten Wirtschaftszuwachses. Da man im allgemeinen aber nicht exakt vorhersagen kann, in welchem Bereich zusätzliches Kapital investiert wird, sind öffentliche Investitionen in die Strukturverbesserung der Volkswirtschaft immer nur Wachstumsimpulse. Man kann dabei prinzipiell nur im Sinne statistischer Prognosen vorhersagen, welche Wirtschaftswachsraten daraus folgen, weil das tatsächliche Wirtschaftswachstum von einer großen Menge von Investitionsentscheidungen einzelner Wirtschaftssubjekte abhängt, die in jeder gegebenen Wirtschaftssituation möglicherweise anders aussehen.

Eine andere Schwierigkeit bei der Abschätzung des wirtschaftlichen Gesamtnutzens besteht darin, daß einige Wirtschaftsprozesse und damit Wertschöpfungen (Beiträge zum Bruttosozialprodukt) überhaupt erst bei Vorhandensein bestimmter Infrastrukturen möglich werden können (Autobahn, Telefonnetz, Kanäle, Elektrizitätsversorgung, Datenverarbeitungsanlagen). Es gibt also für einige Wirtschaftsprozesse Schwellenwerte, das heißt, bestimmte Wertschöpfungen würden nicht geschehen, wenn es zum Beispiel billige Transportwege oder billige Energie nicht gäbe. Man kann also auch deshalb nicht ohne weiteres den Gesamtnutzen betrachten.

Die direkten und leicht berechenbaren Kosteneinsparungen durch Infrastrukturverbesserungen sind also nur der primäre Teil der volkswirtschaftlichen Auswirkungen einer solchen Investition. Sie können im Verhältnis mit den Investitionskosten bei artgleichen Projekten als Beurteilungskriterium für eine Analyse des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses herangezogen werden.

Eine schwerer zu gewinnende Zahlenangabe über den Nutzen einer Investition stellt wie gesagt die indirekte Anregung des Wirtschaftswachstums über das Multiplikations- und Akzelerationsprinzip dar. Es ist aber nicht von vornherein auszuschließen, jene Verhältniszahl Aufwand/Nutzen als sinnvollen Maßstab für die Rendite öffentlicher Investitionen in die Strukturverbesserung der Wirtschaft betrachten zu können. Wegen der sehr schnellen Diffusion des zusätzlichen Gewinnes in die

Bereiche größten Wachstums könnte man nämlich zu der Einsicht gelangen, daß jede Art echter Einsparung relativ schnell in gleicher Weise auf das Wirtschaftswachstum wirken könnte.

Bei der Betrachtung des Nutzens öffentlicher Investitionen in die Infrastrukturverbesserung kann man zwei Probleme voneinander unterscheiden. Das eine Problem ist die gesamtwirtschaftliche Betrachtungsweise. In dieser Betrachtungsweise ist das investierte Kapital eindeutig eine volkswirtschaftliche Größe, sei es, daß dieses Kapital auf dem Wege der Geldschöpfung, oder auf dem Kapitalmarkt, oder aus den laufenden Einnahmen aus dem gesamten Bruttosozialprodukt (Steuern) aufgebracht wird. Eine solche volkswirtschaftliche Größe kann selbstverständlich mit dem erkennbaren volkswirtschaftlichen Nutzen, also den Kosteneinsparungen, als unmittelbare Größe der Stimulierung des Wirtschaftswachstums verglichen werden. Tatsächlich ist aber, wie gesagt, der gesamtwirtschaftliche Nutzen größer.

Ein anderes Problem ist die reine kameralistische Betrachtung, also die Frage nach Ausgaben und Einnahmen innerhalb der Staatskassen. Es ist als wesentliches soziales Ziel einer staatlichen Finanzpolitik zu betrachten, das Preisgefüge bei wachsender Wirtschaft näherungsweise konstant zu halten. Der Staat kann sich hierzu eines gewissen Instrumentariums der Konjunkturbeeinflussung bedienen.

Dieses Instrumentarium der staatlichen Maßnahmen besteht ganz besonders in der Ausgaben- und Einnahmenpolitik der öffentlichen Hände. Dabei ist zu unterscheiden zwischen ordentlichen Haushalten, die aus dem laufenden Steuereinkommen bestritten werden und außerordentlichen Haushalten für einmalige Investitionen, die aus dem laufenden Haushalt nur amortisiert und verzinst werden. Der außerordentliche Haushalt läßt sich auf dem Wege der Geldschöpfung (Kredit bei der Zentralbank) bzw. der Kapitalbeschaffung decken. Es ist evident, daß Rückzahlungen aus dem ordentlichen Haushalt in den außerordentlichen ein besonders gutes Instrument der Konjunkturbeeinflussung sind. Eine Investition in die Infrastrukturverbesserung aus öffentlichen Mitteln ist im Prinzip als außerordentliche Ausgabe zu betrachten, deren Rückzahlungen aus den wachsenden staatlichen Einnahmen infolge des wachsenden Wirtschaftsaufkommens getätigt werden können, ohne daß durch solche Investitionen ein nennenswerter inflationärer Druck entsteht. Das zu investierende Kapital kann auf zweierlei Weise beschafft werden: entweder aus Rücklagen der Staatskasse, die zum Zwecke der Konjunkturdämpfung angelegt werden (Julius-Turm) oder auf dem Wege der Geldschöpfung, die zum Zwecke der Konjunkturbelebung getätigt wird (Investitionshaushalt). In dem Fall, daß Innovationen,

die einen Wirtschaftswachstumsimpuls erwarten lassen, aus Geldmangel unterbleiben, scheint es vertretbar zu sein, das latente Wirtschaftswachstum durch Geldschöpfung zu ermöglichen. Bei der Investition auf Grund von Geldschöpfungen besteht im allgemeinen auf Seiten der Zentralbank ein weiteres Instrument für die Konjunkturpolitik in den Modalitäten der Amortisation und Verzinsung. Es ist vernünftig, diese Modalitäten entsprechend den Staatseinnahmen aus einer vorher geschätzten (aber prinzipiell nicht exakt vorhersagbaren) Wirtschaftswachstumsrate festzulegen.

Die Notwendigkeit der Bedienung eines solchen Instrumentariums der Konjunktursteuerung rechtfertigt sich vor allem aus den indirekten Auswirkungen von Neuinvestitionen. Die erwähnte Multiplikatorwirkung, also die infolge der Investitionszuwachsrate erhöhte Einkommenszuwachsrate, erzwingt wiederum durch Akzeleration zusätzliche Investitionen, so daß sich dieser Prozeß zunächst ständig steigert. Da die wirtschaftliche Anpassung jedoch mit Verzögerungen stattfindet, baut sich leicht ein inflationärer Druck durch die Investitionen auf. Die Zunahme der monetär bedingten Nachfrage droht dann die Zunahme der Produktion zu übersteigen; die auftretenden Engpässe erhöhen das Preisniveau. Wenn also die Maßnahmen der Zentralbank, wie Festlegung der Verzinsungs- und Amortisationsmodi von staatlichen Investitionen in die Volkswirtschaft vor allem konjunkturpolitische Maßnahmen in bezug auf die Steuerung der indirekten Auswirkungen von Investitionen darstellen, sind sie notwendig entkoppelt von den direkten Auswirkungen, die die abschätzbaren Folgen erster Ordnung angeben und die sich in der direkten Kostenersparnis widerspiegeln. Die Vergleichsbasis von Projekten, die Wirtschaftswachstumsimpulse auslösen, liegt also in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und nicht im kameralistischen Sektor. Die Betrachtung alleine des kameralistischen Vorgangs der Rückzahlung des geschöpften Geldes für eine öffentliche Investition in die Infrastruktur ist nicht hinreichend, denn, wie aus dem Vorstehenden deutlich wird, wirkt die Investition in die Infrastruktur wachstumsfördernd. Für die Bundesrepublik wurde festgestellt:<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> K. Kuhle in H. Giersch u. K. Borchardt (Herausgeber): Diagnose und Prognose als wirtschaftliches Methodenproblem (1962)

"Das Wachstum wird fast zur Hälfte vom technischen Fortschritt getragen. Fast ein Viertel trägt der wachsende Kapitalbestand zum Wachstum bei".

Im Sinne einer betriebswirtschaftlichen Betrachtung der Volkswirtschaft, wobei der Staat die Rolle des Unternehmers gegenüber dem eigenen Betrieb hat, läßt sich als Gedankenmodell folgende Möglichkeit argumentieren: Aus den laufenden Einnahmen werden die getätigten Investitionen so schnell amortisiert, daß keine Erhöhung des Volkseinkommens stattfindet. Der Staat könnte, um dies zu erreichen, seine Einnahmen dadurch erhöhen, daß er die unmittelbaren Nutznießer der staatlichen Investition so hoch besteuert, daß diese netto zunächst keinen Nutzen mehr haben. Dann kann kein Wirtschaftswachstum eintreten, und dann ist die Investition schnellstmöglich amortisiert. Jedoch wirkt von dem Zeitpunkt ab, wo die Rückzahlung vollständig getätigt ist, die Infrastrukturverbesserung in vollem Maße als Wachstumsimpuls. Die Bestimmung dieser angenommenen, kürzesten Amortisationszeit folgt unmittelbar aus dem Verhältnis von Investitionen zu direkter Kostenersparnis. Für den Fall aber, daß der Staat nicht bei den unmittelbaren Nutznießern die Kostenverminderung abschöpft, um damit das geschöpfte Geld zu vernichten, kann er den gleichen Betrag aus dem gesamtwirtschaftlichen Aufkommen abziehen, dann ist die indirekte Wachstumswirkung der Kostenerniedrigung über Investitionen aufgehoben durch allgemeine Kaufkraftvernichtung. Ein anderes Vorgehen wäre, daß der Staat die Amortisation nicht in der kürzesten Zeit anstrebt, sondern nur teilweise den direkten volkswirtschaftlichen Nutzen abschöpft. Dann wird zwar die Amortisationszeit länger, aber auf der anderen Seite das Wirtschaftswachstum nicht verzögert, wenn es auch zunächst kleiner sein wird als nach voller Amortisation. Die Modalitäten, in denen die Rückzahlung geschieht, sind deswegen, wie gesagt, ein außerordentlich flexibles Instrument der Konjunkturpolitik.

Falls nun der Staat Investitionen direkt aus den laufenden Steuereinnahmen tätigt, verändert sich das Problem der Rückzahlung in ein Problem der bestmöglichen Allokation von Investitionsausgaben, wofür der gesamte Nutzen in der Volkswirtschaft wieder ein Kriterium abgeben kann. Dabei wird davon ausgegangen, daß dann frühere Investitionen, die bereits abgeschrieben sind, weiterhin besteuert werden. Die gezielte Sprungfunktion der Besteuerung von unmittelbaren Nutznießern staatlicher Investitionen kann also durch eine allgemeine kontinuierliche Besteuerung ersetzt werden. Unbeschadet solcher politischer Maßnahmen lassen sich also die direkten Kostenersparnisse infolge von Investitionen in die Infrastrukturverbesserung direkt mit den Investitionen ins Verhältnis setzen.

Ein kompliziertes Problem bei öffentlichen Investitionen in die Infrastrukturverbesserung ist das Problem der unmittelbaren und mittelbaren Nutznießung. Man muß davon ausgehen, daß fiskalische Maßnahmen, gleich welcher Natur, nicht unmittelbar allen, sondern nur bestimmten jeweils anderen Wirtschaftssubjekten nützen. Markante Beispiele sind die Sozialleistungen, die Agrarsubventionen, die Gewinne aus Verteidigungsausgaben etc. etc. ... Sofern man den Staat weniger als Hoheitsträger (eine Anschauung aus früheren Gesellschaftsstrukturen), sondern als Beauftragten der Öffentlichkeit (der Bürger) ansieht, verliert die Tatsache des speziellen Nutzens aus öffentlichen Mitteln an Grund zur Beunruhigung. So gesehen wird die Ausgabenpolitik des Staates zu einem Gegenstand des Interessenausgleiches innerhalb der Öffentlichkeit, der in Republiken nie ganz gerecht, aber auch nie ganz ungerecht sein wird.

Sofern das Eigentum in einer Republik weit gestreut ist, und dieser Zustand zur politischen Maxime erhoben ist, gibt es kaum einen Grund, Investitionen, die zunächst wenigen Wirtschaftssubjekten Nutzen bringen, zu beargwöhnen. Eine breite Streuung des Eigentums läßt sich durch Kapitalgesellschaften und entsprechende Erbgesetzgebung erreichen. Falls besondere Investitionen dennoch zu unververtretbaren Gewinnen einzelner Bürger führen, bleibt immer noch die Maßnahme einer Sondersteuer.

Ein spezielles Problem ist die öffentliche Investition in Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Solche Entwicklungsprojekte sind Fälle angewandter Forschung von besonderer Größenordnung mit klarer Aussicht auf einen gesamtwirtschaftlichen Nutzen. Öffentliche Investitionen in die Entwicklung werden dann notwendig, wenn die einzelnen Wirtschaftssubjekte solche Investitionen nicht aufbringen können. Bisher sind selbst Großfirmen (vielleicht mit Ausnahme der chemischen Industrie) daran gewöhnt, Einzelerfindungen auszuwerten. Sehr viele Firmen aus dem vorigen Jahrhundert verdanken ihre Existenz einzelnen Erfindungen oder Erfindern. Der technische Innovationsprozeß wird heute aber immer mehr zu kollektiven Unternehmungen, woraus Forschungsabteilungen und -zentren in Großfirmen folgen. Es ist nur eine natürliche Fortentwicklung, wenn große technologische Entwicklungen zur Aufgabe der Öffentlichkeit werden.

Der Arbeitsteilungsprozeß moderner Wirtschaften, bei dem die Tauschprozesse nur noch durch das Abstraktum "Geld" sinnvoll abzuwickeln sind, führt auch dahin, daß im Sinne eines kollektiven Konsumverzichtes kollektive Innovationsprozesse ermöglicht werden. Das Abstraktum "Staat" ist also schließlich auch die

Möglichkeit und die Verteilerebene für besonders aufwendige Innovationen. Wie die Einführung der Banken als Folge des Geldverkehrs den Arbeitsteilungsprozeß, so ermöglicht erst der "Staat" auf die immer komplizierter werdenden Fragen des Ausgleiches von Nutzungen kollektiver Innovationen klärend zu wirken. Ebenso wie bei früheren Einzelerfindungen der Nutzen sich auf Erfinder, Kapitaleigner, Produzent, Fiskus, Handel und Verbraucher verteilte, kann dies nun auch bei kollektiven Innovationen geschehen.



Anhang BSpieltheorie und Wirtschaftswissenschaften<sup>1)</sup>1. Einleitung

Im Rahmen der Projektwissenschaften, zum Beispiel des Projektes Schneller Brü-  
ter, spielt die Systemtheorie, wozu auch die Spieltheorie Hilfsmittel  
ist, eine bedeutende rationalisierende Rolle. Sollen Ziele erreicht werden,  
so entstehen in vielen Fällen eine Reihe von Konfliktsituationen, die es früh-  
zeitig zu erkennen und zu lösen gilt. Man spricht von Strategien als möglichen  
Wegen zum Ziel und von Bewertungen solcher Strategien. Bekanntlich ist eine  
Theorie, die solche Konfliktsituationen zu lösen versucht, die Spieltheorie.  
Es wird gelegentlich für die Praxis zu viel von dieser Theorie erwartet, oft  
wird sie aber auch zu wirklichkeitsfremd interpretiert. Im folgenden soll ein  
gedrängter Abriß der Grundgedanken der Spieltheorie gegeben werden, um ihr Ge-  
dankengut bei der Behandlung der vielfältigen Aufgaben in einem Forschungspro-  
jekt vor Augen zu haben.

Der folgende Abschnitt soll kurz zeigen, welche Art von Spielen behandelt wer-  
den soll.

Man kann von Glücksspielen, Geschicklichkeitsspielen und Ahmungsspielen spre-  
chen. Fragestellungen, wie die des Würfeinsatzes bei Glücksspielen, waren  
der Ansatz für die Erarbeitung der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Pascal). Zu  
den Geschicklichkeitsspielen könnte man die von J.v. Neumann behandelten Spiel-  
typen rechnen, auch wenn Elemente des Zufalls (Glücksspiele) und des Lernens  
(Ahmungsspiele) mit enthalten sind. Eine Art Ähnlichkeitstheorie, die die  
Ahmungsspiele zu meistern in der Lage wäre, ist nicht unmittelbar greifbar.

Für die im folgenden zu behandelnden Spieltypen ist das agonale Prinzip das  
tragende Element. Von besonderem Interesse ist ein Spiel, wenn Elemente des  
Zufalls enthalten sind oder es so komplex ist, daß der Spieler einen ein-  
deutigen optimalen Ablauf nicht ohne weiteres erkennen kann. Es liegt auf  
der Hand, daß Methoden, die Aussagen über sinnvolles Verhalten der Spieler

---

<sup>1)</sup> Die verwendete Literatur ist am Ende dieses Anhangs angegeben.

bei solchen Spielen machen, auch brauchbare Anleitungen für das Verhalten in echten Wettbewerbssituationen liefern können. Die Vorstellungen, die so mathematisch behandelt werden können, haben Modellcharakter, bilden also keineswegs die Wirklichkeit genau ab. Aber wie in der Physik können die Lösungen einer Vielzahl geeigneter Modelle ein Problem brauchbar beantworten oder wie hier, für die Anwendung in den Projektwissenschaften Entscheidungshilfen darstellen.

## 2. Grundgedanke

Als "Knobeln" ist ein "Zweipersonenspiel" bekannt, bei dem jeder der beiden Spieler unabhängig voneinander zum Beispiel eines der drei Symbole "Schere", "Stein", "Papier" wählt. Hierauf werden die beiden Wahlen verglichen und die "Auszahlung" an den Spieler A nach der folgenden Vorschrift bestimmt:

Tabelle 70: Knobelmatrix

A \ B	Schere	Stein	Papier
Schere	0	-1	+1
Stein	+1	0	-1
Papier	-1	+1	0

Dabei "dominiert" -wenn  $a > b$  "a dominiert b" heißt- Papier > Stein > Schere > Papier. Man nennt die angegebene Matrix eine "Auszahlungsmatrix" M für ein Spiel T. Positive Einheiten zeigen den Gewinn für Spieler A an, negative seinen Verlust, also den Gewinn für Spieler B. Man erkennt, daß hier der Gewinn des einen Spielers der Verlust des anderen ist und nennt es deshalb ein "Nullsummenspiel".

Jeder Spieler stellt sich natürlich jetzt die Frage, wie er wohl entscheiden soll, um die Chancen für Gewinne am größten werden zu lassen. Negativ ausgedrückt, kann man fragen, wie jeder Spieler sein Risiko auf Verlust minimieren kann. Bei der Untersuchung dieser Frage wird bestmögliche Rationalität beider Spieler vorausgesetzt, was mit einschließt, daß jeder Spieler tunlichst vermeiden wird, dem anderen eine Chance zum Erraten seiner eigenen Wahl zu geben.

Mit diesen Überlegungen werden "Strategien" festgelegt, die wir "optimale Strategien" nennen. Eine mögliche Strategie wäre hier

beispielsweise für A immer Schere zu wählen, sie ist aber nicht optimal, denn B würde daraus lernen und sehr bald nur Stein wählen, was A immer einen Verlust beifügen würde. Die optimale Strategie besteht hier einleuchtenderweise darin, jede der drei Möglichkeiten gleich oft zu wählen, wobei besonderer Wert auf die Zufälligkeit der Folge gelegt werden muß. Man stellt diese optimale Strategie so dar ( $\dagger$  bedeutet optimal):

$$S_A^\dagger = (1/3, 1/3, 1/3) \quad (97)$$

Sie ist eine "gemischte Strategie", d.h. um zu vermeiden, daß der Partner die eigene Wahl erkennt und ausnutzt, werden in zufälliger Folge mehrere Strategien zu einer Lösungsstrategie zusammengelegt, deren Häufigkeit des Auftretens in Glg. 97 ausgedrückt ist. Ebenso gilt hier

$$S_B^\dagger = (1/3, 1/3, 1/3) \quad (98)$$

Diese optimalen Strategien stellen eine Lösung des oben definierten Spieles dar. Sie geben die Verhaltensvorschriften für die Spieler an. Dabei ist die Optimalität wie folgt zu verstehen: Sie bezieht sich nicht auf den maximal möglichen Gewinn, der in diesem Spiel überhaupt erreichbar ist, sie sichert auch nicht gegen einen zeitweisen Verlust ab. Die optimale Strategie beschreibt aber eine Verhaltensweise, die das Risiko minimiert, denn sie berücksichtigt auch alle möglichen Gegenmaßnahmen des Gegenspielers. Die Optimalität bezieht sich also nicht auf die möglichen Auszahlungen, sondern enthält ein neues Element: die Nebenbedingung der Rationalität beider Spieler bringt mit sich, als optimales Vorgehen das zu bezeichnen, was unbeschadet des Vorgehens des Gegenspielers den größtmöglichen Mindestgewinn garantiert. Dieser größtmögliche Mindestgewinn wird als "Spielwert" bezeichnet, die zugehörigen (optimalen) Strategien auch als "Minimax-Strategien".

Der Spielwert kann interpretiert werden als Erwartungswert unter den möglichen Auszahlungen, wenn das Spiel mit den optimalen Strategien von beiden gespielt wird. Er berechnet sich zu

$$V_A^\dagger = -V_B^\dagger = S_A^\dagger M S_B^\dagger \quad (99)$$

M ist die Auszahlungsmatrix.

In unserem Beispiel ergibt sich  $V_A^\dagger = 0 = V_B^\dagger$ , d.h. man hat es mit einem fairen Spiel zu tun. Sobald nun einer der beiden Spieler, z.B. B von  $S_B^\dagger$  abweicht, ver-

hält er sich nicht mehr optimal, auch wenn A nicht in der Lage ist, spezielle Fehler von B auszunützen, wie Periodizität der Entscheidungsarten.  $V_A$  wird dann vielmehr auf Kosten von  $V_B$  zunehmen können. Es seien die neuen Erwartungswerte einfach mit  $V_A$  und  $V_B$  bezeichnet und man hat

$$V_A = -V_B = S_A^\dagger M S_B \geq V_A^\dagger = -V_B^\dagger \quad (100)$$

$$\text{d.h. } V_B \leq V_B^\dagger \quad (101)$$

B verhält sich nicht optimal, wenn er von  $S_B^\dagger$  abweicht. In gewissem Maße ist dies intuitiv einleuchtend, da es jedoch grundlegend wichtig ist, soll es abgeleitet werden. Dabei soll mehr ein Plausibilitätsweg, als ein rein mathematischer gegangen werden. Spieler A erkennt, daß sein Erwartungswert

$$V_A^{(1)} = S_A M S_B^{(1)} \quad (102)$$

ist, wenn B ausschließlich Spalte 1 wählt, bezeichnet als

$$S_B^{(1)} = (1, 0, 0) \quad (103)$$

Ebenso gilt für

$$S_B^{(2)} = (0, 1, 0) \quad (104)$$

$$V_A^{(2)} = S_A M S_B^{(2)} \quad \text{usw.} \quad (105)$$

Wenn die Elemente von  $M$   $m_{ij}$  sind, so entspricht das jeweils der Erwartungswertbildung über die einzelnen Spalten:

$$V_A^{(j)} = \sum_i x_i m_{ij} \quad \text{für alle } j \quad (106)$$

wobei

$$S_A = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_{n_A}) \quad (107)$$

die  $x_i$  definiert. Bei festgelegtem  $S_A$  kann ungeachtet des  $S_B$  mindestens das

$$\text{Min}_j V_A^{(j)} = V_A \quad (108)$$

erwartet werden. Wir können daher folgendes Ungleichungssystem erstellen:

$$\sum_i x_i m_{ij} \geq V_A \quad \text{für alle } j \quad (109)$$

Die  $x_i$  sind hier optimal zu bestimmen. Außerdem gilt natürlich

$$\sum_i x_i = 1 \quad \text{und} \quad x_i \geq 0 \quad \text{für alle } i \quad (110)$$

Dies ist nun ein Problem der linearen Planungsrechnung, das beispielsweise mit der Simplexmethode gelöst werden kann. Dieses Problem soll nochmals genauer formuliert werden. Man dividiere das Ungleichungssystem durch  $V_A$  und erhält mit

$$X_i = \frac{x_i}{V_A} \quad (111)$$

das neue Ungleichungssystem

$$\sum_i X_i m_{ij} \geq 1 \quad (112)$$

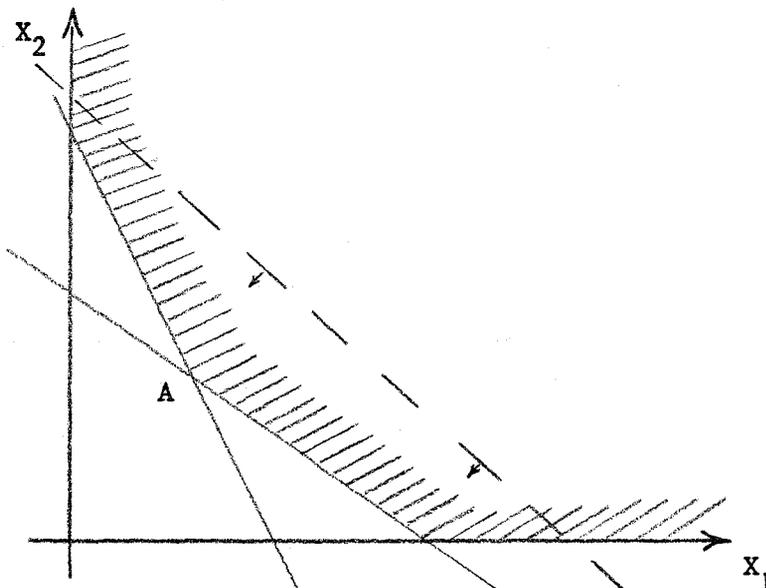
Ferner erhält man dann

$$\sum_i X_i = \frac{1}{V_A} = z \quad (113)$$

Das Problem des Spielers A ist es, seine  $x_i$  also jetzt die  $X_i$  so zu bestimmen, daß sein  $V_A$  zum Maximum wird, als  $V_A^*$  bezeichnet, also hier  $z$  zu minimieren ist.

Durch Addition des  $\min_{ij} \{m_{ij}\}$  zu allen  $m_{ij}$  konnte schon vorher ein Ungleichungssystem mit nur positiven Argumenten erzeugt werden, wodurch  $z$  um  $\min_{ij} \{m_{ij}\}$  zu groß herauskommt, die  $X_i$  aber als normierte Verteilung richtig wiedergibt. Es sei hier die graphische Lösungsmöglichkeit einfacher linearer Probleme verwendet und deshalb eine 2x2 Matrix genommen. Die Ungleichungen definieren dann beispielsweise den schraffierten Bereich in der folgenden Skizze

Skizze 1: Lineare Optimierung



Der Abstand der schraffierten Geraden vom Ursprung ist  $z$ , welcher minimiert werden soll, während sie noch wenigstens ein  $X_1$  und  $X_2$  im gültigen Bereich hat. Dies tritt bei einer Parallelverschiebung bis Punkt A ein. Die zugehörigen  $X_1$  und  $X_2$  bestimmen nach den notwendigen Rücktransformationen  $S_A^\dagger$ . Das ebenso bestimmbare  $V_A^\dagger$  ist nun unter den ungünstigsten Bedingungen für Spieler A entstanden. Er versuchte durch sein Verhalten ( $S_A$ ) das Maximum aus den Minima zu gewinnen, die ihm B aufzwingen kann.

Es wurde für den Mindestgewinn (die "Garantie") geschrieben.

$$V_A = \text{Min}_j \{V_A^{(j)}\} \quad (114)$$

$j$  wird von Spieler B kontrolliert. Ferner ist der Wunsch des Spielers A

$$V_A^\dagger = \text{Max}_{S_A} V_A \quad (115)$$

Das gibt zusammen, mit  $S_B = \{y_1 \dots y_j \dots y_n\}$  (116)

$$V_A^\dagger = \text{Max}_i \text{Min}_j \left\{ \sum_i x_i m_{ij} y_j \right\} \quad (117)$$

$$= \text{Max}_{S_A} \text{Min}_{S_B} \{S_A M S_B\} = S_A^\dagger M S_B^\dagger \quad (118)$$

Bei dieser Schreibweise erinnere man sich nochmals an den Ausgangspunkt. Da für Spieler B Verlust ist, was A gewinnt, versucht in unserer Vorzeichennormierung B seine Strategie  $S_B$  so festzulegen, daß  $S_A M S_B$  minimal wird, desgleichen versucht A daraus sein Maximum zu ziehen. Weicht nun B von  $S_B^\dagger$  ab, so muß  $V_A$  über  $V_A^\dagger$  steigen, da  $S_B$  nicht mehr das  $\text{Min} \{S_A M S_B\}$  liefert. Zwar könnte A auf diese Änderung von  $S_B$  weg von  $S_B^\dagger$  sicher effektiver antworten als mit  $S_A^\dagger$ , aber  $S_A^\dagger$  bereits erhöht den Gewinn und ist sicher. Ein Abweichen von  $S_A^\dagger$  würde nämlich umgekehrt, wenn B wieder  $S_B^\dagger$  wählen würde, den Gewinn schmälern. Insofern braucht man die optimalen Strategien nicht zu bereuen, wie eingangs behauptet wurde. Daß es manchmal unter Eingehen von Risiken gewinnbringendere Strategien gibt - eben dann, wenn der Partner nicht rational vorgeht - schmälert den Wert der Spieltheorie nicht, die das vorsichtigste Vorgehen als optimal erscheinen läßt, eben jenes, das volle Rationalität des Gegenspielers annimmt. Unter diesen Gesichtspunkten kann die Lösung eines Spiels bzw. ihre optimalen Strategien nochmals wie folgt definiert werden: Es sind diejenigen Verhaltensmaßnahmen, die, wenn

sich die übrigen Spieler daran halten, dem, der sich nicht daran hält, nachteilig werden. Diese Formulierung läßt vielleicht die Fülle der Analogien von praktischen Problemstellungen mit spieltheoretischen Problemen und Lösungen ahnen.

### 3. Der Sattelpunkt

Es wurden bis jetzt die Grundgedanken der Spieltheorie sowie die Begriffe der Lösung, des Wertes eines Spiels und der Strategien sowie eine Lösungsmethode erläutert. Es stellt  $V_A (S_A^{\dagger}, S_B^{\dagger})$  die Lösung eines Zweipersonenspiels dar. Man bezeichnet die durch  $S_A^{\dagger}$  und  $S_B^{\dagger}$  gegebenen Elemente der Auszahlungsmatrix auch als "Sattelpunkt". Dabei gilt

$$V_A (S_A^{\dagger}, S_B) \leq V_A (S_A^{\dagger}, S_B^{\dagger}) \leq V_A (S_A, S_B^{\dagger}) \quad (119a)$$

Allgemein gilt für jede Lösung eines n-Personenspiels

$$V_i (S_1^{\dagger}, \dots, S_n^{\dagger}) \geq V_i (S_1^{\dagger}, \dots, S_{i-1}^{\dagger}, S_i, S_{i+1}^{\dagger}, \dots, S_n^{\dagger})$$

$$i = 1 \dots n \quad (119b)$$

und man spricht von einem "Gleichgewichtspunkt".

Es sei nun noch der Spezialfall "reine Strategie" erläutert. Es ergab sich die Bezeichnung

$$V_A^{\dagger} = \text{Max}_i \text{Min}_j \{ \sum_i x_i m_{ij} y_j \} \quad (119)$$

Eine äquivalente Überlegung für Spieler B führt auf

$$V_B^{\dagger} = - \text{Min}_j \text{Max}_i \{ \sum_j x_i m_{ij} y_j \} \quad (120)$$

und wegen

$$V_A^{\dagger} = - V_B^{\dagger} \quad (121)$$

folgt für denselben Sattelpunkt

$$\text{Max}_i \text{Min}_j \{ \sum_i x_i m_{ij} y_j \} = \text{Min}_j \text{Max}_i \{ \sum_j x_i m_{ij} y_j \} \quad (122)$$

Gibt es nun ein Element  $m_{ij}$  in M, für das gilt

$$\text{Max}_i \text{Min}_j \{ m_{ij} \} = \text{Min}_j \text{Max}_i \{ m_{ij} \} \quad (123)$$

wobei i und j auf beiden Seiten der Gleichung gleich laufen, so heißt das, es gibt ein

$$S_A^{\dagger} = (0 \dots i \dots 0) \quad \text{und} \quad S_B^{\dagger} = (0 \dots j \dots 0) \quad (124)$$

für die

$$\max_{S_A} \min_{S_B} \{S_A M S_B\} = \min_{S_B} \max_{S_A} \{S_A M S_B\} \quad (125)$$

gilt. Hier wird aber nur das eine Element  $m_{ij}$  in  $M$  angesprochen, d.h. nach der alten Formulierung sind alle  $x_i$  bis auf eines und alle  $y_j$  bis auf eines null. Solche Strategien  $S_A$  und  $S_B$  nennt man "reine Strategien". Entsprechende Spiele sind besonders einfach zu lösen: Die optimalen Strategien sind diejenigen reinen Strategien für deren Kreuzungspunkt in der Auszahlungsmatrix gilt, daß das Maximum der Zeilenminima gleich dem Minimum der Spaltenmaxima ist. Diese Herleitung sollte nur den gedanklichen Zusammenhang zur gemischten Strategie herstellen, aber kein mathematischer Beweis sein.

Tabelle 71: Ein Sattelpunktspiel

A \ B		$t_1$	$t_2$	$t_3$	Zeilen- Minima
		$\sigma_1$	-1	2	
$\sigma_2$	-2	1	1	-2	
$\sigma_3$	-2	-3	-1	-3	
Spalten Maxima		-1	2	3	-1 / -1

Die Lösung dieses Spiels ist  $S_A^\dagger = (1,0,0)$

sowie  $S_B^\dagger = (1,0,0)$  (126)

mit  $V_A^\dagger = -V_B^\dagger = -1$

Man kann hier auch sagen, daß die Strategien  $t_2, t_3$  von der Strategie  $t_1$  dominiert werden, ebenso dominiert  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ . Das ist dann in eindeutiger Weise der Fall, wenn jedes Element einer Zeile oder Spalte jedes Element einer anderen Zeile oder Spalte in Bezug auf Spieler A oder B dominiert. Durch geschicktes Abwechseln zwischen Spieler A und B ist das hier zu sehen und übrig bleiben die Sattelpunkt-Strategien.

Es wird hier nicht weiter auf solche Verfahren eingegangen werden.

Vielmehr soll mit den begrifflichen Erläuterungen fortgefahren

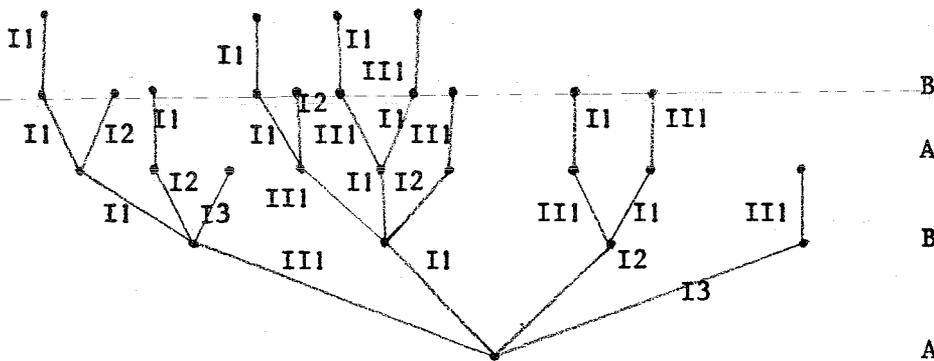
werden, wozu die bisherigen Andeutungen über die mathematischen Formalismen der Spieltheorie ausreichen. Die Anwendung mengentheoretischer Schreibweise würde weitere interessante Darstellungen zulassen. Auch darauf soll hier verzichtet werden.

4. Der Spielbaum

Es soll nun ein anderer Spieltyp betrachtet werden: Nim.

Es liegen zwei Reihen, I und II, von Zündhölzern vor, die erste mit drei, die zweite mit einem Stück. Bei jedem Zug können beliebig viele aus einer Reihe weggenommen werden, wer abräumen kann hat gewonnen. Offensichtlich besteht hier jede "Partie" aus mehreren "Zügen". Es sollen die Gewinn-Strategien gefunden werden. Die Zugfolge einer Partie kann als "Spielbaum" ("extensive Form") dargestellt werden. Spieler A beginnt.

Skizze 2: Das Spiel "Nim"



Spieler A hat hier 7 Strategien:

Tabelle 72: Strategisches Spieles "Nim"

- $\sigma_1$  I3
- $\sigma_2$  I2
- $\sigma_3$  I1, III nach BI2 → Gewinn, nach BI1 → Verlust
- $\sigma_4$  I1, II nach BIII oder BI1 → Verlust
- $\sigma_5$  I1, I2 nach BIII → Gewinn
- $\sigma_6$  III, I1 nach BI3 und BI1 → Verlust, nach BI2 → Gewinn
- $\sigma_7$  III, I2 nach BI1 → Gewinn

Dieselbe Aufstellung lässt sich für Spieler B machen und mit den Elementen

+1 bzw. - 1 in einer Matrix darstellen. Die Lösung dieses Matrixspiels ist klar, man erkennt AI2 als einzige sichere Gewinnstrategie mit  $V_A^{\ddagger} = +1$ . Das Spiel ist nicht fair, der Anzieher gewinnt. Das Spiel sollte nicht mehr zeigen, als wie sich ganze Partien als Matrixspiele ("Normalform") darstellen lassen. Die Lösungsstrategien enthalten dann eine Reihe von Informationen, die die Züge für jede mögliche Situation optimal angeben, ohne bereits die einzelnen Zugfolgen des Partners zu kennen. Hierdurch läßt es sich einsehen, daß sich auch ohne genaue Kenntnis der Realität vorab eine optimale Strategie festlegen läßt. Es läßt sich ferner erkennen, wie man bei verschiedenen Problemstellungen die Umgebung auf mögliche Strategien untersuchen kann, um dann optimale Strategien festzulegen. Ohne zu wissen, welche Züge andere Spieler wählen, kann man voraussagen, daß ein solches Vorgehen zwar nicht notwendig die dann tatsächlich eintretende Situation bestmöglichst ausschöpft - es sei an den Begriff der optimalen Strategie beim eingangs erläuterten Knobel-Spiel erinnert - aber, welches der Mindestgewinn ist, der erzwungen werden kann. Das setzt natürlich voraus, daß der Spielbaum vollständig war. Die Parallele zu den im Hauptteil besprochenen Brüterstrategien liegt auf der Hand. In der Gegenwart müssen Vorgehensweisen gewählt werden, ohne daß die tatsächliche Situation in der Zukunft exakt bekannt ist.

##### 5. Spiele mit Zufallselementen

Sollten Spekulationen gewisse Konstellationen in der Zukunft wahrscheinlicher machen als andere, so bietet das die Möglichkeit, speziellere Strategien auszuwählen, gleichzeitig weicht man aber von der Garantie eines Mindestgewinns ab und nimmt Risiko auf sich. Ein einfaches Beispiel: Ein Unternehmer hat Grund zu der Annahme, daß beim Zustandekommen eines gewissen Vertrages eine Anlageform A eine Rendite von 4 %, eine der Form B von 3 % abwirft, hingegen im Falle des Nichtabschlusses A 3 %, B 5 % bringt.

Tabelle 73: Vertrags-Strategien

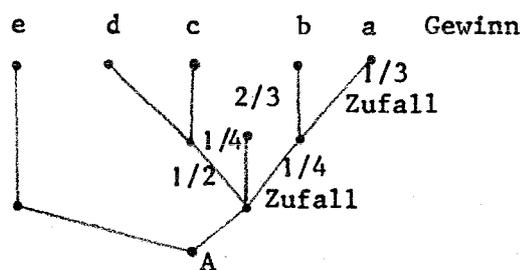
	V e r t r a g	
	ja	nein
A	4	3
B	3	5

Die spieltheoretische Lösung sagt  $\frac{2}{3}$  in A und  $\frac{1}{3}$  in B anlegen, die Rendite ist dann mindestens  $3 \frac{2}{3} \%$ . Für den eigentlich nur fiktiven Gegenspieler ergab sich auch eine Lösung: ja  $\frac{2}{3}$ , nein  $\frac{1}{3}$ , d.h. aber, wenn man bereit ist, für die Wahrscheinlichkeit eines Vertragsabschlusses 2:1 anzunehmen, ist die obige Aufteilung des Kapitals optimal. Man weiß aber, daß weniger als  $3 \frac{2}{3} \%$  nie zu erhalten sind. Würde man sich auf eine andere Wahrscheinlichkeitsverteilung einstellen und demzufolge das Kapital anders verteilen, um mehr zu verdienen, so besteht immerhin die Möglichkeit, weniger als  $3 \frac{2}{3} \%$  zu gewinnen. Zum Beispiel würde fast alles in A angelegt, weil der Vertragsabschluß sehr wahrscheinlich ist, im Falle eines Nichtzustandekommens nur gegen  $3 \%$  liefern.

Neben der Betonung der Risikoaversionsspieltheoretischer Überlegungen, sollte dieses Beispiel noch demonstrieren, wie trotz der einmaligen Entscheidung, die hier ansteht, die spieltheoretischen Methoden einen Sinn haben. Sie ergeben das Verhalten mit geringstem Risiko.

Des weiteren dürfte schon hinreichend klar sein, daß "persönliche Züge" der Spieler durchaus auch durch "Zufallszüge" ersetzt werden können. Bei der Transformation eines Spielbaumes in eine Spielmatrix werden bei den Elementen der Auszahlungsmatrix die Wahrscheinlichkeiten schon berücksichtigt. Folgen z.B. auf einen persönlichen Zug noch zwei Zufallszüge, so füllen sich die Matrixelemente z.B. hier nach

$$a \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{3} \quad b \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{4} \quad \text{etc.} \quad (127)$$



## 6. Das Bluffen

Ein bekanntes Spiel, das mit einem Zufallszug beginnt, ist das "Pokern". Es läßt in einer vereinfachten Form zu, ein wesentliches Element der Spieltheorie zu beschreiben, das bis jetzt noch nicht beschrieben wurde: das Bluffen als Element rationalen Vorgehens. Es seien nur folgende wesentliche Bestandteile betrachtet. Jeder Spieler kennt seine eigenen Karten. Jeder Karte ist ein eindeutiger Wert zugeordnet. Der Spieler kann erkennen, ob seine Karte gut oder

schlecht ist. Es soll hier jeder Spieler nur die Wahl zwischen einem hohen "Angebot"  $a$  und einem niedrigen  $b$  haben. Man nehme ferner an, daß sie unabhängig voneinander "bieten". Haben sie gleich geboten, so werden die Karten verglichen, und derjenige mit der "stärkeren Hand" gewinnt den gebotenen Betrag. Bietet ein Spieler hoch, der andere niedrig, so hat derjenige mit dem niedrigen Angebot die Wahl zwischen "Passen" und "Aufdecken". Wenn er paßt, verliert er den niedrigen Betrag  $b$ , wenn er aufdeckt, gewinnt der Spieler mit den besseren Karten den Betrag  $a$ . Man nehme die möglichen Stärken  $s$  der Karte, die ein Spieler in der Hand hält, kontinuierlich an mit der maximalen Stärke  $S$ . Wenn  $s > x$  (einer gewissen Grenze) ist, die von  $a$ ,  $b$  und  $S$  abhängt, so ist niedriges Bieten auf jeden Fall ungünstig. Hohes Bieten bringt im Falle des Passens oder Aufdeckens in jedem Fall Gewinn, außer in dem Fall, wo das  $s$  des Partners noch größer ist: dagegen gibt es aber kein Gegenmittel. Anders sieht es aus, wenn  $s < x$  ist, dann kann man sich eine Chance ausrechnen, ein hohes  $s$  vorzutauschen. Zwar würde man bei niedrigem Bieten und Passen nur  $b$  verlieren, hingegen bei Bluffen und Aufdecken verliert man  $a > b$ . Aber der Partner wird nicht alle hohen Gebote aufdecken lassen, weil er mit einer wirklich hohen Karte des Bluffers rechnen muß. Dann würde er  $a > b$  statt nur  $b$  verlieren. Auf diese Weise gewinnt der Bluffende  $b$  anstatt es zu verlieren. Ein Abwägen der möglichen Vor- und Nachteile des Bluffens ergibt in einer etwas längeren Untersuchung, für

$$0 < s < x = \frac{a-b}{a} S \quad (128)$$

als optimales Vorgehen immer mit einer Wahrscheinlichkeit

$$\frac{a}{a+b} \quad (129)$$

hoch zu bieten. In jedem Falle hoch zu bieten würde den Gegner unvorteilhaft stark ermutigen, immer aufdecken zu lassen. Bluffen stellt keinen impliziten Vorteil der Partie dar, sondern ist eine Vorsorge gegen ein Abweichen des Gegners von der vorteilhaften Strategie, ein Schutz gegen das Durchschautwerden. Hohe Gebote beim mittelstarken Blatt bei abwechselndem Bieten sind oft sogar weniger Bluffen als Verteidigung gegen Bluffen als Zwang zum Aufdecken (defensives Bluffen).

### 7. Ein Dreipersonenspiel

Bis jetzt wurden nur Zweipersonenspiele betrachtet. Bei einem Dreipersonenspiel wird der reine Interessengegensatz aufgehoben. "Absprachen" ermöglichen auch bei symmetrischen Spielen das Zustandekommen einer Koalition und damit Unsymmetrie. Würden keine Koalitionen irgendwelchen Koalitionspartnern Vorteile bringen, so bezeichnet man das Spiel als "unwesentlich". "Wesentlichkeit" eines Dreipersonenspiels bedeutet also, daß zum Beispiel für die Koalition (AB) die Auszahlung

$$V_{AB}^{\dagger} > V_A^{\dagger} + V_B^{\dagger} \quad (130)$$

ist.

Charakteristisch für das Zustandekommen von Koalitionen sind also folgende Angaben, "charakteristische Funktion" genannt,

$$V_A^{\dagger}, V_B^{\dagger}, V_C^{\dagger}, V_{AB}^{\dagger}, V_{BC}^{\dagger}, V_{CA}^{\dagger} \quad (131)$$

Diese Größen können im alten Sinne aus den Zweipersonenspielen

$$\begin{array}{l} A, (BC) \\ B, (CA) \\ C, (AB) \end{array} \quad (132)$$

gewonnen werden, wobei im Nullsummenfall gilt

$$\begin{array}{l} V_A^{\dagger} = - V_{BC}^{\dagger} \\ V_B^{\dagger} = - V_{CA}^{\dagger} \\ V_C^{\dagger} = - V_{AB}^{\dagger} \end{array} \quad (133)$$

Die Aufteilung eines Gewinnes einer Koalition, z.B. der Koalition (AB) zwischen A und B erfolgt erst im Nachhinein durch ein Tauziehen dergestalt, daß

$$\begin{array}{l} \alpha_A \geq V_A^{\dagger} \\ \alpha_B \geq V_B^{\dagger} \end{array} \quad \text{sein muß} \quad (134)$$

$$\text{mit} \quad \alpha_A + \alpha_B = V_{AB}^{\dagger} \quad (135)$$

$$V_{AB}^{\dagger} > V_A^{\dagger} + V_B^{\dagger} \quad (136)$$

Die Menge der Lösungen bildet einen "Verhaltensstandard" und muß stabil sein, d.h. keine Lösung darf von einer anderen dominiert werden. Zum Beispiel kann sein

$$\alpha_A = V_A^{\dagger} + \frac{1}{2} (V_{AB}^{\dagger} - V_A^{\dagger} - V_B^{\dagger})$$

und

$$\alpha_B = V_B^{\dagger} + \frac{1}{2} (V_{AB}^{\dagger} - V_A^{\dagger} - V_B^{\dagger})$$

$$\alpha_C = V_C^{\dagger}$$

d.h. der Überschuß wird auf beide Koalitionspartner gleich aufgeteilt, andernfalls würde mit einer anderen Koalition gedroht werden können. In entsprechender Weise existieren ja noch die Auszahlungen aller möglichen Permutationen der Spieler. Das gilt allerdings nur, wenn alle Spieler grundsätzlich gleiche Chancen haben, d.h.  $V_{AB}^{\dagger} = V_{BC}^{\dagger} = V_{CA}^{\dagger}$  ist.

### 8. Nichtnullsummenspiele

Was zwischen den beiden Spielern einer Koalition geschieht, ist dasselbe wie bei einem Nullsummenspiel, obwohl die Summe nicht mehr null ist. Man betrachte beispielsweise die charakteristische Funktion

$$\begin{aligned} V_A^{\dagger} = V_B^{\dagger} = V_C^{\dagger} &= -1 \\ V_{AB}^{\dagger} = V_{BC}^{\dagger} = V_{CA}^{\dagger} &= 1 \end{aligned} \quad (138)$$

so sei einer der drei möglichen Lösungen

$$\alpha_A = 1/2, \alpha_B = 1/2, \alpha_C = -1 \quad (139)$$

Dem Spielerpaar A und B ist also insgesamt die Summe 1 und nicht 0 zur Aufteilung bereitgestanden. Ist die Summe jedoch konstant, so ist das Spiel, wie man sagt, "strategisch äquivalent" dem Spiele der Summe null. In jedem Fall geht es um eine Aufteilung und nicht um Neuschöpfung irgendwelcher Werte.

Anders als bei der Aufteilung der Gewinne zwischen A und B ist es bei der Bestimmung von  $V_{AB}^{\dagger}$  selbst. Es gibt viele  $V_{AB}^{\dagger}$ , entsprechend viele  $V_C^{\dagger}$ , die sich beispielsweise in vielen Einzelauszahlungen für A und B ausdrücken, und deren Summe der Verlust von C ist, wegen

$$\alpha_A + \alpha_B + \alpha_C = 0, \quad (140)$$

der Nullsummenbedingung. Die Probekoalitionspartner müssen bei der Festlegung ihrer Strategie zunächst von allen möglichen Verhaltensweisen von C ausgehen. Für jede solche existieren nun noch zwischen ihnen viele mögliche Strategien. Es kann jeder von ihnen andere Beträge erhalten, vor allem aber ist die Konstantsummenbedingung aufgehoben, denn erst bei dieser Wahl wird festgelegt, wieviel von C abverlangt wird. Da wir aber  $S_c$  eben als jeweils gegeben angenommen haben, braucht nur das "allgemeine Spiel zwischen A und B betrachtet werden (für jedes  $S_c$ ), das dann z.B. so aussieht:

Tabelle 74: Matrix eines Nichtkonstantsummenspiels

$$(A, B) = \begin{Bmatrix} (5,0) & (1,1) \\ (4,0) & (2,1) \end{Bmatrix}$$

Auch wenn man dieses Spiel losgelöst vom Dreipersonenspiel betrachtet, entspricht es dem rationalsten Verhalten der Spieler, wenn sie sich auf die Strategie einigen, die beiden zusammen am meisten verspricht. Schlimmstenfalls müssen Kompensationszahlungen eine Befriedigung des Partners herbeiführen. Wenn gleich Matrixelement 2,2 am sichersten wäre, weil es auch bei Nichtkooperation erzwungen werden könnte, ohne daß es einer bereuen müßte, so bietet 1,1 doch mehr Chancen, wobei A 2 Einheiten an B zahlt. Auf diese Weise hat jeder statt 2 bzw. 1 um 1 mehr. Dieses Element der Ausgleichszahlungen ist in der klassischen Wirtschaftstheorie vernachlässigt, was vielfach zu falschen Analysen (Preisen) geführt hat.

Im Rahmen des Dreipersonenspiels der Summe Null sind dies fiktive Vorspiele, aus denen die optimalen Strategien für die möglichen Koalitionen, also auch die charakteristische Funktion und schließlich aus den möglichen Auszahlungen an die einzelnen Spieler die günstigsten Koalitionen abgeleitet werden können. Dabei stehen vorübergehend Situationen zur Lösung an, die einem Zweipersonenspiel mit nichtkonstanter Summe entsprechen. Ohne ins Detail zu gehen, sei darauf hingewiesen, daß allgemeine n-Personenspiele als Nullsummenspiele behandelt werden können, wenn man einen (n+1)ten Spieler hinzunimmt. Dieser

hat aber insofern eine Sonderstellung, als er Strohhalm ist, d.h. im Grunde beschreiben nur die ihn diskriminierenden Lösungen des  $n+1$  Personenspieles das allgemeine  $n$ -Personenspiel.

### 9. Die Diskriminierung

Es soll hier noch etwas betrachtet werden, was bei der Anwendung auf wirtschaftliche Probleme interessant wird. Ein Vierpersonenspiel läßt sich reduziert und normiert als

$$V_A = V_B = V_C = V_D = -1 \quad (141)$$

$$V_{BCD} = V_{ACD} = V_{ABD} = V_{ABC} = 1$$

darstellen. Es fehlen noch die Werte für Zweierkoalitionen. Ein symmetrisches Spiel ergibt sich - wie beim Dreipersonenspiel - für

$$V_{AB} = V_{BC} = V_{CD} = V_{DA} = V_{AC} = V_{BD} = 0. \quad (142)$$

Es gibt keine bevorzugte Koalition. Man kennzeichnet das durch

$$w \underline{[1,1,1,1]} \quad (143)$$

Die Summe ist 4, es gewinnen alle Koalitionen mit

$$4/2 < k < 4. \quad (144)$$

Es gibt nun viele Übergänge von hieraus, bis zu jenem Spiel, in dem Spieler D z.B. eine Sonderstellung einnimmt. Entweder mit

$$w \underline{[1,1,1,2]} \quad (145)$$

es gewinnen alle Koalitionen

$$5/2 < k < 5. \quad (146)$$

Die charakteristische Funktion wird ergänzt durch

$$V_{AD} = V_{BD} = V_{CD} = 2 \quad (147)$$

$$V_{AB} = V_{BC} = V_{CA} = -2$$

als extrem bevorzugter oder mit

$$w \underline{[2,2,2,1]} \quad (148)$$

Es gewinnen alle Koalitionen

$$7/2 < k < 7 \quad \text{also für } k = 4,5,6. \quad (149)$$

Die charakteristische Funktion wird ergänzt durch

$$\begin{aligned} V_{AD} = V_{BD} = V_{CD} &= -2 \\ V_{AB} = V_{BC} = V_{CA} &= 2 \end{aligned} \quad (150)$$

als extrem benachteiligter Spieler 4. Das sind nun Situationen, die nicht mehr von der Gleichbewertung aller Spieler ausgehen. Der Wettstreit entbrennt im ersten Fall um die Gewinnstrategien

$$S_1 \text{ (AD)}, S_2 \text{ (BD)}, S_3 \text{ (CD)}, S_4 \text{ (ABC)} \quad (151)$$

Da in Fall  $S_4$  der Gewinn 1 zu gleichen Teilen aufgeteilt werden muß, kann A, B und C auch im Falle  $S_1$  bis  $S_3$  nicht mehr als  $1/3$  erwarten. D erhält also, wenn er eine Koalition zustandebringt, immer  $5/3$ . Die Lösung besteht also aus den Verteilungen

$$\begin{aligned} (1/3, -1, -1, 5/3) \\ (-1, 1/3, -1, 5/3) \\ (-1, -1, 1/3, 5/3) \\ (1/3, 1/3, 1/3, -1) \end{aligned} \quad (152)$$

Im zweiten Falle verliert jede Zweierkoalition mit Spieler D  $-2$ , ebenso wie er alleine natürlich immer  $-1$  verliert. Gehört D einer gewinnenden Dreierkoalition an, so kann diese nur 1 gewinnen, während die anderen beiden ohne ihn sogar 2 gewinnen könnten. Ob er in eine Koalition eintritt oder nicht, stets kann er ausgebeutet werden. Die wesentlichen Entscheidungen fallen also zwischen den Spielern A, B, C, man hat einen Verhaltensstandard, der ein Dreipersonenspiel beschreibt mit nicht-konstanter Summe, d.h. mit dem Gesamtgewinn 1 im Falle (ABC) oder 2 im Falle (AB), (BC), (CA). Spieler D ist diskriminiert.

### 10. Eine numerische Lösungsmethode

Nun kann es Bedingungen geben, in denen Ausgleichszahlungen nicht zugelassen sind. Wenn man unter solchen Bedingungen vor folgendem Spiel steht,

Tabelle 75: Spiel ohne Ausgleichszahlungen

$$(A,B) = \begin{Bmatrix} (8,0) & (1,1) \\ (4,3) & (2,1) \end{Bmatrix}$$

dann ist nicht mehr 1,1 optimal, das zusammen 8 Einheiten Gewinn bringt, sondern eine gemischte Strategie, wie wir sie eingangs beschrieben hatten, die wenigstens einem der beiden Spieler mehr bringt.

Bei der Lösung dieses Spiels wenden wir eine numerische Methode an, die wir für die IBM-74 programmiert haben.<sup>1)</sup> Die Methode geht nun zunächst davon aus, daß vollständige Informationen bestehen würden. Dadurch kann jeder Spieler im Verlauf der Züge sich so verhalten, daß die Summe der Auszahlungen für ihn so günstig wie möglich ist. Ergibt sich dabei, daß gewisse Zahlen  $x_i$  mit bestimmten Häufigkeiten  $k_i$  bzw. für den Spieler Y gewisse  $y_i$  mit den Häufigkeiten  $l_i$  gewählt werden müssen, so haben die Spieler eine im allgemeinen gemischte Strategie

$$\begin{aligned} \vec{x} &= (k_1, k_2, k_3, k_4, k_5) \\ \vec{y} &= (l_1, l_2, l_3, l_4, l_5) \end{aligned} \quad (153)$$

erhalten, die sich auch bei unvollständiger Information, als die auf die Dauer günstigste erweisen wird. Wird die Auszahlungsmatrix A genannt, ergibt sich als Erwartungswert  $v$  der Auszahlungen bei diesem Spiel

$$v = \vec{x} A \vec{y} \quad (154)$$

Verhält sich ein Spieler nicht optimal, so wird sein Erwartungswert kleiner. Beim Durchspielen der numerischen Methode wird das unmittelbar klar:

Beginnt also X mit  $x = 1$ , so wählt Y

$$y_{i_1} \text{ aus Max } \{b_{1i} / i = 1 \dots 5\} \quad (155)$$

daraufhin X ein

$$x_{j_1} \text{ aus Max } \{a_{ji_1} / j = 1 \dots 5\} \quad (156)$$

1) Das Rechenprogramm beginnt die Iteration automatisch mit jeder Spalte und jeder Zeile der Matrix, um auf diese Weise evtl. mehrere vorhandene Sattelpunkte zu erfassen. Es kann jedoch nicht garantiert werden, ob immer alle Sattelpunkte erfaßt werden. Das Verfahren soll jedoch erläutert werden, weil es in seiner Logik, das optimale Verhalten zu finden, einem lernenden Spieler ähnlich ist.

Y versucht nun durch sein zweites Verhalten ein Maximum aus dem ersten und zweiten Verhalten zusammen zu erreichen, also

$$y_{i_2} \text{ aus Max } \{b_{1i} + b_{j_1 i} / i = 1 \dots 5\} \quad (157)$$

ebenso

$$x_{j_2} \text{ aus Max } \{a_{j i_1} + a_{j i_2} / i = 1 \dots 5\} \quad (158)$$

und so fort. Man gelangt auf diese Weise zu einer konvergierenden Folge von sinnvollen Zugfolgen, oft sogar schnell zu einer periodischen Folge. Tritt eine periodische Folge auf, erhält man exakte Ergebnisse, sonst bei genügend großer Schrittzahl  $n$  beliebige Genauigkeit.

Die  $k_i$  und  $l_j$  errechnen sich leicht aus der anteiligen Häufigkeit der Wahl der Spalten  $j$  bzw. Zeilen  $i$  bis zur Schrittzahl  $n$  oder aus dem Anteil innerhalb der Periode.

Man geht also davon aus, daß das risikoärmste Verhalten dasjenige ist, das bei wiederholter Anwendung den größten Gewinn, rückwirkend gesehen, erwarten läßt. Im vorliegenden Fall ergibt sich:

Tabelle 76: Numerische Lösungstabelle

A wählt	Auswahl für B		B wählt	Auswahl für A	
1	0	1	2	1	2
2	3	2	1	9	6
1	3	3	1	17	10
1	3	4	2	18	12
1	3	5	2	19	14
1	3	6	2	20	16
1	3	7	2	21	18
1	3	8	2	22	20
1	3	9	2	23	22
1	3	10	2	24	24
1	3	11	2	25	26
2	6	12	2	26	28
2	9	13	2	27	30
2	12	14	2	28	32
2	15	15	1	36	36
1	15	16	2	37	38
2	18	17	1	45	42
1	18	18	1	53	46

Hieraus ergibt sich durch Abzählen und Wichten der gewählten Spalten und Zeilen innerhalb der Periode (Schritt 3 bis Schritt 17):

$$\begin{aligned} S_A &= (2/3, 1/3) \\ S_B &= (1/5, 4/5) \end{aligned} \quad (159)$$

Diese sind anzuwenden, wenn man im praktischen Fall im Gegensatz zu hier nicht über den Zug des Partners informiert ist.

Ferner gilt

$$\begin{aligned} V_A^{\dagger} &= 2.4 \\ V_B^{\dagger} &= 1.0 \end{aligned} \quad (160)$$

Zusammen ist dies ein Gewinn von 3.4. Stellt dieses Spiel nun ein Dreipersonensspiel dar, in dem C diskriminiert wird, so sieht man, wie es Verhaltensstandards gibt, in denen der Spieler ohne Einfluß nicht voll ausgebeutet wird, einfach, weil eine volle Ausbeutung keinen stabilen Verhaltensstandard bei den anderen Spielern schaffen würde.<sup>1)</sup> Diese Erkenntnis hat in der angewandten Theorie natürlich weitreichende Folgerungen. Auf Vorgehensweisen, die nicht davon ausgehen, sich selbst möglichst zu nützen, sondern dem anderen möglichst zu schaden, oder dies von seinem Partner annehmen zu müssen und sich dagegen zu wehren, wird hier nicht eingegangen, lediglich hiermit auf solche Fragestellungen hingedeutet.

Zum Abschluß sei noch darauf hingewiesen, daß auch im Falle möglicher Absprache, die Ausgleichszahlungen nicht mehr eindeutig festgelegt sind, wenn ein Spieler diskriminiert wird, oder ein Nicht-Konstantsummenspiel vorliegt, da das Drohen mit anderen Koalitionen im Falle von Nichtkonstantsummen-Spielen also bei diskriminierenden Lösungen wegfällt.<sup>2)</sup> Auch dies hat weitreichende Folgen. Im eben gebrachten Beispiel wäre die optimale kooperative Strategie Element (1,1) zu wählen. Dabei ist aber nun nicht mehr klar, daß A an B  $(8-3.4)/2 = 2.3$  zahlen muß, sondern der Transfer kann  $1 \leq \epsilon \leq 5.6$  sein. Die nächsten Abschnitte werden u.a. gerade die Folgen dieses Ergebnisses für die Preistheorien zeigen.

Mit dem bisherigen ist ein Überblick über die Theorie der Spiele als mathematischer Kalkül gegeben. In einem zweiten Teil soll nun das Verhältnis von Wirtschaftswissenschaften und Spieltheorie betrachtet werden. Es soll dabei durch

1) Matricelement 1/1 der Tabelle 75 mit dem gemeinsamen Gewinn 8, also ohne die Möglichkeit einer Ausgleichszahlung

2) Man erinnere sich an das Dreipersonensspiel Abschnitt 7 oberen Anhangs.

Gegenüberstellung der früheren wirtschaftswissenschaftlichen Betrachtungsweise mit Ansätzen der Spieltheorie herausgestellt werden, wo diese neuere Theorie Fortschritte bringt. Dies wird an drei wesentlichen Problemen der Wirtschaftstheorie geschehen, nämlich

Nutzenproblem  
Preisbildung  
Marktformen

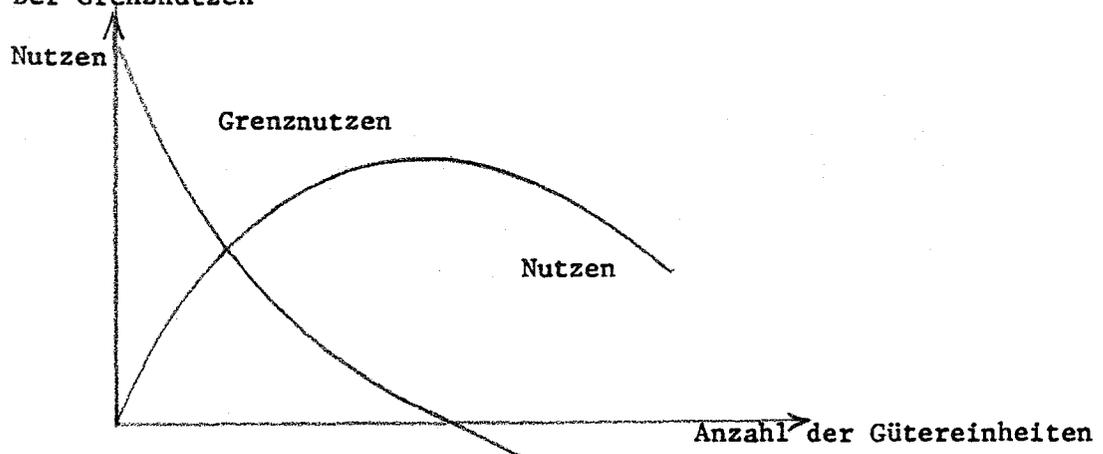
Schließlich sollen die Grenzen der Theorie angedeutet werden, wobei insbesondere das Informationsproblem wichtig ist.

### 11. Nutzenproblem

Da menschliches Handeln in Kollektiven immer ein Ziel oder einen Zweck verfolgt, das zu erreichen die Handelnden selten alle erforderlichen Variablen beherrschen, treten fast immer Konfliktsituationen auf, d.h. Situationen, in denen unter Einbeziehung eines Partners oder Gegners für das eigene Handeln eine optimale Strategie festgelegt werden muß. Das Grundproblem solchen Vorgehens liegt bei der Quantifizierung des Nutzens. Wirtschaftssubjekte trachten häufig danach, ihren Nutzen zu maximieren. Nutzen ist eine Eigenschaft, um derentwillen Güter begehrt werden. Güter befriedigen also Bedürfnisse. Mit verschiedenen Gütern verbinden sich verschiedene Bedürfnisdringlichkeiten. Der Nutzen variiert darüber hinaus mit dem Subjekt und mit der Anzahl der Dinge und selbstverständlich auch mit der Zeit. Aus Erfahrung gilt das erste Gossensche Gesetz, wonach der Gebrauchsnutzen jeder weiteren Einheit eines begehrten Gutes ständig abnimmt. Der Nutzenunterschied von gebrauchter Einheit zu Einheit, der Gradient der Nutzenkurve über den Einheiten, wird in der Wirtschaftstheorie Grenznutzen genannt. Man denke etwa an Esswaren oder Fahrzeuge, um sich dieses empirische Gesetz vor Augen zu führen.

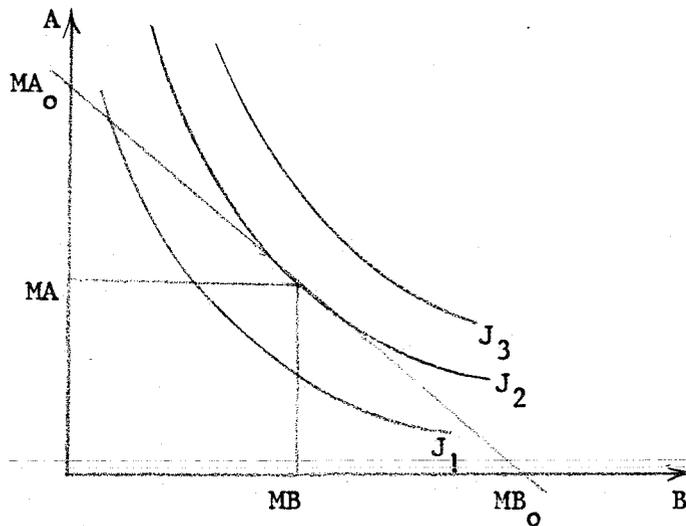
Graphisch kann man dies folgendermaßen darstellen:

Skizze 4: Der Grenznutzen



Abgesehen von wenigen Fällen, wo klar der finanzielle Vor- oder Nachteil eines Gutes quantitativ bemessen werden kann, fehlt aber eine Nutzeinheit, oft sogar die ordinale Zuordnung im Sinne obiger Angaben. Auf Pareto und Edgwood geht folgender Ansatz mit Hilfe von Indifferenzkurven zurück:

Skizze 5: Pareto Kurven



A und B sei die Gütermengenachse des Gutes A und B. A und B sei gegeneinander substituierbar entsprechend den angegebenen Indifferenzkurven  $J_1$ ,  $J_2$ ,  $J_3$ . Auf einer Indifferenzkurve möge sich der subjektive Wert der Güterkombination A, B nicht verändern. Der subjektive Wert steigt mit zunehmendem Index der Indifferenzkurven, ist aber nicht näher quantifiziert. Fragt man danach, wieviel Güter A bzw. B gekauft werden sollen, wenn die Geldmenge C zur Verfügung steht, und  $P_A$  bzw.  $P_B$  die Preise der Einheit von A und B sind, so gibt

$$MA_0 = C/P_A \quad (161)$$

die Anzahl der maximal kaufbaren Güter A an, wobei dann  $B = 0$  ist, und

$$MB_0 = C/P_B \quad (162)$$

gibt den umgekehrten Fall an. Auf der Bilanzgeraden liegen alle mit C möglichen Kombinationen von Gütermengen A und B. Der subjektiv höchste Nutzen ist bei der Aufteilung erreicht, die zur höchsten Indifferenzkurve gehört, also wo die Gerade  $MA_0 MB_0$  eine Indifferenzkurve aus der Kurvenschar tangiert. Die

Lote bestimmen die zugehörigen Mengen von A und B, nämlich MA und MB.

Die hierbei unterlassene Quantifizierung des Nutzens ist natürlich aus der Sicht eines Naturwissenschaftlers unbefriedigend. Man muß jedoch bedenken, daß es sich hier um bedeutende Probleme der menschlichen Beweggründe handelt, so daß es nicht verwunderlich ist, wenn man hierbei nicht ohne weiteres objektivierbare Tatbestände findet. Da der subjektiv empfundene Nutzen, sofern eine spieltheoretische Behandlung von Konfliktsituationen möglich sein soll, auf irgendeine Weise quantifiziert werden muß, um die Theorie der Gesellschaftsspiele auf Wirtschaftsprobleme anwenden zu können, war das Grundproblem der Versuch, eine solche Quantifizierung zu ermöglichen. Dabei darf über der formalen Darstellung nicht vergessen werden, daß hier selbstverständlich notwendig subjektive Vorstellungen in Zahlen abgebildet werden müssen. An einem Beispiel kann man sich dies klar machen. Das Problem sei:

Tabelle 77: Das Krieg - Frieden Problem

Situation	Frieden	Krieg
Verhalten:	Konsequenzen:	
ja	la = lebend arm	la = lebend arm
Bunker bauen	-----	-----
nein	lr = lebend reich	t = tot

Anzugeben, wie gerne man arm lebt, oder reich unter Einbeziehung der Möglichkeit des Todes, ist schwer quantifizierbar. Zunächst gilt natürlich die folgende Wertpräferenz:

$$t < la < lr \tag{163}$$

Eine willkürliche Abbildung der Werte auf denselben Bereich zwischen 0 und 1, wie er für Wahrscheinlichkeitsangaben üblich ist, erleichtert die Analyse:

$$t \Rightarrow 0, \quad lr \Rightarrow 1; \quad la \Rightarrow u \tag{164}$$

Es folgt die ordinale Zuordnung:

$$0 < u < 1 \tag{165}$$

Nach wie vor ist es schwierig, für  $u$  eine quantifizierte Angabe zu finden, für den Wert der Konsequenz, mit Sicherheit aber arm zu leben. Wesentlich für die Entscheidung E: "Bunkerbau ja oder nein", ist eine Angabe über die Friedenswahrscheinlichkeit. Sie sei  $p$  mit

$$0 < p < 1; \quad (166)$$

folglich ist  $1-p$  die Wahrscheinlichkeit für Krieg. Die Entscheidung für ja oder nein fällt dann entsprechend dem Erwartungswert  $p$

$$E_{\text{ja}} = la \cdot p + la \cdot (1-p) = la = u \quad (167)$$

$$E_{\text{nein}} = lr \cdot p + t \cdot (1-p) = p = q$$

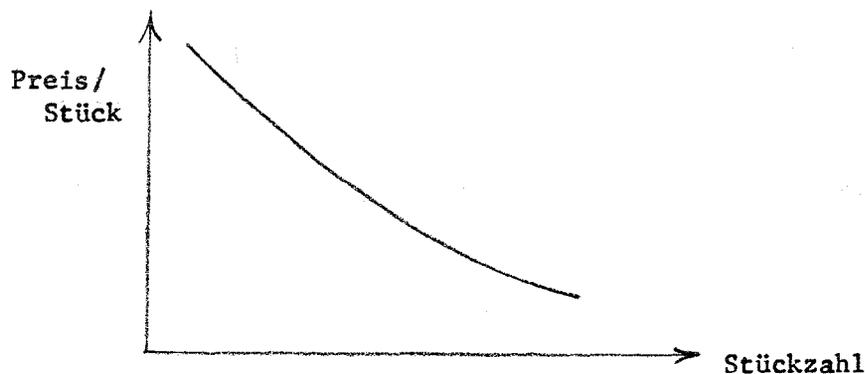
Der Erwartungswert für "Bunkerbau nein" ist zahlenmäßig identisch der Wahrscheinlichkeit für Frieden und soll  $q$  genannt werden. Ist  $u > q$ , so wird ein Bunker gebaut, ist  $u < q$ , so wird kein Bunker gebaut. Für  $u = q$  ist man in bezug auf die Alternative indifferent. Nach wie vor ist die Bestimmung von  $u$ , abgeleitet als subjektiver Wert, arm leben zu wollen, nicht leichter. Es erscheint nun aber subjektiv leichter, nach einem  $p_0$ , also einer Wahrscheinlichkeitsangabe für Frieden zu fragen, bei der man gegenüber der eigenen Entscheidung indifferent ist. Ist  $p_0$  signifikant größer, wird kein Bunker gebaut, ist  $p_0$  signifikant kleiner, wird ein Bunker gebaut. Da für die Wertpräferenz  $u$  und die Wahrscheinlichkeiten  $p$  derselbe Zahlenbereich Verwendung fand, gibt  $p_0 \equiv q_0 = u$  jetzt eine relative quantitative Wertangabe für das "arm leben zu wollen". Eine Rücktransformation  $u = la$  gestattet  $la$  quantitativ anzugeben. Ist nun also ein tatsächliches  $p$  geschätzt, so gilt bei  $p > p_0$   $E_1$ : "keinen Bunker bauen", bei  $p < p_0$   $E_2$ : "einen Bunker bauen". In dem Prozeßschritt, in dem  $p_0$  geschätzt wird, geschieht dasselbe, wie wenn sich der Entscheidende gleich überlegt, ob er in Konfrontation mit  $p$  zum Bunkerbau ja oder nein sagen soll. Was hier aber gezeigt werden sollte, ist, wie einem  $t$ ,  $la$ ,  $lr$  Zahlen zugeordnet werden können. Zunächst scheint das Problem unlösbar, stellt der Entscheidende jedoch selbst die richtigen Fragen, ist eine Präferenz plötzlich durch  $0$ ,  $q_0$ ,  $1$  möglich. Diese Überlegungen sind deshalb wichtig, weil möglicherweise mit  $q_0$  formal weitergerechnet werden muß. Natürlich konnte letzten Endes die persönliche Entscheidung für oder gegen den Bunkerbau nicht umgangen werden, die Rückführung des Problems auf eine überindividuelle Wahrscheinlichkeit objektiviert aber in gewissem Sinne die Entscheidung. Dadurch kann  $t$ ,  $la$  und  $lr$

nun zahlenmäßig angegeben werden. Daß in den meisten rein ökonomischen Konfliktsituationen der Nutzen leichter zu bestimmen ist, liegt auf der Hand. Dieses Beispiel wurde ausgewählt, um darauf hinzuweisen, daß grundsätzlich die für die Spieltheorie notwendige Nutzenvorstellung auch für die Behandlung soziologischer Wahlhandlungen ohne monetäre Auszahlung quantifiziert werden kann. Dabei ist der Einwand der Nicht-Objektivierbarkeit entsprechender Vorstellungen unerheblich, weil es gerade der Besonderheit der Spieltheorie entspricht, von den realen subjektiven Nutzenvorstellungen ausgehen zu können.

## 12. Preisbildung

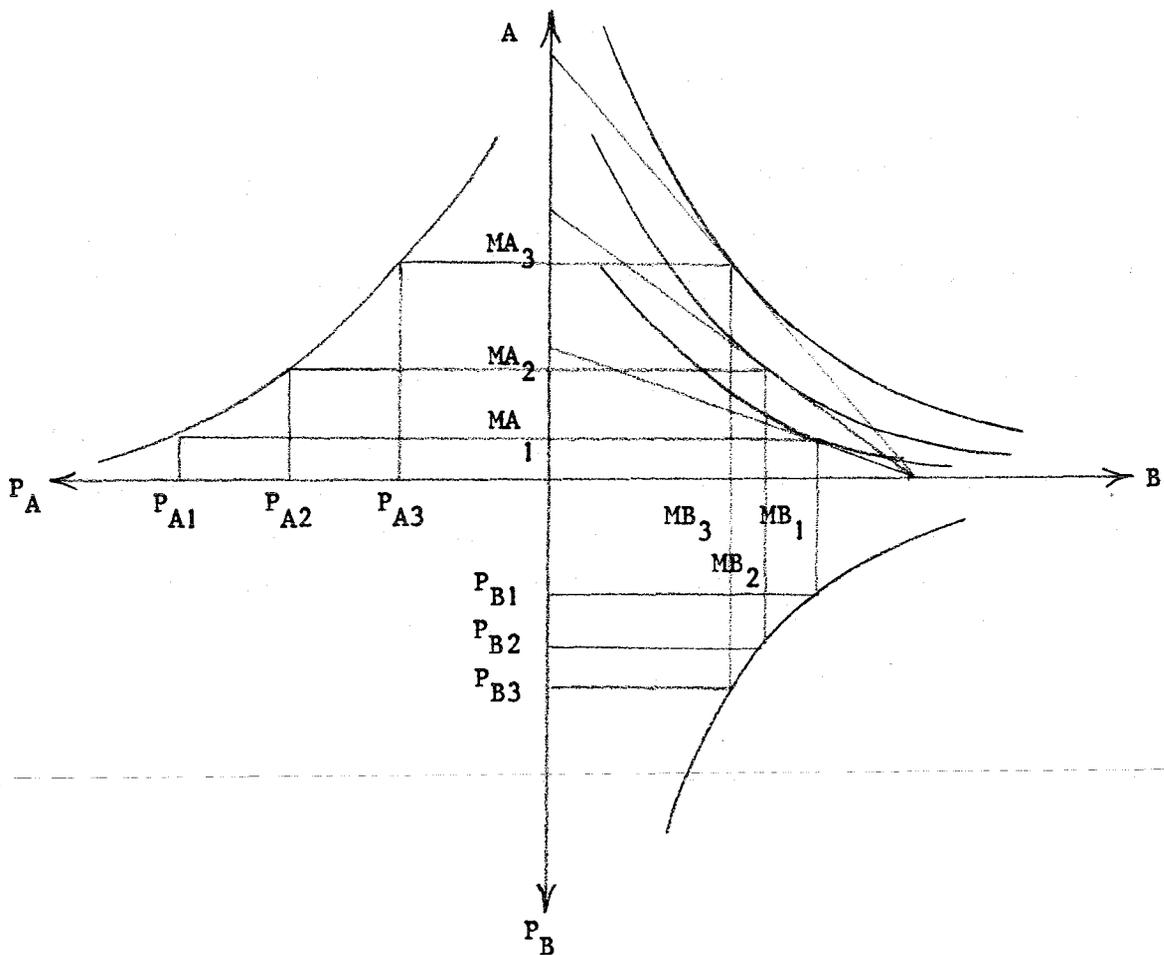
Ein zentrales Problem ist in der Wirtschaftswissenschaft der Anschluß des Nutzens an den quantifizierten Preis. Preis ist ja nur die Quantifizierung des Abstraktums "Tauschwert", in gemeinsamen Geldeinheiten ausgedrückt. Vom ersten Gossen'schen Gesetz ausgehend kann kein unmittelbarer Übergang vom Nutzen zum Preis gefunden werden. Die Beobachtung, daß der Stückpreis auf dem Markt mit wachsendem Angebot fällt

Skizze 6: Nachfragekurve



ist ein makroökonomisches, empirisches Gesetz, während das Prinzip des fallenden Grenznutzens vom Einzelsubjekt ausgeht. Zwischen mittlerem Preis und dem Nutzen für Einzelne ist jedoch ein Unterschied. Man hat versucht, wie folgt die Preis/Stück-Kurve, abhängig von der Stückzahl für den Einzelnachfrager über die Indifferenzkurvenanalyse zu ermitteln. Dabei treten jedoch Schwierigkeiten beim Übergang zu verschiedenen Nutzenvorstellungen mehrerer Nachfrager auf.

## Skizze 7: Indifferenzkurvenanalyse



Die  $P_B$ -Preiskurve wird hierbei als bekannt angenommen, und die  $P_{A1/2/3}$  errechnen sich aus

$$C = P_A \cdot MA + P_B \cdot MB \quad (169)$$

$C$  ist die vorgegebene Menge Geld, die zur Beschaffung von  $A$  und  $B$  verfügbar ist.

U.a. erlaubt die Spieltheorie nun einen formalen Anschluß vom Nutzen zum Preis, indem der akute Tauschprozeß betrachtet wird. Dies sei hier etwas ausführlicher dargestellt.

Es soll zunächst ein einfaches Marktmodell näher untersucht werden. Es sei

$$\begin{aligned} A &= \text{Verkäufer} && \text{und der Wert der Tauschware für ihn } u && (170) \\ B &= \text{Käufer} && \text{und der Wert der Tauschware für ihn } v \end{aligned}$$

Wert ist hierbei der analog dem Frieden/Krieg-Beispiel in die Geldeinheiten gemessenen Nutzen für jeden Tauschpartner, als die Menge Geldes, die ihn indifferent werden läßt gegenüber der Entscheidung "Tausch oder nicht Tausch". Kommt kein Tausch zustande ( $v < u$ ), gilt natürlich

$$V_A = u, \quad V_B = 0 \quad (171)$$

Hierbei ist zu beachten, daß nur der Wert der Tauschware selbst betrachtet wird und der Gegentausch der Ware "Geld" außer Ansatz bleibt. Man kann Tausch und Gegentausch leicht auf ähnliche Weise darstellen und gelangt zum gleichen Ergebnis.

Sofern  $v > u$  ist, wollen wir annehmen, daß ein Tausch zustande kommt und der Wertzuwachs der Ware von  $u$  nach  $v$  drückt sich in der Zuteilung an die Tauschkoalition AB aus, durch

$$V_{AB} = v \quad (172)$$

Es geht nun um die Aufteilung des kooperativen Gewinns

$$V_{AB} - V_A - V_B = v - u \quad (173)$$

Es gilt

$$\alpha_A \geq u \quad (174)$$

und

$$\alpha_B = v - \alpha_A \geq 0 \quad (175)$$

also

$$\alpha_A + \alpha_B \leq v \quad (176)$$

Daraus folgt für  $\alpha_A$

$$u \leq \alpha_A \leq v \quad (177)$$

$\alpha$  kann nun als Kaufpreis  $a$  gelten, denn um den Gegenwert  $a$  wird getauscht. Mehr ist über den Preis  $a$  nicht aussagbar. Obgleich dieses Ergebnis einigermaßen trivial ist, ist doch wichtig, festzustellen, daß der spieltheoretische Ansatz ein Preisintervall liefert, das nur im Grenzfall zu einem eindeutigen Preis führt und damit die Erscheinung des Marktverhaltens (Feilschen) im Prinzip richtig beschrieben wird.

Die bisherigen Theorien waren zunächst darauf ausgewiesen, den Preis überhaupt zu objektivieren (A. Smith nahm einen "natürlichen Preis" entsprechend den Kostenfaktoren an, um den der "Marktpreis" pendelt) oder später wenigstens zu fixieren. (C. Menger ging davon aus, daß der Preis sich genau nach dem subjektiven Grenznutzen des Gutes richtet).

Die spieltheoretische Preisbestimmung enthält den Gedanken des offenen Marktpreises und den des subjektiven Nutzens.

Komplizierter wird die Preisbestimmung mit der Spieltheorie, wenn  $s$  Einheiten eines Gutes zum Tausch zur Verfügung stehen. Es sei wieder

$$\begin{aligned} A &= \text{Verkäufer} && \text{und der Wert von } t \text{ Gütereinheiten } u_t \\ B &= \text{Käufer} && \text{und der Wert von } t \text{ Gütereinheiten } v_t \end{aligned} \quad (178)$$

Selbstverständlich gilt wieder, wenn der Tausch nicht stattfindet

$$V_A = u_s, \quad V_B = 0 \quad (179)$$

und bei Tausch von  $t$  Einheiten

$$V_{AB} = \text{Max}_t u_{s-t} + v_t \quad (180)$$

als gemeinsamer Gewinn. Da jeder Transfer den Wert der Ware erhöht, wenn immer gilt

$$v_t > u_t \quad (181)$$

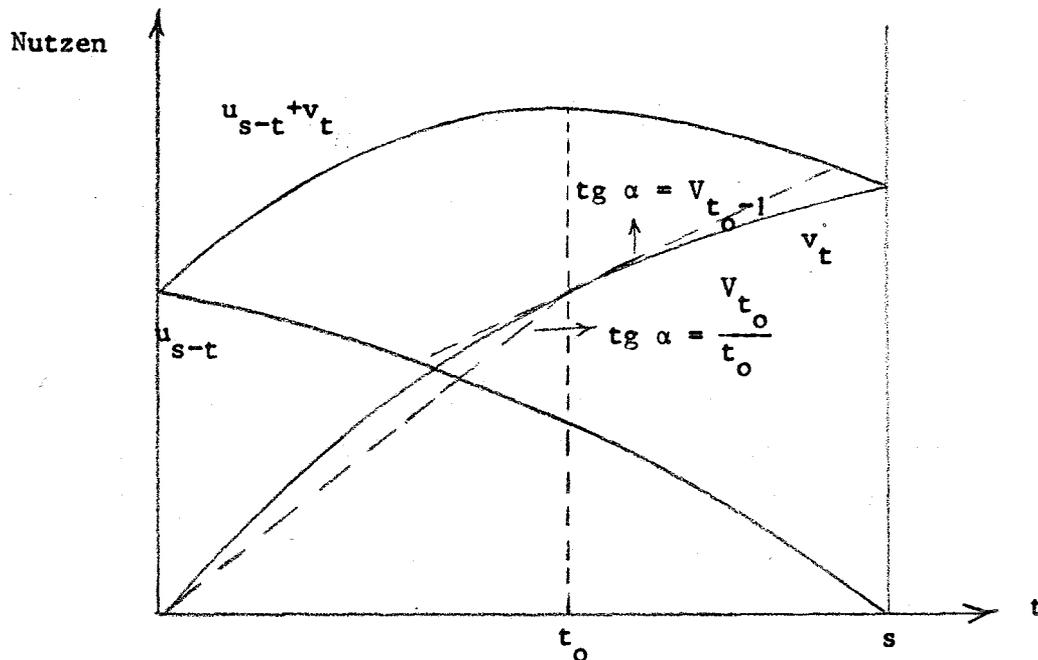
ist

$$V_{AB} > V_A + V_B \quad (182)$$

d.h., das Spiel ist wesentlich, es wird eine Koalition zustande kommen. Dieses Spiel kann immer gelöst werden. Die Lösung ist einfach, wenn man annimmt, daß der Wert einer Einheit mit zunehmender Menge der Einheiten für den Besitzer abnimmt. Daraus folgt unmittelbar, daß es ein  $t$  gibt, für das  $u_{s-t} + v_t$  ein Maximum ist:  $t_0$ .

Dies möge folgende Skizze verdeutlichen:

Skizze 8: Vergleich Grenznutzentheorie - Spieltheorie



Die Bedingungen für die Zurechnungen  $\alpha_A$ ,  $\alpha_B$  sind hier unter Berücksichtigung des geldlichen Gegenwertes

$$\alpha_A = t_0 \cdot p + u_{s-t_0} \geq u_s \quad (183)$$

$$\alpha_B = -t_0 \cdot p + v_{t_0} \geq 0$$

mit  $p$  dem Preis je Gütereinheit, d.h. für den Preis  $p$  gilt

$$\frac{1}{t_0} (u_s - u_{s-t_0}) \leq p \leq \frac{1}{t_0} v_{t_0} \quad (184)$$

Nach der Grenznutzentheorie wäre zunächst das folgende Preisintervall

$$u_{s-t_0+1} - u_{s-t_0} \leq p \leq v_{t_0} - v_{t_0-1} \quad (185)$$

plausibel, was bei  $t_0$  zu transferierenden Einheiten den momentanen Wert einer Einheit wiedergibt, von A bzw. B aus gesehen. Wegen der monoton fallenden Wertfunktion  $u_t - u_{t-1}$  mit zunehmendem  $t$  ist

$$u_{s-t_0+1} - u_{s-t_0} > \frac{1}{t_0} (u_s - u_{s-t_0}) \quad (186)$$

und

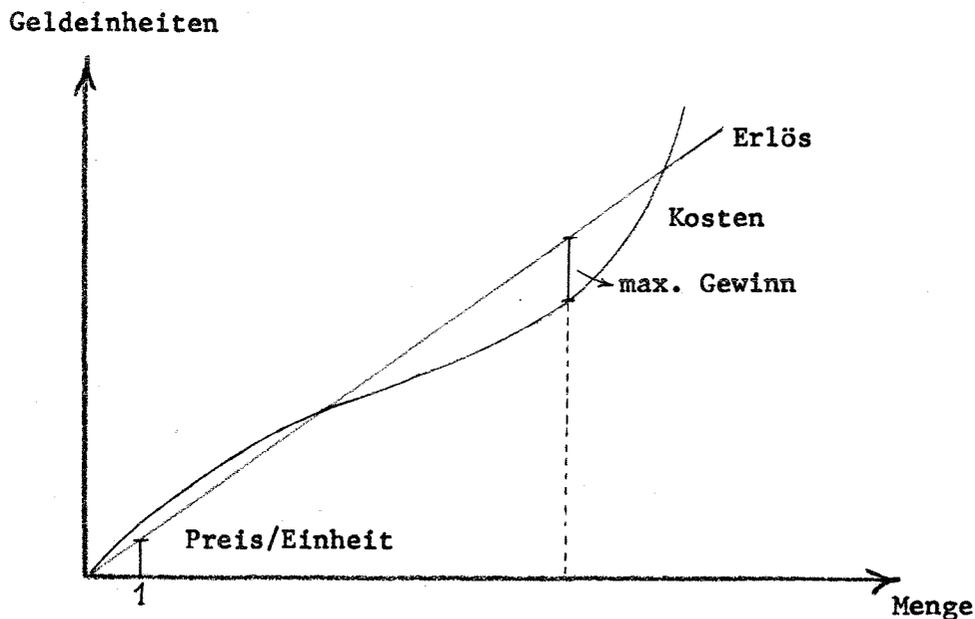
$$v_{t_0} - v_{t_0-1} < \frac{1}{t_0} v_{t_0} \quad (187)$$

Offensichtlich ist also der durch die Spieltheorie errechnete Preisbereich größer als es dem Preis aus Grenznutzenbetrachtungen entspricht. Das ist auch einleuchtend, denn zu optimieren ist der Gesamtnutzen und dazu gehört mehr als nur die Grenzeinheit, weshalb für die Grenzbereiche ein Mittel über alle transferierten Einheiten gebildet wird.

### 13. Marktformen

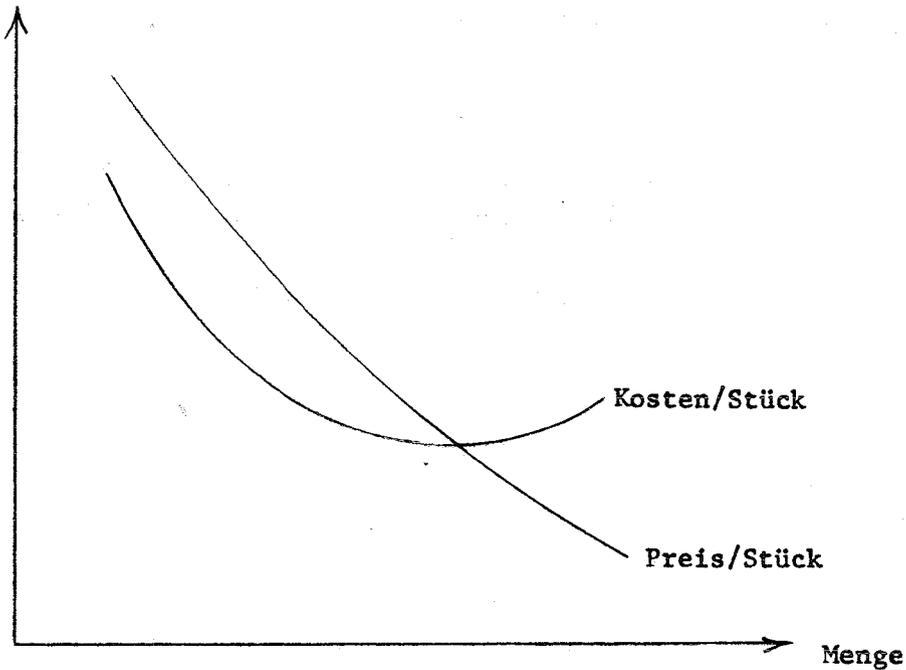
Mit den bisherigen Theorien wurden im wesentlichen die beiden folgenden Marktformen erfasst. Dies ist einmal der vollkommene Markt. Der Bieter kann den Preis nicht beeinflussen. Die Erlöskurve ist vorgegeben. Deshalb wird er die Menge eines Gutes anbieten, die seinen Gewinn maximiert:

Skizze 9: Angebotskurve



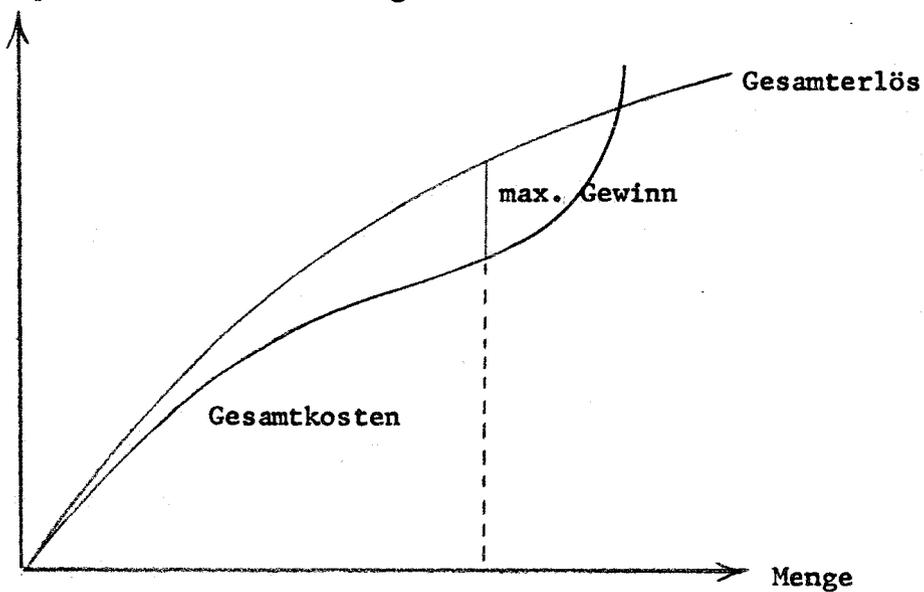
Die andere Marktform ist das Monopol gegenüber einem atomistischen Käufermarkt. Mit sinkenden Preisen kann mehr verkauft werden:

Skizze 10: Der monopolistische Fall



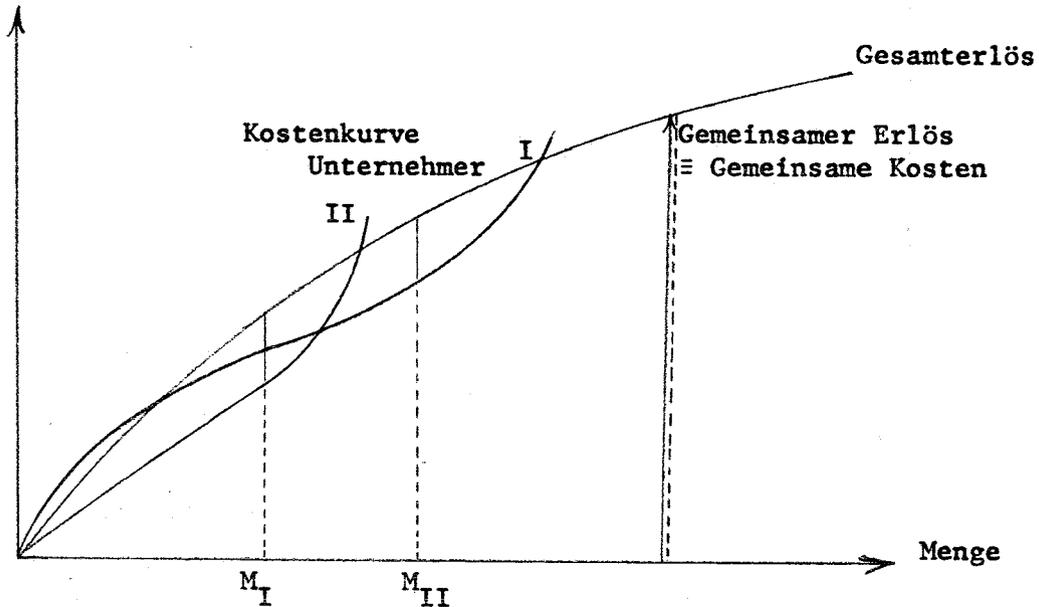
Die zu produzierende Menge bestimmt sich nach der Grenznutzentheorie durch Akkumulation wie folgt:

Skizze 11: Optimale Produktionsmenge



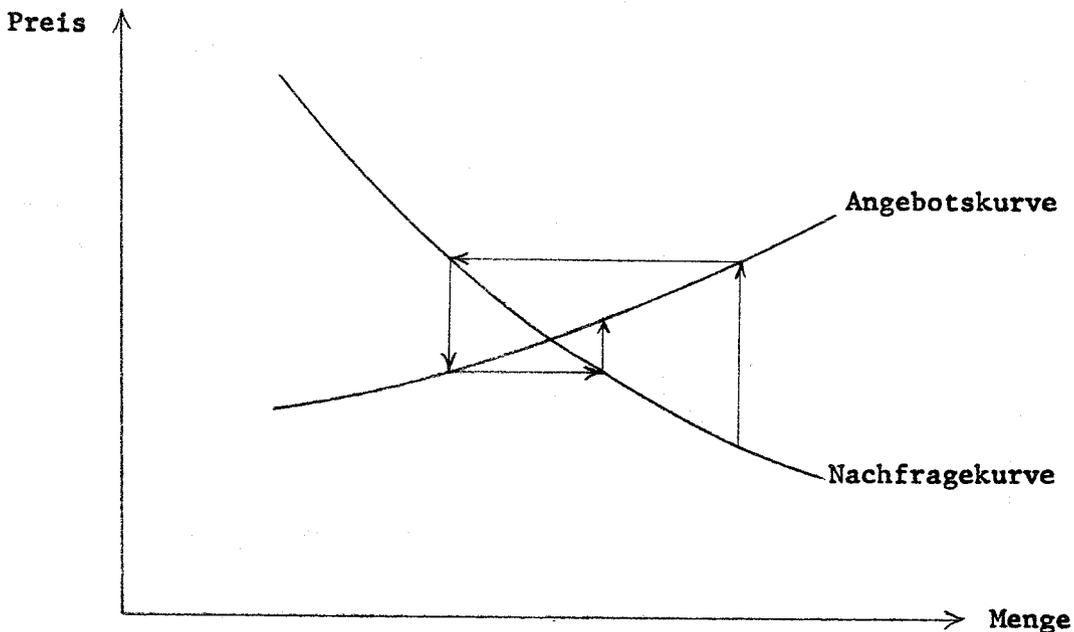
Bereits bei der Beurteilung eines oligopolistischen Marktes ergeben sich Schwierigkeiten, denn produzieren mehrere Bieter den Monopolpreisen entsprechende Mengen, so fallen die Preise und die Gewinne können negativ sein:

Skizze 12: Der oligopolistische Fall



Eine solche überraschende Erkenntnis könnte nun beide Unternehmer veranlassen, sehr viel weniger zu produzieren, um einen besseren Preis zu erzielen. Ohne gemeinsame Absprache führt das zu dem auf landwirtschaftlichen Märkten berühmt gewordenen "Schweinezyklus"

Skizze 13: Der Schweinezyklus



In der Praxis wird allerdings dieser Zyklus selten zu einem stabilen Punkt konvergieren, zumal die angegebenen Kurven nur im Idealfall zeitlich unverändert bleiben.

Die Konfliktsituation liegt in diesem Fall in der Aufteilung der zu produzierenden Mengen, fernerhin in der Aufteilung des Gesamterlöses. Dieses Problem läßt sich spieltheoretisch betrachten. Aus dem Verhalten des atomistischen Marktes, der Gesamterlöskurve, läßt sich eine Auszahlungsmatrix für verschiedene Mengenkombinationen ableiten, die z.B. von den Unternehmen I und II produziert werden. Es seien dabei folgende Zahlen angenommen (I;II):

Tabelle 78: Ein Duopol

		Menge von Unternehmen II		
		$M_1$	$M_2$	$M_3$
Menge von Unternehmen I	$M_3$	(8;0)	(2;1)	(1;1)
	$M_2$	(4;0)	(3;2)	(2;1)
	$M_1$	(0;0)	(0;6)	(0;7)

Ohne Absprachen würde I: $M_3$  und II: $M_3$  wählen, wodurch jeder nur 1 bekäme, der gemeinsame Erlös 2 wäre. Kennen beide Unternehmen die Situation des anderen, so wissen sie, daß bestenfalls erzwungen werden kann: I: $M_2$  und II: $M_2$ , wodurch I:3 und II:2 erlösen, beide zusammen bekommen also 5 Einheiten. Gehen die beiden rational vor, so werden sie erkennen, daß I: $M_3$  und II: $M_1$  (z.B. nichts) produzieren sollte, da sie dann gemeinsam am meisten, nämlich 8 gewinnen. Davon muß, wie in der formalen Theorie erläutert wurde, I:2 Einheiten an II geben, die Aufteilung des Restes von  $8-5 = 3$  an I und II ist unbestimmt. Die Spieltheorie liefert hiermit einen Ansatz zur Behandlung des Kartellproblems. Besondere Schwierigkeiten hat der bisherigen Wirtschaftstheorie das Problem der Oligopole deshalb gemacht, weil dabei nicht von wenigstens einer Grenzvorstellung ausgegangen werden kann, also entweder Einzelkäufer gegen homogenen Verkäufermarkt oder Monopolist gegen homogenen Käufermarkt.

Es soll an einem weiteren Beispiel die einfachste Form eines Oligopols gezeigt werden, d.h. ein Käufer-Duopol gegen ein Verkäufer-Monopol. Es sei

A = Verkäufer	Wert der Ware u	
B = Käufer 1	Wert der Ware $v > u$	(188)
C = Käufer 2	Wert der Ware $w > v$	

Bei nichtzustandekommendem Geschäft folgt

$$V_A = u, \quad V_B = 0, \quad V_C = 0 \quad (189)$$

ebenso gilt für eine Koalition der Käufer

$$V_{BC} = 0$$

Es gilt aber

$$V_{AB} = v \quad (190)$$

und sogar

$$V_{AC} = w > V_{AB}$$

$$\text{sowie } V_{ABC} = w$$

In jedem Fall ist optimal,  $w$  erzielen zu wollen, deshalb gilt

$$\alpha_A + \alpha_B + \alpha_C \leq w \quad (191)$$

Dies kann offensichtlich für zwei Koalitionen erreicht werden.

1. (AC), dabei ist B ausgeschlossen. Wenn C nicht bereit ist,

$$\alpha_A \geq v \quad (192)$$

zu garantieren, droht A mit der Koalition (AB), in der

$$u \leq \alpha_A \leq v \quad (193)$$

ist, also für A kein Verlust entsteht gegenüber der Situation

$$u \leq \alpha_A \leq w, \quad (194)$$

sofern C nicht bereit ist, wenigstens  $v$  zu bezahlen. Also folgt:

$$v \leq \alpha_A \leq w \quad (195)$$

und

$$\alpha_C = w - \alpha_A \quad (196)$$

2. (A,B,C) Diese Koalition hat für C den Vorteil, B für die Verhandlungen mit A vorschieben zu können, das Gut dann aber zu erwerben und dann an B eine Ausgleichszahlung zu leisten. Hier ist es A nicht möglich, mehr als

$$u \leq \alpha_A \leq v \quad (197)$$

zu erzwingen.

$$w - \alpha_A \quad (198)$$

wird zwischen B und C aufgeteilt. Sie sind beide in gleichrangiger Position, denn im Falle (A,B) gilt

$$0 \leq \alpha_B \leq v - \alpha_A, \quad \alpha_A \geq u \quad (199)$$

und im Falle (A,C) gilt

$$0 \leq \alpha_C \leq w - \alpha_A, \quad \alpha_A \geq v \quad (200)$$

Insgesamt ist also die Koalition (A,B,C) praktischen Wirtschaftssituationen bereits sehr ähnlich. Man denke etwa an Einkaufsgenossenschaften oder an den Groß- und Einzelhandel.

Nach diesen drei Gegenüberstellungen von bisherigen wirtschaftswissenschaftlichen Ansätzen mit spieltheoretischen soll noch auf einige Fragen der Grenzen dieser neueren Theorie eingegangen werden.

#### 14. Grenzen der Spieltheorie

Zunächst muß man klar erkennen, daß die Lösungen der spieltheoretischen Ansätze abhängen von der verfügbaren Information. Anders ausgedrückt, man kann sich nur dann optimal verhalten, wenn man entsprechende Daten für eigenen und fremden Nutzen hat, und wenn man theoretisch ein Optimum bestimmen kann. Demnach ist optimales Verhalten Daten- und Theorie-abhängig, d.h. informationsbedingt. Man muß hierbei auch berücksichtigen, daß die Beschaffung der erforderlichen Information nicht ohne Aufwand möglich ist, so daß letzten Endes auch aus diesem Grund Information begrenzt bleibt. Es verbleibt also notwendigerweise ein Rest an Risiko, auch bei dem Versuch, sich wirtschaftlich rational und optimal zu verhalten. So gesehen sind die spieltheoretischen Ansätze ein Mittel, Risiken zu vermindern, und man erkennt ein komplementäres Verhältnis zwischen Information und Risiko beim wirtschaftlichen Verhalten.

Darüber hinaus darf nicht vergessen werden, daß oft bewußt nicht nach dem spieltheoretischen Minimax-Prinzip gehandelt wird, sondern betont risikofreudig. Hierin liegen schon gewisse Grenzen für die Anwendbarkeit der Spieltheorie, zumindest werden ihre Lösungen bei Berücksichtigung des zusätzlichen subjektiven Parameters "Risiko" für den praktischen Gebrauch ungewiß. Eine spezielle Schwierigkeit spieltheoretischer Lösungen liegt im Nutzenbegriff. Es war gezeigt worden, daß Lösungen an die Nutzenquantifizierung gebunden sind. Dennoch bleibt die Nutzenvorstellung des einzelnen Wirtschaftssubjektes letzten Endes nicht objektivierbar und vor allem nicht vorhersagbar. Das heißt aber, daß spieltheoretische Modellvorstellungen nicht kausale Modelle im Sinne der Naturwissenschaft sein können.

Eine besonders interessante Erweiterung findet die Spieltheorie neuerdings im soziologischen Bereich. Es gibt Ansätze, das Problem der Macht zu quantifizieren, und zwar über die Frage der Verfügbarkeit. Da aber Verfügbarkeit und Nutzen miteinander verwandt sind, deutet sich damit vielleicht eine allgemeinere quantitative und formale Theorie des menschlichen Verhaltens an.

Schließlich ist die Theorie der Spiele, wie J.v. Neumann und O. Morgenstern selbst deutlich hervorgehoben haben, eine statische Theorie, d.h. die Nutzenfunktionen sind als zeitlich invariant eingeführt. Die Angabe quantifizierter zeitlich variabler Nutzenfunktionen macht aber wegen ihres subjektiven Charakters nicht unerhebliche Schwierigkeiten.

Das Prinzip der Spieltheorie, Konfliktsituationen zu lösen nach dem Schema der Nutzenmaximierung, und ihr Prinzip, Koalitionen als vernünftig nur anzusehen, wenn die Koalitionspartner alle davon einen Vorteil haben, ist noch zweckmäßig, wenn man die Wirklichkeit abschätzen möchte. Eine Generalisierung als Verhaltensmodell von Wirtschaft und Gesellschaft wäre jedoch bedenklich, wie die Ansicht, der Fortschritt und Wirtschaftswachstum rechtfertigten alles. Es soll deshalb zum Abschluß nicht unerwähnt bleiben, daß die Spieltheorie nicht mehr als ein Modell ist und wie viele formale Methoden nur zusammen mit Überlegungen, die auch die soziale Verantwortung für den Menschen beinhalten, gesehen werden darf. Dem Prinzip der Nutzenmaximierung muß auch das Prinzip der Leidminimierung gegenübergestellt werden.

Es wird verschiedentlich in der Sekundärliteratur behauptet, daß die Spieltheorie mehr oder weniger weite, aber zentrale Anwendung bei der strategi-

schen Planung der Vereinigten Staaten gespielt hat. Hierzu ist wohl ein direktes Zitat des leitenden RAND-Mitgliedes, Wohlstetter, aufschlußreich: "Spieltheorie ist eine begriffliche Hilfe, aber, soweit es ihre Sätze betrifft, ist sie von einer direkten Anwendung auf jedes komplexe Problem der Politik noch weit entfernt".

15. Literatur

- F. Jünger: Die Spiele  
List-Bücher 128, 1959
- W. Oberschelp: Spieltheorie  
Fischer-Bücherei, 1966
- J. Huizinga: Homo Ludens  
Rohwohlt's dt. Enzykl. 21, 1956
- G. Danzig: Lineare Programmierung und Erweiterungen  
Springer 1966
- R. Vogelsang: Die mathematische Theorie der Spiele  
Math. Naturwiss. Taschenbuch 6/7, 1963
- S. Vajda: Linearplanung und Theorie der Spiele  
Oldenbourg 1956
- 
- W. Leinfellner: Einführung in die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie  
BI-Hochschultaschenbücher 41/41a, 1965
- J.v. Neumann: Zur Theorie der Gesellschaftsspiele  
Math. Annales 100, 1928
- J.v. Neumann, O. Morgenstern: Spieltheorie und wirtschaftliches Verhalten  
Physica 1961
- M. Dresher, L. Shapley, A. Tucker et.al.: Advances in Game Theory  
Annales of Math. Studies Nr. 52, 1964
- E. Burger: Einführung in die Theorie der Spiele  
Walter de Gruyter, 1959
- S. Karlin: Math. Methods and Theory of Games  
Programming and Economics, Wesley 1956
- M. Shubik: Spieltheorie und Sozialwissenschaften  
S. Fischer 1964

O. Morgenstern: Spieltheorie und Wirtschaftswissenschaft

R. Oldenburg, 1963

A. Paulsen: Allgemeine Volkswirtschaftslehre

Walter de Gruyter, 1966

G. Schmolders: Geschichte der Volkswirtschaftslehre

Rowohlts dt. Enzykl. 163/164, 1966

H. Ohm: Allgemeine Volkswirtschaftspolitik

Walter de Gruyter, 1965

H. Rittershausen: Wirtschaft

Fischer-Bücherei 1958



Anhang CBerechnungsmethoden für die spezifischen  
Energieerzeugungskosten

Es existieren eine Reihe von Kostenberechnungsmethoden <sup>1),2),3),4)</sup>. Sie sind im allgemeinen in Programmen verfügbar <sup>3),5)</sup>. Des besseren Überblicks über die Zusammenhänge wegen sei hier eine einfache Berechnungsmethode gegeben, deren Genauigkeiten für die weiteren Analysen voll ausreichend ist. <sup>6)</sup> Dazu müssen folgende Symbole erläutert werden:

$M_{Pu}$	= spaltbares Plutonium-Inventar in t
$P_{Pu}$	= Plutoniumpreis in DM/g
$t_o$	= $t_F + t_W$
$t_F$	= Fabrikationszeit in a
$t_W$	= Wiederaufarbeitungszeit in a
$t_i$	= Teillaststandzeit der Core- und axialen Blanket- Brennelemente
$t_{Pu}$	= Plutonium-Einbrennzeit
$t_r$	= Teillastenstandzeit der Elemente des radialen Blankets
$k$	= Lastfaktor
$m$	= Fabrikationsmehrbedarfsfaktor
$v$	= Wiederaufarbeitungsverlustfaktor

- 1) W. Häfele: Closed Plutonium Fuel Cycle in Fast Reactors, Enlarged Symposium of the European Atomic Energy Society: Fuel Cycles of Power Reactors, 9-14 Sept., 1963, Baden-Baden
- 2) D. Gupta, P. Jansen: Fuel Cycle Economics of Fast Breeders with Plutonium, KFK-Bericht 567, Febr. 1967
- 3) H. Grumm u.a.: Ergänzendes Material zum Bericht "Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland", KFK-Bericht 466, September 1966
- 4) D. Gupta, P. Jansen, Kraemer: Comparison Between Actual and Present-Worth Methods of Fuel Cycle Costing for Fast Breeder IAEA Wien, 1968
- 5) P. Jansen: BAKO, Ein Programm zur Kosten- und Strategienberechnung bei Brüterkraftwerken nach der Barwertmethode KFK-Bericht 644, Okt. 1967
- 6) Für genaue Kostenberechnungen ist auf Fußnote 5 hinzuweisen. Die folgende Methode ist jedoch nützlich für Vergleichsrechnungen und zum Bestimmen von Gewichten von Einflußparametern.

$\rho$	=	Reserveelementfaktor
R	=	Zins in %
S	=	Steuer in %
q	=	$(1 + \frac{R}{100})$
H	=	Corehöhe in cm
D	=	Pelletdurchmesser in mm
a	=	Abbrand in MWd/kg
$N_{th}$	=	thermische Leistung in GW
$N_e$	=	elektrische Leistung in GW
$M_c$	=	Masse von Core in t
$M_a$	=	Masse des axialen Blankets in t
$M_r$	=	Masse des radialen Blankets in t
L	=	Reaktorlebensdauer in a
BR	=	Brutrate
f	=	$(1 + \alpha)(1 - \epsilon)$
$\alpha$	=	$\Sigma_c / \Sigma_f$ in Pu 239 und Pu 241 aus mittlerem Spektrum
$\epsilon$	=	Anteil der Energieerzeugung in anderen Kernen als Pu 239 und Pu 241 aus mittlerem Spektrum

Es gilt für die Zinskosten des Plutoniuminventars

$$k_z = \rho \cdot m \cdot q^F \cdot \frac{t_o + t_i}{t_i} \cdot P_{Pu} \cdot M_{Pu} \cdot (R+S) / (8760 \cdot k \cdot N_e) \quad (201)$$

[ DPf/kWh ]

Für die Werte

$\rho$	=	1.05
m	=	1.01
$t_F$	=	0.25
$t_W$	=	0.5
$P_{Pu}$	=	40

$$\begin{aligned} R &= 7 \\ S &= 2.7 \\ k &= 0.7 \\ N_e &= 1 \end{aligned}$$

folgt

$$k_z = 0.0682 \cdot \frac{t_o + t_i}{t_i} \cdot M_{Pu} \quad \sqrt{\overline{DPf/kWh}} \quad (202)$$

oder näherungsweise, wenn man

$$\frac{t_o + t_i}{t_i} = 1.33 \quad (203)$$

setzt

$$k_z = 0.0909 \cdot M_{Pu} \quad \sqrt{\overline{DPf/kWh}} \quad (204)$$

Für die weiteren Berechnungen ist der jährliche Plutoniumausstoß wichtig, für den näherungsweise gilt

$$dPu = (0.99 \cdot BR - 1.01) \cdot \frac{365 \cdot k \cdot N_{th}}{950} \cdot f \quad \sqrt{\overline{t/a}} \quad (205)$$

mit

$$\begin{aligned} k &= 0.7 \\ N_{th} &= 2440 \end{aligned}$$

folgt

$$dPu = 0.656 (0.99 \cdot BR - 1.01) \cdot f \quad (206)$$

Näherungsweise gilt für f bei

Natriumkühlung	karbidischer Brennstoff	0.95
	oxydischer Brennstoff	1.00
Dampfkühlung	oxydischer Brennstoff	1.10

Für den Plutoniumerlös gilt,

$$k_{BR} = 100 \cdot dPu \cdot P_{Pu} \cdot q^{-t_W} \cdot q^{-t_{Pu}} (1-S/100) / (8760 \cdot k \cdot Ne) \quad \sqrt{\overline{DPf/kWh}} \quad (207)$$

wobei für

$$t_{Pu} = 1.0$$

in erster Näherung

$$k_{BR} = 0.574 \text{ dPu} = 0.358 (0.99 \cdot BR - 1.01) \quad (209)$$

$$\frac{\sqrt{\overline{DPf/kWh}}}{\sqrt{\overline{DM/kg}}}$$

für CBR folgt.

In Anlehnung an Ref. 1 werden mit Daten aufgrund neuerer Informationen die Fabrikationskosten nach folgender Gleichung berechnet

$$K_{FC} \text{ (Core Term + konstanter axialer Blanket Term)}$$

$$= \left(\frac{a}{80}\right)^{0.4} \left[ 100 + 4760 \left(\frac{1}{D} + \frac{0.62}{D^2}\right) \left(1 - \frac{H}{278}\right) \right] \quad (210)$$

$$\frac{\sqrt{\overline{DM/kg}}}{\sqrt{\overline{DM/kg}}}$$

$$K_{Fa} \text{ (additiver axialer Blanket Term)}$$

$$= \left(\frac{a}{80}\right)^{0.4} \left( 20 + \frac{615}{D} + \frac{420}{D^2} \right) \quad (211)$$

$$\frac{\sqrt{\overline{DM/kg}}}{\sqrt{\overline{DM/kg}}}$$

$$K_{Fr} \text{ (radiales Blanket)} = 200 \quad (212)$$

$$\frac{\sqrt{\overline{DM/kg}}}{\sqrt{\overline{DM/kg}}}$$

$$K_F = \frac{K_{FC} \cdot M_c + K_{Fa} \cdot M_a + K_{Fr} \cdot M_r \cdot \frac{t_i}{t_r}}{M_c + M_a + M_r \cdot \frac{t_i}{t_r}} \quad (213)$$

$$\frac{\sqrt{\overline{DM/kg}}}{\sqrt{\overline{DM/kg}}}$$

Für die Wiederaufarbeitungskosten gilt<sup>2) 3)</sup>

$$K_W = 100 \left( \frac{x_1}{x_0} + \frac{T \cdot D_R}{B} \right) \quad (214)$$

$$\frac{\sqrt{\overline{DM/kg}}}{\sqrt{\overline{DM/kg}}}$$

mit

- $x_0$  = Basiskonzentration für spaltbares Plutonium in % (4 %)
- $x_1$  = Aktuelle Plutoniumkonzentration in % ( $\geq 4$  %)
- $T$  = Einstellzeit in d (7 d)
- $D_R$  = Anlagendurchsatzkapazität in t/d (1 t/d)
- $B$  = Batchgröße ( $\approx$  jährliche Entlademenge des Reaktors) in t

- 
- 1) K. Kummerer: Production Cost Parameter Analysis for Fast Reactor Fuel Elements, KFK-Bericht 576
  - 2) D. Gupta, P. Jansen, Fuel Cycle Economics of Fast Breeder with Plutonium KFK-Bericht 567, Febr. 1967
  - 3) Für Kostenberechnungen sind den Wiederaufarbeitungskosten noch die Transportkosten von ca. 20 DM/kg hinzuzufügen.

Es gilt nun, für die spezifischen Fabrikationskosten mit der Annuität

$$a = \frac{R + S}{1 - q^{-L}} \quad (215)$$

$$k_F = \rho \cdot q^{t_F} \cdot K_F \cdot (M_c + M_a + M_r) \cdot a \quad (216)$$

$$/ (8760 \cdot k \cdot 10^3 \text{Ne})$$

$$+ 100 \cdot K_F \left( \frac{M_c + M_a}{t_i} + \frac{M_r}{t_r} \right) \cdot q^{t_F} (1+S/100) / (8760 \cdot k \cdot 10^3 \text{Ne})$$

$$\underline{\underline{DPf/kWh}}$$

und gibt mit den bekannten Annahmen

$$k_F = 1.87 \cdot 10^{-6} \cdot K_F \cdot (M_c + M_a + M_r) + 17.0 \cdot 10^{-6} \cdot K_F \left( \frac{M_c + M_a}{t_i} + \frac{M_r}{t_r} \right) \quad (217)$$

$$\underline{\underline{DPf/kWh}}$$

Die spezifischen Wiederaufarbeitungskosten sind

$$k_W = \rho \cdot q^{-t_W} \cdot K_W (M_c + M_a + M_r) \cdot \gamma \cdot a \cdot q^{-L} / (8760 \cdot k \cdot 10^3 \text{Ne}) \quad (218)$$

$$+ 100 \cdot K_W \left( \frac{M_a + M_c}{t_i} + \frac{M_r}{t_r} \right) \cdot q^{-t_W} (1+S/100) / (8760 \cdot k \cdot 10^3 \text{Ne})$$

(mit  $\gamma = 0.97$ )

$$k_W = 0.31 \cdot 10^{-6} \cdot K_W \cdot M_{\text{ges}} + 15.7 \cdot 10^{-6} \cdot K_W \left( \frac{M_c + M_a}{t_i} + \frac{M_r}{t_r} \right)$$

$$\underline{\underline{DPf/kWh}}$$

Für die Kapitalkosten,  $K_K$  in DM/kWe, ergibt sich mit  $V_{H+S}$  als Sach- und Haftpflichtversicherung von zusammen 1 %

$$k_K = a \cdot K_K / (8760 \cdot k \cdot 10^3) = 1.92 \cdot 10^{-3} \cdot K_K \quad \underline{\underline{DPf/kWh}} \quad (219)$$

Für die Betriebskosten  $K_B$  in DM/a gilt (als immer anfallend angenommen)

$$k_B = K_B / (8760 \cdot k \cdot 10^3 \cdot \text{Ne}) = 0.12 \quad \underline{\underline{DPf/kWh}} \quad (220)$$



Anhang C'Analytische Skizze zur Ableitung eines Optimierungskriteriums  
für Schnelle Brüter<sup>1)</sup>

Grundlage für die Ableitung eines Optimierungskriteriums ist die Aufwand-Nutzen-Analyse nach dem Konzept der Zweitypenstrategien<sup>2)</sup>. Bei Aufwand-Nutzen-Analysen werden im allgemeinen Renditen des aufgewendeten Kapitals bezüglich des Rückflusses an Geld aus dem Nutzen des Entwicklungsproduktes berechnet. Solange Arbeiten an den Schnellen Brütern auf Grund normaler Optimierungsmaßnahmen den Aufwand nicht merklich verändern, kann man sich auf die Analyse des Nutzens beschränken. Da hier das Interesse nur den wichtigsten einflußnehmenden Parametern gilt, erfolgt eine Beschränkung auf den relativen Vergleich des Nutzens, der durch eine Stromkostenverbilligung  $\Delta k$  in DPf/kWh, beim Einsatz der Schnellen Brüter entsteht ( $\Delta k = k(\text{Vergleich}) - k(\text{Brüter})$ ).

Betrachtet man den Zeitraum 1980 - 2000, so ist der Nutzen, wie leicht einzusehen, proportional der Stromkostenverbilligung und der in diesem Zeitraum erzeugten billigeren Energie:

$$N = \Delta k \cdot \int_{1980}^{2000} n_B(t) dt \quad (1)$$

$n_B$  gibt die installierten  $\text{GW}_e$  an Brütern an.

Hierbei wurde noch nicht, wie dies für das eigentliche Ziel der Renditenberechnung notwendig ist, eine Diskontierung der Erlöse auf z.B. 1980 vorgenommen. Fragt man vorerst nach den Parametern, die N beeinflussen, so ist  $\Delta k$  offensichtlich genauso wichtig, wie das Integral. Die wichtigsten Einflüsse auf  $\Delta k$  sind in Anhang C dargestellt. In Abschnitt 2.4.1 ist bezüglich der Parameter kritische Masse ( $M_{Pu}$ ) und Bruterate (Bruterate  $\propto$  proportional dPu dem Pu-Ausstoß in t/GWe a) der besondere Einfluß von  $M_{Pu}$  auf  $\Delta k$  ausgewiesen. Zusammen

1) Numerischer Beweis s. Abschnitt 2.4.1 und 2.4.5

2) Dargestellt in Abschnitt 1.2 und 2.1 sowie 2.3

mit dem Excorebedarf soll hier weiterhin vom Pu-Systeminventar  $M_{\text{Syst}}$  die Rede sein. Es gilt jetzt, die wesentlichen Parameter zu erfassen, die auf

$$I = \int_{1980}^{2000} n_B(t) dt \quad (2)$$

einwirken.  $n_B(t)$  ist das Ergebnis von Zweitypenrechnungen, wie sie im Anhang E ausgewiesen sind. Dabei ist das Integral I umgekehrt proportional der Zeit, die von Brüterbau zu Brüterbau verstreicht ( $t_{n_B}$ ):

$$I \sim \frac{1}{t_{n_B}} \quad (3)$$

Sieht man von Verzögerungszeiten ab, so gilt aber für  $t_{n_B}$

$$t_{n_B} = \frac{M_{\text{Syst}}}{n_K \cdot dPu_K + n_B \cdot dPu_B} \quad (4)$$

$n_K, n_B$  ist die Anzahl der installierten Konverter bzw. Brüter,  $dPu_{K,B}$  der zugeordnete Pu-Ausstoß in t/GWe  $\cdot$  a. Die Empfindlichkeiten können aus Gl.5 ersehen werden.

$$\frac{\Delta t_{n_B}}{t_{n_B}} = \frac{\Delta M_{\text{Syst}}}{M_{\text{Syst}}} - \frac{n_K \Delta dPu_K}{n_K dPu_K + n_B dPu_B} - \frac{n_B \Delta dPu_B}{n_K dPu_K + n_B dPu_B} \quad (5)$$

Zu Beginn, wenn  $n_B = 0$  ist, gilt

$$\frac{\Delta t_{n_B}}{t_{n_B}} = \frac{\Delta M_{\text{Syst}}}{M_{\text{Syst}}} - \frac{\Delta dPu_K}{dPu_K} \quad (6)$$

d.h.  $M_{\text{Syst}}$  und  $dPu_K$  haben gleiches Gewicht. Ab 1980 ist für lange Zeit

$$n_K \gg n_B \quad (7)$$

so daß der Pu-Ausstoß des Converters eine bedeutende höhere Rolle spielt, als der des Brütters; die größte Rolle spielt nach wie vor  $M_{\text{Syst}}$ . Wenn schließlich um das Jahr 2000

$$n_K \approx n_B \quad (8)$$

gilt, wird  $dPu_K$  und  $dPu_B$  gleichen Einfluß haben, also  $dPu_B$  erst halb so viel wert sein bezüglich  $t_{n_B}$  als  $M_{\text{Syst}}$ . Über den betrachteten Zeitraum von 1980 - 2000

ist bei üblichen Strategien deshalb der Einfluß von  $M_{\text{Syst}}$  auf  $I$  ca. 4mal so groß, wie der Einfluß von  $dPu_B$  oder des Bruttogewinns. Die Gl. 4 und 3 zeigen im übrigen, daß

$$I \sim 1/M_{\text{Syst}} \quad (9)$$

d.h.

$$N \sim \Delta k/M_{\text{Syst}} \quad (10)$$

Führt man für die eigentlich vorgesehene Renditenberechnung nun in Gl.1 eine Diskontierung ein, so wird

$$N \sim \Delta k \cdot \int_0^{20} n_B(t + 1980) \cdot q^{-t} dt \quad (11)$$

$q$  = Diskontfaktor

wodurch das Gewicht des Bruttogewinns nochmals bedeutend geschwächt wird, denn mit Gl.5, 7 und 8 nimmt der Einfluß von  $dPu_B$  überhaupt erst für spätere Jahre zu, d.h. aber, da die späteren Jahre durch die Diskontierung weniger bewertet werden, zeigt Gl. 10 bereits die wichtigsten Einflüsse. Wie schon in Abschnitt 2.4.1 nachgewiesen, ist  $M_{\text{Syst}}$  der einzige Parameter auf Brüterseite, der die Strategiergebnisse stark beeinflusst. Für Vergleichszwecke von Schnellen Brütern und zur Brüteroptimierung kann deshalb die Größe

$$r = \frac{\Delta k}{M_{\text{Syst}}} \quad (12)$$

in guter Näherung herangezogen werden<sup>1)</sup>. Die Güte des Brüters steigt mit  $r$ .

<sup>1)</sup> Beispiele s. Abschnitt 2.4.5



Anhang DErläuterung zur entscheidungsvorbereitenden Behandlung der Normstrategien

Wie in Abschnitt 2.3.2 dargestellt, enthält Anhang E Normstrategien mit Normbilanzen folgenden Aufbaues:

Die Bedarfskurven beginnen im Jahr 1970 mit 1 GWe und enden im Jahr 2000 mit 100 GWe. Dazwischen erfolgt eine lineare und eine kubische Anpassung der Bedarfskurve. Durch einen Faktor, der das Verhältnis der im Jahr 2000 zu installierenden GWe zu 100 GWe angibt, können alle Ergebnisse des Anhangs E auf, dem Faktor entsprechende Bedarfskurven umgerechnet werden, wie im Folgenden ausgewiesen wird.

Jede Seite des Anhangs E gibt eine andere Konstellation von Plutonium-Ausstoß und Plutonium-Inventar sowie Plutonium-Verzögerungszeiten von Grundtyp, Konverter bzw. Brüter wieder. Vom angegebenen Zeitpunkt ab wird kein Grundtyp mehr zugebaut, sondern entsprechend der Bedarfskurve und dem innerhalb der Strategien verfügbaren Plutonium werden Brüter, bzw. wenn das Plutonium nicht für den Brüterbau ausreicht, Konverter installiert.

Eine mathematische Skizze dieses Sachverhalts sei kurz gegeben <sup>1)</sup>:

t	Zeit in Jahren, t=0 für das Jahr der ersten Kernkraftwerksinstallationen der Bedarfskurve
N(t)	Bedarfskurve in GWe im Jahr t
K(t)	Konverterinstallationen in GWe im Jahr t
B(t)	Brüterinstallationen in GWe im Jahr t
$Pu_K$	Plutoniumproduktion des Konverters in t/GWe·a
$Pu_B$	Plutoniumproduktion des Brüters in t/GWe·a
$I_B$	Plutonium Systeminventar des Brüters in t/GWe
$t_K$	Verzögerung des Plutonium-Ausstoßes der Konverter in a
$t_B$	Verzögerung des Pu-Ausstoßes der Brüter in a

Als erste Bedingung gilt

$$K(t) + B(t) = N(t) \quad (A)$$

<sup>1)</sup> In Anlehnung an H.Grümm u.a.: Ergänzendes Material zu "Kernbrennstoffbedarf und Kosten.....", KFK-466, Kapitel 4

Die zweite Bedingung betrifft die Plutonium-Bilanz des Systems, wonach unter der Restriktion obiger Gleichung soviel Brüter gebaut werden, wie Plutonium vorhanden ist:

Erzeugtes Plutonium = Verbrauchtes Plutonium

$$Pu_K \cdot K(t-t_K) + Pu_B \cdot B(t-t_B) = I_B \frac{dB(t)}{dt} \quad (B)$$

$K(t)$  und  $B(t)$  sind Unbekannte. Sie lassen sich aus obigen Gleichungen ableiten. Davon wird hier jedoch abgesehen, weil die praktische Rechnung über ein numerisches Modell erfolgte <sup>1)</sup>. Durch diese Ansätze läßt sich aber gut der logische Hintergrund zeigen. Bei den Normstrategien in Anhang E wird die Seite der Plutoniumerzeugung noch um einen Term erweitert. Dabei wird davon ausgegangen, daß die Plutoniumbindung nach Gl.B erst ab einem Zeitpunkt  $t_G$  zutrifft. Bis zu diesem Zeitpunkt wird anfallendes Plutonium in Konvertern rezirkuliert und kein Brüter gebaut. Dieser Konverter soll Grundtyp genannt werden. Es sei

$G(t)$  Grundtypinstallationen in GWe im Jahr  $t$

$Pu_G$  Plutoniumproduktion des Grundtyps in t/GWe·a

Dann gilt für

$$t \leq t_G$$

$$G(t) = N(t)$$

und für

$$t \geq t_G$$

$$G(t) = N(t_G) \quad (C)$$

Für die Bestimmung von  $B(t)$  und  $K(t)$  gilt dann für  $t \geq t_G$  anstelle Gl.B folgende Gleichung

$$Pu_G \cdot N(t_G) + Pu_K \cdot K(t-t_K) + Pu_B \cdot B(t-t_B) = I_B \frac{dB(t)}{dt} \quad (D)$$

und anstelle Gl.A

$$K(t) + B(t) = N(t) - N(t_G) \quad (E)$$

<sup>1)</sup> H.Grümm u.a.: Ergänzendes Material zu "Kernbrennstoffbedarf und Kosten.....", KFK-466, Kapitel 6.5, (siehe auch Anhang G und H dieser Arbeit)

Da hier nur eine Skizze des Sachverhaltes gegeben werden sollte, werden Bedingungen für  $dK(t)/dt < 0$  ebensowenig berücksichtigt wie der Übergang von Gl.B und D zu Ungleichungen, wenn -bezogen auf die Bedarfskurve- nach größeren Zeitspannen ein Plutoniumüberschuß eintritt.

Die Massenbilanzen wie Natururanbedarf, Trennanlagendurchsatz, Fabrikationsbedarf etc. lassen sich aus den spezifischen Verbrauchsdaten der entsprechenden Reaktortypen und den auf jeder Seite des Anhanges E angegebenen Zuwachsraten (GW/a), Installationen (GW) und Integralen (GWe·a) auf einfache Weise errechnen.

Die Kostenangaben sind auf jeder Seite des Anhanges E für spezifische Energieerzeugungskosten der entsprechenden Typen von 1 DPf/kWh errechnet. Es muß also noch mit den tatsächlichen Kosten multipliziert werden. Bei der Angabe der Kostendifferenzen wird vorausgesetzt, daß bei Normkurven bei der angegebenen Rendite und Amortisationszeit genau eine Milliarde DM Aufwand amortisiert ist. Die Vorgehensweise hierzu ist in Folgendem dargestellt.



Zur Behandlung der Strategien in Anhang E werden für die Größen, die aus den Normstrategien kommen, folgende Symbole verwendet:

GW	für installierte elektrische Leistung in GWe
D	für Zubau in GWe/a
I	für Integral in GWe · a
BW	für Strategienbarwert in $10^9$ DM
PF	für Kostendifferenz in DPf/kWh

Die Daten der Reaktorkonzepte, die zu den Normenstrategien hinzukommen, sind:

i	Angaben über Inventarmengen in t/GWe
d	Angaben über laufenden Bedarf in t/GWe · a Teillast
k	Kosten in DPf/kWh für zugehöriges $k^{\ddagger}$
dk	aktuelle Kostendifferenz in DPf/kWh
f	Angabe der installierten Leistung im Jahre 2000 in 100 GWe
s	Faktoren für verschiedene Barwertbezugsjahre
$k^{\ddagger}$	Lastfaktor der Kraftwerke während des Betrachtungszeitraumes

Die zu errechnenden Folgedaten sind:

m	Massenbilanzen als Durchsätze in t/a
M	Massenbilanzen als Gesamtverbrauch in t
K	Kostenbilanz in $10^9$ DM
A	Aufwand in $10^9$ DM
r	Rendite, die erreicht werden kann
T	Amortisationszeit in a

Die verwendeten Indices bedeuten:

K	Konverter
G	Grundtyp
B	Brüter
t	betrachtetes Jahr
j	Barwertbezugsjahr
p	Zinssatz
x	beliebiger Reaktortyp

Die Massenbilanzen errechnen sich nach den folgenden Formeln:

$$m_{x,t} = \int \overline{GW}_{x,t} \cdot d_x + D_{x,t} \cdot \int \overline{i_{x-}} \cdot f \quad (221)$$

Speziell können damit Durchsätze durch z.B. Thoriumbrennstoff verarbeitende Anlagen bestimmt werden.

Speziell für das Jahr des Konvertereinsatzes gilt als Festlegung

$$D_{G,t_K} = D_{K,t_K} + D_{B,t_K} \quad (222)$$

$$M_{x,t} = \int \overline{GW}_{x,t} \cdot i_x + I_{x,t} \cdot \int \overline{d_{x-}} \cdot f \quad (223)$$

Für die Bilanzen einer ganzen Strategie ergibt sich somit

$$m_t = \sum_x m_{x,t} \quad (224)$$

$$M_t = \sum_x M_{x,t} \quad (225)$$

Verändert sich z.B. durch Erhöhung der Tailanreicherung  $i$  und  $d$  für Natururan zur Zeit  $t_0$ , so kann der entsprechende kumulierte Bedarf für  $t > t_0$  nach Gl.226 berechnet werden

$$M_t = M_{t_0} + M_{t-t_0} \quad (226)$$

wobei  $M_{t_0}$  nach Gl. 223 bzw. 225 berechnet ist, während  $M_{t-t_0}$  nach Gl.227 bzw.225 berechnet wird.

$$M_{t-t_0} = \frac{1}{i_x'} (GW_{x,t} - GW_{x,t_0}) \cdot i_x' + (I_{x,t} - I_{x,t_0}) \cdot \frac{d_x'}{i_x'} \cdot f \quad (227)$$

Von diesen Überlegungen sind lediglich die Pu-Bilanzen ausgenommen, die in Anhang E getrennt ausgewiesen sind.

Für die Kostenbilanzen ist die Barwertfaktorentabelle wichtig:

Tabelle 79: Barwertfaktoren für 1970

Diskontsatz in %	1975	1980	1985
0	1	1	1
4	0.822	0.676	0.556
8	0.681	0.463	0.315
12	0.567	0.322	0.182
16	0.476	0.227	0.108
20	0.402	0.162	0.065

Die Kostenbilanzen errechnen sich wie folgt:

$$K_{x,t,j,p} = BW_{x,t,j,p} \cdot k_x \cdot s_{j,p} \cdot f \cdot k^{\ddagger} \quad (228)$$

und für die ganze Strategie

$$K_{t,j,p} = \sum_x K_{x,t,j,p} \quad (229)$$

Ändern sich die Reaktorkosten zur Zeit  $t_0 > t$ , so gilt

$$K_{t,j,p} = K_{t_0,j,p} + K_{t-t_0,j,p} \quad (230)$$

wobei  $K_{t_0,j,p}$  nach Glg. 228 bzw. 229 errechnet wird und

$K_{t-t_0,j,p}$  nach Glg. 231 bzw. 229

$$K_{x,t-t_0,j,p} = (BW_{x,t,j,p} - BW_{x,t_0,j,p}) \cdot k_x' \cdot s_{j,p} \cdot f \cdot k^{\ddagger} \quad (231)$$

Auf diese Weise kann also eine bei verschiedenen Strategien verschieden früh einsetzende Verteuerung des Natururans in den Kostenbilanzen mit verrechnet werden.

Die Höhe der Amortisation, die mit  $p$  % Zins bis  $t$  bei einer Kostendifferenz von  $dk$  möglich ist, errechnet sich aus

$$A_{x,t,p,j} = \frac{dk_x}{PF_{x,t,p,j}} \cdot s_{j,p} \cdot f \cdot k^{\ddagger} \quad (232)$$

wobei  $j$  sinnvollerweise der Einsatzzeitpunkt des Reaktortyps  $x$  ist, bis zu dem die Entwicklungskosten andauerten und ab dem er Vorteile in der Volkswirtschaft bringt. Umgekehrt lässt sich der Kostenunterschied errechnen, um den Aufwand bei  $p$  % Zins in  $t-j$  Jahren zu amortisieren.

$$dk_{x,t,p,j} = A_x \cdot PF_{k,t,p,j} \frac{1}{s_{j,p} \cdot f \cdot k^{\ddagger}} \quad (233)$$

Schließlich lässt sich errechnen, welche Rendite aus den unmittelbaren Einsparungen  $dk$  an Stromkosten im Modell zu erwarten ist. Dazu wird mit  $PF^u$  die  $dk_x^{\ddagger}$  nächstkleinere mit  $PF^o$  die nächstgrößere Zahl verstanden, die aus den Normstrategien in der Spalte  $t$  der  $PF$  zu finden sind. Es gilt:

$$dk' = \frac{dk}{A_x} s_{j,p} \cdot f \cdot k^{\ddagger} \quad (234)$$

$u$  und  $o$  geben das entsprechende  $p$  der Tabelle an. Es gilt dann

$$r_{x,t} = u + 0.04 \cdot \frac{dk_x' - PF^u}{PF^o - PF^u} \quad (235)$$

Da in Anhang E alle Barwertbezugspunkte auf den Brütereinsatz bezogen sind, gibt für  $x = B$ ,  $s_{j,p} = 1$ . Für die BRD ist  $f = 2$  und im allgemeinen  $k^{\ddagger} = 0.7$ .

Glg. 236 beantwortet die Frage nach der Amortisationszeit bei vorgegebener Rendite, hier im Symbol  $p$  dargestellt:

$$T_{x,p} = u + 5 \frac{dk_x' - PF^u}{PF^o - PF^u} \quad (236)$$

wobei hier  $u$  und  $o$  sich nicht auf  $p$  beziehen, sondern auf  $t$ , und, errechnet mit Hilfe von Glg. 234, den Zeitpunkt einschließen, bis zu dem  $dk_x$  die Amortisation ermöglicht. Beispiele für obige Vorgehensweise sind in Abschnitt 2.4 und 4. des Hauptteiles zu finden.

Anhang ENormstrategien als Hintergrundmaterial für Variation der Fragestellungen

Pro Seite wird in diesem Anhang eine Normstrategie ausgewiesen. Sie wird nicht nur mit den Normkurven gerechnet, sondern auch mit Normdaten, was die Reaktoreigenschaften in Kosten und Massenbilanzen betrifft. Lediglich die Plutonium-Bilanz ist nicht normiert, da sie die Charakteristica der Strategie bestimmt. Weil es sehr verschiedene Plutonium-Charakteristica für Mehrtypenstrategien gibt, folgen in diesem Anhang 166 Normstrategien. Sie sind in 13 Abschnitte aufgegliedert. Jeder Abschnitt enthält, nach den gleich aufzuzählenden Variationen bei Normkurven, die kubische und lineare Bedarfskurve. In jedem Abschnitt und mit jeder Kurve beginnt eine neue Seitenzählung. Die Reaktorsymbole LWR, SWR, THTR, OBR, CBR, UOBR, UCBR, sollen die Zuordnung der Plutonium-Bilanzen charakterisieren. Die Normstrategien sind im Grunde davon unabhängig.

Gliederung des Anhangs E

Seite

1.	Grundstrategien	
	Grundtyp LWR ab 1970	
	Konverter THTR, LWR, SWR (hohe Plutonium-Verzögerungszeit)	
1.1	Konverter und Brüter ab 1975	E - 9
1.2	Konverter und Brüter ab 1980	E - 23
1.3	Konverter und Brüter ab 1985	E - 35
2.	Schwerwasserstrategien	
	Grundtyp LWR ab 1970	
	Konverter SWR (niedrige Pu-Verzögerungszeit)	
	Brüter OBR, CBR	
2.1	Konverter und Brüter ab 1980	E - 48
2.2	Konverter ab 1975	E - 53
	Brüter ab 1980	
2.3	Konverter ab 1975	E - 58
	Brüter ab 1985	

3. Thoriumstrategien
- Grundtyp LWR ab 1970  
Konverter THTR  
Brüter OBR, CBR
- 3.1 Konverter ab 1975 E - 63  
Brüter ab 1980
- 3.2 Konverter ab 1975 E - 68  
Brüter ab 1985
4. Uranstarterstrategien
- Grundtyp LWR ab 1970  
Konverter UOBR, UCBR  
Brüter OBR, CBR
- 4.1 Konverter und Brüter ab 1975 E - 73
- 4.2 Konverter und Brüter ab 1980 E - 78
- 4.3 Konverter und Brüter ab 1985 E - 83
5. Brütervariationen E - 88
- Grundtyp LWR ab 1970  
Konverter LWR  
Brüter ab 1980 in den Kombinationen von niedrigem und hohem Pu-Inventar und niedrigem und hohem Pu-Ausstoß
6. Eintypenstrategien E - 185
- Die ausgedruckten Normdaten können auf jeden Typ, der ab 1970 ganz eingesetzt wird, angewandt werden.

Es folgt jetzt die Ausdruckbeschreibung. Eine Darstellung der Anwendungsmöglichkeiten ist in Anhang D gegeben.

Die erste Zeile gehört dem Grundtyp. Sie gibt an, mit welcher Kurve von 1970 bis zum angegebenen Zeitpunkt wieviel GWe von Grundtyp installiert sind, die dann als Grundstock für die Bedarfsdeckung dienen und pro GWe DPU to Plutonium pro Jahr produzieren.

Die zweite Zeile betrifft den Konverter und gibt Plutoniumausstoß und Plutoniumverzögerungszeit in a an. Beim Brüter ist die Pu-Verzögerungszeit eins, es ist der Pu-Ausstoß in  $t/GWe \cdot a$  und das Pu-Inventar in  $t/GWe$  angegeben.

Für die Strategieberechnung wird die einzugebende und in der dritten Zeile der Brüter ausgedruckte Menge an Anfangsspaltmaterial konventionsgemäß um  $1/3$  erhöht<sup>1)</sup>. Mit "BEZUG" ist der Barwertbezugspunkt und gleichzeitig der Einsatzzeitpunkt der Brüter angegeben.

Es folgen dann in GWe die Kurvenwerte, Konverter-(K) bzw. Brüter-(B) Installationen. Mit DK und DB sind die entsprechenden Zuwachsraten  $GWe/a$  gemeint; IG, IK, IB gibt auch für die Grundtypen (G) die Integrale in  $GWe \cdot a$  an.

Der nächste Absatz zeigt in t den Pu-Erlös pro Jahr, der also der umgesetzten Menge pro Jahr z.B. in Wiederaufarbeitungsanlagen entspricht, den Pu-Rest pro Jahr und den Pu-Rest kumuliert an, wobei die beiden letzteren erst Sinn haben, wenn sie deutlich positive Werte annehmen, also Plutonium im Überschuß erzeugt wird. Teilweise sind die PURKU-Daten anfangs negativ. Dadurch wurde über Eingabe dafür gesorgt, daß die Brüter später zugebaut werden als die Konverter.

Die nächsten 6 Absätze geben für 0,4,8,12,16, 20 % Diskontsatz für jeweils Grundtyp, Konverter und Brüter die Normbarwerte auf "BEZUG" bezogen, von 1970 bis x kumuliert in  $10^9$  DM an. Mit denselben Randbedingungen geben die nächsten beiden Absätze für Konverter bzw. Brüter diejenigen Kostendifferenzen in DPf/kWh an, die bei diesen Typen bis zu den Zeiten x eine Milliarde DM ergeben würden. Dieselben Werte würden n Milliarden DM ergeben, wenn die wirklichen Bedarfskurven n mal höher sind, als die Normkurven<sup>2)</sup>. 9999.00 steht für unendlich.

<sup>1)</sup> s. Abschnitt 2.4.4 im Hauptteil und H. Grumm u.a.: Ergänzendes Material zum Bericht "Kernbrennstoffbedarf und Kosten ...." KFK-Bericht Nr. 466, Sept.1966

<sup>2)</sup> s. Anhang D

Auf den folgenden Seiten ist die Eingabe zur  
Berechnung des Anhangs E und F entsprechend  
Anhang G und H abgedruckt

## C AUSGEWAHLTE NORMSTRATEGIEN ( ANHANG E UND F)

ASAND42

1 1 1 1 1 1 0 1.

50. 1.

C 0

2 1.5 1. 1 0.15 0. 3 0. 0.15 1 3. 0.

2010 6

1975J C. 15. 0 0 0 0 0.90 6. 0 0 0 0

C.526+S C 0 1.3+9 1.459+9 1.514+9 1.639+9 1.755+9 1.887+9

AKUBIA 8 1975. 0. 0. 5. 7. 10. 18. 15. 36. 20. 61.

25. 94. 30. 136. 36. 199. 3333.

1975. C: 46. 0 0 0 0 2.70 18. 0 0 0 0

1.578+S C 0 4.1+9 4.377+9 4.615+9 4.936+9 5.254+9 5.604+9

ALINEA 3 1975. C. 0. 25. 82. 36. 118. 3333.

1980. C. 60. 0 0 0 0 1.95 13. 0 0 0 0

1.14+9 C 0 5.3+9 6.068+9 6.933+9 7.967+9 9.231+9 10.595+9

AKUBIA 7 1980. 0. 0. 5. 11. 10. 29. 15. 54. 20. 87.

25. 129. 31. 197. 3333.

1980. C: 170. 0 0 0 0 5.25 35. 0 0 0 0

2.98+9 C 0 14.9+9 17.02+9 19.677+9 22.661+9 26.232+9 30.097+9

ALINEA 3 1980. 0. 0. 20. 66. 31. 102. 3333.

1985. C: 150. 0 0 0 0 3.6 24. 0 0 0 0

2.10+9 C 0 13.1+9 16.02+9 19.59+9 24.44+9 30.645+9 39.023+9

AKUBIA 6 1985. 0. 0. 5. 18. 10. 43. 15. 76. 20. 118.

26. 181. 3333.

1985J C. 386. 0 0 0 0 7.65 51. 0 0 0 0

4.47+9 C 0 33.8+9 41.58+9 51.544+9 64.883+9 82.223+9 105.597+9

ALINEA 3 1985. 0. 0. 15. 50. 26. 86. 3333.

2

1 1 1 1 1 1 0 1.

50. 1.

C 0

2 1.5 1. 1 0.15 0. 1 0.30 0. 1 1. 0.

2010 6

1980J C. 60. 0 0 0 0 1.95 13. 0 0 0 0

1.14+9 C 0 5.3+9 6.068+9 6.933+9 7.967+9 9.231+9 10.595+9

AKUBIA 7 1980. 0. 0. 5. 11. 10. 29. 15. 54. 20. 87.

25. 129. 31. 197. 3333.

1980. C: 170. 0 0 0 0 5.25 35. 0 0 0 0

2.98+9 C 0 14.9+9 17.02+9 19.677+9 22.661+9 26.232+9 30.097+9

ALINEA 3 1980. C. 0. 20. 66. 31. 102. 3333.

1980J -9.0 15. 0 0 0 0 0.90 6. 0 0 0 0

C.526+S C 0 1.3+9 1.776+9 2.224+9 2.883+9 3.678+9 4.623+9

AKUBIA 8 1975. 0. 0. 5. 7. 10. 18. 15. 36. 20. 61.

25. 94. 30. 136. 36. 199. 3333.

1980. -30.0 46. 0 0 0 0 2.70 18. 0 0 0 0

1.578+S C 0 4.1+9 5.328+9 6.782+9 8.68+9 11.008+9 13.731+9

ALINEA 3 1975. C. 0. 25. 82. 36. 118. 3333.

1985. -27. 15. 0 0 0 0 0.90 6. 0 0 0 0

C.526+S C 0 1.3+9 2.16+9 3.265+9 5.096+9 7.733+9 11.673+9

AKUBIA 8 1975. 0. 0. 5. 7. 10. 18. 15. 36. 20. 61.

25. 94. 30. 136. 36. 199. 3333.

1985J -70. 46. 0 0 0 0 2.70 18. 0 0 0 0

1.578+S C 0 4.1+9 6.48+9 9.953+9 15.344+9 23.143+9 34.665+9

ALINEA 3 1975. 0. 0. 25. 82. 36. 118. 3333.

2

1 1 1 1 1 1 0 1.

50. 1.

C 0

2 1.5 1. 1 0.15 0. 1 0. 0. 1 3. 0.

2010 4

1980: -3. 15. 0 0 0 0 0.90 6. 0 0 0 0  
 C.526+9 0 0 1.3+9 1.776+9 2.224+9 2.883+9 3.678+9 4.623+9  
 @KUBIA 8 1975. 0. 0. 5. 7. 10. 18. 15. 36. 20. 61.  
 25. 94. 30. 136. 36. 199. 3333.  
 1980: -9. 46. 0 0 0 0 2.70 18. 0 0 0 0  
 1.578+9 0 0 4.1+9 5.328+9 6.782+9 8.68+9 11.008+9 13.731+9  
 @LINEA 3 1975. 0. 0. 25. 82. 36. 118. 3333.  
 1985: -8. 15. 0 0 0 0 0.90 6. 0 0 0 0  
 C.526+9 0 0 1.3+9 2.16+9 3.265+9 5.096+9 7.733+9 11.673+9  
 @KUBIA 8 1975. 0. 0. 5. 7. 10. 18. 15. 36. 20. 61.  
 25. 94. 30. 136. 36. 199. 3333.  
 1985: -22. 46. 0 0 0 0 2.70 18. 0 0 0 0  
 1.578+9 0 0 4.1+9 6.48+9 9.953+9 15.344+9 23.143+9 34.665+9  
 @LINEA 3 1975. 0. 0. 25. 82. 36. 118. 3333.  
 2  
 1 1 1 1 1 1 0 1.  
 50. 1.  
 C C  
 2 1.5 1. 1 0.15 0. 1 0.15 0. 1 6. 0.  
 2010 6  
 1975. 0. 15. 0 0 0 0 0.90 6. 0 0 0 0  
 C.526+9 0 0 1.3+9 1.459+9 1.514+9 1.639+9 1.755+9 1.887+9  
 @KUBIA 8 1975. 0. 0. 5. 7. 10. 18. 15. 36. 20. 61.  
 25. 94. 30. 136. 36. 199. 3333.  
 1975. 0. 46. 0 0 0 0 2.70 18. 0 0 0 0  
 1.578+9 0 0 4.1+9 4.377+9 4.615+9 4.936+9 5.254+9 5.604+9  
 @LINEA 3 1975. 0. 0. 25. 82. 36. 118. 3333.  
 1980: 0. 60. 0 0 0 0 1.95 13. 0 0 0 0  
 1.14+9 0 0 5.3+9 6.068+9 6.933+9 7.967+9 9.231+9 10.595+9  
 @KUBIA 7 1980. 0. 0. 5. 11. 10. 29. 15. 54. 20. 87.  
 25. 129. 31. 197. 3333.  
 1980: 0. 170. 0 0 0 0 5.25 35. 0 0 0 0  
 2.98+9 0 0 14.9+9 17.02+9 19.677+9 22.661+9 26.232+9 30.097+9  
 @LINEA 3 1980. 0. 0. 20. 66. 31. 102. 3333.  
 1985: 0. 150. 0 0 0 0 3.6 24. 0 0 0 0  
 2.10+9 0 0 13.1+9 16.02+9 19.59+9 24.44+9 30.645+9 39.023+9  
 @KUBIA 6 1985. 0. 0. 5. 18. 10. 43. 15. 76. 20. 118.  
 26. 181. 3333.  
 1985: 0. 386. 0 0 0 0 7.65 51. 0 0 0 0  
 4.47+9 0 0 33.8+9 41.58+9 51.544+9 64.883+9 82.223+9 105.597+9  
 @LINEA 3 1985. 0. 0. 15. 50. 26. 86. 3333.  
 2  
 1 1 1 1 1 1 0 1.  
 50. 1.  
 0 0  
 2 1.5 1. 2 0.15 0.15 1 0.15 0. 1 3. 0  
 2010 2  
 1980: 0. 60. 0 0 0 0 1.95 13. 0 0 0 0  
 1.14+9 0 0 5.3+9 6.068+9 6.933+9 7.967+9 9.231+9 10.595+9  
 @KUBIA 7 1980. 0. 0. 5. 11. 10. 29. 15. 54. 20. 87.  
 25. 129. 31. 197. 3333.  
 1980: 0. 170. 0 0 0 0 5.25 35. 0 0 0 0  
 2.98+9 0 0 14.9+9 17.02+9 19.677+9 22.661+9 26.232+9 30.097+9  
 @LINEA 3 1980. 0. 0. 20. 66. 31. 102. 3333.  
 2  
 1 1 1 1 1 1 0 1.  
 50. 1.  
 C C  
 1 999.99 0. 1 0. 0. 1 0.15 0. 1 3. 0  
 2010 2  
 1970: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 AKU21a 9 1970. 0. 1. 5. 6. 10. 13. 15. 24. 20. 42.  
 25. 67. 20. 100. 35. 142. 41. 205. 3333.

1970. 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0  
 GLINEAa 3 1970. 0. 1. 30. 100. 41. 136. 3333.

4  
 1. 0.15 100. 600. 70. 400. 1.75 0. 3. 35. 250. 35. 250. 1.55  
 2 0.15 1.5 1.45 0.15 2.5 1.65

4  
 1. 0.15 100. 600. 70. 400. 1.75 0.15 3. 100. 600. 70. 400. 1.75  
 3 0.15 1.5 1.45 0.3 2.5 1.45 0.15 2.5 1.65

4  
 1. 0.15 100. 600. 70. 400. 1.75 0.3 1. 125. 200. 0. 0. 1.85  
 2 0.15 1.5 1.45 0.15 2.5 1.65

4  
 1. 0.15 100. 600. 70. 400. 1.75 0.15 6. 0. 1000. 0. 900. 1.75  
 1 0.15 2.5 1.65

4  
 1. 0.15 100. 600. 70. 400. 1.75 0.15 6. 0. 500. 0. 400. 1.50  
 1 0.15 1.5 1.45

4  
 1. 0. 100. 600. 70. 400. 1.75 0.15 3. 100. 600. 70. 400. 1.75  
 1 0. 999.99 1.75

## C BRUETERVARIATIONEN ( ANHANG E5 )

ASAND3a

1 1 1 1 1 1 0 1.

50. 1.

C C

6 1. 0.5 8 0. 0.05 1 0.15 0. 1 3. 0.

2010 2

1980. 0. 60. 0 0 0 0 1.95 13. 0 0 0 0

1.14+9 0 0 5.3+9 6.068+9 6.933+9 7.967+9 9.231+9 10.595+9

AKUEIa 7 1980. 0. 0. 5. 11. 10. 29. 15. 54. 20. 87.

25. 129. 31. 197. 3333.

1980. 0. 170. 0 0 0 0 5.25 35. 0 0 0 0

2.98+9 0 0 14.9+9 17.02+9 19.677+9 22.661+9 26.232+9 30.097+9

ALINEAa 3 1980. 0. 0. 20. 66. 31. 102. 3333.

## 1. Grundstrategien

Grundtyp LWR ab 1970

Konverter THTR, LWR, SWR (hohe Plutonium-  
Verzögerungszeit)

Brüter OBR, CBR

### 1.1 Konverter und Brüter ab 1975

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	5	14	28	47	72
GWB	0	2	4	8	14	22
DK	0.5	1.3	2.3	3.3	4.4	5.6
DB	0.2	0.4	0.6	1.0	1.4	1.9
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	13.	58.	160.	346.	643.
IB	0.	2.	17.	48.	102.	190.
PUE/A	0.90	0.90	1.35	1.80	2.55	3.75
PUR/A	0.05	0.13	0.13	-0.11	-0.11	0.01
PURKU	0.64	0.50	1.98	1.78	0.89	0.66
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.1	5.1	14.0	30.3	56.3
BWB00	0.0	0.2	1.5	4.2	8.9	16.6
BWG04	1.8	3.8	5.8	7.4	8.7	9.8
BWK04	0.0	1.0	3.9	9.3	17.4	28.2
BWB04	0.0	0.2	1.1	2.7	5.1	8.3
BWG08	1.88	3.70	5.18	6.19	6.88	7.35
BWK08	0.00	0.87	3.06	6.40	10.59	15.16
BWB08	0.00	0.14	0.84	1.86	3.08	4.43
BWG12	2.00	3.65	4.79	5.43	5.80	6.01
BWK12	0.00	0.77	2.42	4.54	6.75	8.77
BWB12	0.00	0.12	0.65	1.29	1.94	2.54
BWG16	2.111	3.611	4.495	4.915	5.116	5.211
BWK16	0.000	0.692	1.955	3.320	4.518	5.438
BWB16	0.000	0.105	0.510	0.926	1.278	1.549
BWG20	2.239	3.611	4.305	4.583	4.695	4.740
BWK20	0.000	0.622	1.599	2.494	3.159	3.590
BWB20	0.000	0.092	0.406	0.679	0.874	1.001
PFK00	9999.00	0.89	0.20	0.07	0.03	0.02
PFK04	9999.00	1.01	0.26	0.11	0.06	0.04
PFK08	9999.00	1.15	0.33	0.16	0.09	0.07
PFK12	9999.00	1.29	0.41	0.22	0.15	0.11
PFK16	9999.00	1.44	0.51	0.30	0.22	0.18
PFK20	9999.00	1.61	0.63	0.40	0.32	0.28
PFB00	9999.00	5.33	0.68	0.24	0.11	0.06
PFB04	9999.00	6.21	0.91	0.37	0.20	0.12
PFB08	9999.00	7.20	1.19	0.54	0.32	0.23
PFB12	9999.00	8.30	1.54	0.77	0.51	0.39
PFB16	9999.00	9.51	1.96	1.08	0.78	0.65
PFB20	9999.00	10.84	2.46	1.47	1.14	1.00

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K02 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	5	11	20	28	34
GWB	0	2	7	16	33	60
DK	0.5	1.0	1.5	1.7	1.4	0.8
DB	0.2	0.7	1.4	2.6	4.4	6.7
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	13.	55.	134.	258.	419.
IB	0.	2.	20.	73.	189.	414.
PUE/A	0.90	1.20	2.70	4.95	8.55	13.50
PUR/A	0.08	-0.05	0.01	0.01	-0.01	0.31
PURKU	0.64	0.78	0.16	0.84	0.23	0.74
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.1	4.8	11.7	22.6	36.7
BWB00	0.0	0.2	1.8	6.4	16.6	36.2
BWG04	1.8	3.8	5.8	7.4	8.7	9.8
BWK04	0.0	1.0	3.7	7.9	13.4	19.2
BWB04	0.0	0.2	1.3	4.1	9.2	17.3
BWG08	1.88	3.70	5.18	6.19	6.88	7.35
BWK08	0.00	0.87	2.89	5.52	8.33	10.82
BWB08	0.00	0.14	1.00	2.74	5.34	8.77
BWG12	2.00	3.65	4.79	5.43	5.80	6.01
BWK12	0.00	0.77	2.30	3.97	5.46	6.56
BWB12	0.00	0.12	0.77	1.87	3.24	4.75
BWG16	2.111	3.611	4.495	4.915	5.116	5.211
BWK16	0.000	0.692	1.864	2.939	3.749	4.254
BWB16	0.000	0.105	0.601	1.307	2.047	2.733
BWG20	2.239	3.611	4.305	4.583	4.695	4.740
BWK20	0.000	0.622	1.530	2.237	2.687	2.925
BWB20	0.000	0.092	0.475	0.936	1.346	1.667
PFK00	9999.00	0.89	0.21	0.09	0.04	0.03
PFK04	9999.00	1.01	0.27	0.13	0.07	0.05
PFK08	9999.00	1.15	0.35	0.18	0.12	0.09
PFK12	9999.00	1.29	0.43	0.25	0.18	0.15
PFK16	9999.00	1.44	0.54	0.34	0.27	0.24
PFK20	9999.00	1.61	0.65	0.45	0.37	0.34
PFB00	9999.00	5.33	0.56	0.16	0.06	0.03
PFB04	9999.00	6.21	0.75	0.24	0.11	0.06
PFB08	9999.00	7.20	1.00	0.36	0.19	0.11
PFB12	9999.00	8.30	1.30	0.54	0.31	0.21
PFB16	9999.00	9.51	1.66	0.77	0.49	0.37
PFB20	9999.00	10.84	2.11	1.07	0.74	0.60

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K03 DPU=-0.300 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	5	9	14	17	17
GWB	0	2	9	22	44	77
DK	0.5	0.8	0.9	0.8	0.3	0.0
DB	0.2	0.9	2.0	3.5	5.5	7.5
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	12.	50.	111.	192.	277.
IB	0.	3.	25.	97.	256.	556.
PUE/A	0.90	1.50	3.75	7.05	11.25	16.35
PUR/A	0.11	-0.06	-0.04	0.21	0.48	1.55
PURKU	0.64	1.06	0.04	0.68	2.17	5.47
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.1	4.4	9.7	16.8	24.3
BWB00	0.0	0.3	2.2	8.5	22.4	48.7
BWG04	1.8	3.8	5.8	7.4	8.7	9.8
BWK04	0.0	0.9	3.4	6.6	10.2	13.3
BWB04	0.0	0.2	1.6	5.4	12.4	23.2
BWG08	1.88	3.70	5.18	6.19	6.88	7.35
BWK08	0.00	0.83	2.66	4.69	6.53	7.86
BWB08	0.00	0.18	1.23	3.57	7.14	11.73
BWG12	2.00	3.65	4.79	5.43	5.80	6.01
BWK12	0.00	0.74	2.13	3.42	4.40	4.99
BWB12	0.00	0.16	0.95	2.42	4.30	6.33
BWG16	2.111	3.611	4.495	4.915	5.116	5.211
BWK16	0.000	0.661	1.729	2.563	3.098	3.368
BWB16	0.000	0.137	0.736	1.682	2.699	3.620
BWG20	2.239	3.611	4.305	4.583	4.695	4.740
BWK20	0.000	0.595	1.426	1.975	2.272	2.400
BWB20	0.000	0.119	0.579	1.198	1.761	2.192
PFK00	9999.00	0.94	0.23	0.10	0.06	0.04
PFK04	9999.00	1.07	0.30	0.15	0.10	0.08
PFK08	9999.00	1.21	0.38	0.21	0.15	0.13
PFK12	9999.00	1.36	0.47	0.29	0.23	0.20
PFK16	9999.00	1.51	0.58	0.39	0.32	0.30
PFK20	9999.00	1.68	0.70	0.51	0.44	0.42
PFB00	9999.00	4.00	0.45	0.12	0.04	0.02
PFB04	9999.00	4.69	0.61	0.18	0.08	0.04
PFB08	9999.00	5.48	0.81	0.28	0.14	0.09
PFB12	9999.00	6.35	1.06	0.41	0.23	0.16
PFB16	9999.00	7.32	1.36	0.59	0.37	0.28
PFB20	9999.00	8.40	1.73	0.83	0.57	0.46

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	6	16	32	55	85
GWB	0	1	2	4	6	9
DK	0.6	1.5	2.6	3.9	5.3	6.9
DB	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	14.	67.	184.	399.	747.
IB	0.	1.	8.	23.	48.	85.
PUE/A	0.90	0.90	1.05	1.35	1.65	1.95
PUR/A	0.12	0.19	0.04	-0.04	-0.06	-0.00
PURKU	0.64	1.17	2.52	1.60	2.10	1.03
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.3	5.9	16.1	35.0	65.5
BWB00	0.0	0.1	0.7	2.0	4.2	7.4
BWG04	1.8	3.8	5.8	7.4	8.7	9.8
BWK04	0.0	1.1	4.5	10.7	20.1	32.7
BWB04	0.0	0.1	0.5	1.3	2.4	3.8
BWG08	1.88	3.70	5.18	6.19	6.88	7.35
BWK08	0.00	0.97	3.50	7.36	12.21	17.57
BWB08	0.00	0.04	0.39	0.90	1.46	2.03
BWG12	2.00	3.65	4.79	5.43	5.80	6.01
BWK12	0.00	0.86	2.77	5.22	7.78	10.14
BWB12	0.00	0.04	0.30	0.62	0.92	1.17
BWG16	2.111	3.611	4.495	4.915	5.116	5.211
BWK16	0.000	0.766	2.233	3.807	5.197	6.273
BWB16	0.000	0.031	0.232	0.438	0.599	0.714
BWG20	2.239	3.611	4.305	4.583	4.695	4.740
BWK20	0.000	0.687	1.823	2.855	3.626	4.131
BWB20	0.000	0.027	0.182	0.317	0.407	0.461
PFK00	9999.00	0.80	0.17	0.06	0.03	0.02
PFK04	9999.00	0.91	0.22	0.09	0.05	0.03
PFK08	9999.00	1.03	0.29	0.14	0.08	0.06
PFK12	9999.00	1.17	0.36	0.19	0.13	0.10
PFK16	9999.00	1.31	0.45	0.26	0.19	0.16
PFK20	9999.00	1.46	0.55	0.35	0.28	0.24
PFB00	9999.00	15.98	1.43	0.49	0.24	0.13
PFB04	9999.00	19.17	1.92	0.75	0.41	0.27
PFB08	9999.00	22.85	2.55	1.12	0.69	0.49
PFB12	9999.00	27.05	3.34	1.61	1.09	0.86
PFB16	9999.00	31.83	4.31	2.28	1.67	1.40
PFB20	9999.00	37.26	5.49	3.15	2.46	2.17

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K02 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	6	14	27	43	60
GWB	0	1	4	9	18	34
DK	0.6	1.3	2.1	2.9	3.3	3.6
DB	0.1	0.4	0.8	1.4	2.5	3.9
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	14.	64.	167.	342.	599.
IB	0.	1.	11.	40.	106.	233.
PUE/A	0.90	1.20	2.55	4.80	8.10	12.75
PUR/A	0.14	-0.02	0.00	0.28	0.00	-0.05
PURKU	0.64	1.45	0.48	1.49	3.24	1.54
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.3	5.6	14.7	29.9	52.5
BWB00	0.0	0.1	0.9	3.5	9.3	20.4
BWG04	1.8	3.8	5.8	7.4	8.7	9.8
BWK04	0.0	1.1	4.3	9.8	17.4	26.8
BWB04	0.0	0.1	0.7	2.3	5.1	9.7
BWG08	1.88	3.70	5.18	6.19	6.88	7.35
BWK08	0.00	0.97	3.37	6.77	10.72	14.69
BWB08	0.00	0.04	0.52	1.48	2.95	4.90
BWG12	2.00	3.65	4.79	5.43	5.80	6.01
BWK12	0.00	0.86	2.68	4.83	6.92	8.68
BWB12	0.00	0.04	0.40	1.00	1.78	2.64
BWG16	2.111	3.611	4.495	4.915	5.116	5.211
BWK16	0.000	0.766	2.161	3.550	4.682	5.484
BWB16	0.000	0.031	0.304	0.696	1.114	1.504
BWG20	2.239	3.611	4.305	4.583	4.695	4.740
BWK20	0.000	0.687	1.768	2.679	3.308	3.685
BWB20	0.000	0.027	0.237	0.493	0.725	0.907
PFK00	9999.00	0.80	0.18	0.07	0.03	0.02
PFK04	9999.00	0.91	0.23	0.10	0.06	0.04
PFK08	9999.00	1.03	0.30	0.15	0.09	0.07
PFK12	9999.00	1.17	0.37	0.21	0.14	0.12
PFK16	9999.00	1.31	0.46	0.28	0.21	0.18
PFK20	9999.00	1.46	0.57	0.37	0.30	0.27
PFB00	9999.00	15.98	1.07	0.28	0.11	0.05
PFB04	9999.00	19.17	1.44	0.44	0.20	0.10
PFB08	9999.00	22.85	1.92	0.67	0.34	0.20
PFB12	9999.00	27.05	2.53	1.00	0.56	0.38
PFB16	9999.00	31.83	3.29	1.44	0.90	0.67
PFB20	9999.00	37.26	4.22	2.03	1.38	1.10

- 6 -

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K03 DPU=-0.300 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	6	13	23	33	42
GWB	0	1	5	13	28	52
DK	0.6	1.2	1.7	2.0	1.9	1.8
DB	0.1	0.5	1.2	2.3	3.9	5.7
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	14.	62.	152.	293.	484.
IB	0.	1.	13.	55.	155.	348.
PUE/A	0.90	1.50	4.05	7.50	12.45	19.05
PUR/A	0.17	0.11	0.11	0.07	-0.27	0.01
PURKU	0.64	1.72	1.71	2.85	2.37	0.18
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.3	5.4	13.3	25.7	42.4
BWB00	0.0	0.1	1.1	4.9	13.6	30.5
BWG04	1.8	3.8	5.8	7.4	8.7	9.8
BWK04	0.0	1.1	4.2	9.0	15.2	22.1
BWB04	0.0	0.1	0.8	3.1	7.4	14.4
BWG08	1.88	3.70	5.18	6.19	6.88	7.35
BWK08	0.00	0.97	3.27	6.25	9.44	12.40
BWB08	0.00	0.04	0.62	2.01	4.23	7.19
BWG12	2.00	3.65	4.79	5.43	5.80	6.01
BWK12	0.00	0.86	2.61	4.49	6.19	7.49
BWB12	0.00	0.04	0.47	1.34	2.51	3.82
BWG16	2.111	3.611	4.495	4.915	5.116	5.211
BWK16	0.000	0.766	2.107	3.327	4.245	4.843
BWB16	0.000	0.031	0.358	0.919	1.551	2.144
BWG20	2.239	3.611	4.305	4.583	4.695	4.740
BWK20	0.000	0.687	1.728	2.529	3.040	3.321
BWB20	0.000	0.027	0.277	0.643	0.993	1.270
PFK00	9999.00	0.80	0.18	0.08	0.04	0.02
PFK04	9999.00	0.91	0.24	0.11	0.07	0.05
PFK08	9999.00	1.03	0.31	0.16	0.11	0.08
PFK12	9999.00	1.17	0.38	0.22	0.16	0.13
PFK16	9999.00	1.31	0.47	0.30	0.24	0.21
PFK20	9999.00	1.46	0.58	0.40	0.33	0.30
PFB00	9999.00	15.98	0.88	0.21	0.07	0.03
PFB04	9999.00	19.17	1.20	0.32	0.13	0.07
PFB08	9999.00	22.85	1.61	0.50	0.24	0.14
PFB12	9999.00	27.05	2.14	0.75	0.40	0.26
PFB16	9999.00	31.83	2.79	1.09	0.64	0.47
PFB20	9999.00	37.26	3.61	1.56	1.01	0.79

- 1 -

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER {01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	10	16	19	19	19
GWB	0	7	17	31	47	63
DK	1.0	1.5	0.9	0.3	0.0	0.0
DB	0.7	1.7	2.4	3.0	3.2	3.3
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	27.	92.	186.	278.	371.
IB	0.	15.	69.	188.	376.	641.
PUE/A	2.70	3.30	4.65	6.60	9.00	11.40
PUR/A	0.09	-0.07	0.01	0.71	2.41	4.99
PURKU	0.82	0.90	0.09	1.01	7.22	25.13
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	2.3	8.0	16.3	24.4	32.5
BWB00	0.0	1.3	6.1	16.5	32.9	56.2
BWG04	4.9	11.8	17.5	22.5	26.3	29.5
BWK04	0.0	2.0	6.2	11.2	15.3	18.7
BWB04	0.0	1.1	4.6	10.9	19.1	28.7
BWG08	5.09	11.36	15.67	18.78	20.76	22.12
BWK08	0.00	1.79	4.94	8.05	10.15	11.59
BWB08	0.00	0.99	3.58	7.45	11.64	15.73
BWG12	5.41	11.12	14.41	16.38	17.44	18.04
BWK12	0.00	1.59	3.98	5.95	7.06	7.70
BWB12	0.00	0.87	2.82	5.26	7.46	9.27
BWG16	5.724	10.959	13.497	14.778	15.349	15.625
BWK16	0.000	1.419	3.250	4.525	5.127	5.418
BWB16	0.000	0.774	2.261	3.825	5.014	5.835
BWG20	6.072	10.894	12.876	13.721	14.037	14.167
BWK20	0.000	1.275	2.694	3.533	3.867	4.004
BWB20	0.000	0.689	1.836	2.858	3.514	3.899
PFK00	9999.00	0.43	0.12	0.06	0.04	0.03
PFK04	9999.00	0.49	0.16	0.09	0.07	0.05
PFK08	9999.00	0.56	0.20	0.12	0.10	0.09
PFK12	9999.00	0.63	0.25	0.17	0.14	0.13
PFK16	9999.00	0.70	0.31	0.22	0.20	0.18
PFK20	9999.00	0.78	0.37	0.28	0.26	0.25
PFB00	9999.00	0.76	0.16	0.06	0.03	0.02
PFB04	9999.00	0.88	0.22	0.09	0.05	0.03
PFB08	9999.00	1.01	0.28	0.13	0.09	0.06
PFB12	9999.00	1.14	0.35	0.19	0.13	0.11
PFB16	9999.00	1.29	0.44	0.26	0.20	0.17
PFB20	9999.00	1.45	0.54	0.35	0.28	0.26

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K02 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	10	13	13	13	13
GWB	0	7	20	37	53	69
DK	1.0	1.2	0.3	0.0	0.0	0.0
DB	0.7	2.0	3.0	3.3	3.2	3.3
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	26.	83.	150.	214.	277.
IB	0.	16.	78.	223.	440.	735.
PUE/A	2.70	4.05	6.75	9.45	11.85	14.25
PUR/A	0.16	0.10	0.85	2.84	5.19	7.86
PURKU	0.82	1.63	1.83	10.11	30.22	62.04
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	2.3	7.3	13.2	18.7	24.3
BWB00	0.0	1.4	6.8	19.5	38.6	64.4
BWG04	4.9	11.8	17.5	22.5	26.3	29.5
BWK04	0.0	2.0	5.7	9.3	12.1	14.4
BWB04	0.0	1.2	5.2	12.9	22.3	33.0
BWG08	5.09	11.36	15.67	18.78	20.76	22.12
BWK08	0.00	1.75	4.52	6.77	8.20	9.18
BWB08	0.00	1.03	4.00	8.74	13.59	18.13
BWG12	5.41	11.12	14.41	16.38	17.44	18.04
BWK12	0.00	1.56	3.66	5.09	5.85	6.28
BWB12	0.00	0.91	3.14	6.12	8.68	10.68
BWG16	5.724	10.959	13.497	14.778	15.349	15.625
BWK16	0.000	1.393	3.010	3.935	4.346	4.546
BWB16	0.000	0.800	2.500	4.416	5.794	6.708
BWG20	6.072	10.894	12.876	13.721	14.037	14.167
BWK20	0.000	1.252	2.509	3.119	3.348	3.441
BWB20	0.000	0.711	2.021	3.272	4.034	4.462
PFK00	9999.00	0.44	0.14	0.08	0.05	0.04
PFK04	9999.00	0.50	0.18	0.11	0.08	0.07
PFK08	9999.00	0.57	0.22	0.15	0.12	0.11
PFK12	9999.00	0.64	0.27	0.20	0.17	0.16
PFK16	9999.00	0.72	0.33	0.25	0.23	0.22
PFK20	9999.00	0.80	0.40	0.32	0.30	0.29
PFB00	9999.00	0.73	0.15	0.05	0.03	0.02
PFB04	9999.00	0.85	0.19	0.08	0.04	0.03
PFB08	9999.00	0.97	0.25	0.11	0.07	0.06
PFB12	9999.00	1.10	0.32	0.16	0.12	0.09
PFB16	9999.00	1.25	0.40	0.23	0.17	0.15
PFB20	9999.00	1.41	0.49	0.31	0.25	0.22

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K03 DPU=-0.300 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	9	10	10	10	10
GWB	0	8	23	40	56	72
DK	0.9	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0
DB	0.8	2.3	3.2	3.3	3.2	3.3
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	26.	74.	126.	175.	224.
IB	0.	16.	87.	247.	479.	789.
PUE/A	2.70	4.80	8.40	10.95	13.35	15.75
PUR/A	0.03	0.23	1.91	4.37	6.66	9.37
PURKU	0.82	0.35	3.12	19.44	46.87	86.00
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	2.3	6.5	11.1	15.3	19.6
BWB00	0.0	1.4	7.6	21.7	42.0	69.1
BWG04	4.9	11.8	17.5	22.5	26.3	29.5
BWK04	0.0	2.0	5.1	7.9	10.0	11.8
BWB04	0.0	1.2	5.7	14.2	24.3	35.5
BWG08	5.09	11.36	15.67	18.78	20.76	22.12
BWK08	0.00	1.75	4.13	5.85	6.96	7.71
BWB08	0.00	1.03	4.40	9.65	14.83	19.60
BWG12	5.41	11.12	14.41	16.38	17.44	18.04
BWK12	0.00	1.56	3.37	4.47	5.05	5.39
BWB12	0.00	0.91	3.43	6.74	9.47	11.58
BWG16	5.724	10.959	13.497	14.778	15.349	15.625
BWK16	0.000	1.393	2.790	3.501	3.818	3.971
BWB16	0.000	0.800	2.721	4.850	6.323	7.283
BWG20	6.072	10.894	12.876	13.721	14.037	14.167
BWK20	0.000	1.252	2.342	2.811	2.987	3.059
BWB20	0.000	0.711	2.188	3.581	4.395	4.845
PEK00	9999.00	0.44	0.15	0.09	0.07	0.05
PEK04	9999.00	0.50	0.19	0.13	0.10	0.08
PEK08	9999.00	0.57	0.24	0.17	0.14	0.13
PEK12	9999.00	0.64	0.30	0.22	0.20	0.19
PEK16	9999.00	0.72	0.36	0.29	0.26	0.25
PEK20	9999.00	0.80	0.43	0.36	0.33	0.33
PFB00	9999.00	0.73	0.13	0.05	0.02	0.01
PFB04	9999.00	0.85	0.17	0.07	0.04	0.03
PFB08	9999.00	0.97	0.23	0.10	0.07	0.05
PFB12	9999.00	1.10	0.29	0.15	0.11	0.09
PFB16	9999.00	1.25	0.37	0.21	0.16	0.14
PFB20	9999.00	1.41	0.46	0.28	0.23	0.21

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KO1 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	13	24	35	44	50
GWB	0	4	9	15	22	32
DK	1.3	2.3	2.2	2.0	1.5	1.1
DB	0.4	0.9	1.1	1.3	1.7	2.2
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	34.	124.	277.	469.	698.
IB	0.	8.	37.	96.	185.	314.
PUE/A	2.70	3.00	3.60	4.50	5.55	6.90
PUR/A	0.09	-0.05	0.07	0.26	-0.15	-0.26
PURKU	0.82	0.91	0.33	1.57	2.98	0.08
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	3.0	10.9	24.3	41.0	61.2
BWB00	0.0	0.7	3.2	8.4	16.2	27.5
BWG04	4.9	11.8	17.5	22.5	26.3	29.5
BWK04	0.0	2.6	8.4	16.5	24.9	33.2
BWB04	0.0	0.6	2.4	5.6	9.5	14.1
BWG08	5.09	11.36	15.67	18.78	20.76	22.12
BWK08	0.00	2.29	6.64	11.67	15.96	19.51
BWB08	0.00	0.50	1.88	3.84	5.82	7.80
BWG12	5.41	11.12	14.41	16.38	17.44	18.04
BWK12	0.00	2.03	5.32	8.50	10.76	12.33
BWB12	0.00	0.44	1.48	2.71	3.76	4.63
BWG16	5.724	10.959	13.497	14.778	15.349	15.625
BWK16	0.000	1.810	4.330	6.378	7.604	8.320
BWB16	0.000	0.383	1.180	1.972	2.536	2.933
BWG20	6.072	10.894	12.876	13.721	14.037	14.167
BWK20	0.000	1.624	3.576	4.919	5.598	5.934
BWB20	0.000	0.339	0.954	1.472	1.784	1.970
PFK00	9999.00	0.34	0.09	0.04	0.02	0.02
PFK04	9999.00	0.39	0.12	0.06	0.04	0.03
PFK08	9999.00	0.44	0.15	0.09	0.06	0.05
PFK12	9999.00	0.49	0.19	0.12	0.09	0.08
PFK16	9999.00	0.55	0.23	0.16	0.13	0.12
PFK20	9999.00	0.62	0.28	0.20	0.18	0.17
PFB00	9999.00	1.50	0.31	0.12	0.06	0.04
PFB04	9999.00	1.74	0.41	0.18	0.11	0.07
PFB08	9999.00	2.00	0.53	0.26	0.17	0.13
PFB12	9999.00	2.29	0.68	0.37	0.27	0.22
PFB16	9999.00	2.61	0.85	0.51	0.39	0.34
PFB20	9999.00	2.95	1.05	0.68	0.56	0.51

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K02 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	13	21	26	27	27
GWB	0	4	12	24	39	55
DK	1.3	2.0	1.3	0.6	0.1	0.0
DB	0.4	1.2	2.0	2.7	3.1	3.3
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	34.	118.	243.	374.	506.
IB	0.	8.	43.	130.	280.	506.
PUE/A	2.70	3.90	6.45	9.15	11.85	14.25
PUR/A	0.18	-0.07	-0.12	0.20	1.19	3.46
PURKU	0.82	1.82	0.08	0.65	2.11	12.60
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	3.0	10.4	21.3	32.8	44.3
BWB00	0.0	0.7	3.7	11.4	24.5	44.4
BWG04	4.9	11.8	17.5	22.5	26.3	29.5
BWK04	0.0	2.6	8.0	14.7	20.4	25.2
BWB04	0.0	0.6	2.8	7.4	13.9	22.1
BWG08	5.09	11.36	15.67	18.78	20.76	22.12
BWK08	0.00	2.29	6.36	10.49	13.45	15.50
BWB08	0.00	0.50	2.16	5.01	8.33	11.82
BWG12	5.41	11.12	14.41	16.38	17.44	18.04
BWK12	0.00	2.03	5.11	7.73	9.30	10.21
BWB12	0.00	0.44	1.69	3.48	5.22	6.76
BWG16	5.724	10.959	13.497	14.778	15.349	15.625
BWK16	0.000	1.810	4.176	5.868	6.717	7.131
BWB16	0.000	0.383	1.335	2.483	3.423	4.122
BWG20	6.072	10.894	12.876	13.721	14.037	14.167
BWK20	0.000	1.624	3.459	4.571	5.042	5.237
BWB20	0.000	0.339	1.071	1.820	2.339	2.666
PFK00	9999.00	0.34	0.10	0.05	0.03	0.02
PFK04	9999.00	0.39	0.12	0.07	0.05	0.04
PFK08	9999.00	0.44	0.16	0.10	0.07	0.06
PFK12	9999.00	0.49	0.20	0.13	0.11	0.10
PFK16	9999.00	0.55	0.24	0.17	0.15	0.14
PFK20	9999.00	0.62	0.29	0.22	0.20	0.19
PFB00	9999.00	1.50	0.27	0.09	0.04	0.02
PFB04	9999.00	1.74	0.35	0.13	0.07	0.05
PFB08	9999.00	2.00	0.46	0.20	0.12	0.08
PFB12	9999.00	2.29	0.59	0.29	0.19	0.15
PFB16	9999.00	2.61	0.75	0.40	0.29	0.24
PFB20	9999.00	2.95	0.93	0.55	0.43	0.38

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K03 DPU=-0.300 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	13	19	19	19	19
GWB	0	4	14	31	47	63
DK	1.3	1.8	0.6	0.0	0.0	0.0
DB	0.4	1.4	2.7	3.3	3.2	3.3
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	34.	111.	210.	302.	395.
IB	0.	8.	50.	164.	352.	617.
PUE/A	2.70	4.80	9.00	12.30	14.70	17.10
PUR/A	0.27	0.21	-0.08	1.18	3.71	6.33
PURKU	0.82	2.73	2.88	1.98	14.66	39.05
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	2.9	9.7	18.4	26.5	34.6
BWB00	0.0	0.7	4.4	14.3	30.8	54.1
BWG04	4.9	11.8	17.5	22.5	26.3	29.5
BWK04	0.0	2.6	7.6	12.9	16.9	20.3
BWB04	0.0	0.6	3.3	9.3	17.5	27.0
BWG08	5.09	11.36	15.67	18.78	20.76	22.12
BWK08	0.00	2.27	6.03	9.31	11.41	12.85
BWB08	0.00	0.52	2.49	6.19	10.38	14.47
BWG12	5.41	11.12	14.41	16.38	17.44	18.04
BWK12	0.00	2.01	4.87	6.96	8.06	8.70
BWB12	0.00	0.45	1.93	4.25	6.46	8.26
BWG16	5.724	10.959	13.497	14.778	15.349	15.625
BWK16	0.000	1.796	3.992	5.344	5.945	6.237
BWB16	0.000	0.397	1.518	3.007	4.195	5.017
BWG20	6.072	10.894	12.876	13.721	14.037	14.167
BWK20	0.000	1.613	3.319	4.210	4.544	4.681
BWB20	0.000	0.350	1.211	2.181	2.837	3.222
PFK00	9999.00	0.34	0.10	0.05	0.04	0.03
PFK04	9999.00	0.39	0.13	0.08	0.06	0.05
PFK08	9999.00	0.44	0.17	0.11	0.09	0.08
PFK12	9999.00	0.50	0.21	0.14	0.12	0.11
PFK16	9999.00	0.56	0.25	0.19	0.17	0.16
PFK20	9999.00	0.62	0.30	0.24	0.22	0.21
PFB00	9999.00	1.44	0.23	0.07	0.03	0.02
PFB04	9999.00	1.67	0.31	0.11	0.06	0.04
PFB08	9999.00	1.93	0.40	0.16	0.10	0.07
PFB12	9999.00	2.21	0.52	0.24	0.15	0.12
PFB16	9999.00	2.52	0.66	0.33	0.24	0.20
PFB20	9999.00	2.86	0.83	0.46	0.35	0.31

---

1.2 Konverter und Brüter ab 1980

- 1 -

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZETT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	6	18	33	52
GWB		0	5	11	21	35
DK		0.6	1.7	2.7	3.4	4.1
DB		0.5	1.1	1.6	2.4	3.4
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	16.	75.	201.	413.
IB		0.	9.	48.	127.	264.
PUE/A		1.95	2.25	3.30	4.65	6.60
PUR/A		0.01	0.10	0.13	-0.09	-0.12
PURKU		0.89	0.13	1.93	1.39	0.99
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.4	6.6	17.6	36.2
BWB00		0.0	0.8	4.2	11.1	23.2
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.2	5.0	11.7	21.0
BWB04		0.0	0.7	3.2	7.4	13.4
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.09	3.91	8.07	12.87
BWB08		0.00	0.60	2.46	5.07	8.17
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.97	3.10	5.74	8.28
BWB12		0.00	0.53	1.94	3.59	5.23
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.870	2.502	4.203	5.582
BWB16		0.000	0.469	1.545	2.611	3.501
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.785	2.048	3.164	3.930
BWB20		0.000	0.417	1.251	1.950	2.444
PFK00		9999.00	0.72	0.15	0.06	0.03
PFK04		9999.00	0.82	0.20	0.09	0.05
PFK08		9999.00	0.92	0.26	0.12	0.08
PFK12		9999.00	1.03	0.32	0.17	0.12
PFK16		9999.00	1.15	0.40	0.24	0.18
PFK20		9999.00	1.27	0.49	0.32	0.25
PFB00		9999.00	1.26	0.24	0.09	0.04
PFB04		9999.00	1.45	0.31	0.14	0.07
PFB08		9999.00	1.66	0.41	0.20	0.12
PFB12		9999.00	1.89	0.52	0.28	0.19
PFB16		9999.00	2.13	0.65	0.38	0.29
PFB20		9999.00	2.40	0.80	0.51	0.41

- 2 -

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K02 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	6	15	23	29
GWB		0	5	14	31	58
DK		0.6	1.4	1.7	1.4	0.8
DB		0.5	1.4	2.6	4.4	6.7
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	16.	70.	168.	304.
IB		0.	9.	52.	159.	374.
PUE/A		1.95	2.70	4.95	8.55	13.50
PUR/A		0.06	0.03	0.00	-0.01	0.31
PURKU		0.89	0.55	1.16	0.59	1.11
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.4	6.1	14.8	26.6
BWB00		0.0	0.8	4.6	13.9	32.8
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.2	4.7	10.0	15.9
BWB04		0.0	0.7	3.5	9.1	18.5
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.09	3.70	6.96	10.04
BWB08		0.00	0.60	2.68	6.18	11.01
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.97	2.94	5.02	6.65
BWB12		0.00	0.53	2.10	4.31	6.86
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.870	2.382	3.723	4.612
BWB16		0.000	0.469	1.666	3.091	4.470
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.785	1.956	2.839	3.334
BWB20		0.000	0.417	1.342	2.276	3.040
PFK00		9999.00	0.72	0.16	0.07	0.04
PFK04		9999.00	0.82	0.21	0.10	0.06
PFK08		9999.00	0.92	0.27	0.14	0.10
PFK12		9999.00	1.03	0.34	0.20	0.15
PFK16		9999.00	1.15	0.42	0.27	0.22
PFK20		9999.00	1.27	0.51	0.35	0.30
PFB00		9999.00	1.26	0.22	0.07	0.03
PFB04		9999.00	1.45	0.29	0.11	0.05
PFB08		9999.00	1.66	0.37	0.16	0.09
PFB12		9999.00	1.89	0.48	0.23	0.15
PFB16		9999.00	2.13	0.60	0.32	0.22
PFB20		9999.00	2.40	0.75	0.44	0.33

- 3 -

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K03 DPU=-0.300 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	6	12	16	17
GWB		0	5	17	38	70
DK		0.6	1.1	1.0	0.5	0.1
DB		0.5	1.7	3.3	5.3	7.4
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	16.	65.	139.	223.
IB		0.	9.	58.	188.	455.
PUE/A		1.95	3.15	6.45	11.10	16.35
PUR/A		0.10	-0.07	0.10	0.59	1.64
PURKU		0.89	0.98	0.23	2.01	6.15
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.4	5.7	12.2	19.5
BWB00		0.0	0.8	5.1	16.5	39.8
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.2	4.4	8.4	12.1
BWB04		0.0	0.7	3.8	10.7	22.4
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.09	3.45	5.94	7.85
BWB08		0.00	0.60	2.92	7.20	13.20
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.97	2.77	4.35	5.36
BWB12		0.00	0.53	2.27	4.98	8.14
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.870	2.250	3.276	3.831
BWB16		0.000	0.469	1.798	3.538	5.252
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.785	1.857	2.534	2.843
BWB20		0.000	0.417	1.441	2.581	3.531
PEK00		9999.00	0.72	0.18	0.08	0.05
PEK04		9999.00	0.82	0.23	0.12	0.08
PEK08		9999.00	0.92	0.29	0.17	0.13
PEK12		9999.00	1.03	0.36	0.23	0.19
PEK16		9999.00	1.15	0.44	0.31	0.26
PEK20		9999.00	1.27	0.54	0.39	0.35
PFB00		9999.00	1.26	0.20	0.06	0.03
PFB04		9999.00	1.45	0.26	0.09	0.04
PFB08		9999.00	1.66	0.34	0.14	0.08
PFB12		9999.00	1.89	0.44	0.20	0.12
PFB16		9999.00	2.13	0.56	0.28	0.19
PFB20		9999.00	2.40	0.69	0.39	0.28

- 4 -

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER 802 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	9	23	44	72
GWB		0	2	6	10	15
DK		0.9	2.2	3.5	4.9	6.3
DB		0.2	0.6	0.8	0.9	1.2
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	20.	98.	264.	550.
IB		0.	5.	25.	64.	127.
PUE/A		1.95	2.10	2.55	3.15	3.90
PUR/A		0.31	0.04	-0.09	0.20	-0.03
PURKU		0.89	3.14	1.31	2.24	3.28
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.8	8.6	23.1	48.2
BWB00		0.0	0.4	2.2	5.6	11.1
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.6	15.4	27.9
BWB04		0.0	0.3	1.6	3.7	6.5
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.39	5.11	10.58	17.05
BWB08		0.00	0.30	1.26	2.57	4.00
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.24	4.05	7.51	10.93
BWB12		0.00	0.26	0.99	1.82	2.58
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.106	3.256	5.489	7.346
BWB16		0.000	0.233	0.792	1.326	1.736
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.995	2.659	4.124	5.155
BWB20		0.000	0.206	0.640	0.990	1.219
PFK00		9999.00	0.56	0.12	0.04	0.02
PEK04		9999.00	0.64	0.15	0.07	0.04
PEK08		9999.00	0.72	0.20	0.09	0.06
PFK12		9999.00	0.81	0.25	0.13	0.09
PFK16		9999.00	0.90	0.31	0.18	0.14
PEK20		9999.00	1.00	0.38	0.24	0.19
PFB00		9999.00	2.51	0.47	0.18	0.09
PFB04		9999.00	2.90	0.61	0.27	0.15
PFB08		9999.00	3.33	0.79	0.39	0.25
PFB12		9999.00	3.79	1.01	0.55	0.39
PFB16		9999.00	4.30	1.26	0.75	0.58
PFB20		9999.00	4.85	1.56	1.01	0.82

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KO2 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER BO2 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	21	37	54
GWB		0	3	8	17	33
DK		0.8	2.0	2.9	3.3	3.6
DB		0.3	0.8	1.4	2.5	3.9
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	20.	94.	239.	467.
IB		0.	5.	29.	89.	210.
PUE/A		1.95	2.55	4.80	8.10	12.75
PUR/A		0.03	0.04	0.27	-0.00	-0.05
PURKU		0.89	0.30	1.31	3.02	1.26
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.8	8.2	20.9	40.9
BWB00		0.0	0.4	2.5	7.8	18.4
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.3	14.0	24.0
BWB04		0.0	0.3	1.9	5.1	10.4
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.39	4.92	9.72	14.89
BWB08		0.00	0.30	1.46	3.43	6.16
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.24	3.90	6.95	9.69
BWB12		0.00	0.26	1.14	2.38	3.82
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.106	3.150	5.116	6.603
BWB16		0.000	0.233	0.898	1.699	2.480
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.995	2.578	3.870	4.697
BWB20		0.000	0.206	0.720	1.245	1.677
PFK00		9999.00	0.56	0.12	0.05	0.02
PFK04		9999.00	0.64	0.16	0.07	0.04
PFK08		9999.00	0.72	0.20	0.10	0.07
PFK12		9999.00	0.81	0.26	0.14	0.10
PFK16		9999.00	0.90	0.32	0.20	0.15
PFK20		9999.00	1.00	0.39	0.26	0.21
PFB00		9999.00	2.51	0.40	0.13	0.05
PFB04		9999.00	2.90	0.53	0.20	0.10
PFB08		9999.00	3.33	0.69	0.29	0.16
PFB12		9999.00	3.79	0.88	0.42	0.26
PFB16		9999.00	4.30	1.11	0.59	0.40
PFB20		9999.00	4.85	1.39	0.80	0.60

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K03 DPU=-0.300 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	19	30	41
GWB		0	3	10	24	46
DK		0.8	1.8	2.2	2.2	1.9
DB		0.3	1.0	2.1	3.6	5.6
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	20.	90.	215.	395.
IB		0.	5.	33.	112.	282.
PUE/A		1.95	3.00	6.90	12.00	18.45
PUR/A		0.08	0.02	0.01	0.21	-0.05
PURKU		0.89	0.79	1.09	0.93	3.17
BW600		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.8	7.9	18.9	34.6
BWB00		0.0	0.4	2.9	9.8	24.7
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.0	12.7	20.6
BWB04		0.0	0.3	2.2	6.4	13.8
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.39	4.72	8.89	12.98
BWB08		0.00	0.30	1.65	4.25	8.07
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.24	3.76	6.41	8.58
BWB12		0.00	0.26	1.28	2.92	4.93
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.106	3.040	4.752	5.932
BWB16		0.000	0.233	1.008	2.062	3.151
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.995	2.494	3.620	4.277
BWB20		0.000	0.206	0.804	1.494	2.097
PFK00		9999.00	0.56	0.13	0.05	0.03
PFK04		9999.00	0.64	0.17	0.08	0.05
PFK08		9999.00	0.72	0.21	0.11	0.08
PFK12		9999.00	0.81	0.27	0.16	0.12
PFK16		9999.00	0.90	0.33	0.21	0.17
PFK20		9999.00	1.00	0.40	0.28	0.23
PFB00		9999.00	2.51	0.35	0.10	0.04
PFB04		9999.00	2.90	0.46	0.16	0.07
PFB08		9999.00	3.33	0.61	0.24	0.12
PFB12		9999.00	3.79	0.78	0.34	0.20
PFB16		9999.00	4.30	0.99	0.48	0.32
PFB20		9999.00	4.85	1.24	0.67	0.48

- 1 -

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	3	3	3	3
GWB		0	14	30	47	63
DK		0.3	0.2	0.0	0.0	0.0
DB		1.4	3.0	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	10.	25.	40.	55.
IB		0.	31.	135.	331.	595.
PUE/A		5.25	6.60	9.00	11.55	13.95
PUR/A		0.14	0.57	2.50	4.90	7.52
PURKU		1.59	1.38	7.34	26.43	56.39
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.9	2.2	3.5	4.8
BWB00		0.0	2.7	11.8	29.0	52.1
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.8	1.7	2.6	3.2
BWB04		0.0	2.4	9.1	19.5	31.1
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.71	1.42	1.94	2.27
BWB08		0.00	2.06	7.07	13.53	19.50
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.63	1.18	1.51	1.69
BWB12		0.00	1.82	5.61	9.70	12.85
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.571	0.994	1.209	1.304
BWB16		0.000	1.615	4.512	7.153	8.864
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.517	0.848	0.990	1.043
BWB20		0.000	1.441	3.683	5.417	6.367
PFK00		9999.00	1.11	0.46	0.28	0.21
PFK04		9999.00	1.25	0.57	0.39	0.31
PFK08		9999.00	1.41	0.70	0.52	0.44
PFK12		9999.00	1.58	0.85	0.66	0.59
PFK16		9999.00	1.75	1.01	0.83	0.77
PFK20		9999.00	1.93	1.18	1.01	0.96
PFB00		9999.00	0.37	0.08	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.42	0.11	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.48	0.14	0.07	0.05
PFB12		9999.00	0.55	0.18	0.10	0.08
PFB16		9999.00	0.62	0.22	0.14	0.11
PFB20		9999.00	0.69	0.27	0.18	0.16

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTIER K02 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER 801 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	3	3	3	3
GWB		0	14	30	47	63
DK		0.3	0.2	0.0	0.0	0.0
DB		1.4	3.0	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	10.	25.	40.	55.
IB		0.	31.	135.	331.	595.
PUE/A		5.25	6.90	9.45	12.00	14.40
PUR/A		0.17	0.81	2.94	5.35	7.97
PURKU		1.59	1.75	9.72	31.12	63.27
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.9	2.2	3.5	4.8
BWB00		0.0	2.7	11.8	29.0	52.1
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.8	1.7	2.6	3.2
BWB04		0.0	2.4	9.1	19.5	31.1
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.71	1.42	1.94	2.27
BWB08		0.00	2.06	7.07	13.53	19.50
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.63	1.18	1.51	1.69
BWB12		0.00	1.82	5.61	9.70	12.85
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.571	0.994	1.209	1.304
BWB16		0.000	1.615	4.512	7.153	8.864
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.517	0.848	0.990	1.043
BWB20		0.000	1.441	3.683	5.417	6.367
PFK00		9999.00	1.11	0.46	0.28	0.21
PFK04		9999.00	1.25	0.57	0.39	0.31
PFK08		9999.00	1.41	0.70	0.52	0.44
PFK12		9999.00	1.58	0.85	0.66	0.59
PFK16		9999.00	1.75	1.01	0.83	0.77
PFK20		9999.00	1.93	1.18	1.01	0.96
PFB00		9999.00	0.37	0.08	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.42	0.11	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.48	0.14	0.07	0.05
PFB12		9999.00	0.55	0.18	0.10	0.08
PFB16		9999.00	0.62	0.22	0.14	0.11
PFB20		9999.00	0.69	0.27	0.18	0.16

- 3 -

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K03 DPU=-0.300 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	3	3	3	3
GWB		0	14	30	47	63
DK		0.3	0.2	0.0	0.0	0.0
DB		1.4	3.0	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	10.	25.	40.	55.
IB		0.	31.	135.	331.	595.
PUE/A		5.25	7.20	9.90	12.45	14.85
PUR/A		0.21	1.05	3.37	5.80	8.43
PURKU		1.59	2.12	12.10	35.82	70.15
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.9	2.2	3.5	4.8
BWB00		0.0	2.7	11.8	29.0	52.1
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.8	1.7	2.6	3.2
BWB04		0.0	2.4	9.1	19.5	31.1
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.71	1.42	1.94	2.27
BWB08		0.00	2.06	7.07	13.53	19.50
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.63	1.18	1.51	1.69
BWB12		0.00	1.82	5.61	9.70	12.85
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.571	0.994	1.209	1.304
BWB16		0.000	1.615	4.512	7.153	8.864
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.517	0.848	0.990	1.043
BWB20		0.000	1.441	3.683	5.417	6.367
PFK00		9999.00	1.11	0.46	0.28	0.21
PFK04		9999.00	1.25	0.57	0.39	0.31
PFK08		9999.00	1.41	0.70	0.52	0.44
PFK12		9999.00	1.58	0.85	0.66	0.59
PFK16		9999.00	1.75	1.01	0.83	0.77
PFK20		9999.00	1.93	1.18	1.01	0.96
PFB00		9999.00	0.37	0.08	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.42	0.11	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.48	0.14	0.07	0.05
PFB12		9999.00	0.55	0.18	0.10	0.08
PFB16		9999.00	0.62	0.22	0.14	0.11
PFB20		9999.00	0.69	0.27	0.18	0.16

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KCNVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	9	15	20	21
GWB		0	8	18	30	45
DK		0.9	1.4	1.1	0.6	0.1
DB		0.8	1.8	2.2	2.7	3.2
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	24.	83.	174.	273.
IB		0.	17.	77.	198.	377.
PUE/A		5.25	6.00	7.35	9.15	11.25
PUR/A		0.14	-0.12	0.14	0.20	0.81
PURKU		1.59	1.45	0.35	2.87	2.36
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.1	7.3	15.2	23.9
BWB00		0.0	1.5	6.7	17.3	33.0
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.9	5.7	10.5	14.9
BWB04		0.0	1.3	5.1	11.6	19.4
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.64	4.50	7.51	9.77
BWB08		0.00	1.13	3.99	7.97	12.00
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.46	3.63	5.54	6.74
BWB12		0.00	0.99	3.16	5.67	7.80
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.309	2.974	4.208	4.862
BWB16		0.000	0.878	2.532	4.153	5.306
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.177	2.470	3.283	3.647
BWB20		0.000	0.781	2.061	3.124	3.762
PEK00		9999.00	0.47	0.14	0.07	0.04
PEK04		9999.00	0.54	0.18	0.10	0.07
PEK08		9999.00	0.61	0.22	0.13	0.10
PEK12		9999.00	0.68	0.28	0.18	0.15
PEK16		9999.00	0.76	0.34	0.24	0.21
PEK20		9999.00	0.85	0.40	0.30	0.27
PFB00		9999.00	0.67	0.15	0.06	0.03
PFB04		9999.00	0.78	0.19	0.09	0.05
PFB08		9999.00	0.89	0.25	0.13	0.08
PFB12		9999.00	1.01	0.32	0.18	0.13
PFB16		9999.00	1.14	0.39	0.24	0.19
PFB20		9999.00	1.28	0.49	0.32	0.27

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KOZ DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	9	13	14	14
GWB		0	8	20	36	52
DK		0.9	1.2	0.5	0.1	0.0
DB		0.8	2.0	2.8	3.2	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	24.	79.	151.	218.
IB		0.	17.	81.	221.	432.
PUE/A		5.25	6.60	9.15	12.00	14.40
PUR/A		0.21	-0.11	-0.03	1.22	3.57
PURKU		1.59	2.15	0.45	1.87	12.68
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.1	6.9	13.2	19.1
BWB00		0.0	1.5	7.1	19.3	37.8
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.8	5.4	9.2	12.2
BWB04		0.0	1.3	5.4	12.8	22.0
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.63	4.29	6.69	8.24
BWB08		0.00	1.15	4.21	8.78	13.53
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.45	3.47	5.00	5.82
BWB12		0.00	1.01	3.32	6.21	8.72
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.296	2.852	3.847	4.294
BWB16		0.000	0.890	2.654	4.514	5.874
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.167	2.376	3.034	3.283
BWB20		0.000	0.792	2.154	3.373	4.127
PFK00		9999.00	0.48	0.14	0.08	0.05
PFK04		9999.00	0.54	0.19	0.11	0.08
PFK08		9999.00	0.61	0.23	0.15	0.12
PFK12		9999.00	0.69	0.29	0.20	0.17
PFK16		9999.00	0.77	0.35	0.26	0.23
PFK20		9999.00	0.86	0.42	0.33	0.30
PFB00		9999.00	0.66	0.14	0.05	0.03
PFB04		9999.00	0.76	0.18	0.08	0.05
PFB08		9999.00	0.87	0.24	0.11	0.07
PFB12		9999.00	0.99	0.30	0.16	0.11
PFB16		9999.00	1.12	0.38	0.22	0.17
PFB20		9999.00	1.26	0.46	0.30	0.24

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K03 DPU=-0.300 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	9	11	11	11
GWB		0	8	22	39	55
DK		0.9	1.0	0.2	0.0	0.0
DB		0.8	2.2	3.1	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	24.	74.	131.	184.
IB		0.	17.	86.	240.	466.
PUE/A		5.25	7.20	10.80	13.65	16.05
PUR/A		0.28	-0.13	0.46	2.60	5.23
PURKU		1.59	2.85	0.30	7.45	26.27
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.1	6.5	11.5	16.1
BWB00		0.0	1.5	7.5	21.1	40.8
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.8	5.1	8.1	10.5
BWB04		0.0	1.3	5.7	13.9	23.8
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.63	4.08	5.98	7.20
BWB08		0.00	1.15	4.41	9.49	14.58
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.45	3.32	4.53	5.17
BWB12		0.00	1.01	3.47	6.68	9.37
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.296	2.738	3.524	3.876
BWB16		0.000	0.890	2.768	4.837	6.293
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.167	2.290	2.810	3.006
BWB20		0.000	0.792	2.241	3.597	4.404
PFK00		9999.00	0.48	0.15	0.09	0.06
PFK04		9999.00	0.54	0.20	0.12	0.10
PFK08		9999.00	0.61	0.24	0.17	0.14
PEK12		9999.00	0.69	0.30	0.22	0.19
PFK16		9999.00	0.77	0.37	0.28	0.26
PFK20		9999.00	0.86	0.44	0.36	0.33
PFB00		9999.00	0.66	0.13	0.05	0.02
PFB04		9999.00	0.76	0.18	0.07	0.04
PFB08		9999.00	0.87	0.23	0.11	0.07
PFB12		9999.00	0.99	0.29	0.15	0.11
PFB16		9999.00	1.12	0.36	0.21	0.16
PFB20		9999.00	1.26	0.45	0.28	0.23

**1.3 Konverter und Brüter ab 1985**

- 1 -

KURVE KUBI AB 1985 MIT 24. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			25	42	67	100
GWK			1	9	21	35
GWB			0	9	22	41
DK			0.9	2.0	2.6	2.9
DB			0.9	2.2	3.2	4.6
IG			157.	270.	390.	510.
IK			0.	24.	98.	238.
IB			0.	19.	94.	249.
PUE/A			3.60	4.50	6.30	9.00
PUR/A			0.12	0.08	0.03	-0.07
PURKU			1.00	1.22	1.83	1.57
BWG00			13.7	23.6	34.1	44.6
BWK00			0.0	2.1	8.6	20.9
BWB00			0.0	1.7	8.3	21.8
BWG04			16.6	25.6	33.4	39.8
BWK04			0.0	1.8	6.6	14.1
BWB04			0.0	1.4	6.3	14.5
BWG08			20.17	28.31	34.24	38.27
BWK08			0.00	1.62	5.22	9.86
BWB08			0.00	1.26	4.89	10.00
BWG12			25.01	32.46	37.00	39.58
BWK12			0.00	1.44	4.17	7.12
BWB12			0.00	1.12	3.86	7.10
BWG16			31.216	38.057	41.586	43.266
BWK16			0.000	1.298	3.389	5.293
BWB16			0.000	0.990	3.090	5.180
BWG20			39.592	45.911	48.680	49.792
BWK20			0.000	1.172	2.794	4.046
BWB20			0.000	0.884	2.511	3.882
PFK00			9999.00	0.48	0.12	0.05
PFK04			9999.00	0.55	0.15	0.07
PFK08			9999.00	0.62	0.19	0.10
PFK12			9999.00	0.69	0.24	0.14
PFK16			9999.00	0.77	0.30	0.19
PFK20			9999.00	0.85	0.36	0.25
PFB00			9999.00	0.60	0.12	0.05
PFB04			9999.00	0.69	0.16	0.07
PFB08			9999.00	0.79	0.20	0.10
PFB12			9999.00	0.90	0.26	0.14
PFB16			9999.00	1.01	0.32	0.19
PFB20			9999.00	1.13	0.40	0.26

KURVE KUBI AB 1985 MIT 24. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KO2 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER 801 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			25	42	67	100
GWK			1	9	17	23
GWB			0	9	26	53
DK			0.9	1.6	1.4	0.8
DB			0.9	2.6	4.4	6.7
IG			157.	270.	390.	510.
IK			0.	23.	90.	193.
IB			0.	19.	103.	294.
PUE/A			3.60	5.10	8.55	13.65
PUR/A			0.19	0.03	-0.00	0.30
PURKU			1.00	1.88	1.33	1.85
BWG00			13.7	23.6	34.1	44.6
BWK00			0.0	2.0	7.9	16.9
BWB00			0.0	1.7	9.0	25.8
BWG04			16.6	25.6	33.4	39.8
BWK04			0.0	1.8	6.1	11.6
BWB04			0.0	1.5	6.8	17.0
BWG08			20.17	28.31	34.24	38.27
BWK08			0.00	1.60	4.83	8.28
BWB08			0.00	1.28	5.28	11.59
BWG12			25.01	32.46	37.00	39.58
BWK12			0.00	1.43	3.88	6.08
BWB12			0.00	1.13	4.15	8.14
BWG16			31.216	38.057	41.586	43.266
BWK16			0.000	1.286	3.170	4.591
BWB16			0.000	1.002	3.310	5.882
BWG20			39.592	45.911	48.680	49.792
BWK20			0.000	1.162	2.626	3.564
BWB20			0.000	0.894	2.678	4.365
PFK00			9999.00	0.49	0.13	0.06
PFK04			9999.00	0.55	0.16	0.09
PFK08			9999.00	0.62	0.21	0.12
PFK12			9999.00	0.70	0.26	0.16
PFK16			9999.00	0.78	0.32	0.22
PFK20			9999.00	0.86	0.38	0.28
PFB00			9999.00	0.60	0.11	0.04
PFB04			9999.00	0.68	0.15	0.06
PFB08			9999.00	0.78	0.19	0.09
PFB12			9999.00	0.89	0.24	0.12
PFB16			9999.00	1.00	0.30	0.17
PFB20			9999.00	1.12	0.37	0.23

KURVE KUBI AB 1985 MIT 24. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K03 DPU=-0.300 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			25	42	67	100
GWK			1	8	13	15
GW8			0	10	30	61
DK			0.8	1.2	0.7	0.2
DB			1.0	3.0	5.1	7.3
IG			157.	270.	390.	510.
IK			0.	23.	81.	155.
IB			0.	19.	111.	333.
PUE/A			3.60	5.70	10.35	16.05
PUR/A			0.05	-0.07	0.37	1.47
PURKU			1.00	0.54	0.30	4.28
BWG00			13.7	23.6	34.1	44.6
BWK00			0.0	2.0	7.1	13.6
BWB00			0.0	1.7	9.8	29.2
BWG04			16.6	25.6	33.4	39.8
BWK04			0.0	1.8	5.5	9.5
BWB04			0.0	1.5	7.4	19.1
BWG08			20.17	28.31	34.24	38.27
BWK08			0.00	1.58	4.41	6.89
BWB08			0.00	1.30	5.69	12.98
BWG12			25.01	32.46	37.00	39.58
BWK12			0.00	1.42	3.57	5.15
BWB12			0.00	1.14	4.46	9.07
BWG16			31.216	38.057	41.586	43.266
BWK16			0.000	1.273	2.933	3.960
BWB16			0.000	1.015	3.546	6.513
BWG20			39.592	45.911	48.680	49.792
BWK20			0.000	1.151	2.445	3.124
BWB20			0.000	0.905	2.860	4.804
PFK00			9999.00	0.50	0.14	0.07
PFK04			9999.00	0.56	0.18	0.11
PFK08			9999.00	0.63	0.23	0.15
PFK12			9999.00	0.71	0.28	0.19
PFK16			9999.00	0.79	0.34	0.25
PFK20			9999.00	0.87	0.41	0.32
PFB00			9999.00	0.59	0.10	0.03
PFB04			9999.00	0.67	0.14	0.05
PFB08			9999.00	0.77	0.18	0.08
PFB12			9999.00	0.87	0.22	0.11
PFB16			9999.00	0.99	0.28	0.15
PFB20			9999.00	1.10	0.35	0.21

- 4 -

KURVE KUBI AB 1985 MIT 24. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			25	42	67	100
GWK			1	13	31	56
GWB			0	5	12	20
DK			1.3	3.0	4.3	5.7
DB			0.5	1.2	1.5	1.8
IG			157.	270.	390.	510.
IK			0.	32.	141.	358.
IB			0.	10.	51.	129.
PUE/A			3.60	4.05	4.95	6.15
PUR/A			0.18	-0.01	0.02	0.22
PURKU			1.00	1.80	0.86	1.95
BWG00			13.7	23.6	34.1	44.6
BWK00			0.0	2.8	12.4	31.4
BWB00			0.0	0.9	4.5	11.3
BWG04			16.6	25.6	33.4	39.8
BWK04			0.0	2.5	9.5	21.1
BWB04			0.0	0.8	3.4	7.6
BWG08			20.17	28.31	34.24	38.27
BWK08			0.00	2.20	7.45	14.62
BWB08			0.00	0.69	2.65	5.25
BWG12			25.01	32.46	37.00	39.58
BWK12			0.00	1.95	5.93	10.47
BWB12			0.00	0.61	2.10	3.74
BWG16			31.216	38.057	41.586	43.266
BWK16			0.000	1.751	4.799	7.731
BWB16			0.000	0.537	1.680	2.742
BWG20			39.592	45.911	48.680	49.792
BWK20			0.000	1.577	3.939	5.865
BWB20			0.000	0.479	1.365	2.063
PFK00			9999.00	0.35	0.08	0.03
PFK04			9999.00	0.40	0.11	0.05
PFK08			9999.00	0.46	0.13	0.07
PFK12			9999.00	0.51	0.17	0.10
PFK16			9999.00	0.57	0.21	0.13
PFK20			9999.00	0.63	0.25	0.17
PFB00			9999.00	1.11	0.22	0.09
PFB04			9999.00	1.28	0.29	0.13
PFB08			9999.00	1.46	0.38	0.19
PFB12			9999.00	1.65	0.48	0.27
PFB16			9999.00	1.86	0.60	0.36
PFB20			9999.00	2.09	0.73	0.48

KURVE KUBI AB 1985 MIT 24. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K02 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			25	42	67	100
GWK			1	13	28	46
GWB			0	5	15	30
DK			1.3	2.7	3.3	3.6
DB			0.5	1.5	2.5	3.9
IG			157.	270.	390.	510.
IK			0.	32.	135.	321.
IB			0.	11.	58.	166.
PUE/A			3.60	4.80	8.10	12.75
PUR/A			0.26	0.00	-0.00	-0.05
PURKU			1.00	2.59	1.03	2.57
BWG00			13.7	23.6	34.1	44.6
BWK00			0.0	2.8	11.8	28.1
BWB00			0.0	0.9	5.0	14.6
BWG04			16.6	25.6	33.4	39.8
BWK04			0.0	2.5	9.1	19.0
BWB04			0.0	0.8	3.8	9.6
BWG08			20.17	28.31	34.24	38.27
BWK08			0.00	2.18	7.15	13.33
BWB08			0.00	0.70	2.96	6.53
BWG12			25.01	32.46	37.00	39.58
BWK12			0.00	1.94	5.71	9.63
BWB12			0.00	0.62	2.32	4.58
BWG16			31.216	38.057	41.586	43.266
BWK16			0.000	1.739	4.629	7.165
BWB16			0.000	0.549	1.850	3.308
BWG20			39.592	45.911	48.680	49.792
BWK20			0.000	1.567	3.810	5.477
BWB20			0.000	0.489	1.495	2.451
PFK00			9999.00	0.36	0.08	0.04
PFK04			9999.00	0.41	0.11	0.05
PFK08			9999.00	0.46	0.14	0.08
PFK12			9999.00	0.52	0.18	0.10
PFK16			9999.00	0.58	0.22	0.14
PFK20			9999.00	0.64	0.26	0.18
PFB00			9999.00	1.08	0.20	0.07
PFB04			9999.00	1.24	0.26	0.10
PFB08			9999.00	1.42	0.34	0.15
PFB12			9999.00	1.61	0.43	0.22
PFB16			9999.00	1.82	0.54	0.30
PFB20			9999.00	2.04	0.67	0.41

- 6 -

KURVE KUBI AB 1985 MIT 24. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K03 DPU=-0.300 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			25	42	67	100
GWK			1	12	25	37
GWB			0	6	18	39
DK			1.2	2.4	2.5	2.2
DE			0.6	1.8	3.3	5.3
IG			157.	270.	390.	510.
IK			0.	32.	129.	287.
IB			0.	11.	64.	200.
PUE/A			3.60	5.55	10.95	17.85
PUR/A			0.00	-0.03	0.21	0.22
PURKU			1.00	0.05	0.74	2.16
BWG00			13.7	23.6	34.1	44.6
BWK00			0.0	2.8	11.3	25.1
BWB00			0.0	0.9	5.6	17.6
BWG04			16.6	25.6	33.4	39.8
BWK04			0.0	2.5	8.7	17.2
BWB04			0.0	0.8	4.2	11.5
BWG08			20.17	28.31	34.24	38.27
BWK08			0.00	2.18	6.85	12.13
BWB08			0.00	0.70	3.25	7.74
BWG12			25.01	32.46	37.00	39.58
BWK12			0.00	1.94	5.49	8.84
BWB12			0.00	0.62	2.54	5.38
BWG16			31.216	38.057	41.586	43.266
BWK16			0.000	1.739	4.462	6.633
BWB16			0.000	0.549	2.017	3.840
BWG20			39.592	45.911	48.680	49.792
BWK20			0.000	1.567	3.682	5.112
BWB20			0.000	0.489	1.623	2.817
PFK00			9999.00	0.36	0.09	0.04
PFK04			9999.00	0.41	0.11	0.06
PFK08			9999.00	0.46	0.15	0.08
PFK12			9999.00	0.52	0.18	0.11
PFK16			9999.00	0.58	0.22	0.15
PFK20			9999.00	0.64	0.27	0.20
PFB00			9999.00	1.08	0.18	0.06
PFB04			9999.00	1.24	0.24	0.09
PFB08			9999.00	1.42	0.31	0.13
PFB12			9999.00	1.61	0.39	0.19
PFB16			9999.00	1.82	0.50	0.26
PFB20			9999.00	2.04	0.62	0.36

- 1 -

KURVE LINEA AB 1985 MIT 51. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			52	68	85	101
GWK			0	0	0	0
GWB			1	17	34	50
DK			0.0	0.0	0.0	0.0
DB			1.7	3.3	3.3	3.3
IG			401.	646.	906.	1151.
IK			0.	0.	0.	0.
IB			0.	41.	168.	368.
PUE/A			7.65	9.45	12.00	14.40
PUR/A			0.83	2.89	5.23	7.91
PURKU			0.30	8.35	29.17	60.65
BWG00			35.1	56.6	79.4	100.9
BWK00			0.0	0.0	0.0	0.0
BWB00			0.0	3.6	14.7	32.2
BWG04			42.9	62.2	79.2	92.3
BWK04			0.0	0.0	0.0	0.0
BWB04			0.0	3.1	11.3	21.9
BWG08			52.87	70.40	83.13	91.31
BWK08			0.00	0.00	0.00	0.00
BWB08			0.00	2.75	8.85	15.43
BWG12			66.20	82.20	91.91	97.12
BWK12			0.00	0.00	0.00	0.00
BWB12			0.00	2.44	7.04	11.21
BWG16			83.534	98.211	105.711	109.087
BWK16			0.000	0.000	0.000	0.000
BWB16			0.000	2.175	5.694	8.378
BWG20			106.902	120.437	126.294	128.520
BWK20			0.000	0.000	0.000	0.000
BWB20			0.000	1.950	4.671	6.431
PFK00			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK04			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK08			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK12			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK16			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK20			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFB00			9999.00	0.28	0.07	0.03
PFB04			9999.00	0.32	0.09	0.05
PFB08			9999.00	0.36	0.11	0.06
PFB12			9999.00	0.41	0.14	0.09
PFB16			9999.00	0.46	0.18	0.12
PFB20			9999.00	0.51	0.21	0.16

- 2 -

KURVE LINEA AB 1985 MIT 51. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K02 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			52	68	85	101
GWK			0	0	0	0
GWB			1	17	34	50
DK			0.0	0.0	0.0	0.0
DB			1.7	3.3	3.3	3.3
IG			401.	646.	906.	1151.
IK			0.	0.	0.	0.
IB			0.	41.	168.	368.
PUE/A			7.65	9.45	12.00	14.40
PUR/A			0.83	2.89	5.23	7.91
PURKU			0.30	8.35	29.17	60.65
BWG00			35.1	56.6	79.4	100.9
BWK00			0.0	0.0	0.0	0.0
BWB00			0.0	3.6	14.7	32.2
BWG04			42.9	62.2	79.2	92.3
BWK04			0.0	0.0	0.0	0.0
BWB04			0.0	3.1	11.3	21.9
BWG08			52.87	70.40	83.13	91.31
BWK08			0.00	0.00	0.00	0.00
BWB08			0.00	2.75	8.85	15.43
BWG12			66.20	82.20	91.91	97.12
BWK12			0.00	0.00	0.00	0.00
BWB12			0.00	2.44	7.04	11.21
BWG16			83.534	98.211	105.711	109.087
BWK16			0.000	0.000	0.000	0.000
BWB16			0.000	2.175	5.694	8.378
BWG20			106.902	120.437	126.294	128.520
BWK20			0.000	0.000	0.000	0.000
BWB20			0.000	1.950	4.671	6.431
PFK00			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK04			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK08			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK12			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK16			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK20			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFB00			9999.00	0.28	0.07	0.03
PFB04			9999.00	0.32	0.09	0.05
PFB08			9999.00	0.36	0.11	0.06
PFB12			9999.00	0.41	0.14	0.09
PFB16			9999.00	0.46	0.18	0.12
PFB20			9999.00	0.51	0.21	0.16

KURVE LINEA AB 1985 MIT 51. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K03 DPU=-0.300 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			52	68	85	101
GWK			0	0	0	0
GWB			1	17	34	50
DK			0.0	0.0	0.0	0.0
DB			1.7	3.3	3.3	3.3
IG			401.	646.	906.	1151.
IK			0.	0.	0.	0.
IB			0.	41.	168.	368.
PUE/A			7.65	9.45	12.00	14.40
PUR/A			0.83	2.89	5.23	7.91
PURKU			0.30	8.35	29.17	60.65
BWG00			35.1	56.6	79.4	100.9
BWK00			0.0	0.0	0.0	0.0
BWB00			0.0	3.6	14.7	32.2
BWG04			42.9	62.2	79.2	92.3
BWK04			0.0	0.0	0.0	0.0
BWB04			0.0	3.1	11.3	21.9
BWG08			52.87	70.40	83.13	91.31
BWK08			0.00	0.00	0.00	0.00
BWB08			0.00	2.75	8.85	15.43
BWG12			66.20	82.20	91.91	97.12
BWK12			0.00	0.00	0.00	0.00
BWB12			0.00	2.44	7.04	11.21
BWG16			83.534	98.211	105.711	109.087
BWK16			0.000	0.000	0.000	0.000
BWB16			0.000	2.175	5.694	8.378
BWG20			106.902	120.437	126.294	128.520
BWK20			0.000	0.000	0.000	0.000
BWB20			0.000	1.950	4.671	6.431
PFK00			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK04			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK08			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK12			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK16			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK20			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFB00			9999.00	0.28	0.07	0.03
PFB04			9999.00	0.32	0.09	0.05
PFB08			9999.00	0.36	0.11	0.06
PFB12			9999.00	0.41	0.14	0.09
PFB16			9999.00	0.46	0.18	0.12
PFB20			9999.00	0.51	0.21	0.16

KURVE LINEA AB 1985 MIT 51. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER 802 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			52	68	85	101
GWK			1	5	7	7
GWB			0	12	27	43
DK			0.5	0.6	0.2	0.0
DB			1.2	2.7	3.1	3.3
IG			401.	646.	906.	1151.
IK			0.	15.	47.	81.
IB			0.	26.	121.	287.
PUE/A			7.65	8.85	10.95	13.35
PUR/A			0.09	-0.11	0.53	2.46
PURKU			2.30	0.92	1.16	6.26
BWG00			35.1	56.6	79.4	100.9
BWK00			0.0	1.3	4.2	7.1
BWE00			0.0	2.3	10.6	25.1
BWG04			42.9	62.2	79.2	92.3
BWK04			0.0	1.1	3.2	5.0
BWB04			0.0	2.0	8.1	16.9
BWG08			52.87	70.40	83.13	91.31
BWK08			0.00	1.00	2.58	3.71
BWB08			0.00	1.75	6.27	11.72
BWG12			66.20	82.20	91.91	97.12
BWK12			0.00	0.89	2.09	2.81
BWB12			0.00	1.55	4.95	8.40
BWG16			83.534	98.211	105.711	109.087
BWK16			0.000	0.801	1.723	2.186
BWB16			0.000	1.374	3.971	6.192
BWG20			106.902	120.437	126.294	128.520
BWK20			0.000	0.722	1.438	1.744
BWB20			0.000	1.228	3.232	4.688
PFK00			9999.00	0.78	0.24	0.14
PFK04			9999.00	0.88	0.31	0.20
PFK08			9999.00	1.00	0.39	0.27
PFK12			9999.00	1.12	0.48	0.36
PFK16			9999.00	1.25	0.58	0.46
PFK20			9999.00	1.39	0.70	0.57
PFB00			9999.00	0.44	0.09	0.04
PFB04			9999.00	0.50	0.12	0.06
PFB08			9999.00	0.57	0.16	0.09
PFB12			9999.00	0.65	0.20	0.12
PFB16			9999.00	0.73	0.25	0.16
PFB20			9999.00	0.81	0.31	0.21

KURVE LINEA AB 1985 MIT 51. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K02 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			52	68	85	101
GWK			1	5	6	6
GWB			0	12	28	44
DK			0.5	0.5	0.1	0.0
DB			1.2	2.8	3.2	3.3
IG			401.	646.	906.	1151.
IK			0.	15.	44.	73.
IB			0.	26.	124.	294.
PUE/A			7.65	9.15	12.00	14.40
PUR/A			0.13	-0.02	1.09	3.51
PURKU			2.30	1.33	2.08	12.23
BWG00			35.1	56.6	79.4	100.9
BWK00			0.0	1.3	3.9	6.4
BWB00			0.0	2.3	10.9	25.8
BWG04			42.9	62.2	79.2	92.3
BWK04			0.0	1.1	3.1	4.6
BWB04			0.0	2.0	8.3	17.3
BWG08			52.87	70.40	83.13	91.31
BWK08			0.00	1.00	2.45	3.41
BWB08			0.00	1.75	6.40	12.02
BWG12			66.20	82.20	91.91	97.12
BWK12			0.00	0.89	1.99	2.61
BWB12			0.00	1.55	5.05	8.60
BWG16			83.534	98.211	105.711	109.087
BWK16			0.000	0.801	1.648	2.045
BWB16			0.000	1.374	4.046	6.333
BWG20			106.902	120.437	126.294	128.520
BWK20			0.000	0.722	1.382	1.644
BWB20			0.000	1.228	3.289	4.788
PFK00			9999.00	0.78	0.26	0.16
PFK04			9999.00	0.88	0.33	0.22
PFK08			9999.00	1.00	0.41	0.29
PFK12			9999.00	1.12	0.50	0.38
PFK16			9999.00	1.25	0.61	0.49
PFK20			9999.00	1.39	0.72	0.61
PFB00			9999.00	0.44	0.09	0.04
PFB04			9999.00	0.50	0.12	0.06
PFB08			9999.00	0.57	0.16	0.08
PFB12			9999.00	0.65	0.20	0.12
PFB16			9999.00	0.73	0.25	0.16
PFB20			9999.00	0.81	0.30	0.21

KURVE LINEA AB 1985 MIT 51. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K03 DPU=-0.300 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			52	68	85	101
GWK			1	5	5	5
GWB			0	12	29	45
DK			0.5	0.4	0.0	0.0
DB			1.2	2.9	3.3	3.3
IG			401.	646.	906.	1151.
IK			0.	14.	40.	64.
IB			0.	26.	128.	304.
PUE/A			7.65	9.45	12.75	15.15
PUR/A			0.17	0.05	1.48	4.26
PURKU			2.30	1.73	2.78	16.53
BWG00			35.1	56.6	79.4	100.9
BWK00			0.0	1.3	3.5	5.6
BWB00			0.0	2.3	11.2	26.6
BWG04			42.9	62.2	79.2	92.3
BWK04			0.0	1.1	2.8	4.1
BWB04			0.0	2.0	8.6	17.9
BWG08			52.87	70.40	83.13	91.31
BWK08			0.00	0.98	2.23	3.03
BWB08			0.00	1.77	6.62	12.40
BWG12			66.20	82.20	91.91	97.12
BWK12			0.00	0.88	1.83	2.34
BWB12			0.00	1.56	5.21	8.87
BWG16			83.534	98.211	105.711	109.087
BWK16			0.000	0.787	1.522	1.853
BWB16			0.000	1.388	4.172	6.525
BWG20			106.902	120.437	126.294	128.520
BWK20			0.000	0.710	1.284	1.502
BWB20			0.000	1.240	3.387	4.929
PFK00			9999.00	0.79	0.29	0.18
PFK04			9999.00	0.90	0.36	0.25
PFK08			9999.00	1.02	0.45	0.33
PFK12			9999.00	1.14	0.55	0.43
PFK16			9999.00	1.27	0.66	0.54
PFK20			9999.00	1.41	0.78	0.67
PFB00			9999.00	0.43	0.09	0.04
PFB04			9999.00	0.50	0.12	0.06
PFB08			9999.00	0.57	0.15	0.08
PFB12			9999.00	0.64	0.19	0.11
PFB16			9999.00	0.72	0.24	0.15
PFB20			9999.00	0.81	0.30	0.20

## **2. Schwerwasserstrategien**

**Grundtyp LWR ab 1970**

**Konverter SWR (niedrige Plutonium-  
Verzögerungszeit)**

**Brüter OBR, CBR**

### **2.1 Konverter und Brüter ab 1980**

- 1 -

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.300 VZ= 1.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	5	10	13	14
GWB		0	6	19	41	73
DK		0.5	0.9	0.8	0.4	0.1
DE		0.6	1.9	3.5	5.4	7.4
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	15.	54.	115.	183.
IB		0.	10.	68.	213.	494.
PUE/A		1.95	3.60	6.90	10.95	15.90
PUR/A		0.12	0.05	0.09	0.35	1.28
PURKU		0.89	1.21	1.39	2.08	4.90
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.3	4.8	10.0	16.1
BWB00		0.0	0.9	6.0	18.6	43.3
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.1	3.7	6.9	10.0
BWB04		0.0	0.8	4.5	12.2	24.5
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.00	2.93	4.94	6.51
BWB08		0.00	0.69	3.45	8.20	14.54
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.90	2.36	3.64	4.47
BWB12		0.00	0.60	2.68	5.69	9.03
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.807	1.928	2.760	3.216
BWB16		0.000	0.532	2.120	4.054	5.867
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.731	1.601	2.150	2.404
BWB20		0.000	0.471	1.697	2.964	3.970
PFK00		9999.00	0.78	0.21	0.10	0.06
PFK04		9999.00	0.89	0.27	0.14	0.10
PFK08		9999.00	1.00	0.34	0.20	0.15
PFK12		9999.00	1.12	0.42	0.27	0.22
PFK16		9999.00	1.24	0.52	0.36	0.31
PFK20		9999.00	1.37	0.62	0.47	0.42
PFB00		9999.00	1.09	0.17	0.05	0.02
PFB04		9999.00	1.26	0.22	0.08	0.04
PFB08		9999.00	1.45	0.29	0.12	0.07
PFB12		9999.00	1.66	0.37	0.18	0.11
PFB16		9999.00	1.88	0.47	0.25	0.17
PFB20		9999.00	2.12	0.59	0.34	0.25

- 2 -

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.300 VZ= 1.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	7	17	26	36
GWB		0	4	12	28	51
DK		0.7	1.6	1.9	1.9	1.8
DB		0.4	1.2	2.4	3.9	5.7
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	19.	80.	190.	349.
IB		0.	6.	42.	137.	328.
PUE/A		1.95	3.90	7.80	12.75	19.05
PUR/A		0.03	0.16	-0.00	0.02	0.17
PURKU		0.89	0.33	2.49	0.30	2.67
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.7	7.1	16.7	30.6
BWB00		0.0	0.5	3.7	12.0	28.8
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.5	5.4	11.3	18.3
BWB04		0.0	0.4	2.8	7.8	16.2
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.30	4.27	7.92	11.52
BWB08		0.00	0.39	2.11	5.23	9.53
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.16	3.41	5.72	7.64
BWB12		0.00	0.34	1.63	3.60	5.87
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.042	2.762	4.262	5.301
BWB16		0.000	0.297	1.285	2.552	3.781
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.939	2.273	3.260	3.839
BWE20		0.000	0.262	1.025	1.854	2.535
PFK00		9999.00	0.60	0.14	0.06	0.03
PFK04		9999.00	0.68	0.18	0.09	0.05
PFK08		9999.00	0.77	0.23	0.13	0.09
PFK12		9999.00	0.86	0.29	0.17	0.13
PFK16		9999.00	0.96	0.36	0.23	0.19
PFK20		9999.00	1.06	0.44	0.31	0.26
PFB00		9999.00	1.93	0.27	0.08	0.03
PFB04		9999.00	2.24	0.36	0.13	0.06
PFB08		9999.00	2.58	0.47	0.19	0.10
PFB12		9999.00	2.96	0.61	0.28	0.17
PFB16		9999.00	3.36	0.78	0.39	0.26
PFB20		9999.00	3.81	0.98	0.54	0.39

- 1 -

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.300 VZ= 1.00  
 BRUETER 801 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	2	2	2	2
GWB		0	15	31	48	64
DK		0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
DB		1.5	3.1	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	8.	18.	28.	38.
IB		0.	33.	142.	343.	612.
PUE/A		5.25	7.35	9.75	12.30	14.70
PUR/A		0.14	0.94	3.25	5.65	8.28
PURKU		1.59	1.40	11.00	33.95	67.55
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.7	1.6	2.5	3.3
BWB00		0.0	2.9	12.4	30.0	53.6
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.6	1.3	1.8	2.2
BWE04		0.0	2.5	9.5	20.2	32.0
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.57	1.05	1.39	1.61
BWB08		0.00	2.20	7.45	14.08	20.16
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.51	0.88	1.10	1.22
BWB12		0.00	1.94	5.91	10.11	13.33
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.465	0.747	0.890	0.954
BWB16		0.000	1.721	4.759	7.471	9.214
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.424	0.644	0.739	0.774
BWB20		0.000	1.535	3.887	5.668	6.635
PFK00		9999.00	1.40	0.64	0.41	0.30
PFK04		9999.00	1.57	0.79	0.55	0.44
PFK08		9999.00	1.75	0.95	0.72	0.62
PFK12		9999.00	1.95	1.14	0.91	0.82
PFK16		9999.00	2.15	1.34	1.12	1.05
PFK20		9999.00	2.36	1.55	1.35	1.29
PFB00		9999.00	0.35	0.08	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.40	0.10	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.45	0.13	0.07	0.05
PFB12		9999.00	0.52	0.17	0.10	0.08
PFB16		9999.00	0.58	0.21	0.13	0.11
PFB20		9999.00	0.65	0.26	0.18	0.15

- 2 -

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.300 VZ= 1.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	8	10	10	10
GWB		0	9	23	40	56
DK		0.8	0.9	0.2	0.0	0.0
DE		0.9	2.3	3.1	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	22.	66.	117.	166.
IB		0.	19.	94.	254.	484.
PUE/A		5.25	7.95	10.95	13.50	15.90
PUR/A		0.28	0.08	0.61	2.45	5.08
PURKU		1.59	2.75	2.36	8.83	26.91
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	1.9	5.8	10.3	14.5
BWB00		0.0	1.7	8.3	22.2	42.4
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.7	4.5	7.3	9.4
BWB04		0.0	1.5	6.3	14.8	24.8
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.49	3.63	5.36	6.46
BWB08		0.00	1.28	4.86	10.12	15.31
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.33	2.96	4.06	4.65
BWB12		0.00	1.13	3.83	7.15	9.89
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.192	2.449	3.164	3.484
BWB16		0.000	0.994	3.057	5.197	6.685
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.076	2.055	2.528	2.706
BWB20		0.000	0.883	2.476	3.879	4.704
PFK00		9999.00	0.52	0.17	0.10	0.07
PFK04		9999.00	0.59	0.22	0.14	0.11
PFK08		9999.00	0.67	0.28	0.19	0.15
PFK12		9999.00	0.75	0.34	0.25	0.22
PFK16		9999.00	0.84	0.41	0.32	0.29
PFK20		9999.00	0.93	0.49	0.40	0.37
PFB00		9999.00	0.59	0.12	0.04	0.02
PFB04		9999.00	0.68	0.16	0.07	0.04
PFB08		9999.00	0.78	0.21	0.10	0.07
PFB12		9999.00	0.89	0.26	0.14	0.10
PFB16		9999.00	1.01	0.33	0.19	0.15
PFB20		9999.00	1.13	0.40	0.26	0.21

**2.2 Konverter ab 1975**

**Brüter ab 1980**

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.300 VZ= 1.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	7	10	13	16	16
GWB	0	0	8	23	45	78
DK	0.7	0.9	0.6	0.6	0.3	0.0
DB	0.0	0.8	2.3	3.7	5.5	7.5
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	15.	62.	124.	200.	280.
IB	0.	0.	13.	84.	247.	552.
PUE/A	0.90	2.40	4.50	7.50	11.40	16.20
PUR/A	-0.17	0.87	0.19	0.29	0.58	1.41
PURKU	-8.36	-1.71	0.31	0.14	3.22	5.89
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.3	5.5	10.9	17.5	24.5
BWB00	0.0	0.0	1.1	7.3	21.7	48.4
BWG04	2.2	4.7	7.1	9.0	10.6	12.0
BWK04	0.0	1.4	5.1	9.2	13.2	16.8
BWB04	0.0	0.0	1.0	5.5	14.2	27.6
BWG08	2.76	5.43	7.61	9.10	10.11	10.80
BWK08	0.00	1.49	4.89	7.92	10.47	12.31
BWB08	0.00	0.00	0.83	4.22	9.61	16.48
BWG12	3.52	6.42	8.43	9.57	10.21	10.58
BWK12	0.00	1.58	4.70	7.01	8.64	9.61
BWB12	0.00	0.00	0.72	3.28	6.69	10.32
BWG16	4.426	7.576	9.432	10.316	10.737	10.937
BWK16	0.000	1.675	4.545	6.334	7.390	7.924
BWB16	0.000	0.000	0.633	2.583	4.784	6.752
BWG20	5.499	8.914	10.639	11.332	11.611	11.723
BWK20	0.000	1.777	4.432	5.831	6.529	6.827
BWB20	0.000	0.000	0.557	2.063	3.507	4.598
PFK00	9999.00	0.76	0.18	0.09	0.06	0.04
PFK04	9999.00	0.72	0.19	0.11	0.08	0.06
PFK08	9999.00	0.67	0.20	0.13	0.10	0.08
PFK12	9999.00	0.63	0.21	0.14	0.12	0.10
PFK16	9999.00	0.60	0.22	0.16	0.14	0.13
PFK20	9999.00	0.56	0.23	0.17	0.15	0.15
PFB00	9999.00	9999.00	0.90	0.14	0.05	0.02
PFB04	9999.00	9999.00	1.04	0.18	0.07	0.04
PFB08	9999.00	9999.00	1.21	0.24	0.10	0.06
PFB12	9999.00	9999.00	1.38	0.31	0.15	0.10
PFB16	9999.00	9999.00	1.58	0.39	0.21	0.15
PFB20	9999.00	9999.00	1.80	0.48	0.29	0.22

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.300 VZ= 1.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	7	13	22	30	39
GWB	0	0	5	14	31	55
DK	0.7	1.2	1.5	1.7	1.7	1.6
DB	0.0	0.5	1.4	2.6	4.1	5.9
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	15.	68.	157.	288.	464.
IB	0.	0.	7.	51.	159.	369.
PUE/A	0.90	2.40	4.80	8.55	13.35	19.50
PUR/A	-0.17	0.84	0.49	0.11	-0.04	-0.02
PURKU	-8.36	-1.71	0.02	3.20	1.09	2.75
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.3	5.9	13.7	25.3	40.6
BWB00	0.0	0.0	0.6	4.5	13.9	32.3
BWG04	2.2	4.7	7.1	9.0	10.6	12.0
BWK04	0.0	1.4	5.6	11.3	18.4	26.1
BWB04	0.0	0.0	0.5	3.3	9.1	18.3
BWG08	2.76	5.43	7.61	9.10	10.11	10.80
BWK08	0.00	1.49	5.24	9.58	13.97	17.95
BWB08	0.00	0.00	0.48	2.56	6.12	10.84
BWG12	3.52	6.42	8.43	9.57	10.21	10.58
BWK12	0.00	1.58	5.00	8.30	11.09	13.21
BWB12	0.00	0.00	0.42	1.99	4.24	6.73
BWG16	4.426	7.576	9.432	10.316	10.737	10.937
BWK16	0.000	1.675	4.813	7.353	9.162	10.313
BWB16	0.000	0.000	0.365	1.564	3.012	4.363
BWG20	5.499	8.914	10.639	11.332	11.611	11.723
BWK20	0.000	1.777	4.667	6.647	7.838	8.480
BWB20	0.000	0.000	0.322	1.248	2.197	2.946
PFK00	9999.00	0.76	0.17	0.07	0.04	0.02
PFK04	9999.00	0.72	0.18	0.09	0.05	0.04
PFK08	9999.00	0.67	0.19	0.10	0.07	0.06
PFK12	9999.00	0.63	0.20	0.12	0.09	0.08
PFK16	9999.00	0.60	0.21	0.14	0.11	0.10
PFK20	9999.00	0.56	0.21	0.15	0.13	0.12
PFB00	9999.00	9999.00	1.57	0.22	0.07	0.03
PFB04	9999.00	9999.00	1.82	0.30	0.11	0.05
PFB08	9999.00	9999.00	2.10	0.39	0.16	0.09
PFB12	9999.00	9999.00	2.41	0.50	0.24	0.15
PFB16	9999.00	9999.00	2.74	0.64	0.33	0.23
PFB20	9999.00	9999.00	3.11	0.80	0.46	0.34

- 1 -

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.300 VZ= 1.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	17	21	21	21	21
GWB	0	0	12	29	45	61
DK	1.7	2.0	0.4	0.0	0.0	0.0
DB	0.0	1.2	2.9	3.3	3.2	3.3
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	41.	141.	250.	352.	455.
IB	0.	0.	20.	124.	302.	558.
PUE/A	2.70	6.60	10.05	12.60	15.00	17.40
PUR/A	-0.80	3.95	4.32	6.03	8.27	11.04
PURKU	-29.18	-8.02	10.31	35.18	70.66	117.84
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	3.6	12.3	21.9	30.8	39.8
BWB00	0.0	0.0	1.8	10.8	26.4	48.9
BWG04	5.9	14.3	21.3	27.4	32.0	35.9
BWK04	0.0	3.9	11.7	18.8	24.2	28.8
BWB04	0.0	0.0	1.5	8.2	17.6	28.8
BWG08	7.48	16.69	23.02	27.59	30.50	32.51
BWK08	0.00	4.09	11.21	16.54	19.94	22.28
BWB08	0.00	0.00	1.31	6.24	12.07	17.86
BWG12	9.51	19.58	25.37	28.86	30.71	31.77
BWK12	0.00	4.34	10.85	14.91	17.07	18.31
BWB12	0.00	0.00	1.14	4.85	8.53	11.59
BWG16	11.996	22.990	28.321	31.013	32.210	32.790
BWK16	0.000	4.606	10.577	13.715	15.111	15.788
BWB16	0.000	0.000	0.997	3.825	6.187	7.849
BWG20	14.895	26.895	31.825	33.928	34.715	35.039
BWK20	0.000	4.885	10.395	12.846	13.765	14.142
BWB20	0.000	0.000	0.877	3.058	4.603	5.525
PFK00	9999.00	0.28	0.08	0.05	0.03	0.03
PFK04	9999.00	0.26	0.09	0.05	0.04	0.03
PFK08	9999.00	0.24	0.09	0.06	0.05	0.04
PFK12	9999.00	0.23	0.09	0.07	0.06	0.05
PFK16	9999.00	0.22	0.09	0.07	0.07	0.06
PFK20	9999.00	0.20	0.10	0.08	0.07	0.07
PFB00	9999.00	9999.00	0.57	0.09	0.04	0.02
PFB04	9999.00	9999.00	0.66	0.12	0.06	0.03
PFB08	9999.00	9999.00	0.76	0.16	0.08	0.06
PFB12	9999.00	9999.00	0.88	0.21	0.12	0.09
PFB16	9999.00	9999.00	1.00	0.26	0.16	0.13
PFB20	9999.00	9999.00	1.14	0.33	0.22	0.18

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.300 VZ= 1.00  
 BRUETER 802 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	17	23	23	23	23
GWB	0	0	10	27	43	59
DK	1.7	2.2	0.6	0.0	0.0	0.0
DB	0.0	1.0	2.7	3.3	3.2	3.3
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	41.	146.	265.	377.	489.
IB	0.	0.	15.	109.	277.	523.
PUE/A	2.70	6.60	10.35	12.90	15.30	17.70
PUR/A	-0.80	3.06	1.32	1.94	4.29	6.94
PURKU	-29.18	-8.02	1.46	5.21	20.82	48.14
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	3.6	12.8	23.2	33.0	42.9
BWB00	0.0	0.0	1.3	9.5	24.3	45.8
BWG04	5.9	14.3	21.3	27.4	32.0	35.9
BWK04	0.0	3.9	12.1	19.8	25.8	30.8
BWB04	0.0	0.0	1.1	7.1	16.0	26.8
BWG08	7.48	16.69	23.02	27.59	30.50	32.51
BWK08	0.00	4.09	11.54	17.37	21.10	23.65
BWB08	0.00	0.00	0.99	5.41	10.92	16.48
BWG12	9.51	19.58	25.37	28.86	30.71	31.77
BWK12	0.00	4.34	11.13	15.58	17.94	19.30
BWB12	0.00	0.00	0.86	4.18	7.65	10.59
BWG16	11.996	22.990	28.321	31.013	32.210	32.790
BWK16	0.000	4.606	10.827	14.264	15.793	16.534
BWB16	0.000	0.000	0.746	3.275	5.505	7.102
BWG20	14.895	26.895	31.825	33.928	34.715	35.039
BWK20	0.000	4.885	10.618	13.302	14.308	14.721
BWB20	0.000	0.000	0.655	2.602	4.060	4.946
PFK00	9999.00	0.28	0.08	0.04	0.03	0.02
PFK04	9999.00	0.26	0.08	0.05	0.04	0.03
PFK08	9999.00	0.24	0.09	0.06	0.05	0.04
PFK12	9999.00	0.23	0.09	0.06	0.06	0.05
PFK16	9999.00	0.22	0.09	0.07	0.06	0.06
PFK20	9999.00	0.20	0.09	0.08	0.07	0.07
PFB00	9999.00	9999.00	0.75	0.11	0.04	0.02
PFB04	9999.00	9999.00	0.87	0.14	0.06	0.04
PFB08	9999.00	9999.00	1.01	0.18	0.09	0.06
PFB12	9999.00	9999.00	1.17	0.24	0.13	0.09
PFB16	9999.00	9999.00	1.34	0.31	0.18	0.14
PFB20	9999.00	9999.00	1.53	0.38	0.25	0.20

2.3 Konverter ab 1975

Brüter ab 1985

- 1 -

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.300 VZ= 1.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	7	18	20	20	20
GWB	0	0	0	16	41	74
DK	0.7	1.7	1.3	0.2	0.0	0.0
DB	0.0	0.0	1.6	4.1	5.8	7.5
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	15.	75.	173.	273.	373.
IB	0.	0.	0.	34.	174.	459.
PUE/A	0.90	2.40	5.40	8.55	12.00	16.80
PUR/A	-1.97	2.59	2.28	0.46	0.68	2.01
PURKU	-26.36	-19.71	-0.41	3.06	4.16	9.83
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.3	6.6	15.2	23.9	32.7
BWB00	0.0	0.0	0.0	3.0	15.3	40.2
BWG04	2.7	5.7	8.6	11.0	13.0	14.6
BWK04	0.0	1.7	7.4	15.2	21.8	27.1
BWB04	0.0	0.0	0.0	2.6	11.6	26.8
BWG08	4.05	7.98	11.19	13.37	14.85	15.86
BWK08	0.00	2.18	8.41	15.54	20.49	23.85
BWB08	0.00	0.00	0.00	2.29	9.02	18.45
BWG12	6.22	11.33	14.87	16.88	18.01	18.66
BWK12	0.00	2.78	9.55	16.10	19.89	22.05
BWB12	0.00	0.00	0.00	2.03	7.12	13.09
BWG16	9.305	15.920	19.818	21.675	22.559	22.980
BWK16	0.000	3.517	10.875	16.925	19.869	21.271
BWB16	0.000	0.000	0.000	1.803	5.700	9.554
BWG20	13.853	22.350	26.642	28.368	29.061	29.340
BWK20	0.000	4.421	12.415	18.031	20.341	21.269
BWB20	0.000	0.000	0.000	1.613	4.630	7.161
PFK00	9999.00	0.76	0.15	0.07	0.04	0.03
PFK04	9999.00	0.59	0.13	0.07	0.05	0.04
PFK08	9999.00	0.46	0.12	0.06	0.05	0.04
PFK12	9999.00	0.36	0.10	0.06	0.05	0.05
PFK16	9999.00	0.28	0.09	0.06	0.05	0.05
PFK20	9999.00	0.23	0.08	0.06	0.05	0.05
PFB00	9999.00	9999.00	9999.00	0.33	0.07	0.02
PFB04	9999.00	9999.00	9999.00	0.38	0.09	0.04
PFB08	9999.00	9999.00	9999.00	0.44	0.11	0.05
PFB12	9999.00	9999.00	9999.00	0.49	0.14	0.08
PFB16	9999.00	9999.00	9999.00	0.55	0.18	0.10
PFB20	9999.00	9999.00	9999.00	0.62	0.22	0.14

- 2 -

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.300 VZ= 1.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	7	18	26	33	41
GWB	0	0	0	10	28	53
DK	0.7	1.7	1.9	1.5	1.5	1.5
DB	0.0	0.0	1.0	2.8	4.3	6.0
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	15.	75.	187.	337.	526.
IB	0.	0.	0.	21.	111.	306.
PUE/A	0.90	2.40	5.40	9.30	13.80	19.80
PUR/A	-1.97	2.59	2.28	0.09	-0.20	0.04
PURKU	-26.36	-19.71	-0.41	3.06	0.46	1.04
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.3	6.6	16.4	29.5	46.1
BWB00	0.0	0.0	0.0	1.8	9.7	26.8
BWG04	2.7	5.7	8.6	11.0	13.0	14.6
BWK04	0.0	1.7	7.4	16.3	26.0	36.2
BWB04	0.0	0.0	0.0	1.6	7.4	17.8
BWG08	4.05	7.98	11.19	13.37	14.85	15.86
BWK08	0.00	2.18	8.41	16.46	23.81	30.15
BWB08	0.00	0.00	0.00	1.37	5.70	12.15
BWG12	6.22	11.33	14.87	16.88	18.01	18.66
BWK12	0.00	2.78	9.55	16.92	22.53	26.57
BWB12	0.00	0.00	0.00	1.21	4.48	8.56
BWG16	9.305	15.920	19.818	21.675	22.559	22.980
BWK16	0.000	3.517	10.875	17.658	21.997	24.618
BWB16	0.000	0.000	0.000	1.070	3.573	6.206
BWG20	13.853	22.350	26.642	28.368	29.061	29.340
BWK20	0.000	4.421	12.415	18.690	22.081	23.811
BWB20	0.000	0.000	0.000	0.954	2.890	4.618
PFK00	9999.00	0.76	0.15	0.06	0.03	0.02
PFK04	9999.00	0.59	0.13	0.06	0.04	0.03
PFK08	9999.00	0.46	0.12	0.06	0.04	0.03
PFK12	9999.00	0.36	0.10	0.06	0.04	0.04
PFK16	9999.00	0.28	0.09	0.06	0.05	0.04
PFK20	9999.00	0.23	0.08	0.05	0.05	0.04
PFB00	9999.00	9999.00	9999.00	0.56	0.10	0.04
PFB04	9999.00	9999.00	9999.00	0.64	0.14	0.06
PFB08	9999.00	9999.00	9999.00	0.73	0.18	0.08
PFB12	9999.00	9999.00	9999.00	0.83	0.22	0.12
PFB16	9999.00	9999.00	9999.00	0.93	0.28	0.16
PFB20	9999.00	9999.00	9999.00	1.05	0.35	0.22

- 1 -

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.300 VZ= 1.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	17	33	34	34	34
GWB	0	0	0	16	32	48
DK	1.7	3.2	1.7	0.1	0.0	0.0
DB	0.0	0.0	1.6	3.2	3.2	3.3
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	41.	161.	337.	503.	669.
IB	0.	0.	0.	37.	151.	344.
PUE/A	2.70	6.60	11.40	14.55	16.95	19.35
PUR/A	-4.80	6.54	8.09	8.17	10.17	13.00
PURKU	-69.18	-48.02	-3.79	32.90	77.89	134.59
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	3.6	14.1	29.5	44.0	58.6
BWB00	0.0	0.0	0.0	3.2	13.2	30.1
BWG04	7.2	17.4	25.9	33.3	39.0	43.7
BWK04	0.0	4.7	16.1	30.0	40.8	49.6
BWB04	0.0	0.0	0.0	2.8	10.1	20.4
BWG08	10.98	24.51	33.81	40.52	44.81	47.75
BWK08	0.00	6.01	18.40	31.04	39.13	44.69
BWB08	0.00	0.00	0.00	2.43	7.90	14.27
BWG12	16.81	34.55	44.76	50.90	54.17	56.04
BWK12	0.00	7.65	21.12	32.69	38.85	42.39
BWB12	0.00	0.00	0.00	2.13	6.26	10.30
BWG16	25.218	48.310	59.506	65.159	67.674	68.894
BWK16	0.000	9.675	24.309	34.954	39.701	42.002
BWB16	0.000	0.000	0.000	1.885	5.033	7.642
BWG20	37.562	67.420	79.689	84.921	86.880	87.686
BWK20	0.000	12.156	28.049	37.898	41.597	43.116
BWB20	0.000	0.000	0.000	1.677	4.106	5.820
PFK00	9999.00	0.28	0.07	0.03	0.02	0.02
PFK04	9999.00	0.21	0.06	0.03	0.02	0.02
PFK08	9999.00	0.17	0.05	0.03	0.03	0.02
PFK12	9999.00	0.13	0.05	0.03	0.03	0.02
PFK16	9999.00	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02
PFK20	9999.00	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02
PFB00	9999.00	9999.00	9999.00	0.31	0.08	0.03
PFB04	9999.00	9999.00	9999.00	0.36	0.10	0.05
PFB08	9999.00	9999.00	9999.00	0.41	0.13	0.07
PFB12	9999.00	9999.00	9999.00	0.47	0.16	0.10
PFB16	9999.00	9999.00	9999.00	0.53	0.20	0.13
PFB20	9999.00	9999.00	9999.00	0.60	0.24	0.17

- 2 -

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KCONVERTER K01 DPU=-0.300 VZ= 1.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	17	33	34	34	34
GWB	0	0	0	16	32	48
DK	1.7	3.2	1.7	0.1	0.0	0.0
DB	0.0	0.0	1.6	3.2	3.2	3.3
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	41.	161.	337.	503.	669.
IB	0.	0.	0.	37.	151.	344.
PUE/A	2.70	6.60	11.40	14.55	16.95	19.35
PUR/A	-4.80	6.54	5.96	3.90	5.90	8.60
PURKU	-69.18	-48.02	-3.79	11.57	35.23	70.59
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	3.6	14.1	29.5	44.0	58.6
BWB00	0.0	0.0	0.0	3.2	13.2	30.1
BWG04	7.2	17.4	25.9	33.3	39.0	43.7
BWK04	0.0	4.7	16.1	30.0	40.8	49.6
BWB04	0.0	0.0	0.0	2.8	10.1	20.4
BWG08	10.98	24.51	33.81	40.52	44.81	47.75
BWK08	0.00	6.01	18.40	31.04	39.13	44.69
BWB08	0.00	0.00	0.00	2.43	7.90	14.27
BWG12	16.81	34.55	44.76	50.90	54.17	56.04
BWK12	0.00	7.65	21.12	32.69	38.85	42.39
BWB12	0.00	0.00	0.00	2.13	6.26	10.30
BWG16	25.218	48.310	59.506	65.159	67.674	68.894
BWK16	0.000	9.675	24.309	34.954	39.701	42.002
BWB16	0.000	0.000	0.000	1.885	5.033	7.642
BWG20	37.562	67.420	79.689	84.921	86.880	87.686
BWK20	0.000	12.156	28.049	37.898	41.597	43.116
BWB20	0.000	0.000	0.000	1.677	4.106	5.820
PFK00	9999.00	0.28	0.07	0.03	0.02	0.02
PFK04	9999.00	0.21	0.06	0.03	0.02	0.02
PFK08	9999.00	0.17	0.05	0.03	0.03	0.02
PFK12	9999.00	0.13	0.05	0.03	0.03	0.02
PFK16	9999.00	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02
PFK20	9999.00	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02
PFB00	9999.00	9999.00	9999.00	0.31	0.08	0.03
PFB04	9999.00	9999.00	9999.00	0.36	0.10	0.05
PFB08	9999.00	9999.00	9999.00	0.41	0.13	0.07
PFB12	9999.00	9999.00	9999.00	0.47	0.16	0.10
PFB16	9999.00	9999.00	9999.00	0.53	0.20	0.13
PFB20	9999.00	9999.00	9999.00	0.60	0.24	0.17

### 3. Thoriumstrategien

Grundtyp LWR ab 1970

Konverter THTR

Brüter OBR, CBR

#### 3.1 Konverter ab 1975

Brüter ab 1980

- 1 -

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	7	15	30	51	78
GWB	0	0	3	6	10	16
DK	0.7	1.4	2.3	3.6	4.8	6.0
DB	0.0	0.3	0.6	0.7	1.0	1.5
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	15.	69.	182.	383.	704.
IB	0.	0.	6.	26.	64.	129.
PUE/A	0.90	0.90	1.05	1.50	2.10	3.00
PUR/A	0.15	0.25	-0.11	0.11	0.14	0.04
PURKU	-2.36	1.50	0.12	0.38	1.23	1.78
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.3	6.1	15.9	33.6	61.6
BWB00	0.0	0.0	0.5	2.2	5.6	11.3
BWG04	2.2	4.7	7.1	9.0	10.6	12.0
BWK04	0.0	1.4	5.6	12.9	23.7	37.7
BWB04	0.0	0.0	0.5	1.7	3.8	6.6
BWG08	2.76	5.43	7.61	9.10	10.11	10.80
BWK08	0.00	1.49	5.32	10.78	17.46	24.70
BWB08	0.00	0.00	0.40	1.36	2.63	4.09
BWG12	3.52	6.42	8.43	9.57	10.21	10.58
BWK12	0.00	1.58	5.06	9.20	13.44	17.27
BWB12	0.00	0.00	0.36	1.08	1.89	2.66
BWG16	4.426	7.576	9.432	10.316	10.737	10.937
BWK16	0.000	1.675	4.856	8.039	10.777	12.859
BWB16	0.000	0.000	0.322	0.878	1.397	1.817
BWG20	5.499	8.914	10.639	11.332	11.611	11.723
BWK20	0.000	1.777	4.700	7.173	8.972	10.129
BWB20	0.000	0.000	0.290	0.722	1.063	1.296
PFK00	9999.00	0.76	0.17	0.06	0.03	0.02
PFK04	9999.00	0.72	0.18	0.08	0.04	0.03
PFK08	9999.00	0.67	0.19	0.09	0.06	0.04
PFK12	9999.00	0.63	0.20	0.11	0.07	0.06
PFK16	9999.00	0.60	0.21	0.12	0.09	0.08
PFK20	9999.00	0.56	0.21	0.14	0.11	0.10
PFB00	9999.00	9999.00	1.93	0.45	0.18	0.09
PFB04	9999.00	9999.00	2.20	0.58	0.26	0.15
PFB08	9999.00	9999.00	2.48	0.74	0.38	0.24
PFB12	9999.00	9999.00	2.79	0.92	0.53	0.38
PFB16	9999.00	9999.00	3.11	1.14	0.72	0.55
PFB20	9999.00	9999.00	3.45	1.39	0.94	0.77

- 2 -

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	7	17	33	56	87
GWB	0	0	1	3	5	7
DK	0.7	1.6	2.6	3.9	5.4	7.0
DB	0.0	0.1	0.3	0.4	0.4	0.5
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	15.	72.	195.	416.	772.
IB	0.	0.	3.	13.	31.	60.
PUE/A	0.90	0.90	0.90	1.05	1.35	1.65
PUR/A	0.15	0.50	-0.05	-0.21	0.07	0.06
PURKU	-2.36	1.50	2.67	0.97	0.58	1.63
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.3	6.3	17.1	36.5	67.7
BWB00	0.0	0.0	0.2	1.1	2.7	5.3
BWG04	2.2	4.7	7.1	9.0	10.6	12.0
BWK04	0.0	1.4	5.9	13.8	25.6	41.2
BWB04	0.0	0.0	0.2	0.9	1.8	3.1
BWG08	2.76	5.43	7.61	9.10	10.11	10.80
BWK08	0.00	1.49	5.54	11.47	18.81	26.86
BWB08	0.00	0.00	0.18	0.66	1.27	1.93
BWG12	3.52	6.42	8.43	9.57	10.21	10.58
BWK12	0.00	1.58	5.26	9.76	14.42	18.68
BWB12	0.00	0.00	0.16	0.52	0.91	1.26
BWG16	4.426	7.576	9.432	10.316	10.737	10.937
BWK16	0.000	1.675	5.038	8.497	11.505	13.818
BWB16	0.000	0.000	0.140	0.420	0.669	0.858
BWG20	5.499	8.914	10.639	11.332	11.611	11.723
BWK20	0.000	1.777	4.865	7.553	9.530	10.815
BWB20	0.000	0.000	0.124	0.341	0.505	0.610
PFK00	9999.00	0.76	0.16	0.06	0.03	0.01
PFK04	9999.00	0.72	0.17	0.07	0.04	0.02
PFK08	9999.00	0.67	0.18	0.09	0.05	0.04
PFK12	9999.00	0.63	0.19	0.10	0.07	0.05
PFK16	9999.00	0.60	0.20	0.12	0.09	0.07
PFK20	9999.00	0.56	0.21	0.13	0.10	0.09
PFB00	9999.00	9999.00	4.19	0.90	0.37	0.19
PFB04	9999.00	9999.00	4.83	1.17	0.55	0.32
PFB08	9999.00	9999.00	5.53	1.51	0.79	0.52
PFB12	9999.00	9999.00	6.30	1.91	1.10	0.80
PFB16	9999.00	9999.00	7.13	2.38	1.49	1.17
PFB20	9999.00	9999.00	8.04	2.93	1.98	1.64

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	15	23	29	30	30
GWB	0	2	10	21	36	52
DK	1.5	2.2	1.4	0.7	0.1	0.0
DB	0.2	1.0	1.9	2.6	3.1	3.3
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	40.	134.	270.	415.	561.
IB	0.	1.	27.	104.	239.	452.
PUE/A	2.70	2.70	3.60	5.25	7.35	9.75
PUR/A	0.10	0.84	0.03	0.17	1.05	3.33
PURKU	-8.18	0.99	0.24	1.28	1.93	11.79
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	3.5	11.7	23.6	36.3	49.1
BWB00	0.0	0.1	2.4	9.1	21.0	39.6
BWG04	5.9	14.3	21.3	27.4	32.0	35.9
BWK04	0.0	3.7	11.1	19.9	27.6	34.1
BWB04	0.0	0.1	2.1	7.0	14.2	23.5
BWG08	7.48	16.69	23.02	27.59	30.50	32.51
BWK08	0.00	3.98	10.63	17.24	22.04	25.38
BWB08	0.00	0.11	1.89	5.54	9.97	14.76
BWG12	9.51	19.58	25.37	28.86	30.71	31.77
BWK12	0.00	4.23	10.28	15.30	18.35	20.12
BWB12	0.00	0.11	1.71	4.46	7.25	9.78
BWG16	11.996	22.990	28.321	31.013	32.210	32.790
BWK16	0.000	4.496	10.024	13.890	15.858	16.825
BWB16	0.000	0.110	1.550	3.649	5.440	6.811
BWG20	14.895	26.895	31.825	33.928	34.715	35.039
BWK20	0.000	4.775	9.857	12.867	14.161	14.700
BWB20	0.000	0.111	1.415	3.037	4.206	4.967
PFK00	9999.00	0.28	0.09	0.04	0.03	0.02
PFK04	9999.00	0.27	0.09	0.05	0.04	0.03
PFK08	9999.00	0.25	0.09	0.06	0.05	0.04
PFK12	9999.00	0.24	0.10	0.07	0.05	0.05
PFK16	9999.00	0.22	0.10	0.07	0.06	0.06
PFK20	9999.00	0.21	0.10	0.08	0.07	0.07
PFB00	9999.00	9.36	0.42	0.11	0.05	0.03
PFB04	9999.00	9.29	0.47	0.14	0.07	0.04
PFB08	9999.00	9.22	0.53	0.18	0.10	0.07
PFB12	9999.00	9.15	0.59	0.22	0.14	0.10
PFB16	9999.00	9.08	0.65	0.27	0.18	0.15
PFB20	9999.00	9.02	0.71	0.33	0.24	0.20

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	16	28	39	49	57
GWB	0	1	5	11	17	25
DK	1.6	2.7	2.3	2.1	1.8	1.4
DB	0.1	0.5	1.0	1.2	1.4	1.9
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	41.	146.	319.	533.	791.
IB	0.	1.	15.	54.	121.	222.
PUE/A	2.70	2.70	3.15	3.90	4.80	6.00
PUR/A	0.17	1.05	-0.10	-0.02	0.12	-0.19
PURKU	-8.18	1.66	2.33	0.69	2.16	1.91
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	3.6	12.8	28.0	46.7	69.3
BWB00	0.0	0.1	1.3	4.8	10.6	19.4
BWG04	5.9	14.3	21.3	27.4	32.0	35.9
BWK04	0.0	3.8	12.1	23.3	34.6	46.0
BWB04	0.0	0.1	1.1	3.7	7.2	11.6
BWG08	7.48	16.69	23.02	27.59	30.50	32.51
BWK08	0.00	4.04	11.51	19.87	26.93	32.78
BWB08	0.00	0.05	1.02	2.91	5.08	7.36
BWG12	9.51	19.58	25.37	28.86	30.71	31.77
BWK12	0.00	4.29	11.07	17.42	21.88	24.98
BWB12	0.00	0.05	0.91	2.34	3.71	4.91
BWG16	11.996	22.990	28.321	31.013	32.210	32.790
BWK16	0.000	4.552	10.747	15.624	18.502	20.188
BWB16	0.000	0.054	0.827	1.916	2.796	3.448
BWG20	14.895	26.895	31.825	33.928	34.715	35.039
BWK20	0.000	4.831	10.520	14.310	16.197	17.135
BWB20	0.000	0.055	0.753	1.594	2.170	2.531
PFK00	9999.00	0.28	0.08	0.04	0.02	0.01
PFK04	9999.00	0.26	0.08	0.04	0.03	0.02
PFK08	9999.00	0.25	0.09	0.05	0.04	0.03
PEK12	9999.00	0.23	0.09	0.06	0.05	0.04
PEK16	9999.00	0.22	0.09	0.06	0.05	0.05
PEK20	9999.00	0.21	0.10	0.07	0.06	0.06
PFB00	9999.00	18.72	0.78	0.21	0.09	0.05
PFB04	9999.00	18.63	0.88	0.27	0.14	0.09
PFB08	9999.00	18.55	0.99	0.34	0.20	0.14
PFB12	9999.00	18.46	1.10	0.43	0.27	0.20
PFB16	9999.00	18.38	1.21	0.52	0.36	0.29
PFB20	9999.00	18.30	1.33	0.63	0.46	0.40

**3. 2 Konverter ab 1975**

**Brüter ab 1985**

- 1 -

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER 801 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	7	18	34	56	84
GWB	0	0	0	2	5	10
DK	0.7	1.7	2.7	3.8	5.0	6.4
DB	0.0	0.0	0.2	0.5	0.8	1.1
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	15.	75.	202.	423.	772.
IB	0.	0.	0.	6.	24.	61.
PUE/A	0.90	0.90	0.90	1.05	1.50	2.10
PUR/A	-0.35	0.84	0.51	0.07	-0.13	-0.12
PURKU	-7.36	-3.50	1.00	1.60	1.69	0.29
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.3	6.6	17.7	37.1	67.6
BWB00	0.0	0.0	0.0	0.5	2.1	5.3
BWG04	2.7	5.7	8.6	11.0	13.0	14.6
BWK04	0.0	1.7	7.4	17.4	31.8	50.4
BWB04	0.0	0.0	0.0	0.4	1.6	3.6
BWG08	4.05	7.98	11.19	13.37	14.85	15.86
BWK08	0.00	2.18	8.41	17.46	28.24	39.83
BWB08	0.00	0.00	0.00	0.38	1.27	2.48
BWG12	6.22	11.33	14.87	16.88	18.01	18.66
BWK12	0.00	2.78	9.55	17.79	26.00	33.36
BWB12	0.00	0.00	0.00	0.33	1.01	1.77
BWG16	9.305	15.920	19.818	21.675	22.559	22.980
BWK16	0.000	3.517	10.875	18.430	24.751	29.514
BWB16	0.000	0.000	0.000	0.298	0.819	1.311
BWG20	13.853	22.350	26.642	28.368	29.061	29.340
BWK20	0.000	4.421	12.415	19.376	24.299	27.435
BWB20	0.000	0.000	0.000	0.268	0.671	0.994
PFK00	9999.00	0.76	0.15	0.06	0.03	0.01
PFK04	9999.00	0.59	0.13	0.06	0.03	0.02
PFK08	9999.00	0.46	0.12	0.06	0.04	0.03
PFK12	9999.00	0.36	0.10	0.06	0.04	0.03
PFK16	9999.00	0.28	0.09	0.05	0.04	0.03
PFK20	9999.00	0.23	0.08	0.05	0.04	0.04
PFB00	9999.00	9999.00	9999.00	2.05	0.47	0.19
PFB04	9999.00	9999.00	9999.00	2.34	0.61	0.28
PFB08	9999.00	9999.00	9999.00	2.66	0.79	0.40
PFB12	9999.00	9999.00	9999.00	2.99	0.99	0.56
PFB16	9999.00	9999.00	9999.00	3.35	1.22	0.76
PFB20	9999.00	9999.00	9999.00	3.73	1.49	1.01

- 2 -

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	7	18	35	58	90
GWB	0	0	0	1	3	4
DK	0.7	1.7	2.8	4.0	5.5	7.1
DB	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.4
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	15.	75.	205.	436.	804.
IB	0.	0.	0.	2.	11.	28.
PUE/A	0.90	0.90	0.90	0.90	1.05	1.35
PUR/A	-0.35	0.84	0.57	-0.06	0.10	0.03
PURKU	-7.36	-3.50	1.00	2.17	0.39	3.15
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.3	6.6	18.0	38.2	70.4
BWB00	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0	2.5
BWG04	2.7	5.7	8.6	11.0	13.0	14.6
BWK04	0.0	1.7	7.4	17.7	32.7	52.3
BWB04	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7	1.7
BWG08	4.05	7.98	11.19	13.37	14.85	15.86
BWK08	0.00	2.18	8.41	17.69	28.94	41.15
BWB08	0.00	0.00	0.00	0.14	0.57	1.15
BWG12	6.22	11.33	14.87	16.88	18.01	18.66
BWK12	0.00	2.78	9.55	18.00	26.57	34.32
BWB12	0.00	0.00	0.00	0.13	0.45	0.81
BWG16	9.305	15.920	19.818	21.675	22.559	22.980
BWK16	0.000	3.517	10.875	18.619	25.214	30.231
BWB16	0.000	0.000	0.000	0.110	0.356	0.593
BWG20	13.853	22.350	26.642	28.368	29.061	29.340
BWK20	0.000	4.421	12.415	19.547	24.684	27.986
BWB20	0.000	0.000	0.000	0.096	0.287	0.443
PFK00	9999.00	0.76	0.15	0.06	0.03	0.01
PFK04	9999.00	0.59	0.13	0.06	0.03	0.02
PFK08	9999.00	0.46	0.12	0.06	0.03	0.02
PFK12	9999.00	0.36	0.10	0.06	0.04	0.03
PFK16	9999.00	0.28	0.09	0.05	0.04	0.03
PFK20	9999.00	0.23	0.08	0.05	0.04	0.04
PFB00	9999.00	9999.00	9999.00	5.14	1.04	0.40
PFB04	9999.00	9999.00	9999.00	5.98	1.36	0.60
PFB08	9999.00	9999.00	9999.00	6.92	1.76	0.87
PFB12	9999.00	9999.00	9999.00	7.96	2.24	1.23
PFB16	9999.00	9999.00	9999.00	9.11	2.81	1.69
PFB20	9999.00	9999.00	9999.00	10.37	3.49	2.26

- 1 -

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KO1 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	17	31	40	45	46
GWB	0	0	2	10	21	36
DK	1.7	3.0	2.3	1.4	0.6	0.1
DB	0.0	0.2	1.0	1.9	2.6	3.2
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	41.	160.	342.	549.	771.
IB	0.	0.	1.	31.	105.	241.
PUE/A	2.70	2.70	2.70	3.75	5.25	7.35
PUR/A	-0.80	2.23	0.97	0.05	0.07	1.17
PURKU	-21.18	-8.01	1.16	1.68	1.64	2.37
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	3.6	14.0	30.0	48.1	67.6
BWB00	0.0	0.0	0.1	2.7	9.2	21.1
BWG04	7.2	17.4	25.9	33.3	39.0	43.7
BWK04	0.0	4.7	16.0	30.4	43.7	55.7
BWB04	0.0	0.0	0.1	2.4	7.2	14.4
BWG08	10.98	24.51	33.81	40.52	44.81	47.75
BWK08	0.00	6.01	18.29	31.32	41.35	48.80
BWB08	0.00	0.00	0.11	2.15	5.69	10.17
BWG12	16.81	34.55	44.76	50.90	54.17	56.04
BWK12	0.00	7.65	21.01	32.88	40.51	45.26
BWB12	0.00	0.00	0.11	1.94	4.60	7.43
BWG16	25.218	48.310	59.506	65.159	67.674	68.894
BWK16	0.000	9.675	24.197	35.086	40.951	44.034
BWB16	0.000	0.000	0.112	1.753	3.782	5.610
BWG20	37.562	67.420	79.689	84.921	86.880	87.686
BWK20	0.000	12.156	27.936	37.978	42.540	44.575
BWB20	0.000	0.000	0.113	1.597	3.163	4.361
PFK00	9999.00	0.28	0.07	0.03	0.02	0.01
PFK04	9999.00	0.21	0.06	0.03	0.02	0.02
PFK08	9999.00	0.17	0.05	0.03	0.02	0.02
PFK12	9999.00	0.13	0.05	0.03	0.02	0.02
PFK16	9999.00	0.10	0.04	0.03	0.02	0.02
PFK20	9999.00	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02
PFB00	9999.00	9999.00	9.36	0.37	0.11	0.05
PFB04	9999.00	9999.00	9.24	0.41	0.14	0.07
PFB08	9999.00	9999.00	9.13	0.46	0.18	0.10
PFB12	9999.00	9999.00	9.02	0.52	0.22	0.13
PFB16	9999.00	9999.00	8.92	0.57	0.26	0.18
PFB20	9999.00	9999.00	8.82	0.63	0.32	0.23

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU= 0.000 VZ= 3.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	17	32	44	55	65
GWB	0	0	1	6	11	17
DK	1.7	3.1	2.7	2.3	2.1	1.8
DB	0.0	0.1	0.6	1.0	1.1	1.5
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	41.	160.	357.	599.	890.
IB	0.	0.	1.	17.	55.	122.
PUE/A	2.70	2.70	2.70	3.15	3.90	4.95
PUR/A	-0.80	2.30	0.82	-0.08	0.23	0.01
PURKU	-21.18	-8.01	1.83	0.22	1.00	2.54
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	3.6	14.0	31.2	52.5	78.0
BWB00	0.0	0.0	0.1	1.5	4.8	10.7
BWG04	7.2	17.4	25.9	33.3	39.0	43.7
BWK04	0.0	4.7	16.0	31.5	47.1	62.7
BWB04	0.0	0.0	0.1	1.3	3.8	7.3
BWG08	10.98	24.51	33.81	40.52	44.81	47.75
BWK08	0.00	6.01	18.35	32.31	44.03	53.75
BWB08	0.00	0.00	0.05	1.16	3.00	5.22
BWG12	16.81	34.55	44.76	50.90	54.17	56.04
BWK12	0.00	7.65	21.07	33.77	42.67	48.85
BWB12	0.00	0.00	0.05	1.05	2.43	3.84
BWG16	25.218	48.310	59.506	65.159	67.674	68.894
BWK16	0.000	9.675	24.253	35.891	42.728	46.733
BWB16	0.000	0.000	0.055	0.948	2.006	2.911
BWG20	37.562	67.420	79.689	84.921	86.880	87.686
BWK20	0.000	12.156	27.993	38.711	44.022	46.661
BWB20	0.000	0.000	0.056	0.864	1.682	2.276
PFK00	9999.00	0.28	0.07	0.03	0.02	0.01
PFK04	9999.00	0.21	0.06	0.03	0.02	0.02
PFK08	9999.00	0.17	0.05	0.03	0.02	0.02
PFK12	9999.00	0.13	0.05	0.03	0.02	0.02
PFK16	9999.00	0.10	0.04	0.03	0.02	0.02
PFK20	9999.00	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02
PFB00	9999.00	9999.00	18.72	0.68	0.21	0.09
PFB04	9999.00	9999.00	18.54	0.77	0.27	0.14
PFB08	9999.00	9999.00	18.37	0.86	0.33	0.19
PFB12	9999.00	9999.00	18.21	0.96	0.41	0.26
PFB16	9999.00	9999.00	18.05	1.06	0.50	0.34
PFB20	9999.00	9999.00	17.90	1.16	0.59	0.44

#### 4. Uranstarterstrategien

Grundtyp LWR ab 1970

Konverterter UOBR, UCBR

Brüter OBR, CBR

##### 4.1 Konverterter und Brüter ab 1975

KURVE MUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 6.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	5	13	24	35	44
GWB	0	2	5	12	26	50
DK	0.5	1.2	1.9	2.2	2.0	1.2
DB	0.2	0.5	1.0	2.1	3.8	6.3
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	13.	57.	149.	298.	499.
IB	0.	2.	18.	58.	149.	334.
PUE/A	0.90	0.90	1.95	3.90	7.35	12.30
PUR/A	0.05	0.06	0.12	0.01	0.03	0.06
PURKU	0.64	0.50	1.27	1.71	1.37	1.98
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.1	5.0	13.1	26.1	43.7
BWB00	0.0	0.2	1.5	5.1	13.1	29.2
BWG04	1.8	3.8	5.8	7.4	8.7	9.8
BWK04	0.0	1.0	3.9	8.8	15.3	22.5
BWB04	0.0	0.2	1.2	3.3	7.3	13.9
BWG08	1.88	3.70	5.18	6.19	6.88	7.35
BWK08	0.00	0.87	3.02	6.05	9.43	12.53
BWB08	0.00	0.14	0.88	2.21	4.24	7.06
BWG12	2.00	3.65	4.79	5.43	5.80	6.01
BWK12	0.00	0.77	2.40	4.32	6.11	7.48
BWB12	0.00	0.12	0.68	1.52	2.59	3.83
BWG16	2.111	3.611	4.495	4.915	5.116	5.211
BWK16	0.000	0.692	1.934	3.176	4.147	4.775
BWB16	0.000	0.105	0.531	1.069	1.649	2.212
BWG20	2.239	3.611	4.305	4.583	4.695	4.740
BWK20	0.000	0.622	1.584	2.399	2.939	3.234
BWB20	0.000	0.092	0.421	0.773	1.094	1.357
PFK00	9999.00	0.89	0.20	0.08	0.04	0.02
PFK04	9999.00	1.01	0.26	0.11	0.07	0.04
PFK08	9999.00	1.15	0.33	0.17	0.11	0.08
PFK12	9999.00	1.29	0.42	0.23	0.16	0.13
PFK16	9999.00	1.44	0.52	0.31	0.24	0.21
PFK20	9999.00	1.61	0.63	0.42	0.34	0.31
PFB00	9999.00	5.33	0.65	0.20	0.08	0.03
PFB04	9999.00	6.21	0.87	0.30	0.14	0.07
PFB08	9999.00	7.20	1.14	0.45	0.24	0.14
PFB12	9999.00	8.30	1.47	0.66	0.39	0.26
PFB16	9999.00	9.51	1.88	0.94	0.61	0.45
PFB20	9999.00	10.84	2.37	1.29	0.91	0.74

KURVE KUBI AB 1975 MIT 6. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 6.00  
 BRUETER 802 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	7	13	24	42	67	100
GWK	1	6	15	29	47	67
GWB	0	1	3	7	14	27
DK	0.6	1.4	2.3	3.2	3.8	4.2
DB	0.1	0.3	0.6	1.1	2.0	3.3
IG	19.	45.	75.	105.	135.	165.
IK	0.	14.	67.	178.	370.	657.
IB	0.	1.	8.	29.	78.	175.
PUE/A	0.90	0.90	1.80	3.45	6.60	10.65
PUR/A	0.12	-0.01	-0.11	0.09	0.07	0.05
PURKU	0.64	1.17	0.58	0.10	1.45	0.82
BWG00	1.7	3.9	6.6	9.2	11.8	14.4
BWK00	0.0	1.3	5.9	15.6	32.4	57.6
BWB00	0.0	0.1	0.7	2.5	6.8	15.4
BWG04	1.8	3.8	5.8	7.4	8.7	9.8
BWK04	0.0	1.1	4.5	10.4	18.8	29.2
BWB04	0.0	0.1	0.5	1.6	3.8	7.3
BWG08	1.88	3.70	5.18	6.19	6.88	7.35
BWK08	0.00	0.97	3.50	7.18	11.50	15.93
BWB08	0.00	0.04	0.39	1.08	2.17	3.66
BWG12	2.00	3.65	4.79	5.43	5.80	6.01
BWK12	0.00	0.86	2.77	5.10	7.39	9.35
BWB12	0.00	0.04	0.30	0.74	1.31	1.97
BWG16	2.111	3.611	4.495	4.915	5.116	5.211
BWK16	0.000	0.766	2.233	3.732	4.973	5.866
BWB16	0.000	0.031	0.232	0.513	0.823	1.121
BWG20	2.239	3.611	4.305	4.583	4.695	4.740
BWK20	0.000	0.687	1.823	2.807	3.496	3.915
BWB20	0.000	0.027	0.182	0.366	0.537	0.677
PFK00	9999.00	0.80	0.17	0.06	0.03	0.02
PEK04	9999.00	0.91	0.22	0.10	0.05	0.03
PFK08	9999.00	1.03	0.29	0.14	0.09	0.06
PFK12	9999.00	1.17	0.36	0.20	0.14	0.11
PFK16	9999.00	1.31	0.45	0.27	0.20	0.17
PEK20	9999.00	1.46	0.55	0.36	0.29	0.26
PFB00	9999.00	15.98	1.43	0.39	0.15	0.07
PFB04	9999.00	19.17	1.92	0.61	0.27	0.14
PEB08	9999.00	22.85	2.55	0.92	0.46	0.27
PFB12	9999.00	27.05	3.34	1.36	0.76	0.51
PFB16	9999.00	31.83	4.31	1.95	1.22	0.89
PFB20	9999.00	37.26	5.49	2.73	1.86	1.48

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 6.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	10	15	15	15	15
GWB	0	7	18	35	51	67
DK	1.0	1.4	0.5	0.0	0.0	0.0
DB	0.7	1.8	2.8	3.3	3.2	3.3
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	27.	90.	168.	241.	314.
IB	0.	15.	71.	205.	413.	698.
PUE/A	2.70	3.30	5.85	9.45	11.85	14.25
PUR/A	0.09	-0.02	0.59	2.62	5.19	7.86
PURKU	0.82	0.90	0.63	6.76	26.87	58.69
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	2.3	7.9	14.7	21.1	27.5
BWB00	0.0	1.3	6.2	18.0	36.2	61.2
BWG04	4.9	11.8	17.5	22.5	26.3	29.5
BWK04	0.0	2.0	6.2	10.3	13.5	16.2
BWB04	0.0	1.1	4.7	11.8	20.9	31.2
BWG08	5.09	11.36	15.67	18.78	20.76	22.12
BWK08	0.00	1.79	4.88	7.46	9.12	10.25
BWB08	0.00	0.99	3.65	8.04	12.67	17.06
BWG12	5.41	11.12	14.41	16.38	17.44	18.04
BWK12	0.00	1.59	3.93	5.58	6.45	6.95
BWB12	0.00	0.87	2.87	5.64	8.07	10.01
BWG16	5.724	10.959	13.497	14.778	15.349	15.625
BWK16	0.000	1.419	3.215	4.282	4.757	4.987
BWB16	0.000	0.774	2.296	4.069	5.384	6.267
BWG20	6.072	10.894	12.876	13.721	14.037	14.167
BWK20	0.000	1.275	2.668	3.372	3.636	3.744
BWB20	0.000	0.689	1.862	3.020	3.746	4.160
PFK00	9999.00	0.43	0.13	0.07	0.05	0.04
PFK04	9999.00	0.49	0.16	0.10	0.07	0.06
PFK08	9999.00	0.56	0.21	0.13	0.11	0.10
PFK12	9999.00	0.63	0.25	0.18	0.16	0.14
PFK16	9999.00	0.70	0.31	0.23	0.21	0.20
PFK20	9999.00	0.78	0.37	0.30	0.28	0.27
PFB00	9999.00	0.76	0.16	0.06	0.03	0.02
PFB04	9999.00	0.88	0.21	0.08	0.05	0.03
PFB08	9999.00	1.01	0.27	0.12	0.08	0.06
PFB12	9999.00	1.14	0.35	0.18	0.12	0.10
PFB16	9999.00	1.29	0.44	0.25	0.19	0.16
PFB20	9999.00	1.45	0.54	0.33	0.27	0.24

- 2 -

KURVE LINEA AB 1975 MIT 18. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 6.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1975

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW	19	35	51	68	84	100
GWK	1	13	23	30	31	31
GWB	0	4	10	20	35	51
DK	1.3	2.2	1.7	0.8	0.1	0.0
DB	0.4	1.0	1.6	2.5	3.1	3.3
IG	51.	139.	227.	320.	408.	496.
IK	0.	34.	123.	262.	412.	563.
IB	0.	8.	38.	112.	242.	450.
PUE/A	2.70	3.00	5.25	8.40	11.55	14.25
PUR/A	0.09	-0.05	0.14	0.05	0.85	3.42
PURKU	0.82	0.91	0.29	2.28	0.77	10.78
BWG00	4.6	12.3	20.0	28.2	35.9	43.5
BWK00	0.0	3.0	10.8	22.9	36.1	49.3
BWB00	0.0	0.7	3.3	9.8	21.2	39.4
BWG04	4.9	11.8	17.5	22.5	26.3	29.5
BWK04	0.0	2.6	8.3	15.7	22.3	27.8
BWB04	0.0	0.6	2.5	6.4	12.1	19.6
BWG08	5.09	11.36	15.67	18.78	20.76	22.12
BWK08	0.00	2.29	6.57	11.15	14.54	16.88
BWB08	0.00	0.50	1.95	4.35	7.25	10.43
BWG12	5.41	11.12	14.41	16.38	17.44	18.04
BWK12	0.00	2.03	5.27	8.17	9.96	11.00
BWB12	0.00	0.44	1.53	3.04	4.56	5.96
BWG16	5.724	10.959	13.497	14.778	15.349	15.625
BWK16	0.000	1.810	4.293	6.166	7.137	7.613
BWB16	0.000	0.383	1.217	2.184	3.003	3.641
BWG20	6.072	10.894	12.876	13.721	14.037	14.167
BWK20	0.000	1.624	3.548	4.779	5.317	5.541
BWB20	0.000	0.339	0.982	1.613	2.064	2.362
PFK00	9999.00	0.34	0.09	0.04	0.03	0.02
PFK04	9999.00	0.39	0.12	0.06	0.04	0.04
PFK08	9999.00	0.44	0.15	0.09	0.07	0.06
PFK12	9999.00	0.49	0.19	0.12	0.10	0.09
PFK16	9999.00	0.55	0.23	0.16	0.14	0.13
PFK20	9999.00	0.62	0.28	0.21	0.19	0.18
PFB00	9999.00	1.50	0.30	0.10	0.05	0.03
PFB04	9999.00	1.74	0.40	0.16	0.08	0.05
PFB08	9999.00	2.00	0.51	0.23	0.14	0.10
PFB12	9999.00	2.29	0.65	0.33	0.22	0.17
PFB16	9999.00	2.61	0.82	0.46	0.33	0.27
PFB20	9999.00	2.95	1.02	0.62	0.48	0.42

4.2 Konverter und Brüter ab 1980

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 6.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	6	17	28	36
GWB		0	5	12	26	51
DK		0.6	1.6	2.2	1.9	1.2
DB		0.5	1.2	2.1	3.9	6.3
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	16.	74.	188.	353.
IB		0.	9.	49.	140.	324.
PUE/A		1.95	2.25	4.05	7.35	12.30
PUR/A		0.01	0.06	0.13	-0.15	0.07
PURKU		0.89	0.13	1.54	1.45	0.08
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.4	6.5	16.5	30.9
BWB00		0.0	0.8	4.3	12.2	28.4
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.2	5.0	11.0	18.3
BWB04		0.0	0.7	3.2	8.1	16.1
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.09	3.88	7.65	11.41
BWB08		0.00	0.60	2.50	5.49	9.64
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.97	3.08	5.48	7.47
BWB12		0.00	0.53	1.96	3.85	6.04
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.870	2.484	4.033	5.116
BWB16		0.000	0.469	1.564	2.782	3.966
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.785	2.034	3.052	3.656
BWB20		0.000	0.417	1.264	2.062	2.718
PFK00		9999.00	0.72	0.15	0.06	0.03
PFK04		9999.00	0.82	0.20	0.09	0.05
PFK08		9999.00	0.92	0.26	0.13	0.09
PFK12		9999.00	1.03	0.32	0.18	0.13
PFK16		9999.00	1.15	0.40	0.25	0.20
PFK20		9999.00	1.27	0.49	0.33	0.27
PFB00		9999.00	1.26	0.24	0.08	0.04
PFB04		9999.00	1.45	0.31	0.12	0.06
PFB08		9999.00	1.66	0.40	0.18	0.10
PFB12		9999.00	1.89	0.51	0.26	0.17
PFB16		9999.00	2.13	0.64	0.36	0.25
PFB20		9999.00	2.40	0.79	0.48	0.37

KURVE MUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 6.00  
 BRUETER 802 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	9	23	40	60
GWB		0	2	6	14	27
DK		0.9	2.2	3.1	3.7	4.2
DB		0.2	0.6	1.2	2.1	3.3
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	20.	97.	254.	506.
IB		0.	5.	25.	74.	171.
PUE/A		1.95	2.10	3.45	6.60	10.65
PUR/A		0.31	0.24	-0.18	-0.26	0.06
PURKU		0.89	3.14	3.32	1.32	0.73
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.8	8.5	22.2	44.4
BWB00		0.0	0.4	2.2	6.4	15.0
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.5	14.9	25.9
BWB04		0.0	0.3	1.7	4.2	8.5
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.39	5.07	10.26	15.97
BWB08		0.00	0.30	1.30	2.88	5.07
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.24	4.02	7.31	10.33
BWB12		0.00	0.26	1.02	2.02	3.18
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.106	3.237	5.359	7.002
BWB16		0.000	0.233	0.811	1.455	2.080
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.995	2.644	4.039	4.952
BWB20		0.000	0.206	0.654	1.076	1.422
PFK00		9999.00	0.56	0.12	0.04	0.02
PFK04		9999.00	0.64	0.15	0.07	0.04
PFK08		9999.00	0.72	0.20	0.10	0.06
PFK12		9999.00	0.81	0.25	0.14	0.10
PFK16		9999.00	0.90	0.31	0.19	0.14
PFK20		9999.00	1.00	0.38	0.25	0.20
PFB00		9999.00	2.51	0.45	0.16	0.07
PFB04		9999.00	2.90	0.59	0.24	0.12
PFB08		9999.00	3.33	0.77	0.35	0.20
PFB12		9999.00	3.79	0.98	0.50	0.31
PFB16		9999.00	4.30	1.23	0.69	0.48
PFB20		9999.00	4.85	1.53	0.93	0.70

- 1 -

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 6.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	3	3	3	3
GWB		0	14	30	47	63
DK		0.3	0.2	0.0	0.0	0.0
DB		1.4	3.0	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	10.	25.	40.	55.
IB		0.	31.	135.	331.	595.
PUE/A		5.25	6.60	9.45	12.00	14.40
PUR/A		0.14	0.68	2.84	5.35	7.97
PURKU		1.59	1.38	8.37	29.77	61.92
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.9	2.2	3.5	4.8
BWB00		0.0	2.7	11.8	29.0	52.1
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.8	1.7	2.6	3.2
BWB04		0.0	2.4	9.1	19.5	31.1
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.71	1.42	1.94	2.27
BWB08		0.00	2.06	7.07	13.53	19.50
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.63	1.18	1.51	1.69
BWB12		0.00	1.82	5.61	9.70	12.85
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.571	0.994	1.209	1.304
BWB16		0.000	1.615	4.512	7.153	8.864
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.517	0.848	0.990	1.043
BWB20		0.000	1.441	3.683	5.417	6.367
PFK00		9999.00	1.11	0.46	0.28	0.21
PFK04		9999.00	1.25	0.57	0.39	0.31
PFK08		9999.00	1.41	0.70	0.52	0.44
PFK12		9999.00	1.58	0.85	0.66	0.59
PFK16		9999.00	1.75	1.01	0.83	0.77
PFK20		9999.00	1.93	1.18	1.01	0.96
PFB00		9999.00	0.37	0.08	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.42	0.11	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.48	0.14	0.07	0.05
PFB12		9999.00	0.55	0.18	0.10	0.08
PFB16		9999.00	0.62	0.22	0.14	0.11
PFB20		9999.00	0.69	0.27	0.18	0.16

- 2 -

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 6.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	9	15	16	16
GWB		0	8	18	34	50
DK		0.9	1.4	0.7	0.1	0.0
DB		0.8	1.8	2.6	3.2	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	24.	82.	163.	241.
IB		0.	17.	78.	208.	409.
PUE/A		5.25	6.00	8.40	11.70	14.40
PUR/A		0.14	0.11	-0.02	0.89	3.53
PURKU		1.59	1.45	2.65	1.22	11.55
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.1	7.2	14.3	21.1
BWB00		0.0	1.5	6.8	18.2	35.8
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.9	5.6	10.0	13.4
BWB04		0.0	1.3	5.2	12.1	20.9
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.64	4.47	7.17	8.94
BWB08		0.00	1.13	4.03	8.31	12.84
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.46	3.60	5.33	6.26
BWB12		0.00	0.99	3.18	5.88	8.28
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.309	2.954	4.071	4.582
BWB16		0.000	0.878	2.552	4.290	5.586
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.177	2.456	3.193	3.478
BWB20		0.000	0.781	2.075	3.214	3.932
PEK00		9999.00	0.47	0.14	0.07	0.05
PEK04		9999.00	0.54	0.18	0.10	0.07
PEK08		9999.00	0.61	0.22	0.14	0.11
PEK12		9999.00	0.68	0.28	0.19	0.16
PEK16		9999.00	0.76	0.34	0.25	0.22
PEK20		9999.00	0.85	0.41	0.31	0.29
PFB00		9999.00	0.67	0.15	0.05	0.03
PFB04		9999.00	0.78	0.19	0.08	0.05
PFB08		9999.00	0.89	0.25	0.12	0.08
PFB12		9999.00	1.01	0.31	0.17	0.12
PFB16		9999.00	1.14	0.39	0.23	0.18
PFB20		9999.00	1.28	0.48	0.31	0.25

#### 4.3 Konverter und Brüter ab 1985

- 1 -

KURVE KUBI AB 1985 MIT 24. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 6.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			25	42	67	100
GWK			1	9	19	28
GW8			0	9	24	48
DK			0.9	1.8	1.9	1.3
DB			0.9	2.4	3.9	6.2
IG			157.	270.	390.	510.
IK			0.	24.	97.	220.
IB			0.	19.	96.	268.
PUE/A			3.60	4.50	7.35	12.45
PUR/A			0.12	-0.08	0.00	0.30
PURKU			1.00	1.22	0.24	1.26
BWG00			13.7	23.6	34.1	44.6
BWK00			0.0	2.1	8.5	19.2
BWB00			0.0	1.7	8.4	23.5
BWG04			16.6	25.6	33.4	39.8
BWK04			0.0	1.8	6.6	13.1
BWB04			0.0	1.4	6.4	15.5
BWG08			20.17	28.31	34.24	38.27
BWK08			0.00	1.62	5.15	9.24
BWB08			0.00	1.26	4.95	10.63
BWG12			25.01	32.46	37.00	39.58
BWK12			0.00	1.44	4.13	6.72
BWB12			0.00	1.12	3.90	7.49
BWG16			31.216	38.057	41.586	43.266
BWK16			0.000	1.298	3.355	5.037
BWB16			0.000	0.990	3.124	5.436
BWG20			39.592	45.911	48.680	49.792
BWK20			0.000	1.172	2.769	3.877
BWB20			0.000	0.884	2.535	4.051
PFK00			9999.00	0.48	0.12	0.05
PFK04			9999.00	0.55	0.15	0.08
PFK08			9999.00	0.62	0.19	0.11
PFK12			9999.00	0.69	0.24	0.15
PFK16			9999.00	0.77	0.30	0.20
PFK20			9999.00	0.85	0.36	0.26
PFB00			9999.00	0.60	0.12	0.04
PFB04			9999.00	0.69	0.16	0.06
PFB08			9999.00	0.79	0.20	0.09
PFB12			9999.00	0.90	0.26	0.13
PFB16			9999.00	1.01	0.32	0.18
PFB20			9999.00	1.13	0.39	0.25

- 2 -

KURVE KUBI AB 1985 MIT 24. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 6.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			25	42	67	100
GWK			1	13	30	50
GWB			0	5	13	26
DK			1.3	2.9	3.7	4.2
DB			0.5	1.3	2.1	3.3
IG			157.	270.	390.	510.
IK			0.	32.	140.	343.
IB			0.	10.	52.	145.
PUE/A			3.60	4.05	6.45	10.80
PUR/A			0.18	-0.03	-0.15	0.08
PURKU			1.00	1.80	0.71	0.28
BWG00			13.7	23.6	34.1	44.6
BWK00			0.0	2.8	12.3	30.0
BWB00			0.0	0.9	4.6	12.7
BWG04			16.6	25.6	33.4	39.8
BWK04			0.0	2.5	9.4	20.3
BWB04			0.0	0.8	3.5	8.4
BWG08			20.17	28.31	34.24	38.27
BWK08			0.00	2.20	7.40	14.12
BWB08			0.00	0.69	2.71	5.75
BWG12			25.01	32.46	37.00	39.58
BWK12			0.00	1.95	5.90	10.16
BWB12			0.00	0.61	2.13	4.06
BWG16			31.216	38.057	41.586	43.266
BWK16			0.000	1.751	4.772	7.526
BWB16			0.000	0.537	1.707	2.947
BWG20			39.592	45.911	48.680	49.792
BWK20			0.000	1.577	3.919	5.730
BWB20			0.000	0.479	1.385	2.198
PFK00			9999.00	0.35	0.08	0.03
PFK04			9999.00	0.40	0.11	0.05
PFK08			9999.00	0.46	0.14	0.07
PFK12			9999.00	0.51	0.17	0.10
PFK16			9999.00	0.57	0.21	0.13
PFK20			9999.00	0.63	0.26	0.17
PFB00			9999.00	1.11	0.22	0.08
PFB04			9999.00	1.28	0.29	0.12
PFB08			9999.00	1.46	0.37	0.17
PFB12			9999.00	1.65	0.47	0.25
PFB16			9999.00	1.86	0.59	0.34
PFB20			9999.00	2.09	0.72	0.45

- 1 -

KURVE LINEA AB 1985 MIT 51. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTIER K01 DPU=-0.150 VZ= 6.00  
 BRUETER B01 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			52	68	85	101
GWK			0	0	0	0
GWB			1	17	34	50
DK			0.0	0.0	0.0	0.0
DB			1.7	3.3	3.3	3.3
IG			401.	646.	906.	1151.
IK			0.	0.	0.	0.
IB			0.	41.	168.	368.
PUE/A			7.65	9.45	12.00	14.40
PUR/A			0.83	2.89	5.23	7.91
PURKU			0.30	8.35	29.17	60.65
BWG00			35.1	56.6	79.4	100.9
BWK00			0.0	0.0	0.0	0.0
BWB00			0.0	3.6	14.7	32.2
BWG04			42.9	62.2	79.2	92.3
BWK04			0.0	0.0	0.0	0.0
BWB04			0.0	3.1	11.3	21.9
BWG08			52.87	70.40	83.13	91.31
BWK08			0.00	0.00	0.00	0.00
BWB08			0.00	2.75	8.85	15.43
BWG12			66.20	82.20	91.91	97.12
BWK12			0.00	0.00	0.00	0.00
BWB12			0.00	2.44	7.04	11.21
BWG16			83.534	98.211	105.711	109.087
BWK16			0.000	0.000	0.000	0.000
BWB16			0.000	2.175	5.694	8.378
BWG20			106.902	120.437	126.294	128.520
BWK20			0.000	0.000	0.000	0.000
BWB20			0.000	1.950	4.671	6.431
PFK00			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK04			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK08			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK12			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK16			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK20			9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFB00			9999.00	0.28	0.07	0.03
PFB04			9999.00	0.32	0.09	0.05
PFB08			9999.00	0.36	0.11	0.06
PFB12			9999.00	0.41	0.14	0.09
PFB16			9999.00	0.46	0.18	0.12
PFB20			9999.00	0.51	0.21	0.16

- 2 -

KURVE LINEA AB 1985 MIT 51. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 6.00  
 BRUETER B02 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1985

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW			52	68	85	101
GWK			1	5	7	7
GWB			0	12	27	43
DK			0.5	0.6	0.2	0.0
DB			1.2	2.7	3.1	3.3
IG			401.	646.	906.	1151.
IK			0.	15.	47.	81.
IB			0.	26.	121.	287.
PUE/A			7.65	8.85	11.55	14.40
PUR/A			0.09	0.04	1.12	3.43
PURKU			2.30	0.92	2.73	12.11
BWG00			35.1	56.6	79.4	100.9
BWK00			0.0	1.3	4.1	7.1
BWB00			0.0	2.3	10.6	25.1
BWG04			42.9	62.2	79.2	92.3
BWK04			0.0	1.1	3.2	5.0
BWB04			0.0	2.0	8.1	16.9
BWG08			52.87	70.40	83.13	91.31
BWK08			0.00	1.00	2.57	3.69
BWB08			0.00	1.75	6.28	11.74
BWG12			66.20	82.20	91.91	97.12
BWK12			0.00	0.89	2.08	2.80
BWB12			0.00	1.55	4.96	8.41
BWG16			83.534	98.211	105.711	109.087
BWK16			0.000	0.801	1.715	2.178
BWB16			0.000	1.374	3.979	6.200
BWG20			106.902	120.437	126.294	128.520
BWK20			0.000	0.722	1.432	1.737
BWB20			0.000	1.228	3.239	4.694
PFK00			9999.00	0.78	0.24	0.14
PFK04			9999.00	0.88	0.31	0.20
PFK08			9999.00	1.00	0.39	0.27
PFK12			9999.00	1.12	0.48	0.36
PFK16			9999.00	1.25	0.58	0.46
PFK20			9999.00	1.39	0.70	0.58
PEB00			9999.00	0.44	0.09	0.04
PEB04			9999.00	0.50	0.12	0.06
PEB08			9999.00	0.57	0.16	0.09
PEB12			9999.00	0.65	0.20	0.12
PEB16			9999.00	0.73	0.25	0.16
PEB20			9999.00	0.81	0.31	0.21

**5. Brütervariationen**

**Grundtyp LWR ab 1970**

**Konverter LWR**

**Brüter ab 1980 in den Kombinationen**

**von niedrigem und hohem Pu-Inventar und  
von niedrigem und hohem Pu-Ausstoß**

- 1 -

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KENVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU= 0.000 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	4	12	23	36
GWB		0	7	17	31	51
DK		0.4	1.1	1.9	2.4	2.8
DB		0.7	1.7	2.4	3.4	4.7
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		C.	11.	52.	142.	293.
IE		C.	14.	70.	185.	384.
PUE/A		1.95	2.25	3.15	4.50	6.30
PUR/A		0.07	-0.07	-0.07	0.00	0.05
PURKU		0.89	0.74	0.16	0.07	0.16
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.0	4.6	12.4	25.7
BWB00		0.0	1.2	6.2	16.2	33.7
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	0.8	3.5	8.3	14.9
BWB04		0.0	1.1	4.7	10.8	19.5
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	0.75	2.72	5.69	9.10
BWB08		0.00	0.94	3.66	7.46	11.94
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.67	2.15	4.03	5.84
BWB12		0.00	0.83	2.89	5.29	7.67
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.604	1.737	2.949	3.931
BWB16		0.000	0.735	2.311	3.865	5.151
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.546	1.422	2.217	2.762
BWB20		0.000	0.655	1.877	2.897	3.611
PEK00		9999.00	1.05	0.22	0.08	0.04
PEK04		9999.00	1.19	0.29	0.12	0.07
PEK08		9999.00	1.33	0.37	0.18	0.11
PEK12		9999.00	1.49	0.46	0.25	0.17
PEK16		9999.00	1.66	0.58	0.34	0.25
PEK20		9999.00	1.83	0.70	0.45	0.36
PEB00		9999.00	0.81	0.16	0.06	0.03
PEB04		9999.00	0.93	0.21	0.09	0.05
PEB08		9999.00	1.06	0.27	0.13	0.08
PEB12		9999.00	1.21	0.35	0.19	0.13
PEB16		9999.00	1.36	0.43	0.26	0.19
PEB20		9999.00	1.53	0.53	0.35	0.28

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER BC2 CPU=-0.050 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	4	11	18	26
GWB		0	7	18	36	61
DK		0.4	1.0	1.4	1.5	1.5
DB		0.7	1.8	2.9	4.3	6.0
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	11.	48.	122.	237.
IB		0.	14.	75.	205.	441.
PUE/A		1.95	2.45	3.70	5.55	7.95
PUR/A		0.10	0.03	-0.09	-0.08	0.02
PURKU		0.89	1.00	1.20	0.06	0.36
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.0	4.2	10.7	20.7
BWB00		0.0	1.2	6.6	18.0	38.6
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	0.8	3.2	7.2	12.2
BWB04		0.0	1.1	5.0	11.9	22.2
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	0.75	2.51	4.98	7.57
BWB08		0.00	0.94	3.86	8.16	13.47
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.67	2.00	3.57	4.94
BWB12		0.00	0.83	3.04	5.76	8.57
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.604	1.621	2.632	3.379
BWB16		0.000	0.735	2.427	4.182	5.703
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.546	1.333	1.997	2.413
BWB20		0.000	0.655	1.965	3.117	3.961
PEK00		9999.00	1.05	0.24	0.09	0.05
PEK04		9999.00	1.19	0.31	0.14	0.08
PEK08		9999.00	1.33	0.40	0.20	0.13
PEK12		9999.00	1.49	0.50	0.28	0.20
PEK16		9999.00	1.66	0.62	0.38	0.30
PEK20		9999.00	1.83	0.75	0.50	0.41
PFB00		9999.00	0.81	0.15	0.06	0.03
PFB04		9999.00	0.93	0.20	0.08	0.04
PFB08		9999.00	1.06	0.26	0.12	0.07
PFB12		9999.00	1.21	0.33	0.17	0.12
PFB16		9999.00	1.36	0.41	0.24	0.18
PFB20		9999.00	1.53	0.51	0.32	0.25

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KC1 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B03 CPU=-0.100 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	4	9	12	14
GWB		0	7	20	42	73
DK		0.4	0.8	0.8	0.5	0.2
EE		0.7	2.0	3.5	5.3	7.3
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	10.	43.	99.	167.
IE		0.	15.	80.	229.	511.
PUEZA		1.95	2.65	4.45	7.10	10.55
PURZA		0.13	0.03	-0.09	0.16	0.87
PURKU		0.89	1.25	1.17	0.38	2.73
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	23.1
BWK00		0.0	0.9	3.8	8.6	14.6
BWE00		0.0	1.3	7.0	20.1	44.7
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	0.8	2.9	5.9	8.9
BWE04		0.0	1.1	5.3	13.2	25.6
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	0.72	2.29	4.14	5.70
BWE08		0.00	0.97	4.08	9.00	15.34
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.65	1.83	3.01	3.84
BWE12		0.00	0.85	3.21	6.31	9.67
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.584	1.494	2.259	2.710
BWE16		0.000	0.755	2.554	4.556	6.373
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.530	1.235	1.739	1.991
BWE20		0.000	0.672	2.063	3.375	4.383
PEK00		9999.00	1.09	0.27	0.12	0.07
PEK04		9999.00	1.23	0.34	0.17	0.11
PEK08		9999.00	1.38	0.44	0.24	0.18
PEK12		9999.00	1.54	0.55	0.33	0.26
PEK16		9999.00	1.71	0.67	0.44	0.37
PEK20		9999.00	1.89	0.81	0.58	0.50
PEB00		9999.00	0.78	0.14	0.05	0.02
PEB04		9999.00	0.90	0.19	0.08	0.04
PEB08		9999.00	1.03	0.24	0.11	0.07
PEB12		9999.00	1.17	0.31	0.16	0.10
PEB16		9999.00	1.33	0.39	0.22	0.16
PEB20		9999.00	1.49	0.48	0.30	0.23

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTIER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER 804 DPU=-0.150 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	3	7	7	7
GWE		0	8	22	47	80
DK		0.3	0.6	0.4	0.0	0.0
DE		0.8	2.2	3.9	5.8	7.5
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	10.	39.	74.	109.
IE		0.	15.	84.	254.	569.
PUE/A		1.95	2.85	5.40	9.00	13.80
PUR/A		0.02	0.06	0.38	1.52	4.01
PURKU		0.89	0.17	1.47	3.99	16.67
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	0.9	3.4	6.4	9.5
BWB00		0.0	1.3	7.4	22.2	49.8
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	0.8	2.6	4.5	6.1
BWB04		0.0	1.1	5.6	14.6	28.4
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	0.72	2.08	3.26	4.06
BWB08		0.00	0.97	4.29	9.89	16.99
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.65	1.68	2.43	2.86
BWB12		0.00	0.85	3.36	6.90	10.65
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.584	1.374	1.864	2.098
BWB16		0.000	0.755	2.674	4.950	6.985
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.530	1.142	1.467	1.598
BWB20		0.000	0.672	2.156	3.647	4.776
PEK00		9999.00	1.09	0.30	0.16	0.11
PEK04		9999.00	1.23	0.38	0.22	0.17
PEK08		9999.00	1.38	0.48	0.31	0.25
PEK12		9999.00	1.54	0.60	0.41	0.35
PEK16		9999.00	1.71	0.73	0.54	0.48
PEK20		9999.00	1.89	0.88	0.68	0.63
PFB00		9999.00	0.78	0.14	0.04	0.02
PFB04		9999.00	0.90	0.18	0.07	0.04
PFB08		9999.00	1.03	0.23	0.10	0.06
PFB12		9999.00	1.17	0.30	0.14	0.09
PFB16		9999.00	1.33	0.37	0.20	0.14
PFB20		9999.00	1.49	0.46	0.27	0.21

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B05 DPU=-0.200 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	3	5	5	5
GWE		0	3	24	49	82
DK		0.3	0.4	0.2	0.0	0.0
DE		0.8	2.4	4.1	5.8	7.5
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	10.	34.	59.	84.
IB		0.	15.	89.	269.	594.
PUE/A		1.95	3.05	6.50	11.10	17.50
PUR/A		0.04	0.12	1.20	3.74	7.78
PURKU		0.89	0.43	2.11	12.41	39.47
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	0.9	3.0	5.1	7.3
BWB00		0.0	1.3	7.8	23.5	52.0
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	0.8	2.3	3.7	4.8
BWB04		0.0	1.1	5.9	15.4	29.7
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	0.72	1.86	2.71	3.28
BWB08		0.00	0.97	4.51	10.44	17.77
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.65	1.52	2.06	2.36
BWB12		0.00	0.85	3.52	7.27	11.15
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.584	1.257	1.607	1.774
BWB16		0.000	0.755	2.791	5.207	7.309
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.530	1.054	1.286	1.380
BWB20		0.000	0.672	2.244	3.828	4.994
PFK00		9999.00	1.09	0.34	0.19	0.14
PFK04		9999.00	1.23	0.43	0.27	0.21
PFK08		9999.00	1.38	0.54	0.37	0.30
PFK12		9999.00	1.54	0.66	0.49	0.42
PEK16		9999.00	1.71	0.80	0.62	0.56
PEK20		9999.00	1.89	0.95	0.78	0.72
PFB00		9999.00	0.78	0.13	0.04	0.02
PFB04		9999.00	0.90	0.17	0.06	0.03
PFB08		9999.00	1.03	0.22	0.10	0.06
PFB12		9999.00	1.17	0.28	0.14	0.09
PFB16		9999.00	1.33	0.36	0.19	0.14
PFB20		9999.00	1.49	0.45	0.26	0.20

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B06 DPU=-0.250 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GNK		1	3	4	4	4
GWB		0	8	25	50	83
DK		0.3	0.3	0.1	0.0	0.0
DB		0.8	2.5	4.2	5.8	7.5
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	10.	30.	50.	70.
IB		0.	15.	93.	278.	608.
PUE/A		1.95	3.25	7.55	13.30	21.30
PUR/A		0.07	0.34	2.20	6.03	11.66
PURKU		0.89	0.68	4.31	22.65	64.60
BWC00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	0.9	2.6	4.4	6.1
BWB00		0.0	1.3	8.1	24.3	53.2
BWC04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	0.8	2.1	3.2	4.0
BWB04		0.0	1.1	6.1	15.9	30.4
BWC08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	0.72	1.68	2.35	2.81
BWB08		0.00	0.97	4.69	10.79	18.23
BWC12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.65	1.38	1.81	2.06
BWB12		0.00	0.85	3.66	7.52	11.45
BWC16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.584	1.151	1.431	1.565
BWB16		0.000	0.755	2.897	5.383	7.518
BWC20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.530	0.973	1.159	1.233
BWB20		0.000	0.672	2.325	3.956	5.140
PEK00		9999.00	1.09	0.38	0.23	0.16
PEK04		9999.00	1.23	0.48	0.32	0.25
PEK08		9999.00	1.38	0.60	0.42	0.36
PEK12		9999.00	1.54	0.72	0.55	0.49
PEK16		9999.00	1.71	0.87	0.70	0.64
PEK20		9999.00	1.89	1.03	0.86	0.81
PEB00		9999.00	0.78	0.12	0.04	0.02
PEB04		9999.00	0.90	0.16	0.06	0.03
PEB08		9999.00	1.03	0.21	0.09	0.05
PEB12		9999.00	1.17	0.27	0.13	0.09
PEB16		9999.00	1.33	0.35	0.19	0.13
PEB20		9999.00	1.49	0.43	0.25	0.19

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER BC7 DPU=-0.300 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
CW		14	24	42	67	100
CWK		1	3	4	4	4
CWE		0	8	25	50	83
DK		0.3	0.3	0.1	0.0	0.0
DE		0.8	2.5	4.2	5.8	7.5
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	10.	29.	49.	69.
IE		0.	15.	93.	278.	608.
PUE/A		1.95	3.45	8.55	15.45	25.05
PUR/A		0.09	0.66	3.27	8.27	15.48
PURKU		0.89	0.94	7.53	33.65	90.24
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	0.9	2.5	4.3	6.1
BWE00		0.0	1.3	8.2	24.4	53.3
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	0.8	2.0	3.1	4.0
BWE04		0.0	1.1	6.2	16.0	30.5
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	0.72	1.63	2.31	2.77
BWE08		0.00	0.97	4.74	10.84	18.28
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.65	1.34	1.77	2.02
BWE12		0.00	0.85	3.70	7.55	11.49
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.584	1.121	1.401	1.535
BWE16		0.000	0.755	2.927	5.413	7.548
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.530	0.948	1.134	1.209
BWE20		0.000	0.672	2.350	3.980	5.165
PEK00		9999.00	1.09	0.39	0.23	0.17
PEK04		9999.00	1.23	0.49	0.32	0.25
PEK08		9999.00	1.38	0.61	0.43	0.36
PEK12		9999.00	1.54	0.74	0.56	0.50
PEK16		9999.00	1.71	0.89	0.71	0.65
PEK20		9999.00	1.89	1.05	0.88	0.83
PFB00		9999.00	0.78	0.12	0.04	0.02
PFB04		9999.00	0.90	0.16	0.06	0.03
PFB08		9999.00	1.03	0.21	0.09	0.05
PFB12		9999.00	1.17	0.27	0.13	0.09
PFB16		9999.00	1.33	0.34	0.18	0.13
PFB20		9999.00	1.49	0.43	0.25	0.19

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B08 DPU=-0.350 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
CW		14	24	42	67	100
GWK		1	3	3	3	3
CWE		0	3	26	51	84
DK		0.3	0.2	0.0	0.0	0.0
CB		0.8	2.6	4.3	5.8	7.5
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	10.	25.	40.	55.
IB		0.	15.	97.	287.	622.
PUE/A		1.95	3.65	9.75	17.80	29.00
PUR/A		0.12	0.93	4.39	10.71	19.50
PURKU		0.89	1.19	10.15	45.05	117.29
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	0.9	2.2	3.5	4.9
BWB00		0.0	1.3	8.5	25.1	54.5
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	0.8	1.8	2.6	3.3
BWB04		0.0	1.1	6.4	16.5	31.2
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	0.72	1.46	1.97	2.31
BWB08		0.00	0.97	4.91	11.17	18.73
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.65	1.22	1.54	1.72
BWB12		0.00	0.85	3.82	7.79	11.79
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.584	1.026	1.236	1.336
BWB16		0.000	0.755	3.022	5.578	7.746
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.530	0.876	1.015	1.071
BWB20		0.000	0.672	2.422	4.099	5.302
PFK00		9999.00	1.09	0.45	0.28	0.21
PFK04		9999.00	1.23	0.56	0.38	0.31
PFK08		9999.00	1.38	0.68	0.51	0.43
PFK12		9999.00	1.54	0.82	0.65	0.58
PFK16		9999.00	1.71	0.97	0.81	0.75
PFK20		9999.00	1.89	1.14	0.98	0.93
PFB00		9999.00	0.78	0.12	0.04	0.02
PFB04		9999.00	0.90	0.16	0.06	0.03
PFB08		9999.00	1.03	0.20	0.09	0.05
PFB12		9999.00	1.17	0.26	0.13	0.08
PFB16		9999.00	1.33	0.33	0.18	0.13
PFB20		9999.00	1.49	0.41	0.24	0.19

KURVE KUBL AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER BC9 DPU= 0.000 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	6	17	31	48
GWB		0	5	12	23	39
DK		0.6	1.6	2.5	3.1	3.7
DB		0.5	1.2	1.8	2.7	3.8
IG		68.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	16.	75.	197.	396.
IB		0.	9.	48.	131.	281.
PUE/A		1.95	2.40	3.60	5.40	7.80
PUR/A		0.02	-0.05	0.03	0.05	0.13
PURKU		0.89	0.17	0.39	0.50	0.89
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.4	6.6	17.2	34.7
BWB00		0.0	0.8	4.2	11.5	24.6
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.2	5.0	11.5	20.3
BWB04		0.0	0.7	3.2	7.6	14.2
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.09	3.91	7.94	12.45
BWB08		0.00	0.60	2.46	5.20	8.60
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.97	3.10	5.66	8.04
BWB12		0.00	0.53	1.94	3.67	5.46
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.870	2.502	4.149	5.446
BWB16		0.000	0.469	1.545	2.665	3.637
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.785	2.048	3.129	3.849
BWB20		0.000	0.417	1.251	1.985	2.524
PEK00		9999.00	0.72	0.15	0.06	0.03
PEK04		9999.00	0.82	0.20	0.09	0.05
PEK08		9999.00	0.92	0.26	0.13	0.08
PEK12		9999.00	1.03	0.32	0.18	0.12
PEK16		9999.00	1.15	0.40	0.24	0.18
PEK20		9999.00	1.27	0.49	0.32	0.26
PFB00		9999.00	1.26	0.24	0.09	0.04
PFB04		9999.00	1.45	0.31	0.13	0.07
PFB08		9999.00	1.66	0.41	0.19	0.12
PFB12		9999.00	1.89	0.52	0.27	0.18
PFB16		9999.00	2.13	0.65	0.38	0.27
PFB20		9999.00	2.40	0.80	0.50	0.40

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B1C CPU=-0.050 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
CW		14	24	42	67	100
CWK		1	6	17	29	43
CWB		0	5	12	25	44
DK		0.6	1.6	2.3	2.6	2.9
DB		0.5	1.2	2.0	3.2	4.6
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	16.	73.	188.	370.
IB		0.	9.	49.	139.	308.
PUE/A		1.95	2.50	4.05	6.30	9.10
PUR/A		0.03	0.10	0.09	-0.07	-0.01
PURKU		0.89	0.30	1.91	1.18	1.25
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	23.1
BWK00		0.0	1.4	6.4	16.5	32.4
BWE00		0.0	0.8	4.3	12.2	27.0
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.2	4.9	11.1	19.0
BWE04		0.0	0.7	3.3	8.0	15.4
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.09	3.85	7.66	11.76
BWE08		0.00	0.60	2.52	5.49	9.29
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.97	3.06	5.47	7.64
BWE12		0.00	0.53	1.98	3.86	5.87
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.870	2.468	4.027	5.206
BWE16		0.000	0.469	1.579	2.788	3.877
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.785	2.022	3.046	3.701
BWE20		0.000	0.417	1.276	2.068	2.672
PEK00		9999.00	0.72	0.16	0.06	0.03
PEK04		9999.00	0.82	0.20	0.09	0.05
PEK08		9999.00	0.92	0.26	0.13	0.09
PEK12		9999.00	1.03	0.33	0.18	0.13
PEK16		9999.00	1.15	0.41	0.25	0.19
PEK20		9999.00	1.27	0.49	0.33	0.27
PEB00		9999.00	1.26	0.23	0.08	0.04
PEB04		9999.00	1.45	0.31	0.12	0.06
PEB08		9999.00	1.66	0.40	0.18	0.11
PEB12		9999.00	1.89	0.50	0.26	0.17
PEB16		9999.00	2.13	0.63	0.36	0.26
PEB20		9999.00	2.40	0.78	0.48	0.37

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KOI DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B11 DPU=-0.100 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	6	16	26	37
GWB		0	5	13	28	50
DK		0.6	1.5	2.0	2.1	2.0
DE		0.5	1.3	2.3	3.7	5.5
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	16.	72.	178.	338.
IB		0.	9.	51.	149.	339.
PUE/A		1.95	2.60	4.45	7.25	11.00
PUR/A		0.04	0.06	0.01	0.03	0.12
PURKU		0.89	0.43	1.47	0.50	1.80
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.4	6.3	15.6	29.6
BWE00		0.0	0.8	4.4	13.1	29.7
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.2	4.8	10.5	17.5
BWE04		0.0	0.7	3.4	8.6	16.9
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.09	3.77	7.31	10.93
BWE08		0.00	0.60	2.60	5.84	10.11
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.97	3.00	5.24	7.17
BWE12		0.00	0.53	2.04	4.09	6.34
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.870	2.426	3.874	4.920
BWE16		0.000	0.469	1.622	2.941	4.163
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.785	1.990	2.942	3.524
BWE20		0.000	0.417	1.308	2.173	2.850
PEK00		9999.00	0.72	0.16	0.06	0.03
PEK04		9999.00	0.82	0.21	0.10	0.06
PEK08		9999.00	0.92	0.27	0.14	0.09
PEK12		9999.00	1.03	0.33	0.19	0.14
PEK16		9999.00	1.15	0.41	0.26	0.20
PEK20		9999.00	1.27	0.50	0.34	0.28
PEB00		9999.00	1.26	0.22	0.08	0.03
PEB04		9999.00	1.45	0.30	0.12	0.06
PEB08		9999.00	1.66	0.38	0.17	0.10
PEB12		9999.00	1.89	0.49	0.24	0.16
PEB16		9999.00	2.13	0.62	0.34	0.24
PEB20		9999.00	2.40	0.76	0.46	0.35

## E-100

- 12 -

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B12 CPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	6	15	23	29
GWB		0	5	14	31	58
DK		0.6	1.4	1.7	1.4	0.8
DB		0.5	1.4	2.6	4.4	6.7
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	16.	70.	168.	304.
IB		0.	9.	52.	159.	374.
PUE/A		1.95	2.70	4.95	8.55	13.50
PUR/A		0.06	0.03	0.00	-0.01	0.31
PURKU		0.89	0.55	1.16	0.59	1.11
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.4	6.1	14.8	26.6
BWB00		0.0	0.8	4.6	13.9	32.8
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.2	4.7	10.0	15.9
BWB04		0.0	0.7	3.5	9.1	18.5
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.09	3.70	6.96	10.04
BWB08		0.00	0.60	2.68	6.18	11.01
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.97	2.94	5.02	6.65
BWB12		0.00	0.53	2.10	4.31	6.86
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.870	2.382	3.723	4.612
BWB16		0.000	0.469	1.666	3.091	4.470
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.785	1.956	2.839	3.334
BWB20		0.000	0.417	1.342	2.276	3.040
PEK00		9999.00	0.72	0.16	0.07	0.04
PEK04		9999.00	0.82	0.21	0.10	0.06
PEK08		9999.00	0.92	0.27	0.14	0.10
PEK12		9999.00	1.03	0.34	0.20	0.15
PEK16		9999.00	1.15	0.42	0.27	0.22
PEK20		9999.00	1.27	0.51	0.35	0.30
PEB00		9999.00	1.26	0.22	0.07	0.03
PEB04		9999.00	1.45	0.29	0.11	0.05
PEB08		9999.00	1.66	0.37	0.16	0.09
PEB12		9999.00	1.89	0.48	0.23	0.15
PEB16		9999.00	2.13	0.60	0.32	0.22
PEB20		9999.00	2.40	0.75	0.44	0.33

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B13 DPU=-0.200 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	6	14	20	22
GWB		0	5	15	34	65
DK		0.6	1.3	1.4	0.8	0.2
DB		0.5	1.5	2.9	5.0	7.3
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	16.	68.	157.	264.
IB		0.	9.	54.	171.	413.
PUE/A		1.95	2.80	5.65	10.10	16.65
PUR/A		0.07	0.01	0.09	0.46	2.25
PURKU		0.89	0.68	0.99	1.61	5.62
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.4	6.0	13.7	23.2
BWB00		0.0	0.8	4.8	15.0	36.2
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.2	4.6	9.3	14.1
BWB04		0.0	0.7	3.6	9.8	20.4
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.09	3.60	6.55	9.01
BWB08		0.00	0.60	2.77	6.59	12.03
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.97	2.88	4.75	6.06
BWB12		0.00	0.53	2.16	4.58	7.45
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.870	2.331	3.546	4.259
BWB16		0.000	0.469	1.716	3.269	4.824
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.785	1.918	2.718	3.116
BWB20		0.000	0.417	1.380	2.397	3.258
PFK00		9999.00	0.72	0.17	0.07	0.04
PFK04		9999.00	0.82	0.22	0.11	0.07
PFK08		9999.00	0.92	0.28	0.15	0.11
PFK12		9999.00	1.03	0.35	0.21	0.17
PFK16		9999.00	1.15	0.43	0.28	0.23
PFK20		9999.00	1.27	0.52	0.37	0.32
PFB00		9999.00	1.26	0.21	0.07	0.03
PFB04		9999.00	1.45	0.28	0.10	0.05
PFB08		9999.00	1.66	0.36	0.15	0.08
PFB12		9999.00	1.89	0.46	0.22	0.13
PFB16		9999.00	2.13	0.58	0.31	0.21
PFB20		9999.00	2.40	0.72	0.42	0.31

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B14 DPU=-0.250 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	6	13	16	16
GWB		0	5	16	38	71
DK		0.6	1.2	1.0	0.3	0.0
DB		0.5	1.6	3.3	5.5	7.5
IC		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	16.	66.	143.	223.
IE		0.	9.	56.	184.	454.
PUE/A		1.95	2.90	6.45	12.10	20.10
PUR/A		0.08	-0.00	0.09	1.48	5.46
PURKU		0.89	0.81	0.86	1.69	15.64
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.4	5.8	12.5	19.6
BWB00		0.0	0.8	4.9	16.1	39.8
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.2	4.5	8.6	12.1
BWB04		0.0	0.7	3.7	10.5	22.3
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.09	3.53	6.10	7.93
BWB08		0.00	0.60	2.84	7.04	13.11
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.97	2.82	4.46	5.44
BWB12		0.00	0.53	2.22	4.87	8.07
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.870	2.291	3.355	3.889
BWB16		0.000	0.469	1.757	3.460	5.194
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.785	1.887	2.590	2.888
BWB20		0.000	0.417	1.411	2.524	3.486
PFK00		9999.00	0.72	0.17	0.08	0.05
PFK04		9999.00	0.82	0.22	0.12	0.08
PFK08		9999.00	0.92	0.28	0.16	0.13
PFK12		9999.00	1.03	0.35	0.22	0.18
PFK16		9999.00	1.15	0.44	0.30	0.26
PFK20		9999.00	1.27	0.53	0.39	0.35
PFB00		9999.00	1.26	0.20	0.06	0.03
PFB04		9999.00	1.45	0.27	0.10	0.04
PFB08		9999.00	1.66	0.35	0.14	0.08
PFB12		9999.00	1.89	0.45	0.21	0.12
PFB16		9999.00	2.13	0.57	0.29	0.19
PFB20		9999.00	2.40	0.71	0.40	0.29

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B15 DPU=-0.300 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	6	12	14	14
GWB		0	5	17	40	73
DK		0.6	1.1	0.8	0.2	0.0
DB		0.5	1.7	3.5	5.6	7.5
IC		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	16.	65.	133.	203.
IE		0.	9.	58.	195.	475.
PUE/A		1.95	3.00	7.05	13.95	23.55
PUR/A		0.09	-0.00	0.54	3.26	8.98
PURKU		0.89	0.94	0.84	6.36	33.45
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.4	5.7	11.7	17.8
BWE00		0.0	0.8	5.1	17.0	41.6
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.2	4.4	8.0	11.1
BWE04		0.0	0.7	3.8	11.1	23.3
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.09	3.46	5.74	7.35
BWE08		0.00	0.60	2.92	7.40	13.70
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.97	2.77	4.23	5.08
BWE12		0.00	0.53	2.27	5.10	8.43
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.870	2.252	3.200	3.667
BWE16		0.000	0.469	1.796	3.614	5.415
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.785	1.858	2.485	2.746
BWE20		0.000	0.417	1.440	2.629	3.627
PFK00		9999.00	0.72	0.18	0.09	0.06
PFK04		9999.00	0.82	0.23	0.12	0.09
PFK08		9999.00	0.92	0.29	0.17	0.14
PFK12		9999.00	1.03	0.36	0.24	0.20
PFK16		9999.00	1.15	0.44	0.31	0.27
PFK20		9999.00	1.27	0.54	0.40	0.36
PFB00		9999.00	1.26	0.20	0.06	0.02
PFB04		9999.00	1.45	0.26	0.09	0.04
PFB08		9999.00	1.66	0.34	0.14	0.07
PFB12		9999.00	1.89	0.44	0.20	0.12
PFB16		9999.00	2.13	0.56	0.28	0.18
PFB20		9999.00	2.40	0.69	0.38	0.28

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B16 DPU=-0.350 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	6	11	12	12
GWB		0	5	18	42	75
DK		0.6	1.0	0.6	0.1	0.0
DE		0.5	1.8	3.7	5.7	7.5
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	16.	63.	122.	182.
IE		0.	9.	60.	206.	496.
PUE/A		1.95	3.10	7.85	16.00	27.20
PUR/A		0.11	0.01	1.09	5.23	12.70
PURKU		0.89	1.06	0.99	12.01	53.24
BW000		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.4	5.5	10.7	15.9
BWB00		0.0	0.8	5.2	18.0	43.4
BW004		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.2	4.2	7.4	10.1
BWB04		0.0	0.7	3.9	11.7	24.4
BW008		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.09	3.35	5.35	6.73
BWB08		0.00	0.60	3.02	7.79	14.32
BW012		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	0.97	2.69	3.97	4.70
BWB12		0.00	0.53	2.35	5.36	8.81
BW016		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	0.870	2.195	3.025	3.425
BWB16		0.000	0.469	1.852	3.789	5.657
BW020		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.785	1.816	2.365	2.588
BWB20		0.000	0.417	1.482	2.750	3.785
PEK00		9999.00	0.72	0.18	0.09	0.06
PEK04		9999.00	0.82	0.24	0.13	0.10
PEK08		9999.00	0.92	0.30	0.19	0.15
PEK12		9999.00	1.03	0.37	0.25	0.21
PEK16		9999.00	1.15	0.46	0.33	0.29
PEK20		9999.00	1.27	0.55	0.42	0.39
PEB00		9999.00	1.26	0.19	0.06	0.02
PEB04		9999.00	1.45	0.25	0.09	0.04
PEB08		9999.00	1.66	0.33	0.13	0.07
PEB12		9999.00	1.89	0.43	0.19	0.11
PEB16		9999.00	2.13	0.54	0.26	0.18
PEB20		9999.00	2.40	0.67	0.36	0.26

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KC1 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B17 CPU= 0.000 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	20	36	56
GWB		0	3	9	18	31
DK		0.8	1.9	2.8	3.6	4.3
CB		0.3	0.9	1.5	2.2	3.2
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	19.	88.	228.	457.
IB		0.	6.	35.	100.	221.
PUE/A		1.95	2.40	3.90	5.85	8.55
PUR/A		0.22	0.05	-0.09	0.11	0.07
PURKU		0.89	2.24	1.35	1.34	2.45
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.7	7.7	19.9	40.0
BWB00		0.0	0.5	3.0	8.8	19.3
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.5	5.9	13.3	23.4
BWB04		0.0	0.4	2.3	5.8	11.0
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.30	4.60	9.22	14.41
BWB08		0.00	0.39	1.77	3.92	6.64
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.16	3.65	6.58	9.33
BWB12		0.00	0.34	1.39	2.75	4.18
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.042	2.949	4.840	6.330
BWB16		0.000	0.297	1.099	1.975	2.752
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.939	2.416	3.657	4.485
BWB20		0.000	0.262	0.883	1.457	1.888
PEK00		9999.00	0.60	0.13	0.05	0.02
PEK04		9999.00	0.68	0.17	0.08	0.04
PEK08		9999.00	0.77	0.22	0.11	0.07
PEK12		9999.00	0.86	0.27	0.15	0.11
PEK16		9999.00	0.96	0.34	0.21	0.16
PEK20		9999.00	1.06	0.41	0.27	0.22
PEB00		9999.00	1.93	0.33	0.11	0.05
PEB04		9999.00	2.24	0.43	0.17	0.09
PEB08		9999.00	2.58	0.56	0.25	0.15
PEB12		9999.00	2.96	0.72	0.36	0.24
PEB16		9999.00	3.36	0.91	0.51	0.36
PEB20		9999.00	3.81	1.13	0.69	0.53

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B18 DPU=-0.050 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	20	35	53
GWE		0	3	9	19	34
DK		0.8	1.9	2.7	3.3	3.8
DE		0.3	0.9	1.6	2.5	3.7
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	19.	87.	223.	443.
IB		0.	6.	36.	104.	235.
PUE/A		1.95	2.45	4.25	6.60	9.75
PUR/A		0.23	0.15	-0.01	0.03	-0.02
PURKU		0.89	2.28	2.34	2.14	2.62
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.7	7.6	19.6	38.8
BWE00		0.0	0.5	3.1	9.1	20.6
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.5	5.8	13.1	22.7
BWE04		0.0	0.4	2.4	6.0	11.7
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.30	4.56	9.08	14.04
BWE08		0.00	0.39	1.81	4.07	7.01
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.16	3.63	6.49	9.12
BWE12		0.00	0.34	1.41	2.84	4.39
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.042	2.930	4.776	6.204
BWE16		0.000	0.297	1.118	2.038	2.879
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.939	2.401	3.614	4.407
BWE20		0.000	0.262	0.897	1.500	1.966
PEK00		9999.00	0.60	0.13	0.05	0.03
PEK04		9999.00	0.68	0.17	0.08	0.04
PEK08		9999.00	0.77	0.22	0.11	0.07
PEK12		9999.00	0.86	0.28	0.15	0.11
PEK16		9999.00	0.96	0.34	0.21	0.16
PEK20		9999.00	1.06	0.42	0.28	0.23
PFB00		9999.00	1.93	0.32	0.11	0.05
PFB04		9999.00	2.24	0.42	0.17	0.09
PFB08		9999.00	2.58	0.55	0.25	0.14
PFB12		9999.00	2.96	0.71	0.35	0.23
PFB16		9999.00	3.36	0.89	0.49	0.35
PFB20		9999.00	3.81	1.11	0.67	0.51

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KC1 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B19 DPU=-0.100 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	19	33	49
GWB		0	3	10	21	38
DK		0.8	1.8	2.5	3.0	3.3
DB		0.3	1.0	1.8	2.8	4.2
IC		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	19.	86.	218.	426.
IB		0.	6.	36.	109.	252.
PUE/A		1.95	2.50	4.60	7.40	11.25
PUR/A		0.23	-0.02	-0.17	0.06	0.16
PURKU		0.89	2.32	0.68	0.63	1.30
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.7	7.6	19.1	37.3
BWB00		0.0	0.5	3.2	9.6	22.1
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.5	5.8	12.8	21.9
BWB04		0.0	0.4	2.4	6.3	12.5
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.30	4.54	8.90	13.60
BWB08		0.00	0.39	1.84	4.24	7.45
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.16	3.61	6.37	8.86
BWB12		0.00	0.34	1.43	2.95	4.65
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.042	2.913	4.700	6.053
BWB16		0.000	0.297	1.134	2.114	3.030
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.939	2.388	3.563	4.315
BWB20		0.000	0.262	0.910	1.551	2.059
PFK00		9999.00	0.60	0.13	0.05	0.03
PFK04		9999.00	0.68	0.17	0.08	0.05
PFK08		9999.00	0.77	0.22	0.11	0.07
PFK12		9999.00	0.86	0.28	0.16	0.11
PFK16		9999.00	0.96	0.34	0.21	0.17
PFK20		9999.00	1.06	0.42	0.28	0.23
PFB00		9999.00	1.93	0.32	0.10	0.05
PFB04		9999.00	2.24	0.42	0.16	0.08
PFB08		9999.00	2.58	0.54	0.24	0.13
PFB12		9999.00	2.96	0.70	0.34	0.22
PFB16		9999.00	3.36	0.88	0.47	0.33
PFB20		9999.00	3.81	1.10	0.64	0.49

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KOI DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B20 DPU=-0.150 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	3	19	32	45
GWB		0	3	10	22	42
DK		0.8	1.8	2.4	2.6	2.5
DB		0.3	1.0	1.9	3.2	5.0
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	19.	85.	213.	407.
IB		0.	6.	37.	115.	270.
PUE/A		1.95	2.55	4.80	8.25	13.05
PUR/A		0.24	0.09	-0.02	-0.04	-0.11
PURKU		0.89	2.36	1.78	2.13	1.42
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.7	7.5	18.6	35.7
BWB00		0.0	0.5	3.3	10.0	23.7
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.5	5.7	12.5	21.1
BWB04		0.0	0.4	2.5	6.6	13.4
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.30	4.49	8.71	13.12
BWB08		0.00	0.39	1.89	4.43	7.92
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.16	3.57	6.25	8.59
BWB12		0.00	0.34	1.47	3.08	4.92
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.042	2.886	4.618	5.888
BWB16		0.000	0.297	1.162	2.197	3.194
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.939	2.368	3.506	4.213
BWB20		0.000	0.262	0.931	1.608	2.161
PEK00		9999.00	0.60	0.13	0.05	0.03
PEK04		9999.00	0.68	0.17	0.08	0.05
PEK08		9999.00	0.77	0.22	0.11	0.08
PEK12		9999.00	0.86	0.28	0.16	0.12
PEK16		9999.00	0.96	0.35	0.22	0.17
PEK20		9999.00	1.06	0.42	0.29	0.24
PFB00		9999.00	1.93	0.31	0.10	0.04
PFB04		9999.00	2.24	0.41	0.15	0.07
PFB08		9999.00	2.58	0.53	0.23	0.13
PFB12		9999.00	2.96	0.68	0.32	0.20
PFB16		9999.00	3.36	0.86	0.46	0.31
PFB20		9999.00	3.81	1.07	0.62	0.46

- 21 -

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B21 CPU=-0.200 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	18	30	40
GWB		0	3	11	24	47
DK		0.8	1.7	2.2	2.2	1.7
DE		0.3	1.1	2.1	3.6	5.8
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	19.	84.	207.	387.
IE		0.	6.	38.	120.	291.
PUE/A		1.95	2.60	5.35	9.20	15.20
PUR/A		0.24	-0.06	-0.10	0.03	0.05
PURKU		0.89	2.40	0.24	1.41	0.55
BW00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK0		0.0	1.7	7.4	18.1	33.9
BWB0		0.0	0.5	3.3	10.5	25.5
BW04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.5	5.7	12.2	20.1
BWB04		0.0	0.4	2.5	6.9	14.3
BW08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.30	4.45	8.52	12.59
BWB08		0.00	0.39	1.93	4.62	8.45
BW12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.16	3.54	6.13	8.29
BWB12		0.00	0.34	1.50	3.20	5.22
BW16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.042	2.866	4.536	5.712
BWB16		0.000	0.297	1.181	2.278	3.371
BW20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.939	2.353	3.451	4.106
BWB20		0.000	0.262	0.945	1.663	2.268
PFK00		9999.00	0.60	0.14	0.06	0.03
PFK04		9999.00	0.68	0.18	0.08	0.05
PFK08		9999.00	0.77	0.22	0.12	0.08
PEK12		9999.00	0.86	0.28	0.16	0.12
PEK16		9999.00	0.96	0.35	0.22	0.18
PEK20		9999.00	1.06	0.42	0.29	0.24
PF00		9999.00	1.93	0.30	0.09	0.04
PF04		9999.00	2.24	0.40	0.15	0.07
PF08		9999.00	2.58	0.52	0.22	0.12
PF12		9999.00	2.96	0.67	0.31	0.19
PF16		9999.00	3.36	0.85	0.44	0.30
PF20		9999.00	3.81	1.06	0.60	0.44

KURVE KUBL AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B22 CPU=-0.250 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GNK		1	8	18	28	35
GWB		0	3	11	26	52
DK		0.8	1.7	2.0	1.7	0.9
DB		0.3	1.1	2.3	4.1	6.6
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	19.	84.	202.	366.
IE		0.	6.	38.	125.	312.
PUE/A		1.95	2.65	5.75	10.40	17.75
PUR/A		0.24	0.05	-0.15	0.01	0.73
PURKU		0.89	2.45	1.38	0.99	1.46
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.7	7.4	17.7	32.0
BWB00		0.0	0.5	3.4	11.0	27.3
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.5	5.7	12.0	19.2
BWB04		0.0	0.4	2.5	7.1	15.3
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.30	4.44	8.37	12.08
BWB08		0.00	0.39	1.94	4.78	8.97
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.16	3.53	6.03	8.00
BWB12		0.00	0.34	1.51	3.30	5.51
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.042	2.859	4.474	5.547
BWB16		0.000	0.297	1.189	2.340	3.536
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.939	2.347	3.410	4.008
BWB20		0.000	0.262	0.951	1.704	2.366
PEK00		9999.00	0.60	0.14	0.06	0.03
PEK04		9999.00	0.68	0.18	0.08	0.05
PEK08		9999.00	0.77	0.23	0.12	0.08
PEK12		9999.00	0.86	0.28	0.17	0.12
PEK16		9999.00	0.96	0.35	0.22	0.18
PEK20		9999.00	1.06	0.43	0.29	0.25
PFB00		9999.00	1.93	0.30	0.09	0.04
PFB04		9999.00	2.24	0.39	0.14	0.07
PFB08		9999.00	2.58	0.52	0.21	0.11
PFB12		9999.00	2.96	0.66	0.30	0.18
PFB16		9999.00	3.36	0.84	0.43	0.28
PFB20		9999.00	3.81	1.05	0.59	0.42

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B23 DPU=-0.300 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	18	26	30
GWB		0	3	11	28	57
DK		0.8	1.7	1.8	1.2	0.4
DB		0.3	1.1	2.5	4.6	7.1
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	19.	83.	196.	340.
IE		0.	6.	40.	132.	337.
PUE/A		1.95	2.70	6.15	11.85	21.00
PUR/A		0.25	0.17	-0.13	0.20	2.60
PURKU		0.89	2.49	2.63	1.21	4.66
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.7	7.3	17.2	29.8
BWB00		0.0	0.5	3.5	11.5	29.5
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.5	5.6	11.6	18.0
BWB04		0.0	0.4	2.6	7.5	16.4
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.30	4.39	8.14	11.44
BWB08		0.00	0.39	1.99	5.01	9.61
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.16	3.50	5.88	7.64
BWB12		0.00	0.34	1.54	3.45	5.87
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.042	2.833	4.376	5.334
BWB16		0.000	0.297	1.215	2.438	3.749
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.939	2.329	3.345	3.879
BWB20		0.000	0.262	0.970	1.770	2.495
PFK00		9999.00	0.60	0.14	0.06	0.03
PFK04		9999.00	0.68	0.18	0.09	0.06
PFK08		9999.00	0.77	0.23	0.12	0.09
PFK12		9999.00	0.86	0.29	0.17	0.13
PFK16		9999.00	0.96	0.35	0.23	0.19
PFK20		9999.00	1.06	0.43	0.30	0.26
PFB00		9999.00	1.93	0.29	0.09	0.03
PFB04		9999.00	2.24	0.38	0.13	0.06
PFB08		9999.00	2.58	0.50	0.20	0.10
PFB12		9999.00	2.96	0.65	0.29	0.17
PFB16		9999.00	3.36	0.82	0.41	0.27
PFB20		9999.00	3.81	1.03	0.57	0.40

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KC1 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B24 DPU=-0.350 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	17	24	25
GWB		0	3	12	30	62
DK		0.8	1.6	1.6	0.8	0.1
DB		0.3	1.2	2.7	5.0	7.4
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	19.	82.	190.	314.
IB		0.	6.	40.	138.	363.
PUE/A		1.95	2.75	6.55	13.50	24.60
PUR/A		0.25	0.02	-0.06	0.92	5.32
PURKU		0.89	2.53	1.13	1.92	10.36
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.7	7.2	16.6	27.5
BWB00		0.0	0.5	3.5	12.1	31.8
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.5	5.6	11.3	16.8
BWB04		0.0	0.4	2.6	7.8	17.7
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.30	4.36	7.93	10.78
BWB08		0.00	0.39	2.01	5.21	10.26
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.16	3.48	5.75	7.27
BWB12		0.00	0.34	1.56	3.58	6.24
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.042	2.818	4.290	5.119
BWB16		0.000	0.297	1.229	2.524	3.964
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.939	2.317	3.287	3.750
BWB20		0.000	0.262	0.981	1.827	2.624
PFK00		9999.00	0.60	0.14	0.06	0.04
PFK04		9999.00	0.68	0.18	0.09	0.06
PFK08		9999.00	0.77	0.23	0.13	0.09
PFK12		9999.00	0.86	0.29	0.17	0.14
PFK16		9999.00	0.96	0.35	0.23	0.20
PFK20		9999.00	1.06	0.43	0.30	0.27
PFB00		9999.00	1.93	0.28	0.08	0.03
PFB04		9999.00	2.24	0.38	0.13	0.06
PFB08		9999.00	2.58	0.50	0.19	0.10
PFB12		9999.00	2.96	0.64	0.28	0.16
PFB16		9999.00	3.36	0.81	0.40	0.25
PFB20		9999.00	3.81	1.02	0.55	0.38

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B25 DPU= 0.000 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	22	39	61
GNB		0	3	7	15	26
DK		0.8	2.1	3.1	3.9	4.8
DB		0.3	0.7	1.2	1.9	2.7
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	20.	95.	247.	497.
IE		0.	5.	28.	80.	180.
PUEXA		1.95	2.40	4.05	6.15	9.15
PUR/A		0.02	0.16	0.08	-0.00	0.21
PURKU		0.89	0.24	2.48	1.01	2.43
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.8	8.3	21.6	43.5
BWB00		0.0	0.4	2.4	7.0	15.8
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.4	14.5	25.4
BWB04		0.0	0.3	1.8	4.6	9.0
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.39	4.97	10.00	15.65
BWB08		0.00	0.30	1.41	3.14	5.40
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.24	3.94	7.13	10.12
BWB12		0.00	0.26	1.10	2.20	3.39
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.106	3.176	5.234	6.858
BWB16		0.000	0.233	0.871	1.580	2.224
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.995	2.598	3.949	4.852
BWB20		0.000	0.206	0.700	1.165	1.522
PEK00		9999.00	0.56	0.12	0.05	0.02
PEK04		9999.00	0.64	0.16	0.07	0.04
PEK08		9999.00	0.72	0.20	0.10	0.06
PEK12		9999.00	0.81	0.25	0.14	0.10
PEK16		9999.00	0.90	0.31	0.19	0.15
PEK20		9999.00	1.00	0.38	0.25	0.21
PFB00		9999.00	2.51	0.41	0.14	0.06
PFB04		9999.00	2.90	0.55	0.22	0.11
PFB08		9999.00	3.33	0.71	0.32	0.19
PFB12		9999.00	3.79	0.91	0.45	0.30
PFB16		9999.00	4.30	1.15	0.63	0.45
PFB20		9999.00	4.85	1.43	0.86	0.66

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B26 DPU=-0.050 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	22	38	59
GWB		0	3	7	16	28
DK		0.8	2.1	3.0	3.7	4.5
CE		0.3	0.7	1.3	2.1	3.0
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	20.	95.	244.	488.
IE		0.	5.	28.	83.	190.
PUE/A		1.95	2.45	4.30	6.75	10.20
PUR/A		0.03	0.23	0.01	-0.09	0.26
PURKU		0.89	0.26	3.18	0.38	2.33
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.8	8.3	21.4	42.7
BWB00		0.0	0.4	2.4	7.3	16.6
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.4	14.3	25.0
BWB04		0.0	0.3	1.8	4.8	9.5
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.39	4.95	9.90	15.40
BWB08		0.00	0.30	1.42	3.24	5.64
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.24	3.93	7.07	9.98
BWB12		0.00	0.26	1.11	2.26	3.53
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.106	3.169	5.194	6.775
BWB16		0.000	0.233	0.878	1.621	2.307
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.995	2.593	3.922	4.801
BWB20		0.000	0.206	0.706	1.192	1.573
PFK00		9999.00	0.56	0.12	0.05	0.02
PFK04		9999.00	0.64	0.16	0.07	0.04
PFK08		9999.00	0.72	0.20	0.10	0.06
PFK12		9999.00	0.81	0.25	0.14	0.10
PFK16		9999.00	0.90	0.32	0.19	0.15
PFK20		9999.00	1.00	0.39	0.25	0.21
PFB00		9999.00	2.51	0.41	0.14	0.06
PFB04		9999.00	2.90	0.54	0.21	0.11
PFB08		9999.00	3.33	0.70	0.31	0.18
PFB12		9999.00	3.79	0.90	0.44	0.28
PFB16		9999.00	4.30	1.14	0.62	0.43
PFB20		9999.00	4.85	1.42	0.84	0.64

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KO1 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B27 DPU=-0.100 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	21	38	57
GWB		0	3	8	16	30
CK		0.8	2.0	3.0	3.6	4.0
CB		0.3	0.8	1.3	2.2	3.5
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	20.	94.	242.	478.
IB		0.	5.	28.	86.	200.
PUE/A		1.95	2.50	4.55	7.45	11.45
PUR/A		0.03	-0.03	0.30	0.25	-0.17
PURKU		0.89	0.28	0.56	3.28	3.07
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.8	8.3	21.2	41.9
BWB00		0.0	0.4	2.5	7.5	17.5
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.3	14.2	24.5
BWB04		0.0	0.3	1.9	4.9	9.9
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.39	4.94	9.81	15.16
BWB08		0.00	0.30	1.43	3.33	5.89
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.24	3.92	7.01	9.84
BWB12		0.00	0.26	1.12	2.32	3.67
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.106	3.163	5.156	6.693
BWB16		0.000	0.233	0.884	1.658	2.390
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.995	2.588	3.897	4.751
BWB20		0.000	0.206	0.710	1.217	1.622
PFK00		9999.00	0.56	0.12	0.05	0.02
PEK04		9999.00	0.64	0.16	0.07	0.04
PEK08		9999.00	0.72	0.20	0.10	0.07
PFK12		9999.00	0.81	0.25	0.14	0.10
PFK16		9999.00	0.90	0.32	0.19	0.15
PFK20		9999.00	1.00	0.39	0.26	0.21
PEB00		9999.00	2.51	0.41	0.13	0.06
PFB04		9999.00	2.90	0.54	0.20	0.10
PEB08		9999.00	3.33	0.70	0.30	0.17
PFB12		9999.00	3.79	0.90	0.43	0.27
PEB16		9999.00	4.30	1.13	0.60	0.42
PFB20		9999.00	4.85	1.41	0.82	0.62

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B28 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	21	37	54
GWE		0	3	8	17	33
CK		0.8	2.0	2.9	3.3	3.6
CB		0.3	0.8	1.4	2.5	3.9
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	20.	94.	239.	467.
IE		0.	5.	29.	89.	210.
PUE/A		1.95	2.55	4.80	8.10	12.75
PUR/A		0.03	0.04	0.27	-0.00	-0.05
PURKU		0.89	0.30	1.31	3.02	1.26
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.8	8.2	20.9	40.9
BWB00		0.0	0.4	2.5	7.8	18.4
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.3	14.0	24.0
BWB04		0.0	0.3	1.9	5.1	10.4
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.39	4.92	9.72	14.89
BWB08		0.00	0.30	1.46	3.43	6.16
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.24	3.90	6.95	9.69
BWB12		0.00	0.26	1.14	2.38	3.82
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.106	3.150	5.116	6.603
BWB16		0.000	0.233	0.898	1.699	2.480
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.995	2.578	3.870	4.697
BWB20		0.000	0.206	0.720	1.245	1.677
PEK00		9999.00	0.56	0.12	0.05	0.02
PEK04		9999.00	0.64	0.16	0.07	0.04
PEK08		9999.00	0.72	0.20	0.10	0.07
PEK12		9999.00	0.81	0.26	0.14	0.10
PEK16		9999.00	0.90	0.32	0.20	0.15
PEK20		9999.00	1.00	0.39	0.26	0.21
PFB00		9999.00	2.51	0.40	0.13	0.05
PFB04		9999.00	2.90	0.53	0.20	0.10
PFB08		9999.00	3.33	0.69	0.29	0.16
PFB12		9999.00	3.79	0.88	0.42	0.26
PFB16		9999.00	4.30	1.11	0.59	0.40
PFB20		9999.00	4.85	1.39	0.80	0.60

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B29 DPU=-0.200 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GMK		1	8	21	36	51
GWB		0	3	8	18	36
DK		0.8	2.0	2.8	3.0	3.1
DE		0.3	0.8	1.5	2.8	4.4
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	20.	93.	235.	455.
IE		0.	5.	30.	92.	222.
PUE/A		1.95	2.60	5.25	8.80	14.40
PUR/A		0.03	0.12	0.27	-0.17	-0.01
PURKU		0.89	0.31	2.12	3.03	0.45
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.8	8.1	20.6	39.9
BWE00		0.0	0.4	2.6	8.1	19.5
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.2	13.8	23.5
BWE04		0.0	0.3	2.0	5.3	11.0
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.39	4.88	9.59	14.57
BWE08		0.00	0.30	1.50	3.55	6.47
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.24	3.87	6.87	9.50
BWE12		0.00	0.26	1.17	2.46	4.01
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.106	3.126	5.059	6.492
BWE16		0.000	0.233	0.921	1.756	2.591
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.995	2.560	3.830	4.627
BWE20		0.000	0.206	0.738	1.284	1.747
PEK00		9999.00	0.56	0.12	0.05	0.03
PEK04		9999.00	0.64	0.16	0.07	0.04
PEK08		9999.00	0.72	0.21	0.10	0.07
PEK12		9999.00	0.81	0.26	0.15	0.11
PEK16		9999.00	0.90	0.32	0.20	0.15
PEK20		9999.00	1.00	0.39	0.26	0.22
PFB00		9999.00	2.51	0.39	0.12	0.05
PFB04		9999.00	2.90	0.51	0.19	0.09
PFB08		9999.00	3.33	0.67	0.28	0.15
PFB12		9999.00	3.79	0.86	0.41	0.25
PFB16		9999.00	4.30	1.09	0.57	0.39
PFB20		9999.00	4.85	1.35	0.78	0.57

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B30 CPU=-0.250 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
CWK		1	8	21	35	48
CWE		0	3	8	19	39
DK		0.8	2.0	2.7	2.7	2.5
DE		0.3	0.8	1.6	3.1	5.0
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	20.	93.	232.	442.
IB		0.	5.	30.	95.	235.
PUE/A		1.95	2.65	5.55	9.60	16.35
PUR/A		0.03	0.20	0.29	-0.22	-0.01
PURKU		0.89	0.33	2.87	3.26	0.65
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.8	8.1	20.3	38.8
BWB00		0.0	0.4	2.6	8.4	20.6
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.2	13.7	22.9
BWB04		0.0	0.3	2.0	5.4	11.5
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.39	4.87	9.49	14.26
BWB08		0.00	0.30	1.51	3.66	6.79
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.24	3.87	6.80	9.33
BWB12		0.00	0.26	1.17	2.53	4.18
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.106	3.121	5.014	6.390
BWB16		0.000	0.233	0.927	1.800	2.693
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.995	2.556	3.801	4.566
BWB20		0.000	0.206	0.743	1.314	1.808
PFK00		9999.00	0.56	0.12	0.05	0.03
PFK04		9999.00	0.64	0.16	0.07	0.04
PFK08		9999.00	0.72	0.21	0.11	0.07
PFK12		9999.00	0.81	0.26	0.15	0.11
PFK16		9999.00	0.90	0.32	0.20	0.16
PFK20		9999.00	1.00	0.39	0.26	0.22
PEB00		9999.00	2.51	0.38	0.12	0.05
PEB04		9999.00	2.90	0.51	0.18	0.09
PEB08		9999.00	3.33	0.66	0.27	0.15
PEB12		9999.00	3.79	0.85	0.40	0.24
PEB16		9999.00	4.30	1.08	0.56	0.37
PEB20		9999.00	4.85	1.35	0.76	0.55

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B31 CPU=-0.300 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	20	33	45
GWB		0	3	9	21	42
DK		0.8	1.9	2.5	2.5	1.8
DB		0.3	0.9	1.8	3.3	5.7
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	20.	93.	229.	428.
IB		0.	5.	30.	98.	249.
PUE/A		1.95	2.70	5.85	10.65	18.60
PUR/A		0.03	-0.06	-0.00	0.18	0.02
PURKU		0.89	0.35	0.29	0.34	2.08
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.8	8.1	20.1	37.5
BWB00		0.0	0.4	2.6	8.6	21.8
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.2	13.5	22.3
BWB04		0.0	0.3	2.0	5.6	12.2
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.39	4.87	9.39	13.91
BWB08		0.00	0.30	1.51	3.76	7.13
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.24	3.87	6.74	9.14
BWB12		0.00	0.26	1.17	2.59	4.37
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.106	3.121	4.975	6.281
BWB16		0.000	0.233	0.927	1.839	2.802
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.995	2.556	3.775	4.502
BWB20		0.000	0.206	0.743	1.339	1.872
PEK00		9999.00	0.56	0.12	0.05	0.03
PFK04		9999.00	0.64	0.16	0.07	0.04
PEK08		9999.00	0.72	0.21	0.11	0.07
PFK12		9999.00	0.81	0.26	0.15	0.11
PEK16		9999.00	0.90	0.32	0.20	0.16
PFK20		9999.00	1.00	0.39	0.26	0.22
PFB00		9999.00	2.51	0.38	0.12	0.05
PFB04		9999.00	2.90	0.51	0.18	0.08
PFB08		9999.00	3.33	0.66	0.27	0.14
PFB12		9999.00	3.79	0.85	0.39	0.23
PFB16		9999.00	4.30	1.08	0.54	0.36
PFB20		9999.00	4.85	1.35	0.75	0.53

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B32 DPU=-0.350 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	8	20	32	41
GWB		0	3	9	22	46
DK		0.8	1.9	2.4	2.1	1.2
DB		0.3	0.9	1.9	3.7	6.3
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	20.	92.	225.	413.
IB		0.	5.	30.	102.	264.
PUE/A		1.95	2.75	6.15	11.65	21.15
PUR/A		0.04	0.03	0.09	0.04	0.76
PURKU		0.89	0.37	1.15	1.23	1.50
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.8	8.1	19.7	36.2
BWB00		0.0	0.4	2.6	9.0	23.1
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.2	13.3	21.6
BWB04		0.0	0.3	2.0	5.8	12.9
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.39	4.85	9.26	13.54
BWB08		0.00	0.30	1.52	3.88	7.51
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.24	3.86	6.65	8.93
BWB12		0.00	0.26	1.18	2.67	4.58
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.106	3.114	4.922	6.159
BWB16		0.000	0.233	0.934	1.892	2.924
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	0.995	2.551	3.740	4.429
BWB20		0.000	0.206	0.748	1.374	1.945
PFK00		9999.00	0.56	0.12	0.05	0.03
PFK04		9999.00	0.64	0.16	0.08	0.05
PFK08		9999.00	0.72	0.21	0.11	0.07
PFK12		9999.00	0.81	0.26	0.15	0.11
PFK16		9999.00	0.90	0.32	0.20	0.16
PFK20		9999.00	1.00	0.39	0.27	0.23
PFB00		9999.00	2.51	0.38	0.11	0.04
PFB04		9999.00	2.90	0.50	0.17	0.08
PFB08		9999.00	3.33	0.66	0.26	0.13
PFB12		9999.00	3.79	0.85	0.37	0.22
PFB16		9999.00	4.30	1.07	0.53	0.34
PFB20		9999.00	4.85	1.34	0.73	0.51

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B33 DPU= 0.000 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZBIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	9	23	41	65
GWB		0	2	6	13	22
DK		0.9	2.2	3.2	4.2	5.1
DE		0.2	0.6	1.1	1.6	2.4
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	21.	100.	261.	526.
IE		0.	4.	22.	67.	152.
PUE/A		1.95	2.55	4.20	6.45	9.60
PUR/A		0.23	0.13	-0.20	0.17	0.04
PURKU		0.89	2.27	2.16	0.24	3.88
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.9	8.8	22.8	46.0
BWB00		0.0	0.3	1.9	5.9	13.3
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.7	15.3	26.9
BWB04		0.0	0.3	1.5	3.8	7.6
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.45	5.25	10.55	16.53
BWB08		0.00	0.24	1.13	2.60	4.51
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.29	4.16	7.52	10.69
BWB12		0.00	0.21	0.88	1.81	2.82
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.158	3.353	5.523	7.242
BWB16		0.000	0.181	0.694	1.292	1.840
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.042	2.742	4.167	5.122
BWB20		0.000	0.159	0.556	0.947	1.252
PFK00		9999.00	0.53	0.11	0.04	0.02
PFK04		9999.00	0.61	0.15	0.07	0.04
PFK08		9999.00	0.69	0.19	0.09	0.06
PFK12		9999.00	0.77	0.24	0.13	0.09
PFK16		9999.00	0.86	0.30	0.18	0.14
PFK20		9999.00	0.96	0.36	0.24	0.20
PFB00		9999.00	3.14	0.51	0.17	0.08
PFB04		9999.00	3.65	0.68	0.26	0.13
PFB08		9999.00	4.22	0.89	0.39	0.22
PFB12		9999.00	4.84	1.14	0.55	0.35
PFB16		9999.00	5.53	1.44	0.77	0.54
PFB20		9999.00	6.28	1.80	1.06	0.80

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B34 DPU=-0.050 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
CW		14	24	42	67	100
CWK		1	9	23	41	63
CWB		0	2	6	13	24
DK		0.9	2.2	3.2	4.0	4.9
DB		0.2	0.6	1.1	1.8	2.6
IC		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	21.	100.	258.	519.
IE		0.	4.	23.	69.	159.
PUE/A		1.95	2.55	4.40	6.95	10.45
PUR/A		0.23	0.18	0.01	-0.14	0.15
PURKU		0.89	2.27	2.69	2.36	1.34
BWC00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.9	8.7	22.6	45.5
BWB00		0.0	0.3	2.0	6.0	13.9
BWC04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.7	15.1	26.6
BWB04		0.0	0.3	1.5	4.0	7.9
BWC08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.45	5.22	10.47	16.36
BWB08		0.00	0.24	1.15	2.67	4.69
BWC12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.29	4.14	7.47	10.59
BWB12		0.00	0.21	0.90	1.86	2.92
BWC16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.158	3.341	5.489	7.181
BWB16		0.000	0.181	0.707	1.326	1.902
BWC20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.042	2.733	4.144	5.084
BWB20		0.000	0.159	0.565	0.971	1.290
PFK00		9999.00	0.53	0.11	0.04	0.02
PEK04		9999.00	0.61	0.15	0.07	0.04
PEK08		9999.00	0.69	0.19	0.10	0.06
PEK12		9999.00	0.77	0.24	0.13	0.09
PEK16		9999.00	0.86	0.30	0.18	0.14
PEK20		9999.00	0.96	0.37	0.24	0.20
PFB00		9999.00	3.14	0.50	0.17	0.07
PFB04		9999.00	3.65	0.66	0.25	0.13
PFB08		9999.00	4.22	0.87	0.37	0.21
PFB12		9999.00	4.84	1.12	0.54	0.34
PFB16		9999.00	5.53	1.41	0.75	0.53
PFB20		9999.00	6.28	1.77	1.03	0.78

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B35 DPU=-0.100 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GNK		1	9	23	40	62
GWB		0	2	6	14	25
DN		0.9	2.2	3.1	3.9	4.6
DB		0.2	0.6	1.2	1.9	2.9
IC		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	21.	100.	257.	512.
IB		0.	4.	23.	71.	165.
PUE/A		1.95	2.55	4.60	7.40	11.40
PUR/A		0.23	0.23	-0.16	0.02	-0.01
PURKU		0.89	2.27	3.21	0.66	3.39
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.9	8.7	22.5	44.9
BWB00		0.0	0.3	2.0	6.2	14.5
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.7	15.1	26.3
BWB04		0.0	0.3	1.5	4.0	8.2
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.45	5.22	10.42	16.20
BWB08		0.00	0.24	1.15	2.72	4.85
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.29	4.14	7.44	10.50
BWB12		0.00	0.21	0.90	1.89	3.01
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.158	3.341	5.468	7.129
BWB16		0.000	0.181	0.707	1.346	1.954
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.042	2.733	4.130	5.053
BWB20		0.000	0.159	0.565	0.984	1.321
PEK00		9999.00	0.53	0.11	0.04	0.02
PEK04		9999.00	0.61	0.15	0.07	0.04
PEK08		9999.00	0.69	0.19	0.10	0.06
PEK12		9999.00	0.77	0.24	0.13	0.10
PEK16		9999.00	0.86	0.30	0.18	0.14
PEK20		9999.00	0.96	0.37	0.24	0.20
PFB00		9999.00	3.14	0.50	0.16	0.07
PFB04		9999.00	3.65	0.66	0.25	0.12
PFB08		9999.00	4.22	0.87	0.37	0.21
PFB12		9999.00	4.84	1.12	0.53	0.33
PFB16		9999.00	5.53	1.41	0.74	0.51
PFB20		9999.00	6.28	1.77	1.02	0.76

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B36 DPU=-0.150 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	9	23	40	60
GWB		0	2	6	14	27
DK		0.9	2.2	3.1	3.7	4.3
DE		0.2	0.6	1.2	2.1	3.2
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	21.	100.	255.	505.
IE		0.	4.	23.	72.	172.
PUE/A		1.95	2.55	4.80	7.95	12.60
PUR/A		0.23	0.29	0.08	-0.18	-0.03
PURKU		0.89	2.27	3.74	3.07	1.98
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.9	8.7	22.4	44.3
BWB00		0.0	0.3	2.0	6.3	15.1
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.7	15.0	25.9
BWB04		0.0	0.3	1.5	4.1	8.5
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.45	5.22	10.38	16.02
BWB08		0.00	0.24	1.15	2.77	5.02
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.29	4.14	7.41	10.40
BWB12		0.00	0.21	0.90	1.92	3.11
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.158	3.341	5.450	7.075
BWB16		0.000	0.181	0.707	1.364	2.008
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.042	2.733	4.119	5.022
BWB20		0.000	0.159	0.565	0.995	1.352
PEK00		9999.00	0.53	0.11	0.04	0.02
PEK04		9999.00	0.61	0.15	0.07	0.04
PEK08		9999.00	0.69	0.19	0.10	0.06
PEK12		9999.00	0.77	0.24	0.13	0.10
PEK16		9999.00	0.86	0.30	0.18	0.14
PEK20		9999.00	0.96	0.37	0.24	0.20
PFB00		9999.00	3.14	0.50	0.16	0.07
PFB04		9999.00	3.65	0.66	0.24	0.12
PFB08		9999.00	4.22	0.87	0.36	0.20
PFB12		9999.00	4.84	1.12	0.52	0.32
PFB16		9999.00	5.53	1.41	0.73	0.50
PFB20		9999.00	6.28	1.77	1.00	0.74

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KEAVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B37 DPU=-0.200 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	9	22	39	58
GWB		0	2	7	15	29
DK		0.9	2.1	3.0	3.6	4.0
DB		0.2	0.7	1.3	2.2	3.5
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	21.	99.	254.	498.
IE		0.	4.	23.	74.	179.
PUE/A		1.95	2.55	5.00	8.50	13.80
PUR/A		0.23	-0.06	-0.07	0.09	0.12
PURKU		0.89	2.27	0.27	1.58	1.12
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.9	8.7	22.2	43.6
BWB00		0.0	0.3	2.0	6.5	15.7
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.7	14.9	25.6
BWB04		0.0	0.3	1.5	4.2	8.8
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.45	5.21	10.31	15.85
BWB08		0.00	0.24	1.16	2.83	5.20
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.29	4.14	7.37	10.30
BWB12		0.00	0.21	0.90	1.96	3.21
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.158	3.335	5.423	7.015
BWB16		0.000	0.181	0.713	1.391	2.067
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.042	2.728	4.100	4.985
BWB20		0.000	0.159	0.570	1.014	1.388
PFK00		9999.00	0.53	0.11	0.05	0.02
PFK04		9999.00	0.61	0.15	0.07	0.04
PFK08		9999.00	0.69	0.19	0.10	0.06
PFK12		9999.00	0.77	0.24	0.14	0.10
PFK16		9999.00	0.86	0.30	0.18	0.14
PFK20		9999.00	0.96	0.37	0.24	0.20
PFB00		9999.00	3.14	0.49	0.15	0.06
PFB04		9999.00	3.65	0.66	0.24	0.11
PFB08		9999.00	4.22	0.86	0.35	0.19
PFB12		9999.00	4.84	1.11	0.51	0.31
PFB16		9999.00	5.53	1.40	0.72	0.48
PFB20		9999.00	6.28	1.75	0.99	0.72

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B38 DPU=-0.250 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	9	22	38	56
GWB		0	2	7	16	31
DK		0.9	2.1	2.9	3.4	3.6
DB		0.2	0.7	1.4	2.4	3.9
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	21.	99.	251.	490.
IB		0.	4.	24.	76.	188.
PUE/A		1.95	2.55	5.05	9.30	15.35
PUR/A		0.23	0.00	-0.19	0.00	0.06
PURKU		0.89	2.27	0.92	0.36	0.96
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.9	8.7	22.0	42.9
BWB00		0.0	0.3	2.1	6.7	16.5
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.6	14.7	25.2
BWB04		0.0	0.3	1.6	4.4	9.2
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.45	5.18	10.22	15.62
BWB08		0.00	0.24	1.19	2.92	5.42
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.29	4.11	7.31	10.17
BWB12		0.00	0.21	0.93	2.02	3.34
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.158	3.319	5.382	6.937
BWB16		0.000	0.181	0.729	1.432	2.145
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.042	2.716	4.072	4.936
BWB20		0.000	0.159	0.582	1.042	1.437
PFK00		9999.00	0.53	0.12	0.05	0.02
PFK04		9999.00	0.61	0.15	0.07	0.04
PFK08		9999.00	0.69	0.19	0.10	0.06
PFK12		9999.00	0.77	0.24	0.14	0.10
PFK16		9999.00	0.86	0.30	0.19	0.14
PFK20		9999.00	0.96	0.37	0.25	0.20
PFB00		9999.00	3.14	0.48	0.15	0.06
PFB04		9999.00	3.65	0.64	0.23	0.11
PFB08		9999.00	4.22	0.84	0.34	0.18
PFB12		9999.00	4.84	1.08	0.50	0.30
PFB16		9999.00	5.53	1.37	0.70	0.47
PFB20		9999.00	6.28	1.72	0.96	0.70

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B39 CPU=-0.300 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
CW		14	24	42	67	100
CWK		1	9	22	38	54
CWB		0	2	7	16	33
DK		0.9	2.1	2.9	3.2	3.1
DE		0.2	0.7	1.4	2.6	4.4
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	21.	99.	249.	481.
IB		0.	4.	24.	78.	196.
PUE/A		1.95	2.55	5.25	9.75	17.10
PUR/A		0.23	0.06	0.09	-0.00	-0.19
PURKU		0.89	2.27	1.48	3.16	1.47
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.9	8.6	21.8	42.2
BWB00		0.0	0.3	2.1	6.9	17.2
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.6	14.6	24.8
BWB04		0.0	0.3	1.6	4.5	9.6
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.45	5.17	10.16	15.42
BWB08		0.00	0.24	1.20	2.99	5.63
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.29	4.11	7.27	10.06
BWB12		0.00	0.21	0.93	2.06	3.45
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.158	3.313	5.356	6.871
BWB16		0.000	0.181	0.734	1.458	2.211
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.042	2.712	4.055	4.897
BWB20		0.000	0.159	0.586	1.059	1.476
PEK00		9999.00	0.53	0.12	0.05	0.02
PEK04		9999.00	0.61	0.15	0.07	0.04
PEK08		9999.00	0.69	0.19	0.10	0.06
PEK12		9999.00	0.77	0.24	0.14	0.10
PEK16		9999.00	0.86	0.30	0.19	0.15
PEK20		9999.00	0.96	0.37	0.25	0.20
PEB00		9999.00	3.14	0.48	0.15	0.06
PEB04		9999.00	3.65	0.64	0.22	0.10
PEB08		9999.00	4.22	0.83	0.33	0.18
PEB12		9999.00	4.84	1.07	0.49	0.29
PEB16		9999.00	5.53	1.36	0.69	0.45
PEB20		9999.00	6.28	1.71	0.94	0.68

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B4C DPU=-0.350 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	9	22	37	52
GNB		0	2	7	17	35
DK		0.9	2.1	2.8	3.0	2.6
DB		0.2	0.7	1.5	2.8	4.9
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	21.	98.	247.	471.
IB		0.	4.	24.	81.	206.
PUE/A		1.95	2.55	5.80	10.70	19.05
PUR/A		0.23	0.12	0.00	0.10	-0.17
PURKU		0.89	2.27	2.07	2.28	3.03
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	1.9	8.6	21.6	41.3
BWB00		0.0	0.3	2.1	7.1	18.1
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.6	6.6	14.5	24.4
BWB04		0.0	0.3	1.6	4.6	10.1
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.45	5.16	10.07	15.16
BWB08		0.00	0.24	1.21	3.07	5.88
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.29	4.10	7.21	9.91
BWB12		0.00	0.21	0.94	2.12	3.60
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.158	3.307	5.319	6.787
BWB16		0.000	0.181	0.741	1.495	2.296
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.042	2.708	4.030	4.847
BWB20		0.000	0.159	0.591	1.084	1.527
PEK00		9999.00	0.53	0.12	0.05	0.02
PEK04		9999.00	0.61	0.15	0.07	0.04
PEK08		9999.00	0.69	0.19	0.10	0.07
PEK12		9999.00	0.77	0.24	0.14	0.10
PEK16		9999.00	0.86	0.30	0.19	0.15
PEK20		9999.00	0.96	0.37	0.25	0.21
PEB00		9999.00	3.14	0.47	0.14	0.06
PEB04		9999.00	3.65	0.63	0.22	0.10
PEB08		9999.00	4.22	0.82	0.33	0.17
PEB12		9999.00	4.84	1.06	0.47	0.28
PEB16		9999.00	5.53	1.35	0.67	0.44
PEB20		9999.00	6.28	1.69	0.92	0.65

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B41 DPU= 0.000 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	9	24	43	67
GWB		0	2	5	11	20
DK		0.9	2.3	3.4	4.3	5.4
DB		0.2	0.5	0.9	1.5	2.1
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	23.	104.	270.	546.
IB		0.	2.	18.	57.	131.
PUE/A		1.95	2.55	4.20	6.60	9.90
PUR/A		0.09	0.22	0.08	-0.25	0.16
PURKU		0.89	0.93	3.12	1.75	0.57
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	2.0	9.1	23.7	47.9
BWB00		0.0	0.2	1.6	5.0	11.5
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.7	7.0	15.8	27.9
BWB04		0.0	0.2	1.2	3.3	6.5
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.54	5.45	10.95	17.19
BWB08		0.00	0.15	0.92	2.20	3.86
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.37	4.33	7.81	11.11
BWB12		0.00	0.13	0.71	1.52	2.40
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.226	3.489	5.737	7.529
BWB16		0.000	0.113	0.558	1.078	1.554
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.103	2.855	4.330	5.326
BWB20		0.000	0.099	0.444	0.784	1.048
PEK00		9999.00	0.50	0.11	0.04	0.02
PEK04		9999.00	0.57	0.14	0.06	0.04
PEK08		9999.00	0.65	0.18	0.09	0.06
PEK12		9999.00	0.73	0.23	0.13	0.09
PEK16		9999.00	0.82	0.29	0.17	0.13
PEK20		9999.00	0.91	0.35	0.23	0.19
PEB00		9999.00	5.02	0.62	0.20	0.09
PEB04		9999.00	5.84	0.83	0.31	0.15
PEB08		9999.00	6.75	1.09	0.46	0.26
PEB12		9999.00	7.76	1.41	0.66	0.42
PEB16		9999.00	8.87	1.79	0.93	0.64
PEB20		9999.00	10.09	2.25	1.28	0.95

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B42 DPU=-0.050 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GNK		1	9	24	43	66
GWB		0	2	5	11	21
DK		0.9	2.3	3.4	4.2	5.2
DB		0.2	0.5	0.9	1.6	2.3
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	23.	104.	269.	542.
IB		0.	2.	19.	58.	136.
PUE/A		1.95	2.55	4.35	7.05	10.60
PUR/A		0.09	0.26	0.26	-0.29	0.03
PURKU		0.89	0.93	3.50	3.54	0.62
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	2.0	9.1	23.6	47.5
BWB00		0.0	0.2	1.6	5.1	11.9
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.7	7.0	15.8	27.7
BWB04		0.0	0.2	1.2	3.3	6.7
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.54	5.44	10.91	17.08
BWB08		0.00	0.15	0.93	2.23	3.97
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.37	4.32	7.79	11.05
BWB12		0.00	0.13	0.72	1.54	2.46
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.226	3.483	5.721	7.493
BWB16		0.000	0.113	0.564	1.093	1.590
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.103	2.850	4.320	5.304
BWB20		0.000	0.099	0.448	0.795	1.070
PEK00		9999.00	0.50	0.11	0.04	0.02
PEK04		9999.00	0.57	0.14	0.06	0.04
PEK08		9999.00	0.65	0.18	0.09	0.06
PEK12		9999.00	0.73	0.23	0.13	0.09
PEK16		9999.00	0.82	0.29	0.17	0.13
PEK20		9999.00	0.91	0.35	0.23	0.19
PEB00		9999.00	5.02	0.61	0.20	0.08
PEB04		9999.00	5.84	0.82	0.30	0.15
PEB08		9999.00	6.75	1.07	0.45	0.25
PEB12		9999.00	7.76	1.39	0.65	0.41
PEB16		9999.00	8.87	1.77	0.91	0.63
PEB20		9999.00	10.09	2.23	1.26	0.93

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KOI DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B43 DPU=-0.100 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	9	24	42	65
GWB		0	2	5	12	22
DK		0.9	2.3	3.3	4.1	5.0
DB		0.2	0.5	1.0	1.7	2.5
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	23.	104.	268.	537.
IE		0.	2.	19.	59.	140.
PUE/A		1.95	2.55	4.50	7.50	11.55
PUR/A		0.09	0.30	-0.02	-0.29	-0.01
PURKU		0.89	0.93	3.87	0.70	1.00
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	2.0	9.1	23.5	47.1
BWB00		0.0	0.2	1.6	5.2	12.3
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.7	7.0	15.7	27.5
BWB04		0.0	0.2	1.2	3.4	6.9
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.54	5.44	10.88	16.96
BWB08		0.00	0.15	0.93	2.26	4.08
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.37	4.32	7.77	10.99
BWB12		0.00	0.13	0.72	1.56	2.52
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.226	3.483	5.709	7.457
BWB16		0.000	0.113	0.564	1.105	1.625
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.103	2.850	4.312	5.283
BWB20		0.000	0.099	0.448	0.802	1.091
PEK00		9999.00	0.50	0.11	0.04	0.02
PEK04		9999.00	0.57	0.14	0.06	0.04
PEK08		9999.00	0.65	0.18	0.09	0.06
PEK12		9999.00	0.73	0.23	0.13	0.09
PEK16		9999.00	0.82	0.29	0.18	0.13
PEK20		9999.00	0.91	0.35	0.23	0.19
PEB00		9999.00	5.02	0.61	0.19	0.08
PEB04		9999.00	5.84	0.82	0.30	0.14
PEB08		9999.00	6.75	1.07	0.44	0.25
PEB12		9999.00	7.76	1.39	0.64	0.40
PEB16		9999.00	8.87	1.77	0.91	0.62
PEB20		9999.00	10.09	2.23	1.25	0.92

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B44 DPU=-0.150 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GNK		1	9	24	42	64
GWB		0	2	5	12	23
DK		0.9	2.3	3.3	4.0	4.8
DE		0.2	0.5	1.0	1.8	2.7
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		C.	23.	104.	267.	533.
IE		C.	2.	19.	60.	144.
PUE/A		1.95	2.55	4.65	7.95	12.45
PUR/A		0.09	0.34	0.17	-0.25	0.05
PURKU		0.89	0.93	4.25	2.65	1.72
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	2.0	9.1	23.4	46.7
BWE00		0.0	0.2	1.6	5.3	12.7
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.7	7.0	15.7	27.3
BWE04		0.0	0.2	1.2	3.4	7.1
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.54	5.44	10.85	16.86
BWE08		0.00	0.15	0.93	2.29	4.19
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.37	4.32	7.75	10.93
BWE12		0.00	0.13	0.72	1.58	2.58
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.226	3.483	5.698	7.425
BWE16		0.000	0.113	0.564	1.117	1.658
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.103	2.850	4.305	5.264
BWE20		0.000	0.099	0.448	0.810	1.110
PEK00		9999.00	0.50	0.11	0.04	0.02
PEK04		9999.00	0.57	0.14	0.06	0.04
PEK08		9999.00	0.65	0.18	0.09	0.06
PEK12		9999.00	0.73	0.23	0.13	0.09
PEK16		9999.00	0.82	0.29	0.18	0.13
PEK20		9999.00	0.91	0.35	0.23	0.19
PEB00		9999.00	5.02	0.61	0.19	0.08
PEB04		9999.00	5.84	0.82	0.29	0.14
PEB08		9999.00	6.75	1.07	0.44	0.24
PEB12		9999.00	7.76	1.39	0.63	0.39
PEB16		9999.00	8.87	1.77	0.90	0.60
PEB20		9999.00	10.09	2.23	1.24	0.90

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B45 DPU=-0.200 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	9	23	41	63
GW8		0	2	6	13	24
DK		0.9	2.2	3.2	4.0	4.6
DB		0.2	0.6	1.1	1.8	2.9
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	23.	104.	266.	527.
IB		0.	2.	19.	62.	150.
PUEZA		1.95	2.55	4.80	8.25	13.60
PURZA		0.09	-0.09	-0.09	0.29	0.23
PURKU		0.89	0.93	0.02	0.00	2.88
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	2.0	9.1	23.3	46.2
BWB00		0.0	0.2	1.7	5.4	13.2
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.7	7.0	15.6	27.1
BWB04		0.0	0.2	1.2	3.5	7.4
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.54	5.43	10.79	16.71
BWB08		0.00	0.15	0.95	2.35	4.34
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.37	4.31	7.71	10.84
BWB12		0.00	0.13	0.73	1.62	2.67
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.226	3.476	5.671	7.372
BWB16		0.000	0.113	0.572	1.144	1.711
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.103	2.844	4.286	5.231
BWB20		0.000	0.099	0.454	0.828	1.143
PEK00		9999.00	0.50	0.11	0.04	0.02
PEK04		9999.00	0.57	0.14	0.06	0.04
PEK08		9999.00	0.65	0.18	0.09	0.06
PEK12		9999.00	0.73	0.23	0.13	0.09
PEK16		9999.00	0.82	0.29	0.18	0.14
PEK20		9999.00	0.91	0.35	0.23	0.19
PFB00		9999.00	5.02	0.60	0.18	0.08
PFB04		9999.00	5.84	0.81	0.28	0.14
PFB08		9999.00	6.75	1.06	0.43	0.23
PFB12		9999.00	7.76	1.37	0.62	0.37
PFB16		9999.00	8.87	1.75	0.87	0.58
PFB20		9999.00	10.09	2.20	1.21	0.88

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B46 DPU=-0.250 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	9	23	41	62
GWB		0	2	6	13	25
DK		0.9	2.2	3.2	3.9	4.3
DB		0.2	0.6	1.1	1.9	3.2
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	23.	104.	265.	522.
IB		0.	2.	19.	63.	155.
PUE/A		1.95	2.55	4.95	8.95	14.70
PUR/A		0.09	-0.05	0.11	0.40	0.08
PURKU		0.89	0.93	0.41	2.05	4.42
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	2.0	9.1	23.2	45.8
BWB00		0.0	0.2	1.7	5.5	13.6
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.7	7.0	15.5	26.8
BWB04		0.0	0.2	1.2	3.6	7.6
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.54	5.43	10.77	16.59
BWB08		0.00	0.15	0.95	2.38	4.45
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.37	4.31	7.69	10.78
BWB12		0.00	0.13	0.73	1.63	2.73
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.226	3.476	5.662	7.338
BWB16		0.000	0.113	0.572	1.153	1.745
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.103	2.844	4.280	5.212
BWB20		0.000	0.099	0.454	0.834	1.162
PEK00		9999.00	0.50	0.11	0.04	0.02
PEK04		9999.00	0.57	0.14	0.06	0.04
PEK08		9999.00	0.65	0.18	0.09	0.06
PEK12		9999.00	0.73	0.23	0.13	0.09
PEK16		9999.00	0.82	0.29	0.18	0.14
PEK20		9999.00	0.91	0.35	0.23	0.19
PEB00		9999.00	5.02	0.60	0.18	0.07
PEB04		9999.00	5.84	0.81	0.28	0.13
PEB08		9999.00	6.75	1.06	0.42	0.22
PEB12		9999.00	7.76	1.37	0.61	0.37
PEB16		9999.00	8.87	1.75	0.87	0.57
PEB20		9999.00	10.09	2.20	1.20	0.86

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B47 DPU=-0.300 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GMK		1	9	23	41	60
GMB		0	2	6	13	27
DK		0.9	2.2	3.2	3.7	3.9
DB		0.2	0.6	1.1	2.1	3.6
IG		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	23.	103.	263.	516.
IB		0.	2.	19.	64.	161.
PUE/A		1.95	2.55	5.40	9.45	15.90
PUR/A		0.09	-0.01	0.34	0.10	-0.40
PURKU		0.89	0.93	0.83	4.31	1.88
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	2.0	9.0	23.1	45.2
BWB00		0.0	0.2	1.7	5.6	14.1
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.7	6.9	15.5	26.6
BWB04		0.0	0.2	1.3	3.6	7.9
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.54	5.42	10.71	16.44
BWB08		0.00	0.15	0.96	2.43	4.60
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.37	4.30	7.66	10.69
BWB12		0.00	0.13	0.74	1.67	2.81
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.226	3.469	5.637	7.286
BWB16		0.000	0.113	0.578	1.177	1.796
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.103	2.840	4.264	5.181
BWB20		0.000	0.099	0.459	0.850	1.193
PEK00		9999.00	0.50	0.11	0.04	0.02
PEK04		9999.00	0.57	0.14	0.06	0.04
PEK08		9999.00	0.65	0.18	0.09	0.06
PEK12		9999.00	0.73	0.23	0.13	0.09
PEK16		9999.00	0.82	0.29	0.18	0.14
PEK20		9999.00	0.91	0.35	0.23	0.19
PEB00		9999.00	5.02	0.59	0.18	0.07
PEB04		9999.00	5.84	0.79	0.27	0.13
PEB08		9999.00	6.75	1.04	0.41	0.22
PEB12		9999.00	7.76	1.35	0.60	0.36
PEB16		9999.00	8.87	1.73	0.85	0.56
PEB20		9999.00	10.09	2.18	1.18	0.84

KURVE KUBI AB 1980 MIT 13. GW GRUND TYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B48 DPU=-0.350 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		14	24	42	67	100
GWK		1	9	23	40	59
GWB		0	2	6	14	28
DK		0.9	2.2	3.1	3.6	3.7
DE		0.2	0.6	1.2	2.2	3.8
IC		66.	125.	190.	255.	320.
IK		0.	23.	103.	262.	511.
IE		0.	2.	19.	65.	167.
PUE/A		1.95	2.55	5.60	9.95	17.55
PUR/A		0.09	0.03	0.09	0.31	0.20
PURKU		0.89	0.93	1.23	1.86	4.36
BWG00		5.8	11.0	16.7	22.4	28.1
BWK00		0.0	2.0	9.0	23.0	44.7
BWB00		0.0	0.2	1.7	5.7	14.6
BWG04		6.6	11.2	15.5	19.0	21.9
BWK04		0.0	1.7	6.9	15.4	26.3
BWB04		0.0	0.2	1.3	3.7	8.1
BWG08		7.44	11.66	14.88	17.08	18.57
BWK08		0.00	1.54	5.42	10.68	16.30
BWB08		0.00	0.15	0.96	2.46	4.74
BWG12		8.47	12.32	14.79	16.19	16.98
BWK12		0.00	1.37	4.30	7.64	10.62
BWB12		0.00	0.13	0.74	1.69	2.89
BWG16		9.732	13.254	15.170	16.082	16.516
BWK16		0.000	1.226	3.469	5.625	7.244
BWB16		0.000	0.113	0.578	1.189	1.839
BWG20		11.092	14.334	15.837	16.441	16.683
BWK20		0.000	1.103	2.840	4.256	5.156
BWB20		0.000	0.099	0.459	0.858	1.218
PEK00		9999.00	0.50	0.11	0.04	0.02
PEK04		9999.00	0.57	0.14	0.06	0.04
PEK08		9999.00	0.65	0.18	0.09	0.06
PEK12		9999.00	0.73	0.23	0.13	0.09
PEK16		9999.00	0.82	0.29	0.18	0.14
PEK20		9999.00	0.91	0.35	0.23	0.19
PFB00		9999.00	5.02	0.59	0.18	0.07
PFB04		9999.00	5.84	0.79	0.27	0.12
PFB08		9999.00	6.75	1.04	0.41	0.21
PFB12		9999.00	7.76	1.35	0.59	0.35
PFB16		9999.00	8.87	1.73	0.84	0.54
PFB20		9999.00	10.09	2.18	1.16	0.82

- 1 -

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KØNVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B01 DPU= 0.000 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		0	0	0	0	0
GWB		1	17	33	50	66
DK		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DB		1.7	3.2	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	0.	0.	0.	0.
IB		0.	41.	160.	371.	650.
PUE/A		5.25	5.25	5.25	5.25	5.25
PUR/A		0.44	0.82	0.85	0.85	0.87
PURKU		0.26	4.38	8.50	12.88	17.00
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB00		0.0	3.6	14.0	32.5	56.9
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB04		0.0	3.2	10.8	22.1	34.3
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB08		0.00	2.77	8.50	15.48	21.77
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB12		0.00	2.45	6.79	11.21	14.54
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB16		0.000	2.186	5.506	8.361	10.168
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB20		0.000	1.958	4.531	6.407	7.410
PEK00		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK04		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK08		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK12		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK16		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK20		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEB00		9999.00	0.28	0.07	0.03	0.02
PEB04		9999.00	0.32	0.09	0.05	0.03
PEB08		9999.00	0.36	0.12	0.06	0.05
PEB12		9999.00	0.41	0.15	0.09	0.07
PEB16		9999.00	0.46	0.18	0.12	0.10
PEB20		9999.00	0.51	0.22	0.16	0.13

- 2 -

KUPVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER BC2 CPU=-0.050 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GNK		0	0	0	0	0
GNE		1	17	33	50	66
DK		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DB		1.7	3.2	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	0.	0.	0.	0.
IB		0.	41.	160.	371.	650.
PUE/A		5.25	5.85	6.65	7.50	8.30
PUR/A		0.55	1.43	2.28	3.08	3.97
PURKU		0.26	5.51	14.52	28.36	45.37
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB00		0.0	3.6	14.0	32.5	56.9
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB04		0.0	3.2	10.8	22.1	34.3
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB08		0.00	2.77	8.50	15.48	21.77
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB12		0.00	2.45	6.79	11.21	14.54
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB16		0.000	2.186	5.506	8.361	10.168
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB20		0.000	1.958	4.531	6.407	7.410
PEK00		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK04		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK08		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK12		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK16		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK20		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFB00		9999.00	0.28	0.07	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.32	0.09	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.36	0.12	0.06	0.05
PFB12		9999.00	0.41	0.15	0.09	0.07
PFB16		9999.00	0.46	0.18	0.12	0.10
PFB20		9999.00	0.51	0.22	0.16	0.13

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B03 DPU=-0.100 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GNK		0	0	0	0	0
GWB		1	17	33	50	66
DK		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DB		1.7	3.2	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	0.	0.	0.	0.
IB		0.	41.	160.	371.	650.
PUE/A		5.25	6.45	8.05	9.75	11.35
PUR/A		0.66	2.03	3.72	5.32	7.07
PURKU		0.26	6.63	20.55	43.83	73.75
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB00		0.0	3.6	14.0	32.5	56.9
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB04		0.0	3.2	10.8	22.1	34.3
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB08		0.00	2.77	8.50	15.48	21.77
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB12		0.00	2.45	6.79	11.21	14.54
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB16		0.000	2.186	5.506	8.361	10.168
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB20		0.000	1.958	4.531	6.407	7.410
PFK00		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK04		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK08		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK12		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK16		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK20		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEB00		9999.00	0.28	0.07	0.03	0.02
PEB04		9999.00	0.32	0.09	0.05	0.03
PEB08		9999.00	0.36	0.12	0.06	0.05
PEB12		9999.00	0.41	0.15	0.09	0.07
PEB16		9999.00	0.46	0.18	0.12	0.10
PEB20		9999.00	0.51	0.22	0.16	0.13

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B04 DPU=-0.150 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
CWK		0	0	0	0	0
CWB		1	17	33	50	66
DK		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DB		1.7	3.2	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	0.	0.	0.	0.
IB		0.	41.	160.	371.	650.
PUE/A		5.25	7.05	9.45	12.00	14.40
PUR/A		0.78	2.63	5.15	7.55	10.17
PURKU		0.26	7.76	26.57	59.31	102.12
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWEC0		0.0	3.6	14.0	32.5	56.9
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB04		0.0	3.2	10.8	22.1	34.3
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWEC08		0.00	2.77	8.50	15.48	21.77
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB12		0.00	2.45	6.79	11.21	14.54
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB16		0.000	2.186	5.506	8.361	10.168
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB20		0.000	1.958	4.531	6.407	7.410
PEK00		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK04		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK08		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK12		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK16		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK20		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFB00		9999.00	0.28	0.07	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.32	0.09	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.36	0.12	0.06	0.05
PFB12		9999.00	0.41	0.15	0.09	0.07
PFB16		9999.00	0.46	0.18	0.12	0.10
PFB20		9999.00	0.51	0.22	0.16	0.13

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KCONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B05 DPU=-0.200 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
CWK		0	0	0	0	0
GWE		1	17	33	50	66
CK		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CB		1.7	3.2	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	0.	0.	0.	0.
IB		0.	41.	160.	371.	650.
PUE/A		5.25	7.65	10.85	14.25	17.45
PUR/A		0.89	3.23	6.59	9.79	13.27
PURKU		0.26	8.89	32.60	74.79	130.50
BW00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB00		0.0	3.6	14.0	32.5	56.9
BW04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB04		0.0	3.2	10.8	22.1	34.3
BW08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB08		0.00	2.77	8.50	15.48	21.77
BW12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB12		0.00	2.45	6.79	11.21	14.54
BW16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB16		0.000	2.186	5.506	8.361	10.168
BW20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB20		0.000	1.958	4.531	6.407	7.410
PFK00		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK04		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK08		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK12		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK16		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK20		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFB00		9999.00	0.28	0.07	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.32	0.09	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.36	0.12	0.06	0.05
PFB12		9999.00	0.41	0.15	0.09	0.07
PFB16		9999.00	0.46	0.18	0.12	0.10
PFB20		9999.00	0.51	0.22	0.16	0.13

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B06 DPU=-0.250 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		0	0	0	0	0
GWP		1	17	33	50	66
DK		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DE		1.7	3.2	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	0.	0.	0.	0.
IB		0.	41.	160.	371.	650.
PUE/A		5.25	8.25	12.25	16.50	20.50
PUR/A		1.00	3.84	8.02	12.02	16.38
PURKU		0.26	10.02	38.62	90.27	158.87
BWC00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB00		0.0	3.6	14.0	32.5	56.9
BWC04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB04		0.0	3.2	10.8	22.1	34.3
BWC08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB08		0.00	2.77	8.50	15.48	21.77
BWC12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB12		0.00	2.45	6.79	11.21	14.54
BWC16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB16		0.000	2.186	5.506	8.361	10.168
BWC20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB20		0.000	1.958	4.531	6.407	7.410
PEK00		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK04		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK08		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK12		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK16		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PEK20		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFB00		9999.00	0.28	0.07	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.32	0.09	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.36	0.12	0.06	0.05
PFB12		9999.00	0.41	0.15	0.09	0.07
PFB16		9999.00	0.46	0.18	0.12	0.10
PFB20		9999.00	0.51	0.22	0.16	0.13

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER BC7 CPU=-0.300 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		0	0	0	0	0
GWB		1	17	33	50	66
CK		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CB		1.7	3.2	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	0.	0.	0.	0.
IE		0.	41.	160.	371.	650.
PUE/A		5.25	8.85	13.65	18.75	23.55
PUR/A		1.11	4.44	9.46	14.26	19.48
PURKU		0.26	11.14	44.65	105.74	187.25
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB00		0.0	3.6	14.0	32.5	56.9
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB04		0.0	3.2	10.8	22.1	34.3
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB08		0.00	2.77	8.50	15.48	21.77
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB12		0.00	2.45	6.79	11.21	14.54
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB16		0.000	2.186	5.506	8.361	10.168
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB20		0.000	1.958	4.531	6.407	7.410
PFK00		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK04		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK08		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK12		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK16		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK20		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFB00		9999.00	0.28	0.07	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.32	0.09	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.36	0.12	0.06	0.05
PFB12		9999.00	0.41	0.15	0.09	0.07
PFB16		9999.00	0.46	0.18	0.12	0.10
PFB20		9999.00	0.51	0.22	0.16	0.13

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRLETER B08 DPU=-0.350 BI= 1.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
CW		36	52	68	85	101
CWK		0	0	0	0	0
CWF		1	17	33	50	66
DK		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DE		1.7	3.2	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	0.	0.	0.	0.
IB		0.	41.	160.	371.	650.
PUE/A		5.25	9.45	15.05	21.00	26.60
PUR/A		1.23	5.04	10.89	16.49	22.58
PURKU		0.26	12.27	50.67	121.22	215.62
BW000		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB00		0.0	3.6	14.0	32.5	56.9
BW004		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BWB04		0.0	3.2	10.8	22.1	34.3
BW008		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB08		0.00	2.77	8.50	15.48	21.77
BW012		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BWB12		0.00	2.45	6.79	11.21	14.54
BW016		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB16		0.000	2.186	5.506	8.361	10.168
BW020		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BWB20		0.000	1.958	4.531	6.407	7.410
PFK00		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK04		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK08		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK12		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK16		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PFK20		9999.00	9999.00	9999.00	9999.00	9999.00
PF000		9999.00	0.28	0.07	0.03	0.02
PF004		9999.00	0.32	0.09	0.05	0.03
PF008		9999.00	0.36	0.12	0.06	0.05
PF012		9999.00	0.41	0.15	0.09	0.07
PF016		9999.00	0.46	0.18	0.12	0.10
PF020		9999.00	0.51	0.22	0.16	0.13

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B09 DPU= 0.000 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	4	6	7	8
GWB		0	13	27	43	58
DK		0.4	0.5	0.3	0.2	0.1
DB		1.3	2.7	3.0	3.1	3.2
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	11.	35.	68.	105.
IB		0.	30.	125.	303.	545.
PUE/A		5.25	5.55	6.00	6.15	6.30
PUR/A		0.14	-0.03	-0.08	-0.01	-0.00
PURKU		1.59	1.42	1.30	0.66	1.17
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	1.0	3.0	6.0	9.2
BWB00		0.0	2.7	11.0	26.5	47.8
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.8	2.4	4.2	5.8
BWB04		0.0	2.3	8.4	17.9	28.5
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.75	1.89	3.01	3.84
BWB08		0.00	2.02	6.60	12.46	17.93
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.67	1.54	2.25	2.69
BWB12		0.00	1.79	5.25	8.96	11.85
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.600	1.269	1.729	1.968
BWB16		0.000	1.586	4.237	6.632	8.200
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.543	1.063	1.366	1.498
BWB20		0.000	1.416	3.468	5.041	5.911
PFK00		9999.00	1.05	0.33	0.17	0.11
PFK04		9999.00	1.19	0.42	0.24	0.17
PFK08		9999.00	1.34	0.53	0.33	0.26
PFK12		9999.00	1.50	0.65	0.44	0.37
PFK16		9999.00	1.67	0.79	0.58	0.51
PFK20		9999.00	1.84	0.94	0.73	0.67
PFB00		9999.00	0.38	0.09	0.04	0.02
PFB04		9999.00	0.43	0.12	0.06	0.04
PFB08		9999.00	0.49	0.15	0.08	0.06
PFB12		9999.00	0.56	0.19	0.11	0.08
PFB16		9999.00	0.63	0.24	0.15	0.12
PFB20		9999.00	0.71	0.29	0.20	0.17

- 10 -

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRLETER BIC CPU=-0.050 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	3	4	4	4
GWB		0	14	29	46	62
DK		0.3	0.3	0.1	0.0	0.0
DB		1.4	2.9	3.2	3.3	3.3
IC		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	10.	29.	50.	69.
IB		0.	31.	131.	322.	581.
PUE/A		5.25	6.00	7.05	7.90	8.70
PUR/A		0.02	0.03	0.62	1.28	2.17
PURKU		1.59	0.20	1.85	6.41	14.70
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.9	2.5	4.4	6.1
BWB00		0.0	2.7	11.5	28.2	50.9
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.8	2.0	3.1	4.0
BWB04		0.0	2.4	8.8	18.9	30.3
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.71	1.63	2.32	2.76
BWB08		0.00	2.06	6.87	13.16	19.01
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.63	1.33	1.77	2.01
BWB12		0.00	1.82	5.45	9.43	12.53
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.571	1.111	1.397	1.525
BWB16		0.000	1.615	4.395	6.964	8.643
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.517	0.938	1.127	1.199
BWB20		0.000	1.441	3.593	5.279	6.211
PEK00		9999.00	1.11	0.39	0.23	0.17
PEK04		9999.00	1.25	0.50	0.32	0.25
PEK08		9999.00	1.41	0.61	0.43	0.36
PEK12		9999.00	1.58	0.75	0.56	0.50
PEK16		9999.00	1.75	0.90	0.72	0.66
PEK20		9999.00	1.93	1.07	0.89	0.83
PEB00		9999.00	0.37	0.09	0.04	0.02
PEB04		9999.00	0.42	0.11	0.05	0.03
PEB08		9999.00	0.48	0.15	0.08	0.05
PEB12		9999.00	0.55	0.18	0.11	0.08
PEB16		9999.00	0.62	0.23	0.14	0.12
PEB20		9999.00	0.69	0.28	0.19	0.16

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B11 DPU=-0.100 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	3	3	3	3
CWB		0	14	30	47	63
DK		0.3	0.2	0.0	0.0	0.0
DB		1.4	3.0	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	10.	25.	40.	55.
IP		0.	31.	135.	331.	595.
PUE/A		5.25	6.45	8.20	9.90	11.50
PUR/A		0.10	0.32	1.65	3.27	5.02
PURKU		1.59	0.97	4.77	17.50	37.47
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.9	2.2	3.5	4.8
BWB00		0.0	2.7	11.8	29.0	52.1
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.8	1.7	2.6	3.2
BWB04		0.0	2.4	9.1	19.5	31.1
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.71	1.42	1.94	2.27
BWB08		0.00	2.06	7.07	13.53	19.50
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.63	1.18	1.51	1.69
BWB12		0.00	1.82	5.61	9.70	12.85
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.571	0.994	1.209	1.304
BWB16		0.000	1.615	4.512	7.153	8.864
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.517	0.848	0.990	1.043
BWB20		0.000	1.441	3.683	5.417	6.367
PEK00		9999.00	1.11	0.46	0.28	0.21
PEK04		9999.00	1.25	0.57	0.39	0.31
PEK08		9999.00	1.41	0.70	0.52	0.44
PEK12		9999.00	1.58	0.85	0.66	0.59
PEK16		9999.00	1.75	1.01	0.83	0.77
PEK20		9999.00	1.93	1.18	1.01	0.96
PFB00		9999.00	0.37	0.08	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.42	0.11	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.48	0.14	0.07	0.05
PFB12		9999.00	0.55	0.18	0.10	0.08
PFB16		9999.00	0.62	0.22	0.14	0.11
PFB20		9999.00	0.69	0.27	0.18	0.16

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B12 DPU=-0.150 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	3	3	3	3
GWE		0	14	30	47	63
DK		0.3	0.2	0.0	0.0	0.0
DB		1.4	3.0	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	10.	25.	40.	55.
IE		0.	31.	135.	331.	595.
PUE/A		5.25	6.90	9.45	12.00	14.40
PUR/A		0.17	0.81	2.94	5.35	7.97
PURKU		1.59	1.75	9.72	31.12	63.27
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.9	2.2	3.5	4.8
BWB00		0.0	2.7	11.8	29.0	52.1
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.8	1.7	2.6	3.2
BWB04		0.0	2.4	9.1	19.5	31.1
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.71	1.42	1.94	2.27
BWB08		0.00	2.06	7.07	13.53	19.50
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.63	1.18	1.51	1.69
BWB12		0.00	1.82	5.61	9.70	12.85
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.571	0.994	1.209	1.304
BWB16		0.000	1.615	4.512	7.153	8.864
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.517	0.848	0.990	1.043
BWB20		0.000	1.441	3.683	5.417	6.367
PFK00		9999.00	1.11	0.46	0.28	0.21
PEK04		9999.00	1.25	0.57	0.39	0.31
PFK08		9999.00	1.41	0.70	0.52	0.44
PFK12		9999.00	1.58	0.85	0.66	0.59
PFK16		9999.00	1.75	1.01	0.83	0.77
PFK20		9999.00	1.93	1.18	1.01	0.96
PFB00		9999.00	0.37	0.08	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.42	0.11	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.48	0.14	0.07	0.05
PFB12		9999.00	0.55	0.18	0.10	0.08
PFB16		9999.00	0.62	0.22	0.14	0.11
PFB20		9999.00	0.69	0.27	0.18	0.16

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B13 CPU=-0.200 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GNK		1	2	2	2	2
GWB		0	15	31	48	64
DK		0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
DP		1.5	3.1	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	8.	18.	28.	38.
IL		0.	33.	142.	343.	612.
PUE/A		5.25	7.55	10.75	14.15	17.35
PUR/A		0.07	1.17	4.29	7.49	10.97
PURKU		1.59	0.69	13.25	43.59	88.15
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.7	1.6	2.5	3.3
BWB00		0.0	2.9	12.4	30.0	53.6
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.7	1.3	1.8	2.3
BWB04		0.0	2.5	9.5	20.2	32.0
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.59	1.07	1.42	1.64
BWB08		0.00	2.18	7.43	14.06	20.13
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.54	0.90	1.12	1.24
BWB12		0.00	1.92	5.89	10.09	13.30
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.486	0.768	0.911	0.975
BWB16		0.000	1.700	4.738	7.450	9.193
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.443	0.664	0.758	0.794
BWB20		0.000	1.515	3.867	5.648	6.616
PEK00		9999.00	1.35	0.63	0.40	0.30
PEK04		9999.00	1.51	0.77	0.54	0.44
PEK08		9999.00	1.68	0.93	0.71	0.61
PEK12		9999.00	1.87	1.11	0.89	0.81
PEK16		9999.00	2.06	1.30	1.10	1.03
PEK20		9999.00	2.26	1.51	1.32	1.26
PFB00		9999.00	0.35	0.08	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.40	0.11	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.46	0.13	0.07	0.05
PFB12		9999.00	0.52	0.17	0.10	0.08
PFB16		9999.00	0.59	0.21	0.13	0.11
PFB20		9999.00	0.66	0.26	0.18	0.15

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B14 DPU=-0.250 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	2	2	2	2
GWB		0	15	31	48	64
DK		0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
DE		1.5	3.1	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	8.	18.	28.	38.
IB		0.	33.	142.	343.	612.
PUEZA		5.25	8.05	12.05	16.30	20.30
PUR/A		0.15	1.69	5.62	9.62	13.97
PURKU		1.59	1.51	18.48	57.76	114.73
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.7	1.6	2.5	3.3
BWE00		0.0	2.9	12.4	30.0	53.6
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.7	1.3	1.8	2.3
BWE04		0.0	2.5	9.5	20.2	32.0
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.59	1.07	1.42	1.64
BWE08		0.00	2.18	7.43	14.06	20.13
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.54	0.90	1.12	1.24
BWE12		0.00	1.92	5.89	10.09	13.30
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.486	0.768	0.911	0.975
BWE16		0.000	1.700	4.738	7.450	9.193
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.443	0.664	0.758	0.794
BWB20		0.000	1.515	3.867	5.648	6.616
PEK00		9999.00	1.35	0.63	0.40	0.30
PEK04		9999.00	1.51	0.77	0.54	0.44
PEK08		9999.00	1.68	0.93	0.71	0.61
PEK12		9999.00	1.87	1.11	0.89	0.81
PEK16		9999.00	2.06	1.30	1.10	1.03
PEK20		9999.00	2.26	1.51	1.32	1.26
PFBC0		9999.00	0.35	0.08	0.03	0.02
PFB04		9999.00	0.40	0.11	0.05	0.03
PFB08		9999.00	0.46	0.13	0.07	0.05
PFB12		9999.00	0.52	0.17	0.10	0.08
PFB16		9999.00	0.59	0.21	0.13	0.11
PFB20		9999.00	0.66	0.26	0.18	0.15

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B15 DPU=-0.300 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	2	2	2	2
GWB		0	15	31	48	64
DK		0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
DE		1.5	3.1	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	8.	18.	28.	38.
IB		0.	33.	142.	343.	612.
PUE/A		5.25	8.55	13.35	18.45	23.25
PUR/A		0.23	2.21	6.96	11.76	16.97
PURKU		1.59	2.33	23.71	71.93	141.31
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.7	1.6	2.5	3.3
BWB00		0.0	2.9	12.4	30.0	53.6
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.7	1.3	1.8	2.3
BWB04		0.0	2.5	9.5	20.2	32.0
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.59	1.07	1.42	1.64
BWB08		0.00	2.18	7.43	14.06	20.13
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.54	0.90	1.12	1.24
BWB12		0.00	1.92	5.89	10.09	13.30
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.486	0.768	0.911	0.975
BWB16		0.000	1.700	4.738	7.450	9.193
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.443	0.664	0.758	0.794
BWB20		0.000	1.515	3.867	5.648	6.616
PEK00		9999.00	1.35	0.63	0.40	0.30
PEK04		9999.00	1.51	0.77	0.54	0.44
PEK08		9999.00	1.68	0.93	0.71	0.61
PEK12		9999.00	1.87	1.11	0.89	0.81
PEK16		9999.00	2.06	1.30	1.10	1.03
PEK20		9999.00	2.26	1.51	1.32	1.26
PEB00		9999.00	0.35	0.08	0.03	0.02
PEB04		9999.00	0.40	0.11	0.05	0.03
PEB08		9999.00	0.46	0.13	0.07	0.05
PEB12		9999.00	0.52	0.17	0.10	0.08
PEB16		9999.00	0.59	0.21	0.13	0.11
PEB20		9999.00	0.66	0.26	0.18	0.15

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 ERUETER B16 DPU=-0.350 BI= 1.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GNK		1	2	2	2	2
GWB		0	15	31	48	64
DK		0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
DB		1.5	3.1	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	8.	18.	28.	38.
IB		0.	33.	142.	343.	612.
PUE/A		5.25	9.05	14.65	20.60	26.20
PUR/A		0.31	2.73	8.29	13.89	19.97
PURKU		1.59	3.15	28.94	86.10	167.89
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	0.7	1.6	2.5	3.3
BWB00		0.0	2.9	12.4	30.0	53.6
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	0.7	1.3	1.8	2.3
BWB04		0.0	2.5	9.5	20.2	32.0
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	0.59	1.07	1.42	1.64
BWB08		0.00	2.18	7.43	14.06	20.13
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	0.54	0.90	1.12	1.24
BWB12		0.00	1.92	5.89	10.09	13.30
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.486	0.768	0.911	0.975
BWB16		0.000	1.700	4.738	7.450	9.193
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.443	0.664	0.758	0.794
BWB20		0.000	1.515	3.867	5.648	6.616
PEK00		9999.00	1.35	0.63	0.40	0.30
PEK04		9999.00	1.51	0.77	0.54	0.44
PEK08		9999.00	1.68	0.93	0.71	0.61
PEK12		9999.00	1.87	1.11	0.89	0.81
PEK16		9999.00	2.06	1.30	1.10	1.03
PEK20		9999.00	2.26	1.51	1.32	1.26
PEB00		9999.00	0.35	0.08	0.03	0.02
PEB04		9999.00	0.40	0.11	0.05	0.03
PEB08		9999.00	0.46	0.13	0.07	0.05
PEB12		9999.00	0.52	0.17	0.10	0.08
PEB16		9999.00	0.59	0.21	0.13	0.11
PEB20		9999.00	0.66	0.26	0.18	0.15

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B17 CPU= 0.000 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GNK		1	7	12	15	18
GWB		0	10	21	35	48
DK		0.7	1.1	0.8	0.6	0.5
DB		1.0	2.1	2.5	2.7	2.8
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	19.	65.	135.	216.
IB		0.	22.	95.	236.	434.
PUE/A		5.25	5.70	6.60	7.35	7.65
PUR/A		0.09	-0.01	-0.09	0.02	0.27
PURKU		1.59	0.94	1.54	0.00	1.71
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	1.7	5.7	11.9	18.9
BWB00		0.0	1.9	8.3	20.7	38.0
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.5	4.4	8.2	11.7
BWB04		0.0	1.7	6.4	13.9	22.5
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.30	3.51	5.85	7.68
BWB08		0.00	1.48	4.99	9.62	14.09
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.15	2.83	4.32	5.29
BWB12		0.00	1.30	3.96	6.89	9.25
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.033	2.320	3.284	3.810
BWB16		0.000	1.154	3.186	5.078	6.358
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.929	1.929	2.563	2.856
BWB20		0.000	1.029	2.602	3.844	4.554
PEK00		9999.00	0.60	0.18	0.08	0.05
PEK04		9999.00	0.68	0.23	0.12	0.09
PEK08		9999.00	0.77	0.28	0.17	0.13
PEK12		9999.00	0.87	0.35	0.23	0.19
PEK16		9999.00	0.97	0.43	0.30	0.26
PFK20		9999.00	1.08	0.52	0.39	0.35
PEB00		9999.00	0.52	0.12	0.05	0.03
PEB04		9999.00	0.59	0.16	0.07	0.04
PEB08		9999.00	0.68	0.20	0.10	0.07
PFB12		9999.00	0.77	0.25	0.15	0.11
PFB16		9999.00	0.87	0.31	0.20	0.16
PFB20		9999.00	0.97	0.38	0.26	0.22

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B18 DPU=-0.050 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	7	11	12	12
GWB		0	10	22	38	54
DK		0.7	1.0	0.5	0.1	0.0
DB		1.0	2.2	2.8	3.2	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	19.	62.	122.	180.
IB		0.	22.	98.	249.	470.
PUE/A		5.25	6.00	7.50	8.70	9.50
PUR/A		0.14	0.07	-0.04	0.03	0.78
PURKU		1.59	1.44	2.26	1.09	2.59
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	1.7	5.4	10.7	15.8
BWE00		0.0	1.9	8.6	21.8	41.2
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.5	4.3	7.4	10.0
BWE04		0.0	1.7	6.6	14.6	24.3
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.30	3.39	5.38	6.70
BWE08		0.00	1.48	5.11	10.10	15.07
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.15	2.74	4.01	4.71
BWE12		0.00	1.30	4.05	7.20	9.83
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.033	2.254	3.076	3.459
BWE16		0.000	1.154	3.252	5.285	6.709
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.929	1.879	2.421	2.635
BWE20		0.000	1.029	2.652	3.985	4.775
PEK00		9999.00	0.60	0.18	0.09	0.06
PEK04		9999.00	0.68	0.24	0.13	0.10
PEK08		9999.00	0.77	0.30	0.19	0.15
PEK12		9999.00	0.87	0.36	0.25	0.21
PEK16		9999.00	0.97	0.44	0.33	0.29
PEK20		9999.00	1.08	0.53	0.41	0.38
PEB00		9999.00	0.52	0.12	0.05	0.02
PEB04		9999.00	0.59	0.15	0.07	0.04
PEB08		9999.00	0.68	0.20	0.10	0.07
PEB12		9999.00	0.77	0.25	0.14	0.10
PEB16		9999.00	0.87	0.31	0.19	0.15
PEB20		9999.00	0.97	0.38	0.25	0.21

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B19 DPU=-0.100 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	7	9	9	9
GWB		0	10	24	41	57
DK		0.7	0.8	0.2	0.0	0.0
DP		1.0	2.4	3.1	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	18.	58.	105.	148.
IB		0.	23.	102.	266.	502.
PUE/A		5.25	6.30	8.35	10.20	11.80
PUR/A		0.20	-0.11	0.13	1.36	3.13
PURKU		1.59	1.97	0.48	3.29	14.05
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	1.6	5.1	9.2	13.0
BWB00		0.0	2.0	8.9	23.3	43.9
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.4	4.0	6.5	8.4
BWB04		0.0	1.7	6.8	15.6	25.9
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.26	3.21	4.76	5.75
BWB08		0.00	1.51	5.29	10.71	16.02
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.12	2.60	3.59	4.12
BWB12		0.00	1.33	4.18	7.62	10.42
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.003	2.146	2.789	3.077
BWB16		0.000	1.183	3.360	5.572	7.091
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.904	1.794	2.219	2.379
BWB20		0.000	1.055	2.737	4.188	5.031
PEK00		9999.00	0.62	0.20	0.11	0.08
PEK04		9999.00	0.70	0.25	0.15	0.12
PEK08		9999.00	0.79	0.31	0.21	0.17
PEK12		9999.00	0.89	0.38	0.28	0.24
PEK16		9999.00	1.00	0.47	0.36	0.33
PEK20		9999.00	1.11	0.56	0.45	0.42
PFB00		9999.00	0.50	0.11	0.04	0.02
PFB04		9999.00	0.58	0.15	0.06	0.04
PFB08		9999.00	0.66	0.19	0.09	0.06
PFB12		9999.00	0.75	0.24	0.13	0.10
PFB16		9999.00	0.85	0.30	0.18	0.14
PFB20		9999.00	0.95	0.37	0.24	0.20

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTIER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B20 DPU=-0.150 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	7	8	8	8
GWB		0	10	25	42	58
DK		0.7	0.7	0.1	0.0	0.0
DB		1.0	2.5	3.2	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	18.	55.	97.	135.
IB		0.	23.	105.	275.	515.
PUE/A		5.25	6.75	9.45	12.00	14.40
PUR/A		0.25	-0.00	0.91	3.15	5.77
PURKU		1.59	2.52	1.55	11.62	33.10
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	1.6	4.9	8.5	11.9
BWB00		0.0	2.0	9.2	24.1	45.1
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.4	3.8	6.0	7.7
BWB04		0.0	1.8	7.0	16.0	26.5
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.24	3.06	4.44	5.33
BWB08		0.00	1.53	5.43	11.03	16.45
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.10	2.49	3.37	3.84
BWB12		0.00	1.35	4.29	7.84	10.70
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.989	2.061	2.633	2.889
BWB16		0.000	1.197	3.445	5.728	7.279
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.891	1.728	2.106	2.248
BWB20		0.000	1.067	2.803	4.301	5.161
PEK00		9999.00	0.63	0.21	0.12	0.08
PEK04		9999.00	0.71	0.26	0.17	0.13
PEK08		9999.00	0.81	0.33	0.23	0.19
PEK12		9999.00	0.91	0.40	0.30	0.26
PEK16		9999.00	1.01	0.49	0.38	0.35
PEK20		9999.00	1.12	0.58	0.47	0.44
PFB00		9999.00	0.50	0.11	0.04	0.02
PFB04		9999.00	0.57	0.14	0.06	0.04
PFB08		9999.00	0.65	0.18	0.09	0.06
PFB12		9999.00	0.74	0.23	0.13	0.09
PFB16		9999.00	0.84	0.29	0.17	0.14
PFB20		9999.00	0.94	0.36	0.23	0.19

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER 821 CPU=-0.200 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	6	7	7	7
GWB		0	11	26	43	59
DK		0.6	0.6	0.1	0.0	0.0
DB		1.1	2.6	3.2	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	18.	52.	88.	122.
IB		0.	23.	108.	283.	528.
PUE/A		5.25	7.10	10.50	13.90	17.10
PUR/A		0.04	0.14	2.03	5.04	8.52
PURKU		1.59	0.39	2.98	20.70	53.38
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	1.6	4.5	7.7	10.7
BWB00		0.0	2.0	9.5	24.8	46.3
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.4	3.6	5.5	7.0
BWB04		0.0	1.8	7.2	16.5	27.3
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.24	2.89	4.10	4.87
BWB08		0.00	1.53	5.61	11.38	16.90
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.10	2.36	3.13	3.55
BWB12		0.00	1.35	4.42	8.07	11.00
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.989	1.963	2.464	2.688
BWB16		0.000	1.197	3.543	5.897	7.481
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.891	1.653	1.984	2.108
BWB20		0.000	1.067	2.878	4.423	5.302
PEK00		9999.00	0.63	0.22	0.13	0.09
PEK04		9999.00	0.71	0.28	0.18	0.14
PEK08		9999.00	0.81	0.35	0.24	0.21
PEK12		9999.00	0.91	0.42	0.32	0.28
PEK16		9999.00	1.01	0.51	0.41	0.37
PEK20		9999.00	1.12	0.61	0.50	0.47
PFB00		9999.00	0.50	0.11	0.04	0.02
PFB04		9999.00	0.57	0.14	0.06	0.04
PFB08		9999.00	0.65	0.18	0.09	0.06
PFB12		9999.00	0.74	0.23	0.12	0.09
PFB16		9999.00	0.84	0.28	0.17	0.13
PFB20		9999.00	0.94	0.35	0.23	0.19

- 22 -

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER KO1 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER 822 CPU=-0.250 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GMK		1	6	7	7	7
GWB		0	11	26	43	59
DK		0.6	0.6	0.1	0.0	0.0
DB		1.1	2.6	3.2	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	18.	51.	87.	121.
IE		0.	23.	109.	284.	529.
PUE/A		5.25	7.45	11.55	15.80	19.80
PUR/A		0.09	0.53	3.13	6.92	11.27
PURKU		1.59	0.92	6.84	32.21	76.09
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	1.6	4.5	7.6	10.6
BWB00		0.0	2.0	9.5	24.9	46.3
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.4	3.5	5.5	7.0
BWB04		0.0	1.8	7.3	16.6	27.3
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.24	2.86	4.06	4.84
BWB08		0.00	1.53	5.64	11.41	16.93
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.10	2.34	3.11	3.52
BWB12		0.00	1.35	4.45	8.10	11.02
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.989	1.941	2.441	2.665
BWB16		0.000	1.197	3.565	5.920	7.503
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.891	1.634	1.965	2.090
BWB20		0.000	1.067	2.897	4.442	5.320
PEK00		9999.00	0.63	0.22	0.13	0.09
PEK04		9999.00	0.71	0.28	0.18	0.14
PEK08		9999.00	0.81	0.35	0.25	0.21
PEK12		9999.00	0.91	0.43	0.32	0.28
PEK16		9999.00	1.01	0.52	0.41	0.38
PEK20		9999.00	1.12	0.61	0.51	0.48
PFB00		9999.00	0.50	0.10	0.04	0.02
PFB04		9999.00	0.57	0.14	0.06	0.04
PFB08		9999.00	0.65	0.18	0.09	0.06
PFB12		9999.00	0.74	0.22	0.12	0.09
PFB16		9999.00	0.84	0.28	0.17	0.13
PFB20		9999.00	0.94	0.35	0.23	0.19

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35% GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B23 DPU=-0.300 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	6	6	6	6
GWB		0	11	27	44	60
DK		0.6	0.5	0.0	0.0	0.0
DB		1.1	2.7	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	18.	47.	78.	107.
IB		0.	23.	113.	293.	543.
PUE/A		5.25	7.80	12.75	17.85	22.65
PUR/A		0.14	0.72	4.11	8.96	14.17
PURKU		1.59	1.44	8.79	42.58	98.39
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	1.6	4.1	6.8	9.4
BWB00		0.0	2.0	9.9	25.7	47.6
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.4	3.3	4.9	6.2
BWB04		0.0	1.8	7.5	17.1	28.1
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.22	2.65	3.69	4.35
BWB08		0.00	1.55	5.85	11.79	17.42
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.09	2.18	2.84	3.19
BWB12		0.00	1.37	4.61	8.37	11.35
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.975	1.821	2.250	2.441
BWB16		0.000	1.211	3.685	6.111	7.727
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.879	1.541	1.824	1.931
BWB20		0.000	1.079	2.990	4.583	5.479
PFK00		9999.00	0.64	0.24	0.15	0.11
PFK04		9999.00	0.73	0.31	0.20	0.16
PFK08		9999.00	0.82	0.38	0.27	0.23
PFK12		9999.00	0.92	0.46	0.35	0.31
PFK16		9999.00	1.03	0.55	0.44	0.41
PFK20		9999.00	1.14	0.65	0.55	0.52
PEB00		9999.00	0.49	0.10	0.04	0.02
PEB04		9999.00	0.56	0.13	0.06	0.04
PEB08		9999.00	0.64	0.17	0.08	0.06
PEB12		9999.00	0.73	0.22	0.12	0.09
PEB16		9999.00	0.83	0.27	0.16	0.13
PEB20		9999.00	0.93	0.33	0.22	0.18

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B24 DPU=-0.350 BI= 2.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	6	6	6	6
GWB		0	11	27	44	60
DK		0.6	0.5	0.0	0.0	0.0
DB		1.1	2.7	3.3	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	18.	47.	78.	107.
IB		0.	23.	113.	293.	543.
PUE/A		5.25	8.15	13.85	19.80	25.40
PUR/A		0.20	1.12	5.25	10.89	16.97
PURKU		1.59	1.97	12.78	54.48	121.73
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	1.6	4.1	6.8	9.4
BWB00		0.0	2.0	9.9	25.7	47.6
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.4	3.3	4.9	6.2
BWB04		0.0	1.8	7.5	17.1	28.1
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.22	2.65	3.69	4.35
BWB08		0.00	1.55	5.85	11.79	17.42
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.09	2.18	2.84	3.19
BWB12		0.00	1.37	4.61	8.37	11.35
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	0.975	1.821	2.250	2.441
BWB16		0.000	1.211	3.685	6.111	7.727
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	0.879	1.541	1.824	1.931
BWB20		0.000	1.079	2.990	4.583	5.479
PFK00		9999.00	0.64	0.24	0.15	0.11
PFK04		9999.00	0.73	0.31	0.20	0.16
PFK08		9999.00	0.82	0.38	0.27	0.23
PEK12		9999.00	0.92	0.46	0.35	0.31
PFK16		9999.00	1.03	0.55	0.44	0.41
PFK20		9999.00	1.14	0.65	0.55	0.52
PFB00		9999.00	0.49	0.10	0.04	0.02
PFB04		9999.00	0.56	0.13	0.06	0.04
PFB08		9999.00	0.64	0.17	0.08	0.06
PFB12		9999.00	0.73	0.22	0.12	0.09
PFB16		9999.00	0.83	0.27	0.16	0.13
PFB20		9999.00	0.93	0.33	0.22	0.18

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTIER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B25 CPU= 0.000 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	9	16	21	25
GWB		0	8	17	29	41
DK		0.9	1.5	1.2	0.9	0.7
DB		0.8	1.7	2.1	2.4	2.6
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	24.	85.	180.	292.
IE		0.	17.	75.	191.	358.
PUE/A		5.25	5.85	7.05	7.95	8.70
PUR/A		0.11	0.08	-0.00	-0.09	0.01
PURKU		1.59	1.08	2.34	1.05	1.39
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.1	7.4	15.8	25.6
BWB00		0.0	1.5	6.6	16.8	31.4
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.9	5.8	10.9	15.8
BWB04		0.0	1.3	5.1	11.2	18.5
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.64	4.56	7.73	10.26
BWB08		0.00	1.13	3.93	7.75	11.51
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.46	3.68	5.69	7.03
BWB12		0.00	0.99	3.11	5.52	7.51
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.309	3.007	4.308	5.038
BWB16		0.000	0.878	2.499	4.053	5.131
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.177	2.496	3.352	3.758
BWB20		0.000	0.781	2.035	3.054	3.652
PFK00		9999.00	0.47	0.14	0.06	0.04
PFK04		9999.00	0.54	0.17	0.09	0.06
PFK08		9999.00	0.61	0.22	0.13	0.10
PFK12		9999.00	0.68	0.27	0.18	0.14
PFK16		9999.00	0.76	0.33	0.23	0.20
PFK20		9999.00	0.85	0.40	0.30	0.27
PFB00		9999.00	0.67	0.15	0.06	0.03
PFB04		9999.00	0.78	0.20	0.09	0.05
PFB08		9999.00	0.89	0.25	0.13	0.09
PFB12		9999.00	1.01	0.32	0.18	0.13
PFB16		9999.00	1.14	0.40	0.25	0.19
PFB20		9999.00	1.28	0.49	0.33	0.27

- 26 -

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B26 DPU=-0.050 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	9	15	19	21
GWB		0	8	18	31	45
DK		0.9	1.4	1.0	0.6	0.2
DE		0.8	1.8	2.3	2.7	3.1
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	24.	83.	171.	268.
IE		0.	17.	77.	201.	382.
PUE/A		5.25	6.10	7.75	9.15	10.25
PUR/A		0.14	0.00	0.02	0.04	-0.03
PURKU		1.59	1.43	1.60	1.65	2.03
BWC00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.1	7.2	14.9	23.4
BWB00		0.0	1.5	6.8	17.6	33.5
BWC04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.9	5.6	10.3	14.6
BWB04		0.0	1.3	5.2	11.7	19.7
BWC08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.64	4.48	7.40	9.60
BWB08		0.00	1.13	4.02	8.08	12.17
BWC12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.46	3.61	5.47	6.64
BWB12		0.00	0.99	3.17	5.74	7.91
BWC16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.309	2.960	4.161	4.796
BWB16		0.000	0.878	2.546	4.200	5.372
BWC20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.177	2.460	3.251	3.604
BWB20		0.000	0.781	2.071	3.156	3.805
PEK00		9999.00	0.47	0.14	0.07	0.04
PEK04		9999.00	0.54	0.18	0.10	0.07
PEK08		9999.00	0.61	0.22	0.14	0.10
PEK12		9999.00	0.68	0.28	0.18	0.15
PEK16		9999.00	0.76	0.34	0.24	0.21
PEK20		9999.00	0.85	0.41	0.31	0.28
PFB00		9999.00	0.67	0.15	0.06	0.03
PFB04		9999.00	0.78	0.19	0.09	0.05
PFB08		9999.00	0.89	0.25	0.12	0.08
PFB12		9999.00	1.01	0.31	0.17	0.13
PFB16		9999.00	1.14	0.39	0.24	0.19
PFB20		9999.00	1.28	0.48	0.32	0.26

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-G.150  
 KONVERTER K01 DPU=-G.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B27 DPU=-G.100 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	9	14	17	17
GWE		0	8	19	33	49
DK		0.9	1.3	0.8	0.3	0.0
DE		0.8	1.9	2.5	3.0	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	24.	81.	161.	243.
IE		0.	17.	79.	210.	407.
PUE/A		5.25	6.35	8.40	10.55	12.20
PUR/A		0.18	-0.06	0.12	0.37	1.29
PURKU		1.59	1.79	0.96	2.99	4.69
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.1	7.1	14.1	21.3
BWB00		0.0	1.5	6.9	18.4	35.6
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.9	5.5	9.8	13.4
BWB04		0.0	1.3	5.3	12.2	20.8
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.64	4.39	7.06	8.94
BWB08		0.00	1.13	4.10	8.42	12.84
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.46	3.55	5.24	6.24
BWB12		0.00	0.99	3.24	5.97	8.30
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.309	2.911	4.010	4.553
BWB16		0.000	0.878	2.595	4.351	5.615
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.177	2.422	3.147	3.450
BWB20		0.000	0.781	2.108	3.259	3.960
PEK00		9999.00	0.47	0.14	0.07	0.05
PEK04		9999.00	0.54	0.18	0.10	0.07
PEK08		9999.00	0.61	0.23	0.14	0.11
PEK12		9999.00	0.68	0.28	0.19	0.16
PEK16		9999.00	0.76	0.34	0.25	0.22
PEK20		9999.00	0.85	0.41	0.32	0.29
PFB00		9999.00	0.67	0.14	0.05	0.03
PFE04		9999.00	0.78	0.19	0.08	0.05
PFB08		9999.00	0.89	0.24	0.12	0.08
PFB12		9999.00	1.01	0.31	0.17	0.12
PFB16		9999.00	1.14	0.39	0.23	0.18
PFE20		9999.00	1.28	0.47	0.31	0.25

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KCONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B28 DPU=-0.150 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	9	13	14	14
GWB		0	8	20	36	52
DK		0.9	1.2	0.5	0.1	0.0
DB		0.8	2.0	2.8	3.2	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	24.	79.	151.	218.
IB		0.	17.	81.	221.	432.
PUE/A		5.25	6.60	9.15	12.00	14.40
PUR/A		0.21	-0.11	-0.03	1.22	3.57
PURKU		1.59	2.15	0.45	1.87	12.68
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.1	6.9	13.2	19.1
BWB00		0.0	1.5	7.1	19.3	37.8
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.8	5.4	9.2	12.2
BWB04		0.0	1.3	5.4	12.8	22.0
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.63	4.29	6.69	8.24
BWB08		0.00	1.15	4.21	8.78	13.53
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.45	3.47	5.00	5.82
BWB12		0.00	1.01	3.32	6.21	8.72
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.296	2.852	3.847	4.294
BWB16		0.000	0.890	2.654	4.514	5.874
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.167	2.376	3.034	3.283
BWB20		0.000	0.792	2.154	3.373	4.127
PEK00		9999.00	0.48	0.14	0.08	0.05
PEK04		9999.00	0.54	0.19	0.11	0.08
PEK08		9999.00	0.61	0.23	0.15	0.12
PEK12		9999.00	0.69	0.29	0.20	0.17
PEK16		9999.00	0.77	0.35	0.26	0.23
PEK20		9999.00	0.86	0.42	0.33	0.30
PEB00		9999.00	0.66	0.14	0.05	0.03
PEB04		9999.00	0.76	0.18	0.08	0.05
PEB08		9999.00	0.87	0.24	0.11	0.07
PEB12		9999.00	0.99	0.30	0.16	0.11
PEB16		9999.00	1.12	0.38	0.22	0.17
PEB20		9999.00	1.26	0.46	0.30	0.24

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B29 CPU=-0.200 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	9	12	13	13
GWB		0	8	21	37	53
DK		0.9	1.1	0.4	0.1	0.0
DE		0.8	2.1	2.9	3.2	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	24.	76.	143.	206.
IE		0.	17.	84.	228.	444.
PUE/A		5.25	6.85	10.10	13.60	16.80
PUR/A		0.25	-0.15	0.53	2.83	6.02
PURKU		1.59	2.50	0.08	7.84	28.40
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.1	6.7	12.5	18.1
BWB00		0.0	1.5	7.3	20.0	38.9
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.8	5.2	8.8	11.6
BWB04		0.0	1.3	5.6	13.2	22.7
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.63	4.18	6.41	7.84
BWB08		0.00	1.15	4.32	9.07	13.93
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.45	3.39	4.81	5.57
BWB12		0.00	1.01	3.40	6.40	8.97
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.296	2.788	3.712	4.127
BWB16		0.000	0.890	2.718	4.649	6.041
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.167	2.328	2.938	3.170
BWB20		0.000	0.792	2.203	3.469	4.240
PEK00		9999.00	0.48	0.15	0.08	0.06
PEK04		9999.00	0.54	0.19	0.11	0.09
PFK08		9999.00	0.61	0.24	0.16	0.13
PEK12		9999.00	0.69	0.30	0.21	0.18
PEK16		9999.00	0.77	0.36	0.27	0.24
PEK20		9999.00	0.86	0.43	0.34	0.32
PEB00		9999.00	0.66	0.14	0.05	0.03
PFB04		9999.00	0.76	0.18	0.08	0.04
PFB08		9999.00	0.87	0.23	0.11	0.07
PFB12		9999.00	0.99	0.29	0.16	0.11
PFB16		9999.00	1.12	0.37	0.22	0.17
PFB20		9999.00	1.26	0.45	0.29	0.24

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B30 DPU=-0.250 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
CWK		1	9	12	12	12
CWE		0	8	21	38	54
DK		0.9	1.1	0.3	0.0	0.0
DB		0.8	2.1	3.0	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	24.	74.	136.	194.
IB		0.	18.	86.	235.	456.
PUE/A		5.25	7.10	11.00	15.30	19.30
PUR/A		0.29	0.16	1.16	4.20	8.57
PURKU		1.59	2.86	3.22	14.41	45.20
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.1	6.5	11.9	17.0
BWE00		0.0	1.5	7.5	20.6	39.9
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.8	5.1	8.4	11.0
BWE04		0.0	1.3	5.7	13.6	23.3
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.61	4.08	6.15	7.47
BWE08		0.00	1.16	4.42	9.33	14.30
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.43	3.31	4.63	5.34
BWE12		0.00	1.02	3.48	6.58	9.21
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.282	2.730	3.588	3.971
BWE16		0.000	0.904	2.776	4.773	6.197
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.155	2.283	2.850	3.063
BWE20		0.000	0.804	2.248	3.557	4.346
PFK00		9999.00	0.48	0.15	0.08	0.06
PFK04		9999.00	0.55	0.20	0.12	0.09
PFK08		9999.00	0.62	0.25	0.16	0.13
PFK12		9999.00	0.70	0.30	0.22	0.19
PFK16		9999.00	0.78	0.37	0.28	0.25
PFK20		9999.00	0.87	0.44	0.35	0.33
PFE00		9999.00	0.65	0.13	0.05	0.03
PFE04		9999.00	0.75	0.18	0.07	0.04
PFE08		9999.00	0.86	0.23	0.11	0.07
PFE12		9999.00	0.98	0.29	0.15	0.11
PFE16		9999.00	1.11	0.36	0.21	0.16
PFE20		9999.00	1.24	0.44	0.28	0.23

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B31 DPU=-0.300 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
CW		36	52	68	85	101
GWK		1	9	11	11	11
CWB		0	8	22	39	55
DK		0.9	1.0	0.2	0.0	0.0
DB		0.8	2.2	3.1	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	24.	73.	130.	183.
IB		0.	18.	87.	242.	467.
PUE/A		5.25	7.35	11.85	17.10	21.90
PUR/A		0.32	0.14	1.83	6.00	11.22
PURKU		1.59	3.22	3.02	21.49	62.99
BWC00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.1	6.4	11.4	16.0
BWB00		0.0	1.5	7.6	21.2	40.9
BWC04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.8	5.0	8.1	10.4
BWB04		0.0	1.3	5.8	14.0	23.9
BWC08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.61	4.02	5.92	7.13
BWB08		0.00	1.16	4.48	9.56	14.64
BWC12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.43	3.27	4.48	5.12
BWB12		0.00	1.02	3.52	6.73	9.42
BWC16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.282	2.696	3.482	3.834
BWB16		0.000	0.904	2.810	4.879	6.334
BWC20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.155	2.256	2.776	2.972
BWB20		0.000	0.804	2.275	3.630	4.438
PEK00		9999.00	0.48	0.16	0.09	0.06
PEK04		9999.00	0.55	0.20	0.12	0.10
PEK08		9999.00	0.62	0.25	0.17	0.14
PEK12		9999.00	0.70	0.31	0.22	0.20
PEK16		9999.00	0.78	0.37	0.29	0.26
PEK20		9999.00	0.87	0.44	0.36	0.34
PEB00		9999.00	0.65	0.13	0.05	0.02
PEB04		9999.00	0.75	0.17	0.07	0.04
PEB08		9999.00	0.86	0.22	0.10	0.07
PEB12		9999.00	0.98	0.28	0.15	0.11
PEB16		9999.00	1.11	0.36	0.20	0.16
PEB20		9999.00	1.24	0.44	0.28	0.23

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-C.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B32 CPU=-C.350 BI= 2.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	8	10	10	10
GWB		0	9	23	40	56
DK		0.8	0.9	0.2	0.0	0.0
DE		0.9	2.3	3.1	3.3	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	24.	70.	122.	170.
IB		0.	18.	90.	249.	480.
PUE/A		5.25	7.60	13.05	19.00	24.60
PUR/A		0.02	0.16	2.92	7.89	13.97
PURKU		1.59	0.24	3.15	29.40	82.10
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.1	6.2	10.7	14.9
BWB00		0.0	1.5	7.9	21.8	42.0
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	1.8	4.9	7.6	9.7
BWB04		0.0	1.3	6.0	14.4	24.5
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.61	3.89	5.62	6.72
BWB08		0.00	1.16	4.61	9.86	15.05
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.43	3.17	4.27	4.86
BWB12		0.00	1.02	3.62	6.94	9.68
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.282	2.624	3.339	3.659
BWB16		0.000	0.904	2.882	5.022	6.509
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.155	2.202	2.674	2.852
BWB20		0.000	0.804	2.329	3.733	4.557
PEK00		9999.00	0.48	0.16	0.09	0.07
PEK04		9999.00	0.55	0.21	0.13	0.10
PEK08		9999.00	0.62	0.26	0.18	0.15
PEK12		9999.00	0.70	0.32	0.23	0.21
PEK16		9999.00	0.78	0.38	0.30	0.27
PEK20		9999.00	0.87	0.45	0.37	0.35
PEB00		9999.00	0.65	0.13	0.05	0.02
PEB04		9999.00	0.75	0.17	0.07	0.04
PEB08		9999.00	0.86	0.22	0.10	0.07
PEB12		9999.00	0.98	0.28	0.14	0.10
PEB16		9999.00	1.11	0.35	0.20	0.15
PEB20		9999.00	1.24	0.43	0.27	0.22

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B33 CPU= 0.000 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	11	19	25	31
GW8		0	6	14	25	35
DK		1.1	1.8	1.4	1.2	1.0
DB		0.6	1.4	1.9	2.1	2.3
IC		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	27.	98.	210.	345.
IB		0.	14.	62.	161.	305.
PUE/A		5.25	6.00	7.35	8.55	9.30
PUR/A		0.38	0.23	-0.32	-0.01	0.18
PURKU		1.59	3.80	3.93	0.60	3.80
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.4	8.5	18.4	30.2
BWE00		0.0	1.2	5.5	14.1	26.7
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.1	6.6	12.6	18.6
BWE04		0.0	1.1	4.2	9.4	15.7
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.85	5.25	8.98	12.04
BWE08		0.00	0.92	3.25	6.49	9.73
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.64	4.22	6.59	8.21
BWE12		0.00	0.81	2.57	4.62	6.33
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.467	3.445	4.979	5.858
BWE16		0.000	0.719	2.061	3.382	4.310
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.319	2.854	3.864	4.352
BWE20		0.000	0.639	1.677	2.543	3.058
PFK00		9999.00	0.42	0.12	0.05	0.03
PFK04		9999.00	0.48	0.15	0.08	0.05
PFK08		9999.00	0.54	0.19	0.11	0.08
PFK12		9999.00	0.61	0.24	0.15	0.12
PFK16		9999.00	0.68	0.29	0.20	0.17
PFK20		9999.00	0.76	0.35	0.26	0.23
PFB00		9999.00	0.82	0.18	0.07	0.04
PFB04		9999.00	0.94	0.24	0.11	0.06
PFB08		9999.00	1.08	0.31	0.15	0.10
PFB12		9999.00	1.23	0.39	0.22	0.16
PFB16		9999.00	1.39	0.49	0.30	0.23
PFB20		9999.00	1.56	0.60	0.39	0.33

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B34 DPU=-0.050 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	10	18	24	28
GWE		0	7	15	26	33
DK		1.0	1.7	1.4	1.0	0.6
DB		0.7	1.5	1.9	2.3	2.7
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	27.	96.	204.	329.
IB		0.	14.	64.	167.	321.
PUE/A		5.25	6.20	7.95	9.50	10.70
PUR/A		0.00	0.04	0.26	0.18	0.03
PURKU		1.59	0.05	1.98	2.65	3.75
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.4	8.4	17.9	28.8
BWE00		0.0	1.2	5.6	14.6	28.1
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.1	6.6	12.3	17.8
BWE04		0.0	1.1	4.3	9.7	16.5
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.85	5.19	8.77	11.59
BWE08		0.00	0.92	3.31	6.71	10.18
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.64	4.18	6.45	7.95
BWE12		0.00	0.81	2.61	4.76	6.60
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.467	3.412	4.882	5.696
BWE16		0.000	0.719	2.094	3.479	4.473
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.319	2.828	3.796	4.248
BWE20		0.000	0.639	1.703	2.611	3.161
PFK00		9999.00	0.42	0.12	0.06	0.03
PFK04		9999.00	0.48	0.15	0.08	0.06
PFK08		9999.00	0.54	0.19	0.11	0.09
PFK12		9999.00	0.61	0.24	0.16	0.13
PFK16		9999.00	0.68	0.29	0.20	0.18
PFK20		9999.00	0.76	0.35	0.26	0.24
PFB00		9999.00	0.82	0.18	0.07	0.04
PFB04		9999.00	0.94	0.23	0.10	0.06
PFB08		9999.00	1.08	0.30	0.15	0.10
PFB12		9999.00	1.23	0.38	0.21	0.15
PFB16		9999.00	1.39	0.48	0.29	0.22
PFB20		9999.00	1.56	0.59	0.38	0.32

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRLETER B35 CPU=-0.100 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
CW		36	52	68	85	101
CWK		1	10	17	22	24
CWE		0	7	16	28	42
CK		1.0	1.6	1.2	0.7	0.2
CB		0.7	1.6	2.1	2.6	3.1
IC		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	27.	95.	197.	311.
IB		0.	14.	65.	174.	339.
PUE/A		5.25	6.40	8.40	10.65	12.40
PUR/A		0.03	-0.15	0.09	0.09	0.15
PURKU		1.59	0.30	0.10	1.16	1.03
BWC00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.4	8.3	17.3	27.2
BWB00		0.0	1.2	5.7	15.2	29.7
BWC04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.1	6.4	11.9	16.9
BWB04		0.0	1.1	4.4	10.1	17.4
BWC08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.85	5.10	8.51	11.09
BWB08		0.00	0.92	3.40	6.96	10.68
BWC12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.64	4.11	6.28	7.64
BWB12		0.00	0.81	2.68	4.93	6.90
BWC16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.467	3.360	4.763	5.506
BWB16		0.000	0.719	2.146	3.598	4.662
BWC20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.319	2.788	3.712	4.125
BWB20		0.000	0.639	1.743	2.695	3.284
PFK00		9999.00	0.42	0.12	0.06	0.04
PFK04		9999.00	0.48	0.16	0.08	0.06
PFK08		9999.00	0.54	0.20	0.12	0.09
PFK12		9999.00	0.61	0.24	0.16	0.13
PFK16		9999.00	0.68	0.30	0.21	0.18
PFK20		9999.00	0.76	0.36	0.27	0.24
PFB00		9999.00	0.82	0.17	0.07	0.03
PFB04		9999.00	0.94	0.23	0.10	0.06
PFB08		9999.00	1.08	0.29	0.14	0.09
PFB12		9999.00	1.23	0.37	0.20	0.14
PFB16		9999.00	1.39	0.47	0.28	0.21
PFB20		9999.00	1.56	0.57	0.37	0.30

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B36 DPU=-0.150 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	10	17	20	21
GWB		0	7	16	30	45
DK		1.0	1.6	1.0	0.4	0.1
DB		0.7	1.6	2.3	2.9	3.2
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	27.	94.	191.	292.
IB		0.	14.	66.	180.	358.
PUE/A		5.25	6.60	9.00	11.85	14.40
PUR/A		0.06	0.08	-0.03	0.16	1.73
PURKU		1.59	0.56	2.35	0.25	3.91
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.4	8.2	16.7	25.6
BWB00		0.0	1.2	5.8	15.8	31.3
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.1	6.4	11.6	16.0
BWB04		0.0	1.1	4.4	10.5	18.2
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.85	5.06	8.30	10.61
BWB08		0.00	0.92	3.44	7.18	11.16
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.64	4.08	6.14	7.37
BWB12		0.00	0.81	2.71	5.07	7.17
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.467	3.338	4.673	5.341
BWB16		0.000	0.719	2.168	3.688	4.827
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.319	2.772	3.652	4.024
BWB20		0.000	0.639	1.759	2.755	3.386
PFK00		9999.00	0.42	0.12	0.06	0.04
PFK04		9999.00	0.48	0.16	0.09	0.06
PFK08		9999.00	0.54	0.20	0.12	0.09
PFK12		9999.00	0.61	0.25	0.16	0.14
PFK16		9999.00	0.68	0.30	0.21	0.19
PFK20		9999.00	0.76	0.36	0.27	0.25
PFB00		9999.00	0.82	0.17	0.06	0.03
PFB04		9999.00	0.94	0.23	0.10	0.05
PFB08		9999.00	1.08	0.29	0.14	0.09
PFB12		9999.00	1.23	0.37	0.20	0.14
PFB16		9999.00	1.39	0.46	0.27	0.21
PFB20		9999.00	1.56	0.57	0.36	0.30

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B37 DPU=-0.200 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	10	16	19	19
GWB		0	7	17	31	47
DK		1.0	1.5	0.9	0.3	0.0
DE		0.7	1.7	2.4	3.0	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	27.	92.	184.	276.
IE		0.	14.	68.	188.	374.
PUE/A		5.25	6.80	9.80	13.35	16.50
PUR/A		0.08	-0.10	0.31	1.14	3.49
PURKU		1.59	0.81	0.64	3.92	12.08
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.4	8.1	16.1	24.2
BWB00		0.0	1.2	5.9	16.4	32.8
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.1	6.3	11.2	15.2
BWB04		0.0	1.1	4.5	10.9	19.0
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.85	5.01	8.05	10.15
BWB08		0.00	0.92	3.49	7.43	11.62
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.64	4.04	5.98	7.09
BWB12		0.00	0.81	2.75	5.23	7.45
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.467	3.310	4.565	5.172
BWB16		0.000	0.719	2.197	3.796	4.996
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.319	2.750	3.578	3.917
BWB20		0.000	0.639	1.781	2.828	3.493
PFK00		9999.00	0.42	0.12	0.06	0.04
PFK04		9999.00	0.48	0.16	0.09	0.07
PEK08		9999.00	0.54	0.20	0.12	0.10
PFK12		9999.00	0.61	0.25	0.17	0.14
PEK16		9999.00	0.68	0.30	0.22	0.19
PFK20		9999.00	0.76	0.36	0.28	0.26
PFB00		9999.00	0.82	0.17	0.06	0.03
PFB04		9999.00	0.94	0.22	0.09	0.05
PFB08		9999.00	1.08	0.29	0.13	0.09
PFB12		9999.00	1.23	0.36	0.19	0.13
PFB16		9999.00	1.39	0.46	0.26	0.20
PFB20		9999.00	1.56	0.56	0.35	0.29

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRLETER B38 DPU=-0.250 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	10	16	17	17
GWE		0	7	17	33	49
DK		1.0	1.5	0.7	0.1	0.0
DB		0.7	1.7	2.6	3.2	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	27.	91.	177.	260.
IE		0.	14.	69.	194.	390.
PUE/A		5.25	7.00	10.45	14.80	18.80
PUR/A		0.11	0.14	0.29	1.86	5.87
PURKU		1.59	1.07	3.04	3.96	21.65
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.4	8.0	15.5	22.7
BWB00		0.0	1.2	6.0	17.0	34.2
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.1	6.2	10.8	14.5
BWB04		0.0	1.1	4.6	11.2	19.8
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.85	4.95	7.83	9.70
BWB08		0.00	0.92	3.55	7.65	12.07
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.64	4.00	5.83	6.83
BWB12		0.00	0.81	2.79	5.38	7.71
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.467	3.278	4.467	5.010
BWB16		0.000	0.719	2.228	3.894	5.158
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.319	2.727	3.511	3.814
BWB20		0.000	0.639	1.804	2.895	3.596
PFK00		9999.00	0.42	0.13	0.06	0.04
PFK04		9999.00	0.48	0.16	0.09	0.07
PFK08		9999.00	0.54	0.20	0.13	0.10
PEK12		9999.00	0.61	0.25	0.17	0.15
PEK16		9999.00	0.68	0.31	0.22	0.20
PEK20		9999.00	0.76	0.37	0.28	0.26
PFB00		9999.00	0.82	0.17	0.06	0.03
PFB04		9999.00	0.94	0.22	0.09	0.05
PFB08		9999.00	1.08	0.28	0.13	0.08
PFB12		9999.00	1.23	0.36	0.19	0.13
PFB16		9999.00	1.39	0.45	0.26	0.19
PFB20		9999.00	1.56	0.55	0.35	0.28

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER E39 CPU=-0.300 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	10	15	16	16
GWB		0	7	18	34	50
DK		1.0	1.4	0.6	0.1	0.0
DB		0.7	1.8	2.7	3.2	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	27.	90.	171.	249.
IE		0.	14.	70.	200.	401.
PUE/A		5.25	7.20	11.40	16.35	21.15
PUR/A		0.13	-0.01	0.72	3.42	8.27
PURKU		1.59	1.32	1.50	8.51	35.71
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.4	7.9	15.0	21.8
BWB00		0.0	1.2	6.1	17.5	35.1
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.1	6.2	10.5	13.9
BWB04		0.0	1.1	4.7	11.6	20.4
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.85	4.89	7.61	9.37
BWB08		0.00	0.92	3.60	7.87	12.40
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.64	3.96	5.68	6.62
BWB12		0.00	0.81	2.83	5.53	7.92
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.467	3.246	4.368	4.879
BWB16		0.000	0.719	2.260	3.993	5.289
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.319	2.702	3.443	3.728
BWB20		0.000	0.639	1.829	2.964	3.682
PFK00		9999.00	0.42	0.13	0.07	0.05
PFK04		9999.00	0.48	0.16	0.10	0.07
PFK08		9999.00	0.54	0.20	0.13	0.11
PEK12		9999.00	0.61	0.25	0.18	0.15
PFK16		9999.00	0.68	0.31	0.23	0.20
PFK20		9999.00	0.76	0.37	0.29	0.27
PFB00		9999.00	0.82	0.16	0.06	0.03
PFB04		9999.00	0.94	0.21	0.09	0.05
PFB08		9999.00	1.08	0.28	0.13	0.08
PFB12		9999.00	1.23	0.35	0.18	0.13
PFB16		9999.00	1.39	0.44	0.25	0.19
PFB20		9999.00	1.56	0.55	0.34	0.27

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B40 DPU=-0.350 BI= 3.00 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	10	14	15	15
GWB		0	7	19	35	51
DK		1.0	1.3	0.5	0.1	0.0
CE		0.7	1.9	2.8	3.2	3.3
IC		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	27.	88.	165.	238.
IP		0.	14.	72.	206.	412.
PUE/A		5.25	7.40	11.95	18.00	23.60
PUR/A		0.16	-0.16	1.19	5.07	10.76
PURKU		1.59	1.58	0.00	13.51	50.70
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.4	7.8	14.5	20.9
BWB00		0.0	1.2	6.3	18.0	36.1
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.1	6.1	10.2	13.4
BWB04		0.0	1.1	4.8	11.9	20.9
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.85	4.83	7.40	9.06
BWB08		0.00	0.92	3.67	8.07	12.71
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.64	3.91	5.55	6.43
BWB12		0.00	0.81	2.88	5.66	8.11
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.467	3.210	4.276	4.756
BWB16		0.000	0.719	2.296	4.085	5.413
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.319	2.675	3.379	3.646
BWB20		0.000	0.639	1.856	3.027	3.763
PFK00		9999.00	0.42	0.13	0.07	0.05
PFK04		9999.00	0.48	0.16	0.10	0.07
PFK08		9999.00	0.54	0.21	0.14	0.11
PFK12		9999.00	0.61	0.26	0.18	0.16
PFK16		9999.00	0.68	0.31	0.23	0.21
PFK20		9999.00	0.76	0.37	0.30	0.27
PFB00		9999.00	0.82	0.16	0.06	0.03
PFB04		9999.00	0.94	0.21	0.08	0.05
PFB08		9999.00	1.08	0.27	0.12	0.08
PFB12		9999.00	1.23	0.35	0.18	0.12
PFB16		9999.00	1.39	0.44	0.24	0.18
PFB20		9999.00	1.56	0.54	0.33	0.27

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B41 DPU= 0.000 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	12	21	29	35
GWE		0	5	12	21	31
DK		1.2	2.0	1.7	1.4	1.1
DE		0.5	1.2	1.6	1.9	2.2
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	29.	106.	232.	385.
IB		0.	12.	54.	139.	265.
PUE/A		5.25	6.00	7.50	8.85	9.90
PUR/A		0.45	0.29	0.02	-0.11	-0.35
PURKU		1.59	4.46	4.52	4.65	3.38
BW00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.5	9.3	20.3	33.7
BWE00		0.0	1.1	4.7	12.2	23.2
BW04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.2	7.2	13.9	20.6
BWE04		0.0	0.9	3.6	8.1	13.6
BW08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.96	5.69	9.87	13.33
BWE08		0.00	0.81	2.81	5.61	8.44
BW12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.74	4.56	7.22	9.05
BWE12		0.00	0.71	2.22	3.99	5.49
BW16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.555	3.721	5.436	6.433
BWE16		0.000	0.631	1.785	2.925	3.735
BW20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.396	3.077	4.205	4.759
BWE20		0.000	0.562	1.454	2.201	2.650
PFK00		9999.00	0.39	0.11	0.05	0.03
PFK04		9999.00	0.45	0.14	0.07	0.05
PFK08		9999.00	0.51	0.18	0.10	0.08
PFK12		9999.00	0.57	0.22	0.14	0.11
PFK16		9999.00	0.64	0.27	0.18	0.16
PFK20		9999.00	0.72	0.33	0.24	0.21
PFE00		9999.00	0.94	0.21	0.08	0.04
PFE04		9999.00	1.08	0.28	0.12	0.07
PFE08		9999.00	1.24	0.36	0.18	0.12
PFE12		9999.00	1.40	0.45	0.25	0.18
PFE16		9999.00	1.59	0.56	0.34	0.27
PFE20		9999.00	1.78	0.69	0.45	0.38

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B42 CPU=-0.050 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	11	20	27	33
GWE		0	6	13	23	33
DK		1.1	1.9	1.6	1.3	0.9
DB		0.6	1.3	1.7	2.0	2.4
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	29.	105.	228.	373.
IE		0.	12.	55.	143.	277.
PUE/A		5.25	6.15	8.00	9.65	11.25
PUR/A		0.00	-0.01	0.05	0.29	0.01
PURKU		1.59	0.01	1.51	0.49	4.36
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.5	9.2	20.0	32.7
BWE00		0.0	1.1	4.8	12.6	24.3
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.2	7.2	13.7	20.0
BWE04		0.0	0.9	3.7	8.4	14.2
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.96	5.65	9.71	13.00
BWE08		0.00	0.81	2.84	5.76	8.78
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.74	4.54	7.12	8.85
BWE12		0.00	0.71	2.25	4.09	5.69
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.555	3.699	5.366	6.311
BWE16		0.000	0.631	1.807	2.995	3.857
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.396	3.059	4.156	4.681
BWE20		0.000	0.562	1.472	2.251	2.729
PFK00		9999.00	0.39	0.11	0.05	0.03
PFK04		9999.00	0.45	0.14	0.07	0.05
PFK08		9999.00	0.51	0.18	0.10	0.08
PFK12		9999.00	0.57	0.22	0.14	0.11
PFK16		9999.00	0.64	0.27	0.19	0.16
PFK20		9999.00	0.72	0.33	0.24	0.21
PFB00		9999.00	0.94	0.21	0.08	0.04
PFB04		9999.00	1.08	0.27	0.12	0.07
PFB08		9999.00	1.24	0.35	0.17	0.11
PFB12		9999.00	1.40	0.44	0.24	0.18
PFB16		9999.00	1.59	0.55	0.33	0.26
PFB20		9999.00	1.78	0.68	0.44	0.37

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRLETER B43 CPU=-0.100 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	11	20	26	30
GWB		0	6	13	24	36
DK		1.1	1.9	1.5	1.0	0.6
DE		0.6	1.3	1.8	2.3	2.7
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	29.	104.	223.	360.
IB		0.	12.	56.	148.	290.
PUE/A		5.25	6.30	8.50	10.70	12.65
PUR/A		0.02	0.17	0.10	-0.16	0.11
PURKU		1.59	0.22	3.34	1.24	1.75
BWC00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.5	9.1	19.5	31.5
BWB00		0.0	1.1	4.9	13.0	25.4
BWC04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.2	7.1	13.4	19.4
BWB04		0.0	0.9	3.7	8.6	14.8
BWC08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.96	5.58	9.54	12.64
BWB08		0.00	0.81	2.91	5.94	9.13
BWC12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.74	4.49	7.00	8.64
BWB12		0.00	0.71	2.30	4.21	5.90
BWC16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.555	3.662	5.285	6.180
BWB16		0.000	0.631	1.844	3.076	3.988
BWC20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.396	3.031	4.100	4.597
BWB20		0.000	0.562	1.500	2.307	2.812
PFK00		9999.00	0.39	0.11	0.05	0.03
PFK04		9999.00	0.45	0.14	0.07	0.05
PFK08		9999.00	0.51	0.18	0.10	0.08
PFK12		9999.00	0.57	0.22	0.14	0.12
PFK16		9999.00	0.64	0.27	0.19	0.16
PFK20		9999.00	0.72	0.33	0.24	0.22
PFB00		9999.00	0.94	0.20	0.08	0.04
PFB04		9999.00	1.08	0.27	0.12	0.07
PFB08		9999.00	1.24	0.34	0.17	0.11
PFB12		9999.00	1.40	0.43	0.24	0.17
PFB16		9999.00	1.59	0.54	0.33	0.25
PFB20		9999.00	1.78	0.67	0.43	0.36

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRLETER B44 CPU=-0.150 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	11	19	25	27
CWE		0	6	14	25	39
DK		1.1	1.8	1.4	0.8	0.3
CE		0.6	1.4	1.9	2.5	3.0
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	29.	104.	218.	346.
IE		0.	12.	56.	153.	304.
PUE/A		5.25	6.45	9.00	11.70	14.25
PUR/A		0.04	-0.11	0.21	-0.03	0.42
PURKU		1.59	0.44	0.46	2.51	0.20
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.5	9.1	19.1	30.3
BWE00		0.0	1.1	4.9	13.4	26.6
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.2	7.1	13.2	18.8
BWE04		0.0	0.9	3.7	8.9	15.5
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.96	5.58	9.39	12.29
BWE08		0.00	0.81	2.91	6.09	9.48
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.74	4.49	6.90	8.44
BWE12		0.00	0.71	2.30	4.30	6.10
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.555	3.662	5.226	6.062
BWE16		0.000	0.631	1.844	3.135	4.106
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.396	3.031	4.061	4.526
BWE20		0.000	0.562	1.500	2.346	2.883
PFK00		9999.00	0.39	0.11	0.05	0.03
PFK04		9999.00	0.45	0.14	0.08	0.05
PFK08		9999.00	0.51	0.18	0.11	0.08
PFK12		9999.00	0.57	0.22	0.14	0.12
PFK16		9999.00	0.64	0.27	0.19	0.16
PFK20		9999.00	0.72	0.33	0.25	0.22
PFB00		9999.00	0.94	0.20	0.07	0.04
PFB04		9999.00	1.08	0.27	0.11	0.06
PFB08		9999.00	1.24	0.34	0.16	0.11
PFB12		9999.00	1.40	0.43	0.23	0.16
PFB16		9999.00	1.59	0.54	0.32	0.24
PFB20		9999.00	1.78	0.67	0.43	0.35

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B45 DPU=-0.200 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	11	19	24	25
GWB		0	6	14	26	41
DK		1.1	1.8	1.3	0.6	0.1
DE		0.6	1.4	2.0	2.7	3.2
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	29.	103.	213.	332.
IE		0.	12.	57.	158.	318.
PUE/A		5.25	6.60	9.70	12.80	16.05
PUR/A		0.06	0.08	0.35	0.22	1.42
PURKU		1.59	0.65	2.37	4.10	4.59
BWCC0		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.5	9.0	18.7	29.0
BWEC0		0.0	1.1	5.0	13.9	27.9
BWCC4		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.2	7.0	12.9	18.1
BWEC4		0.0	0.9	3.8	9.2	16.2
BWCC8		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.96	5.53	9.20	11.89
BWEC8		0.00	0.81	2.97	6.28	9.88
BWCC12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.74	4.45	6.78	8.21
BWEC12		0.00	0.71	2.34	4.43	6.33
BWCC16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.555	3.630	5.140	5.918
BWEC16		0.000	0.631	1.876	3.222	4.250
BWCC20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.396	3.007	4.001	4.434
BWEC20		0.000	0.562	1.524	2.406	2.975
PFK00		9999.00	0.39	0.11	0.05	0.03
PFK04		9999.00	0.45	0.14	0.08	0.06
PFK08		9999.00	0.51	0.18	0.11	0.08
PFK12		9999.00	0.57	0.22	0.15	0.12
PFK16		9999.00	0.64	0.28	0.19	0.17
PFK20		9999.00	0.72	0.33	0.25	0.23
PFB00		9999.00	0.94	0.20	0.07	0.04
PFB04		9999.00	1.08	0.26	0.11	0.06
PFB08		9999.00	1.24	0.34	0.16	0.10
PFB12		9999.00	1.40	0.43	0.23	0.16
PFB16		9999.00	1.59	0.53	0.31	0.24
PFB20		9999.00	1.78	0.66	0.42	0.34

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 CPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B46 CPU=-0.250 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	11	19	22	22
GW8		0	6	14	28	44
DK		1.1	1.8	1.1	0.3	0.0
DB		0.6	1.4	2.2	3.0	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	29.	101.	208.	315.
IB		0.	12.	59.	163.	335.
PUE/A		5.25	6.75	10.10	14.15	18.30
PUR/A		0.09	0.28	0.06	0.15	3.14
PURKU		1.59	0.86	4.37	1.45	5.83
BWC00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.5	8.9	18.2	27.6
BWB00		0.0	1.1	5.1	14.3	29.4
BWC04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.2	6.9	12.6	17.3
BWB04		0.0	0.9	3.9	9.5	17.0
BWC08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.96	5.46	9.01	11.44
BWB08		0.00	0.81	3.04	6.47	10.33
BWC12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.74	4.39	6.65	7.94
BWB12		0.00	0.71	2.40	4.56	6.60
BWC16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.555	3.589	5.053	5.756
BWB16		0.000	0.631	1.917	3.308	4.412
BWC20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.396	2.975	3.941	4.332
BWB20		0.000	0.562	1.556	2.466	3.077
PEK00		9999.00	0.39	0.11	0.05	0.04
PEK04		9999.00	0.45	0.15	0.08	0.06
PEK08		9999.00	0.51	0.18	0.11	0.09
PEK12		9999.00	0.57	0.23	0.15	0.13
PEK16		9999.00	0.64	0.28	0.20	0.17
PEK20		9999.00	0.72	0.34	0.25	0.23
PFB00		9999.00	0.94	0.19	0.07	0.03
PFB04		9999.00	1.08	0.25	0.11	0.06
PFB08		9999.00	1.24	0.33	0.15	0.10
PFB12		9999.00	1.40	0.42	0.22	0.15
PFB16		9999.00	1.59	0.52	0.30	0.23
PFB20		9999.00	1.78	0.64	0.41	0.32

KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B47 CPU=-0.300 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	11	18	21	21
GWB		0	6	15	29	45
DK		1.1	1.7	1.0	0.3	0.0
DB		0.6	1.5	2.3	3.0	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	29.	101.	203.	305.
IB		0.	12.	59.	168.	345.
PUE/A		5.25	6.90	10.65	15.45	20.40
PUR/A		0.11	0.01	0.29	1.49	5.29
PURKU		1.59	1.08	1.67	3.97	16.60
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.5	8.8	17.8	26.7
BWB00		0.0	1.1	5.2	14.8	30.3
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.2	6.9	12.3	16.8
BWB04		0.0	0.9	3.9	9.7	17.5
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.96	5.44	8.84	11.16
BWB08		0.00	0.81	3.05	6.64	10.62
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.74	4.38	6.54	7.77
BWB12		0.00	0.71	2.41	4.67	6.77
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.555	3.582	4.981	5.652
BWB16		0.000	0.631	1.924	3.380	4.516
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.396	2.970	3.892	4.266
BWB20		0.000	0.562	1.561	2.514	3.143
PEK00		9999.00	0.39	0.11	0.06	0.04
PEK04		9999.00	0.45	0.15	0.08	0.06
PEK08		9999.00	0.51	0.18	0.11	0.09
PEK12		9999.00	0.57	0.23	0.15	0.13
PEK16		9999.00	0.64	0.28	0.20	0.18
PEK20		9999.00	0.72	0.34	0.26	0.23
PFB00		9999.00	0.94	0.19	0.07	0.03
PFB04		9999.00	1.08	0.25	0.10	0.06
PFB08		9999.00	1.24	0.33	0.15	0.09
PFB12		9999.00	1.40	0.42	0.21	0.15
PFB16		9999.00	1.59	0.52	0.30	0.22
PFB20		9999.00	1.78	0.64	0.40	0.32

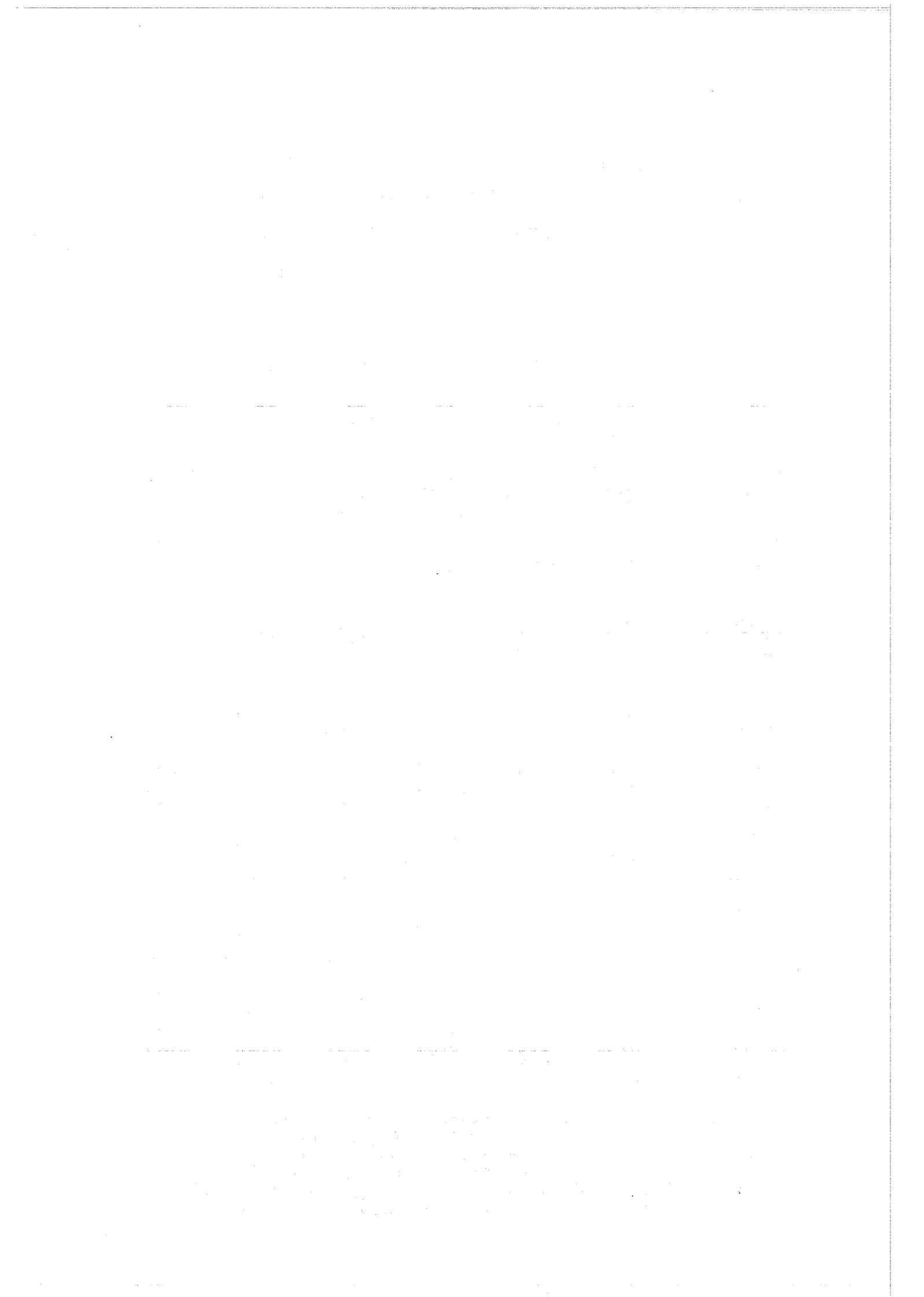
KURVE LINEA AB 1980 MIT 35. GW GRUNDTYP DPU=-0.150  
 KONVERTER K01 DPU=-0.150 VZ= 3.00  
 BRUETER B48 DPU=-0.350 BI= 3.50 BEZUG 1980

ZEIT	1975	1980	1985	1990	1995	2000
GW		36	52	68	85	101
GWK		1	11	18	19	19
GWE		0	6	15	31	47
DK		1.1	1.7	0.8	0.1	0.0
DE		0.6	1.5	2.5	3.2	3.3
IG		181.	350.	520.	700.	870.
IK		0.	29.	100.	197.	289.
IP		0.	12.	60.	175.	361.
PUE/A		5.25	7.05	11.20	17.20	22.80
PUR/A		0.13	0.21	0.09	2.12	7.76
PURKU		1.59	1.29	3.67	2.20	24.84
BWG00		15.8	30.3	44.7	60.1	74.5
BWK00		0.0	2.5	8.8	17.2	25.3
BWE00		0.0	1.1	5.3	15.3	31.6
BWG04		17.9	30.9	41.7	51.1	58.3
BWK04		0.0	2.2	6.8	12.0	16.0
BWE04		0.0	0.9	4.0	10.1	18.2
BWG08		20.57	32.35	40.46	46.33	50.09
BWK08		0.00	1.96	5.40	8.63	10.73
BWE08		0.00	0.81	3.09	6.84	11.04
BWG12		23.55	34.29	40.49	44.23	46.23
BWK12		0.00	1.74	4.35	6.41	7.53
BWE12		0.00	0.71	2.43	4.80	7.01
BWG16		27.115	36.962	41.757	44.190	45.277
BWK16		0.000	1.555	3.561	4.898	5.505
BWE16		0.000	0.631	1.945	3.464	4.663
BWG20		30.975	40.051	43.800	45.408	46.013
BWK20		0.000	1.396	2.955	3.837	4.175
BWE20		0.000	0.562	1.576	2.570	3.234
PFK00		9999.00	0.39	0.11	0.06	0.04
PFK04		9999.00	0.45	0.15	0.08	0.06
PFK08		9999.00	0.51	0.19	0.12	0.09
PFK12		9999.00	0.57	0.23	0.16	0.13
PFK16		9999.00	0.64	0.28	0.20	0.18
PFK20		9999.00	0.72	0.34	0.26	0.24
PFB00		9999.00	0.94	0.19	0.07	0.03
PFB04		9999.00	1.08	0.25	0.10	0.05
PFB08		9999.00	1.24	0.32	0.15	0.09
PFB12		9999.00	1.40	0.41	0.21	0.14
PFB16		9999.00	1.59	0.51	0.29	0.21
PFB20		9999.00	1.78	0.63	0.39	0.31

## 6. Eintypenstrategien







Anhang FDie wichtigsten Strategiergebnisse für aktuelle  
Reaktordaten nach Normkurven

Die folgenden Seiten sind Referenz-Auswertungen der Strategien in Anhang E nach den Methoden von Anhang D. Die zugrundegelegten Reaktordaten sind aus dem Kopf jeder Seite erkennbar. Die Auswertungen gelten für Normstrategien und sind nahezu selbsterläuternd. Die Trennarbeit ist mit der Bezeichnung Trennwert in  $10^3$  t/a, der Barwert für das Jahr 2000 in  $10^9$  DM für 0 bis 20 % Diskontsatz und der Natururanverbrauch in  $10^3$  t bis zum Jahre 2000 kumuliert angegeben. Die Bezeichnung "Beginn" unter der Kurve bezieht sich auf den Einsatzpunkt des Konverters, bis dahin wird von 1970 an der Grundtyp zugebaut. Die Angabe "Bezug" bezieht sich auf das Jahr, auf das der Barwert diskontiert ist und ist gleichzeitig der Einsatzpunkt der SBR, außer wenn dort 1970 steht. In diesem Falle handelt es sich um Eintypenstrategien. Die Zeile "Pu-Anfang" ist ohne Bedeutung. Bei den Brüterangaben bedeutet DPu den Plutoniumausstoß in t/GWe·a und BI das Brüterinventar an spaltbarem Plutonium in t/GWe. Die Zahlen 99.9 bedeuten, daß der Wert nicht berechnet ist.

GRUNDTYP	PU	UNAT	TRENN	KONVERTER	PU	UNAT	TRENN	VZK	
IN TO/A	-0.150	100.	70.		-0.000	35.	35.		3.0
IN TO		600.	400.			250.	250.		

1.75 DPF/KWH

1.55 DPF/KWH

101. GW IM JAHR 2000

KURVE	KUBI	KUBI	LINEA	LINEA	KUBI	KUBI	LINEA	LINEA	KUBI	KUBI	LINEA	LINEA
BEGINN	1975	1975	1975	1975	1980	1980	1980	1980	1985	1985	1985	1985
BEZUG	1975	1975	1975	1975	1980	1980	1980	1980	1985	1985	1985	1985
PU ANFANG	0.6	0.6	0.8	0.8	0.9	0.9	1.6	1.6	1.0	1.0	0.3	2.3
BRUETER												
DPU	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15
BI	1.50	2.50	1.50	2.50	1.50	2.50	1.50	2.50	1.50	2.50	1.50	2.50
KOSTEN	1.45	1.65	1.45	1.65	1.45	1.65	1.45	1.65	1.45	1.65	1.45	1.65
UNAT	61.	68.	78.	97.	67.	77.	111.	123.	82.	92.	146.	150.
TRENNWERT												
1980	0.9	1.0	2.0	2.3	1.5	1.6	3.2	3.4	99.9	99.9	99.9	99.9
1990	2.2	2.5	2.0	3.0	2.2	2.6	2.6	3.3	2.5	2.9	3.6	3.9
2000	4.3	5.1	1.9	3.3	3.8	5.0	2.6	3.2	3.6	5.1	3.6	3.8
BW 2000												
0	136.7	139.1	208.1	216.4	138.9	142.3	213.4	221.9	142.1	145.4	223.2	228.9
4	72.9	74.1	122.1	126.4	90.3	92.3	152.1	157.1	112.7	114.9	193.2	197.1
8	42.8	43.4	79.5	81.8	64.3	65.5	119.5	122.6	96.8	98.3	182.2	184.9
12	27.8	28.2	56.9	58.3	50.1	50.9	102.2	104.2	90.6	91.7	186.2	188.2
16	19.8	20.0	44.2	45.1	42.6	43.2	94.1	95.5	91.4	92.2	203.1	204.5
20	15.3	15.5	36.7	37.2	38.8	39.2	91.4	92.4	99.0	99.6	234.2	235.3

GRUNDTYP	PU	UNAT	TRENN	KONVERTER	PU	UNAT	TRENN	VZK	
IN TO/A	-0.150	100.	70.		-0.000	35.	35.		3.0
IN TO		600.	400.			250.	250.		

1.75 DPF/KWH

1.55 DPF/KWH

100. GW IM JAHR 2000

KURVE	KUBI	KUBI	LINEA	LINEA	KUBI	KUBI	LINEA	LINEA
BEGINN	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975
BEZUG	1980	1980	1980	1980	1985	1985	1985	1985
PU ANFANG	-2.4	-2.4	-8.2	-8.2	-7.4	-7.4	-21.2	-21.2

BRUETER

DPU	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15
BI	1.50	2.50	1.50	2.50	1.50	2.50	1.50	2.50
KOSTEN	1.45	1.65	1.45	1.65	1.45	1.65	1.45	1.65

UNAT	64.	69.	88.	102.	68.	71.	99.	108.
------	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	------

TRENNWERT

1980	1.0	1.1	2.3	2.5	1.1	1.1	2.6	2.6
1990	2.4	2.6	2.5	3.2	2.6	2.6	3.0	3.4
2000	4.7	5.2	2.3	3.6	5.0	5.3	2.9	4.0

BW 2000

0	137.2	138.9	209.7	215.6	137.8	138.6	211.6	214.8
4	89.0	90.0	149.7	153.3	108.7	109.3	183.6	185.8
8	63.1	63.7	117.6	119.8	93.1	93.4	174.0	175.5
12	49.2	49.5	101.0	102.4	86.9	87.2	179.0	180.1
16	41.7	42.0	93.3	94.4	87.9	88.1	197.0	197.8
20	38.1	38.3	91.3	92.1	95.3	95.5	228.9	229.5



GRUNDTYP	PU	UNAT	TRENN	KONVERTER	PU	UNAT	TRENN	VZK	
IN TO/A	-0.150	100.	70.		-0.150	100.	70.		3.0
IN TO		600.	400.			600.	400.		

1.75 DPF/KWH

1.75 DPF/KWH

100. GW IM JAHR 2000

KURVE	KUBL	KUBI	KUBI	LINEA	LINEA	LINEA
BEGINN	1980	1980	1980	1980	1980	1980
BEZUG	1980	1980	1980	1980	1980	1980
PU ANFANG	0.9	0.9	0.9	1.6	1.6	1.6

BRUETER

DPU	-0.15	-0.15	-0.30	-0.15	-0.15	-0.30
BI	1.50	2.50	2.50	1.50	2.50	2.50
KOSTEN	1.45	1.65	1.45	1.45	1.65	1.45

UNAT	88.	119.	110.	115.	138.	133.
------	-----	------	------	------	------	------

TRENNWERT

1980	1.7	1.7	1.7	3.3	3.6	3.6
1990	2.6	3.5	3.3	2.7	3.6	3.3
2000	3.3	6.1	4.8	2.7	3.4	3.2

BW 2000

0	143.2	151.2	146.5	214.4	226.2	217.7
4	93.0	97.5	94.9	152.7	159.8	154.9
8	66.0	68.7	67.2	119.9	124.4	121.4
12	51.3	53.0	52.0	102.5	105.5	103.5
16	43.5	44.6	44.0	94.4	96.4	95.1
20	39.4	40.2	39.8	91.6	93.1	92.2

GRUNDTYP	PU	UNAT	TRENN	KONVERTER	PU	UNAT	TRENN	VZK	
IN TO/A	-0.150	100.	70.		-0.300	125.	0.		1.0
IN TO		600.	400.			200.	0.		

1.75 DPF/KWH

1.85 DPF/KWH

100. GW IM JAHR 2000

KURVE	KUBI	KUBI	LINEA	LINEA	KUBI	KUBI	LINEA	LINEA	KUBI	KUBI	LINEA	LINEA
BEGINN	1980	1980	1980	1980	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975
BEZUG	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1985	1985	1985	1985
PU ANFANG	0.9	0.9	1.6	1.6	-8.4	-8.4	-29.2	-29.2	-26.4	-26.4	-69.2	-69.2
BRUETER												
DPU	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15
BI	1.50	2.50	1.50	2.50	1.50	2.50	1.50	2.50	1.50	2.50	1.50	2.50
KOSTEN	1.45	1.65	1.45	1.65	1.45	1.65	1.45	1.65	1.45	1.65	1.45	1.65
UNAT	66.	91.	113.	131.	58.	86.	121.	126.	71.	94.	151.	151.
TRENNWERT												
1980	1.4	1.4	3.1	3.1	0.4	0.4	1.3	1.3	0.4	0.4	1.3	1.3
1990	0.9	0.9	2.5	2.5	0.4	0.4	1.3	1.3	0.4	0.4	1.3	1.3
2000	0.9	0.9	2.5	2.5	0.4	0.4	1.3	1.3	0.4	0.4	1.3	1.3
BW 2000												
0	141.7	153.2	214.3	227.2	140.8	153.7	220.7	231.1	144.1	154.8	228.2	234.3
4	92.2	98.8	152.7	160.5	92.0	99.3	157.8	164.0	114.6	121.7	197.9	202.0
8	65.6	69.5	119.9	124.9	65.6	70.0	124.0	127.8	98.6	103.6	187.0	189.8
12	51.1	53.5	102.5	105.8	51.3	54.1	106.3	108.8	92.4	95.9	191.4	193.5
16	43.4	45.0	94.4	96.7	43.6	45.4	98.0	99.7	93.4	96.0	209.3	210.9
20	39.4	40.5	91.6	93.3	39.8	41.1	95.5	96.7	101.1	103.0	241.7	242.8

GRUNDTYP	PU	UNAT	TRENN	KONVERTER	PU	UNAT	TRENN	VZK
IN TO/A	-0.150	100.	70.		-0.150	0.	0.	6.0
IN TO		600.	400.			1000.	900.	

1.75 DPF/KWH                      1.75 DPF/KWH                      100. GW IM JAHR 2000

KURVE	KUBL	LINEA	KUBI	LINEA	KUBI	LINEA
BEGINN	1975	1975	1980	1980	1985	1985
BEZUG	1975	1975	1980	1980	1985	1985
PU ANFANG	0.6	0.8	0.9	1.6	1.0	2.3

BRUETER						
DPU	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15
BI	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
KOSTEN	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65

UNAT	87.	91.	100.	124.	115.	153.
------	-----	-----	------	------	------	------

TRENNWERT						
1980	1.7	3.2	2.2	3.9	99.9	99.9
1990	3.3	2.0	3.7	3.1	4.3	4.1
2000	4.2	1.3	4.7	2.5	5.5	3.6

BW 2000						
0	151.4	227.5	151.5	226.4	151.5	230.3
4	80.3	132.5	97.7	160.0	119.0	198.1
8	46.8	85.5	68.8	124.5	101.2	185.6
12	30.1	60.7	53.0	105.5	93.7	188.7
16	21.2	46.7	44.6	96.5	93.7	204.9
20	16.3	38.4	40.2	93.1	100.8	235.7

GRUNDTYP	PU	UNAT	TRENN	KONVERTER	PU	UNAT	TRENN	VZK
IN TO/A	-0.150	100.	70.		-0.150	0.	0.	6.0
IN TO		600.	400.			500.	400.	
	1.75	DPF/KWH		1.50	DPF/KWH		100.	GW IM JAHR 2000

KURVE	KUBI	LINEA	KUBI	LINEA	KUBI	LINEA
BEGINN	1975	1975	1980	1980	1985	1985
BEZUG	1975	1975	1980	1980	1985	1985
PU ANFANG	0.6	0.8	0.9	1.6	1.0	0.3

BRUETER						
DPU	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15
BI	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
KOSTEN	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45

UNAT	42.	68.	58.	109.	79.	146.
------	-----	-----	-----	------	-----	------

TRENNWERT						
1980	0.9	1.8	1.6	3.3	99.9	99.9
1990	1.3	1.3	1.8	2.5	2.4	3.6
2000	0.9	1.3	1.4	2.5	2.2	3.6

BW 2000						
0	133.2	206.2	136.8	213.2	140.9	223.2
4	71.2	121.1	89.1	151.9	111.9	193.2
8	41.9	78.8	63.6	119.3	96.2	182.2
12	27.3	56.5	49.7	102.1	90.2	186.2
16	19.5	43.9	42.3	94.0	91.2	203.1
20	15.1	36.4	38.6	91.3	98.8	234.2

GRUNDTYP	PU	UNAT	TRENN	KONVERTER	PU	UNAT	TRENN	VZK
IN TO/A	-0.000	100.	70.		-0.150	100.	70.	3.0
IN TO		600.	400.			600.	400.	

1.75 DPF/KWH

1.75 DPF/KWH

100. GW IM JAHR 2000

KURVE	KUBL	LINEA
BEGINN	1970	1970
BEZUG	1970	1970
PU ANFANG		

BRUETER		
DPU	-0.00	-0.00
BI	999.99	999.99
KOSTEN	1.75	1.75

UNAT	160.	210.
------	------	------

TRENNWERT		
1980	1.6	3.7
1990	4.7	6.0
2000	10.0	8.3

BW 2000		
0	152.9	229.9
4	66.5	109.5
8	32.1	58.2
12	17.2	34.3
16	10.2	22.0
20	6.6	15.2



Anhang GBeschreibung des Programmsystems SAND

Das Programmsystem SAND entstand in den Hauptpunkten der Version SAND1 für die Untersuchungen in Ref. 1 und ist dort auch beschrieben. Insbesondere die Phasen 1 und 2 des Programmsystems sind in ihrem Aufbau jenem Bericht zu entnehmen<sup>2)</sup>. Die dort angegebene Eingabebeschreibung ist nach wie vor voll gültig (lediglich die ungebundenen Mehrtypenstrategien sind nicht programmiert), auch wenn im folgenden einige Erweiterungen mit aufgezeigt werden. Im Zusammenhang mit dieser Arbeit entstanden neben notwendigen Anpassungsarbeiten z.B. Berechnung der Trennbedarfskennzahlen sowie der Version SAND2 die Phasen 3 und 4, die mit den Versionen SAND3 und SAND4 korrespondieren. Auf Grund der verschiedenen Ausbaustufen, die dieses Programmsystem mitgemacht hat, ist von der maschinenorientierten Seite her nicht alles optimal aufeinander abgestimmt. Dafür wurde Wert darauf gelegt, vom Benutzer aus gesehen, die Handhabung möglichst einfach zu halten.

Der Aufbau ist der folgende

Vorphase 08925	Ausdruck der Eingabe Weichenstellung
Phase 1	Verarbeitung von Reaktordatenblöcken mit Ausdrucken Kostenprogramm Kenndatenprogramm Aufbereitung der Kenndatenbänder 1-4 (Beschreibung in KFK 466)
Phase 2	Verarbeitung von Sondereingaben zur Aufbereitung der Kenndatenbänder 1-4 Strategienprogramm mit Ausdruck Aufbereitung des Strategienbandes 7 (Beschreibung in KFK 466 und Abschn.2.1 dieser Arbeit)

<sup>1)</sup> H. Grumm u.a.: Ergänzendes Material zum Bericht "Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland", KFK-Bericht 466, Sept.1966

<sup>2)</sup> s. Ref. 1, Kapitel 6

Phase 3                    Verarbeitung des Strategienbandes 7  
                          Ausdruck der Normstrategien  
                          (Beschreibung s. Abschnitt 2.3 und Beispiel Anhang E)  
                          Aufbereitung des Normstrategienbandes 5

Phase 4                    Auswertung der Normstrategien  
                          Verarbeitung des Normstrategienbandes 5  
                          (Beschreibung s. Anhang D und Beispiel s. Anhang F)

Endphase 08929            Wiederholungsprogramm  
                          Programmende

Für die IBM 7074 sieht der Systemaufbau, wie auf der folgenden Seite dargestellt, aus:

## SYSTEMS MESSAGES

*OBJ 08900	MAINPROG	1422	(0)
	EXIT	1505	(1180)
	CHAIN	1511	(1186)
	ADE	2027	(209)
	XSTOREF	2933	
	XFETCHF	2927	(2602)
	DUMP	2982	(2657)
	CLOCK	2991	(2666)
	BUFFER	3001	(2676)
	PROGRAM	3371	COMMON 9980
*CBJ 1	MAINPROG	2243	(0)
	MASS	3224	(1483)
	COSTS	4253	(2583)
	BWF	5104	(3700)
	EXIT	5129	(4804)
	CHAIN	5135	(4810)
	PROGRAM	5232	COMMON 9360
*CBJ 2	MAINPROG	3328	(0)
	STRAT	6745	(2890)
	XSTOREF	8440	
	XFETCHF	8434	(8109)
	EXIT	8489	(8164)
	CHAIN	8495	(8170)
	PROGRAM	8592	COMMON 9251
*CBJ 3	MAINPROG	2661	(0)
	XSTOREF	3704	
	XFETCHF	3698	(3373)
	CHAIN	3753	(3428)
	DUMP	3851	(3526)
	PROGRAM	3859	COMMON 9980
*CBJ 4	MAINPROG	2321	(0)
	CHAIN	2800	(2475)
	DUMP	2898	(2573)
	PROGRAM	2906	COMMON 9990
*CBJ 08929	MAINPROG	1414	(0)
	EXIT	1463	(1138)
	CHAIN	1469	(1144)
	BUFFER	1567	(1242)
	PROGRAM	1948	COMMON 9990

Eingabebeschreibung

Die Bezeichnung Knm gibt den notwendigen Beginn einer neuen Eingabekarte an. Snm kennzeichnet Schalterpunkte, an denen sich die Eingabefolge, abhängig von vorangegangenen Eingabegrößen verzweigt. Im Gegensatz zu KFK 466 sind die folgenden Steuergrößen mit denen der Fortranlisten in Anhang H identisch.

## Vorphase (08925)

K1: NSAND leer wie bei K1 = 5aSAND1

5aSAND 1 Kostenberechnung und/oder Kenndatenberechnung  
und/oder Strategienberechnung  
in Anlehnung an KFK 466 erwünscht (Es werden die  
Bänder 1 bis N1 benötigt)

5aSAND2 Strategienberechnung durch Kenndateneingabe  
(Es werden die Bänder 1 bis N1 benötigt)

5aSAND3 Normstrategienberechnung  
(Es werden die Bänder 1 und 7 benötigt)

5aSAND4 Normstrategienauswertung  
(Es werden die Bänder 1, 7 und 5 benötigt)

n Phasennummer (für Sonderfälle)

SO wenn NSAND = n, dann KO, sonst S1

KO N 14 0 Strategien und Eingabe  
1 Normstrategien

N 25 -1 in Phase 3 wird Band 5 nicht aufbereitet  
0 Band 5 wird in Phase 3 aufbereitet

S1 wenn NSAND = leer oder 5aSAND1 oder 1, dann K2, sonst S 10

Phase 1

K2 N5 = Anzahl der Reaktortypen ( $\leq 10$ )

N10 = -1 bei S3 Übergang zu Phase 2  
0 nach Phase 1 Übergang auf Endphase  
1 nach Phase 1 Übergang auf Phase 2

N2 = 0 nur Kenndatenberechnung  
1 Kenndaten- und Kostenberechnung  
2 nur Kostenberechnung

- N3 = 0 Angabe der Tailanreicherung nicht erforderlich  
 1 Angabe der Tailanreicherung erforderlich  
 2 wie 1, zusätzlich Berücksichtigung höherer Isotope
- N1 = Anzahl der Werte für den Lastfaktor ( $\leq 4$ )
- N4 = Anzahl der Preiskombinationen ( $\leq 4$ )
- N11 = -1 Ausdruck Phase 1 ausführlich  
 Phase 2 verkürzt  
 0 verkürzter Ausdruck  
 1 ausführlicher Ausdruck
- (CAP(I) = Lastfaktoren)  $I = 1, N1$
- S2: Wenn  $N10 = -1$ , dann K3, anschließend K14, sonst S3
- K3: ANL = Anlagenlebensdauer (a)  
 RD = Diskontsatz (%/a)
- S3: Wenn  $N2 = 0$ , dann S5, sonst K4
- K4: BAU = Bauzeit (a)  
 ANL = Anlagenlebensdauer (a)  
 RD = Diskontsatz (%/a)  
 P28 = Sachversicherung (%/a)  
 P29 = Haftpflichtversicherung (%/a)  
 P30 = Steuersatz (%/a)  
 C27 = Personalkosten (DM/a)  
 CC = Konversionskosten (\$/kg)  
 CT = Trennarbeitskosten (\$/kg)  
 CRU = Rekonversionskosten Uran (DM/kg)  
 CRPU = Rekonversionskosten Pu (DM/kg)  
 CRTH = Rekonversionskosten Thorium (DM/kg)  
 (UPR(I) = Urankonzentratspreis von  $U_3O_8$  (\$/lb)  
 PuPR(I) = Plutoniumpreis (DM/g)  
 UABPR(I) = Preis des abgereicherten Urans (DM/kg)  
 THPR(I) = Preis für U 233 (DM/g))  $I=1, N4$

- S4: Wenn N3 = 2, dann K5, sonst S5
- K5: PRNP7 = Preis für NP 237 (\$/g)  
 PRAM1 = Preis für AM 241 (\$/g)  
 PRCM2 = Preis für CM 242 (\$/g)  
 PRCM4 = Preis für CM 244 (\$/g)
- S5: Wenn N3 = 0, dann K7, sonst K6
- K6: (ET(I) = Tailanreicherung)<sub>I=1</sub>, N4
- K7: 3333.  
 1
- S6: K8 - K12, N5-mal eingeben
- K8: N53 = Fortlaufende Nummer des Reaktors  
 N52 = 5α Name des Reaktors  
 N6 = 0 Schneller Brüter  
 1 Natururanreaktor  
 2 Reaktor mit angereichertem Uran  
 3 Thorium-Reaktor, auch mit angereichertem Uran
- N2 = 0 Kenndatenberechnung  
 1 Kenndaten- und Kosten-Berechnung  
 2 Kostenberechnung
- N7 = 0 Kontinuierliche Beladung  
 1 Teilladungsbetrieb
- N8 = 0 keine Wiederaufarbeitung  
 1 Wiederaufarbeitung  
 2 wie 1, zusätzlich Berücksichtigung höherer Isotope
- S7: Wenn N2 = 0, dann K10, sonst K9
- K9: AKD = direkte Anlagekosten (DM/kWe)  
 AKI = indirekte Anlagekosten (DM/kWe)  
 C31 = Wartungskosten inkl. D<sub>2</sub>O-Verbrauch (DM/kWe)  
 CF = Fabrikationskosten (DM/kg)  
 CTR = Transportkosten (DM/kg)  
 CA = Aufarbeitungskosten (DM/kg)  
 CD20 = Schwerwasserkosten (DM/kWe)  
 0 bei Reaktoren ohne Schwerwasser

K10:	PE	=	Nettoleistung (MWe)
	WIRK	=	Wirkungsgrad (I)
	ABBR	=	Abbrand (MSd/kg)
			(bezogen auf die gesamten schweren Kerne)
	RAT	=	Brennstoffbelastung ( $MW_{th}/kg$ )
			(bezogen auf die gesamten schweren Kerne)
	V1	=	Fabrikationsmehrbedarfsfaktor
	V2	=	Wiederaufarbeitungsverlustfaktor
	GAM	=	Massenverhältnis vor und nach dem Abbrand
	RH	=	Reserveelementfaktor
	EN	=	Natururananreicherung (%)
	VZ1	=	Fabrikationsverzögerung (a)
	VZ2	=	Beladeverzögerung (a)
	VZ3	=	Wiederaufarbeitungszeit (a)
	VZ4	=	Einbrenndauer für Pu-Aufbau (a)
	Z	=	Teilladungszahl
	X5A	=	Konzentration U 235 beim Beladen (%)
	X5E	=	" " " " Entladen (%)
	X8A	=	" U 238 " Beladen (%)
	X8E	=	" " " " Entladen (%)
	X9A	=	" Pu 239 und Pu 241 beim Beladen (%)
	X9E	=	" " " " " " " " Entladen (%)

(Diese Konzentration sind auf die gesamten schweren Kerne bezogen. Bei N6 = 3 müssen bei X9A und X9E die Konzentrationen von U 233 angegeben werden).

S8: Wenn N8 = 2, dann K11, sonst K12

K11:	XNP7E	=	Konzentration von Np 237 beim Entladen (%)
	XAM1E	=	" " Am 241 " "
	XCM2E	=	" " Cm 242 " "
	XCM4E	=	" " Cm 244 " "

K12: 3333.

1

S9: Wenn N10 = -1 oder 1, dann K14, sonst K 29 Endphase

S10: Wenn NSAND = SAND2, SAND3, SAND4 oder 2, dann K13, sonst S23

Phase 2

- K13: N5 = Anzahl der Reaktortypen ( $N4 * N5 \leq 40$ ) (1) <sup>1)</sup>  
 N10 = beliebig  
 N2 = beliebig  
 N3 = beliebig  
 N1 = Anzahl der Werte für Lastfaktor ( $\leq 4$ ) (1) <sup>1)</sup>  
 N4 = Anzahl der Werte für Preiskombination ( $\leq 4$ ) (1) <sup>1)</sup>  
 N11 = -1 oder 0 verkürzter Ausdruck  
 1 ausführlicher Ausdruck (0) <sup>1)</sup>  
 (CAP(I)= Lastfaktoren )<sub>I=1, N1</sub> (1.) <sup>1)</sup>  
 ANL = Anlagenlebensdauer (a) (50.) <sup>1)</sup>  
 RD = Diskontsatz (%/a) (1) <sup>1)</sup>
- K14: N21 = -1 wie 1, außerdem Brennstoffkosten auf 1 DPf/kWh  
 normiert für Brüter, Anlagekosten auf 1 DPf/kWh normiert  
 für Konverter  
 0 Sondereingabe, notwendig, wenn Phase 1 fehlte  
 (Bedingung wenn NSAND = 5αSAND2, 5αSAND3 oder 5αSAND4)  
 1 keine Sondereingabe, Kenndaten und Kosten aus Phase 1  
 vorhanden
- N2Q = -n wie n, aber mit Grundtypen-Eingabe  
 0 ermöglicht bei NSAND ≠ leer oder 5αSAND 1 automatische  
 Strategienvariationen (Bedingung bei NSAND = 5αSAND3 oder  
 5αSAND4)  
 n Anzahl der Kurven für Ein- und Zweitypenstrategien
- S11: Wenn N21 = 0 und N2Q ≠ 0, dann S12, sonst S13
- S12: K15 - K16 N5 \* N4 \* N1 -mal eingeben, d.h. in der Folge  
 (((I=1, N1), J=1, N4), K=1, N5)
- K15: BRK = Brennstoffkosten (DPf/kWh)  
 AK = Anlagekosten (DPf/kWh)  
 GESK = Gesamtkosten (DPf/kWh)
- Hier können auch für die einzelnen Reaktoren wahlweise normierte  
 Kosten (1 DPf/kWh) eingesetzt werden.

1) Der Wert in der Klammer wird zweckmäßigerweise gesetzt, wenn NSAND=5αSAND3  
 oder 5αSAND4 ist.

K16: N53 = Fortlaufende Nummer des Reaktors  
 N52 = 5 $\alpha$  Name des Reaktors  
 N7 = 0 Kontinuierliche Beladung  
       1 Teilladungsbetrieb  
 VZ1 = Fabrikationsverzögerung (a)  
 VZ2 = Beladungsverzögerung (a)  
 VZ3 = Wiederaufarbeitungszeit (a)  
 VZ4 = Einbrenndauer für Pu-Aufbau (a)  
 DR = Standzeit der Core-Brennelemente (a)  
 Z = Teilladungszahl  
 CAP = Lastfaktor  
 ET = Tailanreicherung (%)  
 (STOFF(I,J) = Kennzahlen) ((I=1, 4), J=1, 6)

Daher ist

I = 1 Beladegröße (t/GWe·a)  
       2 Beladegröße (t/GWe)  
       3 Entladegröße (t/GW·a)  
       4 Entladegröße (t/GWe)

J = 1 Plutonium  
       2 abgereichertes Uran (Bei Brütern oder aus der Trennanlage)  
       3 Natururan  
       4 Uran 235 oder Tailanteil  
       5 angereichertes Uran  
       6 Trennarbeit

3333.

S13: Wenn N21 = 0 und N2Q = 0 (Bedingung: NSAND  $\neq$  leer oder 5 $\alpha$ SAND1),  
 dann K17, sonst S14

K17: NBI = Anzahl der Brüter-Pu-Inventar-Werte  
 BI = erster Brüter-Pu-Inventar-Wert  
 DBI = Schrittweite für Brüter-Pu-Inventar-Werte  
 NPUB = Anzahl der Brüter-Pu-Überschußwerte  
 PUB = erster Brüter-Pu-Überschußwert  
 DPUB = Schrittweite der Brüter-Pu-Überschußwerte

NPUK = Anzahl der Konverter-Pu-Überschußwerte  
 PUK = erster Konverter-Pu-Überschußwert  
 DPUK = Schrittweite der Konverter-Pu-Überschußwerte  
 NVZK = Anzahl der Pu-Ausstoßverzögerungszeiten bei Konvertern  
 VZK = entsprechender erster Wert  
 DVZK = entsprechende Schrittweite  
 NEND = Zeitangabe, bis zu der die Bedarfskurve gerechnet werden muß  
 (10 Jahre über der gewünschten letzten Ausdruckzeit.  
 Kurvenwert 15 Jahre über der letzten Ausdruckzeit angeben)  
 N23 = Anzahl der Bedarfskurven

S14: Wenn  $N21 = 0$  und  $N2Q = 0$  oder wenn  $N2Q < 0$ , dann S15, sonst K19 - K25  
 $N2Q$ -mal eingeben

S15: K18 - K25  $N2Q$  bzw.  $N23$ -mal eingeben

K18: BWBZ = Barwertbezugsjahr (sonst 1970)  
 (KUM(I) = bis zum Einsatz der Strategien (identisch ANFZ der Be-  
 darfskurven) kumulierte Massen (t))<sub>I=1,6</sub>

(DM(I) = Massen, die jährlich vom Grundtyp ab dem Strategienein-  
 satz anfallen (t/a))<sub>I=1,6</sub>

Dabei ist

- I = 1 Plutonium
- 2 Natururan
- 3 angereichertes Uran
- 4 U 235 ohne Tailmenge
- 5 angereichertes Uran
- 6 Trennarbeit

(GK(I,J) = Kostenangaben) ((I=1,3), J=1,3)

Daher ist, wenn  $N2Q < 0$ ,

- I = 1 Brennstoff
- 2 Anlage
- 3 Gesamt
- J = 1 DM/a
- 2 DM
- 3 DM-Barwert

Hier kann eine Anpassung an normierte Reaktorkosten erfolgen.

Dabei ist, wenn  $N21 = 0$  und  $N2Q = 0$ ,

$J = 1, I = 1$  Kosten in DM/a des Grundtyps bei Annahme von 1 DPf/kWh gesamte Energiekosten

$J = 1, I = 1$  0

$I = 2$  0

DM-Barwerte für Diskontsätze von

$J = 2, I = 1$  0 %

2 4 %

3 8 %

$J = 3, I = 1$  12 %

2 16 %

3 20 %

K19: N19 = 5 $\alpha$ -Name der Bedarfskurve

N20 = Anzahl der einzugebenden Kurvenpunkte ( $\leq 38$ )

~~ANFZ~~ = ~~Jahr des Kurvenbeginns~~

(sofern der erste angegebene Kurvenwert (ORD(I))

nicht null ist, beginnt die Strategie ein Jahr vor ABS(1) mit dem Kurvenwert null).

(ABS(I) = Abszisse eines Kurvenpunktes (a)

ORD(I) = Ordinate eines Kurvenpunktes (GWe)

(ORD  $\leq$  1000))<sub>I=1, N20</sub>

3333.

S16: Wenn NSAND = 5 $\alpha$ SAND3 oder 5 $\alpha$ SAND4, dann K29, sonst K20

(Bedingung N22  $\neq$  0)

K20: N12 = Anzahl der Zweitypenstrategien

S17: Wenn N12 = 0, dann K22, sonst S18

S18: K21 N12-mal eingeben

- K21: N15 = 5α-Brütername  
 N22 = Nummer des Lastfaktors für Brüter  
 (entsprechend Reihenfolge in K2 bzw. K13)  
 N16 = 5α-Konvertername  
 N23 = Nummer des Lastfaktors für Konverter  
 (entsprechend Reihenfolge in K2 bzw. K13)  
 N26 = Anzahl zu bauender Reaktoren ( $\leq 1000$ )
- K22: N13 = Anzahl der Eintypenstrategien
- S19: Wenn N13 = 0, dann S22, sonst S20
- S20: K23 - K25 N13-mal eingeben
- K23: N24 = 0 Brüter  
 1 Konverter
- S21: Wenn N24 = 0, dann K24, anschließend S22  
 Wenn N24 = 1, dann K25, anschließend S22
- K24: N15 = 5α-Brütername  
 N22 wie in K21  
 N26 wie in K21
- K25: N16 = 5α-Konvertername  
 N23 wie in K21  
 N26 wie in K21
- S22: siehe S15
- K26: 0

Phase 3

Wird bei NSAND = 5αSAND3 oder 5αSAND4 angelaufen

Phase 4

Kann bei NSAND = 5αSAND4 angelaufen werden (siehe K29)

- K28: FAKT = Faktor für Normkurve  
 (DPU(I) = Pu-Überschuß (t/GWe·a)  
 DU(I) = Natururanbedarf (t/GWe·a)





Anhang H

SAND Fortran-Listen

Das Fortran entspricht dem Fortran II auf der IBM 7074 Anlage im Kernforschungszentrum Karlsruhe und benützt einige Standardsubroutinen der Karlsruher Programmbibliothek, die hier nicht näher beschrieben sind<sup>1),2)</sup>.

---

1) H. Stittgen: BUFFER, Ein Fortran Unterprogramm für Bandoperationen  
(interner Bericht)

2) P. Jansen: ADE, Programmphase zum Ausdruck der Eingabe  
(interner Bericht)

```
C   VCRPHASE
C
COMMON N14,N25
DIMENSION N25(9)
NS=1
IF(N25(3)-4@SAND)1,2,1
1 CALL ADE
  N25(3)=4@SAND
2 READ 1,NN
  IF(NN)3,4,3
4 PRINT 6
6 FORMAT(17#LSAND NACH KFK466)
  N25(2)=5@SAND1
  N14=0
  N25(1)=C
  NF=1
  GO TO 5
3 IF(NN-5@SAND1)7,8,7
8 NF=1
12 N14=C
  N25(1)=C
18 PRINT 9,NN
9 FORMAT(1#LA5)
  GO TO 5
7 IF(NN-5@SAND2)10,11,10
11 NF=2
  GO TO 12
10 IF(NN-5@SAND3)13,17,13
13 IF(NN-5@SAND4)14,19,14
14 IF(-NN)15,16,16
16 CALL EXIT
15 NF=NN
  READ N14,N25
5 CALL CHAIN(NH,1)
17 N25(1)=-1
20 N14=1
  NF=2
  GO TO 18
19 N25(1)=C
  GO TO 20
```

C PHASE 1

C

```

COMMON N14,N25,F25,
1 ANL, RD, N11, N4, N1, N5, BRK, AK, GESK, N53, N52, N7, VZ1, VZ2,
1VZ3, VZ4, DR, Z, CAPH, ETH, STOFK, PE, WIRK, ABBR, RAT, V1, V2, GAM, RHO, EN, X5A,
2X5F, X8A, X8E, X9A, X9E, AKD, AKI, CF, CTR, CA
3, XNP7A, XAM1A, XCM2A, XCM4A, PRNP7, PRAM1, PRCM2, PRCM4
DIMENSION CAP(5), UPR(5), PUPR(5), UABPR(5), THPR(5), ET(5), BRK(10,5,5)
1, AK(10,5), GESK(10,5,5), PUA(10,5), PUI(10,5), UNB(10,5,5), UNI(10,5,5)
2, N52N(10), N25( 9), STOFK(4,6)
PRINT 1
1 FORMAT(1HL,40X,27HREAKTOR DATENBLOCKBERECHNUNG)
READ 1, N5, N10, N2, N3, N1, N4, N11, (CAP(I), I=1, N1)
F25=CAP(1)
IF(N10)61,60,61
61 GO 55 I=1, N1
55 REWIND 1
IF N10 207,60,60
60 IF(N2-1)10,11,11
11 READ 1, EAU, ANL, RD, P28, P29, P30, C27, CC, CT, CRU, CRPU, CRTH, (UPR(I), PUPR
1(I), UABPR(I), THPR(I), I=1, N4)
IF(N3-2)10,205,205
205 READ 1, PRNP7, PRAM1, PRCM2, PRCM4
10 IF(N3)52,52,13
13 READ 1, (ET(I), I=1, N4)
52 J=0
JJ=0
READ 1, F51, N50
IF(F51-3333.)18,12,18
18 PRINT 100
100 FORMAT(26HLEINGABEFehler IM VCRSPANN)
GO TO 53
12 J=J+1
JJ=JJ+1
READ 1, N53, N52, N6, N2, N7, N8
29 IF(N2-1)14,15,15
15 READ 1, AKD, AKI, C31, CF, CTR, CA, CD20
14 READ 1, PE, WIRK, ABBR, RAT, V1, V2, GAM, RHO, EN, VZ1, VZ2, VZ3, VZ4, Z, X5A, X5E
1, X8A, X8E, X9A, X9E
IF(N8-2)202,203,203
203 READ 1, XNP7A, XAM1A, XCM2A, XCM4A
202 READ 1, F51, N50
IF(F51-3333.)19,20,19
19 PRINT 101, J
101 FORMAT(30HLEINGABEFehler BEI REAKTOR NR. I3)
N10=0
PRINT 120
120 FORMAT(1HL,25HPHASE 2 WIRD ABGESCHALTET)
IF(N5-J-1)23,25,106
106 IF(J-1)53,53,22
23 PRINT 102
102 FORMAT(40HLALLE ANDEREN REAKTOREN WURDEN GERECHNET)
N5=J-1
GO TO 53
25 PRINT 105
105 FORMAT(52HLDIE LETZTEN BEIDEN REAKTOREN WURDEN NICHT GERECHNET)
N5=J-1
GO TO 53
22 READ 1, F51
IF(F51-3333.)22,24,22
24 READ 1, N53, N52, N6, N2, N7, N8

```

```

      IF(J-N53+1)26,27,34
34 PRINT 35
35 FORMAT(42HLES KANN NICHT MEHR WEITERGERECHNET WERDEN)
      N5=J-1
      GO TO 53
26 N=J+1
      PRINT 103,N
103 FORMAT(43HLDAS PROGRAMM UEBERSPRINGT AUCH REAKTOR NR.13)
      N5=N5-2
      J=J+2
      GO TO 29
27 PRINT 104
104 FORMAT(28HLDAS PROGRAMM RECHNET WEITER)
      N5=N5-1
      J=J+1
      GO TO 29
C ENDE DES EINLESETEILS
20 M=0
      IF(CD20)107,107,108
107 N9=0
      GO TO 109
108 N9=1
109 N52N(JJ)=N52
      NSWI=0
      IF(N2-1)30,111,111
111 IF(N3)112,112,17
112 DO 113 KK=1,5
113 ET(KK)=0.
17 DO 3 K=1,N4
      UPRH=UPR(K)
      UABPRH=UABPR(K)
      PUPRH=PUPR(K)
      CRPUH=CRPU
      IF(N6-3)200,201,200
201 PUPRH=THPR(K)
      CRPUH=CRTH
      GO TO 200
200 ETH=ET(K)
      DO 3 L=1,N1
      CAPH=CAP(L)
      CALL COSTS(UPRH,PUPRH,UABPRH,BAU,P28,P29,P30,C27,C31,CD20,CC,CT,
1CRU,CRPUH,N6,N8,N9,BRKPF,AKPF,GESKPF)
      BRK(JJ,K,L)=BRKPF
      AK(JJ,L)=AKPF
3 GESK(JJ,K,L)=GESKPF
      IF(N2-1)30,30,31
30 IF(N3)110,110,32
110 M=1
      GO TO 16
32 NSWI=N4
33 M=M+1
      IF(M-5)57,57,56
56 PRINT 58
58 FORMAT (1HL/1HT,36HFEHLER IN 08925 IM LAUFINDEX FUER ET)
      GO TO 53
57 ETH=ET(M)
16 DO 4 L=1,N1
      CAPH=CAP(L)
      CALL MASS(N6,N8,PUDH,BPUH,UNDH,BH,L)
      PUA(JJ,L)=PUDH
      PUI(JJ,L)=BPUH

```

```

UNB(JJ,M,L)=UNDH
UNI(JJ,M,L)=BH
IF(N10)4,4,65
65 WRITE TAPE L,N53,N52,N7,VZ1,VZ2,VZ3,VZ4,DR,Z,CAPH,ETH,STOFK
4 CONTINUE
IF(M-NSWI)33,31,31
31 IF(N5-JJ)36,36,12
C BEGINN DES AUSDRUCKES
36 PRINT 37
37 FORMAT(1H1, 41HZUSAMMENSTELLUNG DER REAKTOREIGENSCHAFTEN)
PRINT 39,(N52N(I),I=1,JJ)
39 FORMAT(1HL/1HT,7HREAKTOR,6X,10A10)
DO 40 I=1,N1
DO 40 J=1,N4
PRINT 41,CAP(I),ET(J)
41 FORMAT(6H KAPPAF5.2/5HTTAILF7.3)
PRINT 42,(AK(L,I),L=1,JJ)
PRINT 43,(BRK(L,J,I),L=1,JJ)
PRINT 44,(GESK(L,J,I),L=1,JJ)
42 FORMAT(13H ANLAGEKOSTEN10F10.3)
43 FORMAT(11H BRENNSTOFF2X,10F10.3)
44 FORMAT(13H GESAMTKOSTEN10F10.3)
PRINT 45
45 FORMAT(1H )
PRINT 46,(PUA(L,I),L=1,JJ)
PRINT 47,(PUI(L,I),L=1,JJ)
PRINT 48
PRINT 49,(UNB(L,J,I),L=1,JJ)
PRINT 50,(UNI(L,J,I),L=1,JJ)
46 FORMAT(11H PUAUSSTOSS2X,10F10.3)
47 FORMAT(11H PUINVENTAR 2X,10F10.3)
48 FORMAT(1H )
49 FORMAT(11H UNATBEDARF2X,10F10.3)
50 FORMAT(13H UNATINVENTAR10F10.3)
PRINT 51
51 FORMAT(1H )
40 CONTINUE
999 IF(N10)206,206,54
206 CALL CHAIN (08929,+1)
207 READ 1,ANL,RD
54 CALL CHAIN(2,+1)
53 CALL EXIT

```

## C KENNDATENBERECHNUNG

```

C
SUBROUTINE MASS(N6,N8,PUDH,BPUH,UNDH,BH,L)
COMMON N14,N25,ANL,RD,N11,N4,N1,N5,BRK,AK,GESK,N53,N52,N7,VZ1,VZ2,
1VZ3,VZ4,DR,Z,CAPH,ETH,STOFK,PE,WIRK,ABBR,RAT,V1,V2,GAM,RHO,EN,X5A,
2X5E,X8A,X8E,X9A,X9E
DIMENSION BRK(10,5,5),AK(10,5),GESK(10,5,5),N25(10),STOFK(4,6),
1PHI(5),E(5),Y(3)
CR=ABBR/(365.*CAPH*RAT)
WRH=1./(WIRK*RAT)
DRH=1./DR
AH=0.01*V1*WRH*DRH
BH=0.01*RHO*V1*WRH
CH=0.01*V2*GAM*WRH*DRH
CH=0.01*RHO*V2*WRH
C
AUSDRUCK DER EINGABE
IF(N11)48,27,48
48 PRINT 2,N52,N53
PRINT 1,CAPH,ETH,PE,WIRK,ABBR,RAT,V1,V2
2 FORMAT (1H1,40X,25HMASSENDATEN DES REAKTORS A5,5X,3HNR.I2//5X,5HKA
1PPA,4X,4HTAILANREICHERUNG ELEKTR.LEISTUNG WIRKUNGSGRAD,4X,7HABB
2RAND,8X,40HRATING FABR.MEHRBEDARF- AUFARB.VERL.F.)
1 FORMAT(1HJ,8E15.5)
PRINT 3,GAM,RHO,EN,VZ1,VZ2,VZ3
3 FORMAT(1HK,5X,5HGAMMA,4X,78HMEHRBEDARFSFAKT. NAT.ANREICHER. FABRIK
1ATIONS- BELADE- AUFARBEIT.VERZOEGERUNG/6E15.5)
IF(N6-2)5,5,6
5 PRINT 4,X5A,X5E,X8A,X8E,X9A,X9E
4 FORMAT(1HK,10X,8HURAN 235,22X,8HURAN 238,22X,17HPLUTONIUM 239+241/
16E15.5)
GO TO 8
6 PRINT 7,X5A,X5E,X8A,X8E,X9A,X9E
7 FORMAT(1HK,10X,8HURAN 235,22X,8HURAN 238,22X,11HTHORIUM 232/6E15.5
1)
8 IF(N6-2)9,10,11
11 PRINT 12
GO TO 18
12 FORMAT(15HKTHORIUMREAKTOR)
10 PRINT 13
GO TO 18
13 FORMAT(34HKKONVERTER MIT ANGEREICHERTEM URAN)
9 IF(N6)14,14,15
15 PRINT 16
GO TO 18
16 FORMAT(19HKNATURURANKONVERTER)
14 PRINT 17
17 FORMAT(18HKSCHNELLER BRUETER)
18 IF(N7)19,19,20
19 PRINT 21
21 FORMAT(29HKBELADEBETRIEB KONTINUIERLICH)
GO TO 22
20 PRINT 23,Z
23 FORMAT(19HKBELADEBETRIEB MIT F5.2,14H TEILLADUNGEN)
22 IF(N8)24,24,25
24 PRINT 26
26 FORMAT(6HKWASTE)
GO TO 27
25 PRINT 28
28 FORMAT(19HKWIEDERAUFARBEITUNG)
C
BERECHNUNG DER STOFFAKTOREN
27 IF(N7)29,29,30

```

```

29 ZH=0.5
   GO TO 31
30 ZH=(Z-1.)/(2.*Z)
31 STOFK(1,1)=AH*X9A
   STOFK(3,1)=CH*X9E
   STOFK(4,1)=DH*(X9E*GAM+(X9A-X9E*GAM)*ZH)
   STOFK(2,1)=BH*X9A
   IF(N8)107,107,108
107 STOFK(3,1)=0.
   STOFK(4,1)=0.
   GO TO 108
108 BPUH=STOFK(2,1)
   IF(N11)49,50,49
49 PRINT 32,(STOFK(I,1),I=1,4)
32 FORMAT(1H 40X,16HRECHENERGEBNISSE/1HK29X,12HBELEDEFKTR17X, 20HIN
1VENTARAUFBAUFKTR,15X,13HENTLEDEFKTR,10X,15HINVENTARABBAUF.///1
20HKPLUTONIUM,14X,1E15.5,20X,1E15.5,16X,1E15.5,6X,1E15.5)
50 IF(N6-1)33,34,35
C   SCHNELLE PLUTONIUM-BRUETER
33 STOFK(1,2)=AH*X8A
   STOFK(2,2)=BH*X8A
   STOFK(3,2)=CH*X8E
   STOFK(4,2)=DH*(X8E*GAM+(X8A-X8E*GAM)*ZH)
   IF(N11)51,100,51
51 PRINT 36,(STOFK(I,2),I=1,4)
36 FORMAT(20HLAGGEREICHERTES URAN,4X,1E15.5,20X,1E15.5,16X,1E15.5,6X,
11E15.5)
100 AHH=STOFK(1,2)
   BHH=STOFK(2,2)
   CHH=STOFK(3,2)
   DO 55 I=3,6
   DO 55 J=1,4
55 STOFK(J,I)=0.
   GO TO 999
C   NATURURANKONVERTER
34 XH1=X5E*GAM+(X5A-X5E*GAM)*ZH
   XH2=X8E*GAM+(X8A-X8E*GAM)*ZH
   XH3=XH1+XH2
   XH4=X5A+X8A
   XH5=X5E+X8E
   STOFK(1,3)=AH*XH4
   STOFK(2,3)=BH*XH4
   STOFK(3,3)=CH*XH5
   STOFK(4,3)=DH*XH3
   E1=X5E/XH5*100.
   E0=EN
   ED=XH1/XH3*100.
   IF(N8)37,37,38
38 IF(E1-ETH)101,101,39
101 IF(N11)106,37,106
106 PRINT 104
   GO TO 37
C   WIEDERAUFARBEITUNG
39 Y1=(E1-ETH)/(EN-ETH)
   Y2=(ED-ETH)/(EN-ETH)
   Y0=1.
   STOFK(3,2)=STOFK(3,3)*(1.-Y1)
   STOFK(4,2)=STOFK(4,3)*(1.-Y2)
   STOFK(4,3)=STOFK(4,3)*Y2
   STOFK(3,3)=STOFK(3,3)*Y1
   STOFK(1,2)=0.

```

```

STOFK(2,2)=0.
AHH=STOFK(1,3)
BHH=STOFK(2,3)
CHH=STOFK(3,3)
GO TO 53
42 IF(N11)52 ,999,52
52 PRINT 40,(STOFK(I,3),I=1,4),(STOFK(J,2),J=1,4)
40 FORMAT(10HLNATURURAN,14X,1E15.5,20X,1E15.5,16X,1E15.5,6X,1E15.5/ 2
10HKABGEREICHERTES URAN,4X,1E15.5,20X,1E15.5,16X,1E15.5,6X,1E15.5)
PRINT 41,E0,E1,ED,Y0,Y1,Y2
GO TO 999
41 FORMAT(19HKWEITERE ERGEBNISSE/23HKANREICHERUNG AM ANFANG1E12.5,5X,
17HAM ENDE1E12.5,5X,15HBEIM ABSCHALTEN1E12.5/7HJFAKTOR,16X,1E12.5,1
22X,1E12.5,20X,1E12.5)
C WASTE
37 STOFK(3,2)=STOFK(3,3)
STOFK(4,2)=STOFK(4,3)
STOFK(1,2)=0.
Y0=1.
Y1=0.
Y2=0.
STOFK(2,2)=0.
STOFK(3,3)=0.
STOFK(4,3)=0.
53 DO 56 I=4,6
DO 56 J=1,4
56 STOFK(J,I)=0.
GO TO 42
C REAKTOREN MIT ANGEREICHERTEM URAN
35 XH1=X5E*GAM+(X5A-X5E*GAM)*ZH
XH2=X8E*GAM+(X8A-X8E*GAM)*ZH
XH3=XH1+XH2
XH4=X5A+X8A
XH5=X5E+X8E
STOFK(1,4)=AH*X5A
STOFK(1,5)=AH*XH4
STOFK(2,4)=BH*X5A
STOFK(2,5)=BH*XH4
STOFK(3,4)=CH*X5E
STOFK(3,5)=CH*XH5
STOFK(4,4)=DH*XH1
STOFK(4,5)=DH*XH3
E0=100.*X5A/XH4
E1=100.*X5E/XH5
ED=100.*XH1/XH3
Y0=(E0-ETH)/(EN-ETH)
Y1=(E1-ETH)/(EN-ETH)
Y2=(ED-ETH)/(EN-ETH)
STOFK(1,3)=STOFK(1,5)*Y0
STOFK(2,3)=STOFK(2,5)*Y0
STOFK(3,3)=STOFK(3,5)*Y1
STOFK(4,3)=STOFK(4,5)*Y2
STOFK(1,2)=STOFK(1,5)*(1.-Y0)
STOFK(2,2)=STOFK(2,5)*(1.-Y0)
STOFK(3,2)=STOFK(3,5)*(1.-Y0)*Y1/Y0
STOFK(4,2)=STOFK(4,5)*(1.-Y0)*Y2/Y0
E(1)=E0
E(2)=E1
E(3)=ED
E(4)=EN
E(5)=ETH

```

```

Y(1)=Y0
Y(2)=Y1
Y(3)=Y2
DO 110 I=1,5
110 PHI(I)=(0.02*E(I)-1.)*LOGF(0.01*E(I)/(1.-0.01*E(I)))
DO 111 I=1,4
J=I/3+I/4+1
111 STOFK(I,6)=STOFK(I,5)*(PHI(J)-Y(J)*PHI(4)+(Y(J)-1.)*PHI(5) )
STOF1=STOFK(3,5)
STOF2=STOFK(4,5)
STOFK(3,5)=STOFK(3,5)*Y1/Y0
STOFK(4,5)=STOFK(4,5)*Y2/Y0
IF(N8)43,43,105
105 IF(E1-ETH)102,102,44
102 IF(N11)103,43,103
103 PRINT 104
104 FORMAT(6HKWASTE)
GO TO 43
C
WASTE, SONST WIEDERAUFARBEITUNG
43 STOFK(3,4)=0.
STOFK(3,3)=0.
STOFK(4,4)=0.
STOFK(4,3)=0.
STOFK(3,2)=0.
STOFK(4,2)=0.
STOFK(3,6)=0.
STOFK(4,6)=0.
STOFK(3,5)=0.
STOFK(4,5)=0.
44 AHH=STOFK(1,3)
BHH=STOFK(2,3)
CHH=STOFK(3,3)
IF(N11)54,999,54
54 PRINT 45,(STOFK(I,4),I=1,4),(STOFK(J,5),J=1,4)
45 FORMAT(9HLURAN 235,15X,1E15.5,20X,1E15.5,16X,1E15.5,6X,1E15.5/ 20H
1KANGEREICHERTES URAN,4X,1E15.5,20X,1E15.5,16X,1E15.5,6X,1E15.5)
PRINT 40,(STOFK(I,3),I=1,4),(STOFK(J,2),J=1,4)
PRINT 46
46 FORMAT(25H AUS DER DIFFUSIONSANLAGE)
PRINT 47,(STOFK(I,6),I=1,4)
47 FORMAT(20HKDIFFUSIONSANLAGEN- ,4X,1E15.5,20X,1E15.5,16X,1E15.5,6X,
11E15.5/9H LEISTUNG)
PRINT 41,E0,E1,ED,Y0,Y1,Y2
GO TO 999
999 PUDH=STOFK(1,1)-STOFK(3,1)
UNDH=AHH-CHH
BH=BHH
RETURN

```

## C KOSTENBERECHNUNG

```

C
SUBROUTINE COSTS(UPRH,PUPRH,UABPRH,BAU,P28,P29,P30,C27,C31,CD20,CC
1,CT,CRU,CRPU,N6,N8,N9,BRKPF,AKPF,GESKPF)
COMMON N14,N25,ANL,RD,N11,N4,N1,N5,BRK,AK,GESK,N53,N52,N7,VZ1,VZ2,
1VZ3,VZ4,DR,Z,CAPH,ETH,STOFH,PE,WIRK,ABBR,RAT,V1,V2,GAM,RHO,EN,X5A,
2X5E,X8A,X8E,X9A,X9E,AKD,AKI,CF,CTR,CA
3,XNP7A,XAM1A,XCM2A,XCM4A,PRNP7,PRAM1,PRCM2,PRCM4
DIMENSION BRK(10,5,5),AK(10,5,5),GESK(10,5,5),N25(10),STOFH(4,6)
ANNU=P28+P29+(P30+RD)/(1.-(1.+0.01*(RD+P30))**(-ANL))
BW=PE*(AKD+AKI)*BWF(RD,BAU)*1000.
EANN=24000.*WIRK*ABBR
BKPF=(C27+C31)/(87600.*CAPH*PE)
DR=ABBR/(365.*CAPH*RAT)
AKPF=BW*ANNU/(8760.*CAPH*PE*1000.)
CUA=UABPRH
N8H=N8
IF(N9)1,1,2
2 AKPF=AKPF+CD20*(RD+P30+P29+P28)/(8760.*CAPH)
1 IF(N6-1)3,4,5
C BRUETERTEIL
3 U1=CUA
U2=CF
U3=CTR+CA
U4=CUA
GO TO 6
C NATURURANKONVERTERTEIL
4 U1=4.*(2.6*UPRH+CC)
U2=CF
U4=CUA
IF(X5E/(X5E+X8E)-0.01*ETH)57,57,11
57 N8H=0
11 IF(N8H)7,7,8
8 U3=CTR+CA+CRU+CRPU
GO TO 6
7 U3=0.
GO TO 6
C TEIL FUER ANGEREICHORTE REAKTOREN
5 U2=CF
E0=X5A/(X5A+X8A)
E1=X5E/(X5E+X8E)
F10=(2.*E0-1.)*LOGF(E0/(1.-E0))
F11=(2.*E1-1.)*LOGF(E1/(1.-E1))
FIN=(0.02*EN-1.)*LOGF(0.01*EN/(1.-0.01*EN))
FIT=(0.02*ETH-1.)*LOGF(0.01*ETH/(1.-0.01*ETH))
E0=100.*E0
E1=100.*E1
U1=(E0-ETH)/(EN-ETH)*4.*(2.6*UPRH+CC)+4.*CT*(F10-(E0-ETH)/(EN-ETH)
1*FIN+(E0-EN)/(EN-ETH)*FIT)
U4=(E1-ETH)/(EN-ETH)*4.*(2.6*UPRH+CC)+4.*CT*(F11-(E1-ETH)/(EN-ETH)
1*FIN+(E1-EN)/(EN-ETH)*FIT)
GO TO 11
C GEMEINSAMER TEIL
6 HK0=V1*(10.*X9A*PUPRH+0.01*(X5A+X8A)*U1)+U2
HK1=V2*GAM*(10.*X9E*PUPRH+0.01*(X5E+X8E)*U4)-U3
IF(N8H-2)102,101,101
101 HK1=HK1+V2*GAM*40.*(XNP7A*PRNP7+XAM1A*PRAM1+XCM2A*PRCM2+XCM4A*
1PRCM4)
102 HK0X=(1.+0.01*P30*(VZ1+0.5*DR))*(1.+0.01*RD)**VZ1*HK0
HK1X=(1.-0.01*P30*(VZ3+0.5*DR))*(1.+0.01*RD)**(-VZ3)*HK1
HH1=HK1X/HK1

```

```

HHO=HKOX/HKO
HPUO=V1*10.*X9A*PUPRH*HHO
HPU1=V2*GAM*10.*X9E*PUPRH*HH1
HFO=U2*HHO
HW1=U3*HH1
HKOXS=0.01*P30*(VZ1+0.5*DR)*(1.+0.01*RD)**VZ1*HKO
HK1XS=-0.01*P30*(VZ3+0.5*DR)*(1.+0.01*RD)**(-VZ3)*HK1
IF(N8H)55,55,56
55 HK1=0.
   HK1X=0.
   HK1XS=0.
56 IF(N7)12,12,13
13 FAKTOR=RD*DR/Z*1./(EANN*(1.-(1.+0.01*RD)**(-ANL)))
   FKT=((1.+0.01*RD)**(-VZ2)-(1.+0.01*RD)**(-ANL))/(1.-(1.+0.01*RD)**
1(-DR/Z))
   GO TO 50
12 FAKTOR=RD*DR/(EANN*(1.-(1.+0.01*RD)**(-ANL)))
   FKT=((1.+0.01*RD)**(-VZ2)-(1.+0.01*RD)**(-ANL))/(DR*LOGF(1.+0.01*R
1D))
   Z=1.
50 I=0
   H0=HKOXS
   H1=HK1XS
14 BRERS=FAKTOR*Z*RHO*(H0-H1*(1.+0.01*RD)**(-ANL))
   IF(N7)51,51,52
51 HHH=0.
   GO TO 53
52 HHH=BRERS/Z
   BRERS=BRERS-HHH
53 BRLAU=FAKTOR*FKT*(H0-H1)+HHH
   IF(I)15,15,16
15 I=1
   BRERSS=BRERS
   BRLAUS=BRLAU
   H0=HKOX
   H1=HK1X
   GO TO 14
16 BRKS=BRERSS+BRLAUS
   BRKPF=BRERS+BRLAU
   GESKPF=AKPF+BKPF+BRKPF
   PUZ=FAKTOR*(Z*RHO*(HPUO-HPU1*(1.+0.01*RD)**(-ANL))+FKT*(HPUO-HPU1)
1)
   FAB=FAKTOR*(Z*RHO*HFO+FKT*HFO)
   AUF=FAKTOR*(Z*RHO*HW1*(1.+0.01*RD)**(-ANL)+FKT*HW1)
   IF(N11)45,46,45
   AUSDRUCKTEIL
C
45 PRINT 17,N52,N53
17 FORMAT (1H1,40X,25HKOSTENDATEN DES REAKTORS A5,5X,3HNR.12//5X,5HKA
1PPA,4X,67HKONZENTRATPREIS U308 PU ABGEREICHERTES URAN TAILA
2NREICHERUNG)
   PRINT 18,CAPH,UPRH,PUPRH,UABPRH
18 FORMAT(1HJ,4E15.5)
   PRINT 19,BAU,ANL,RD,P28,P29,P30
19 FORMAT(1HK,5X,83HBAUZEIT ANLAGENABSCHREIBZEIT ZINS SACHVERSICHE
1RUNG HAFTPFLICHTVERS. STEUERSATZ/6E15.5)
   IF(N6-2)20,21,22
22 PRINT 23
23 FORMAT(15HKTHORIUMREAKTOR)
   GO TO 24
21 PRINT 25
25 FORMAT(34HKKONVERTER MIT ANGEREICHERTEM URAN)

```

```

GO TO 24
20 IF(N6)26,26,27
27 PRINT 28
28 FORMAT(19HK NATUREURANKONVERTER)
GO TO 24
26 PRINT 29
29 FORMAT(18HKSCHNELLER BRUETER)
GO TO 24
24 IF(N7)30,30,31
30 PRINT 32
32 FORMAT(29HKBELADEBETRIEB KONTINUIERLICH)
GO TO 33
31 PRINT 34,Z
34 FORMAT(19HKBELADEBETRIEB MIT F5.2,14H TEILLADUNGEN)
GO TO 33
33 IF(N8H)35,35,36
35 PRINT 37
37 FORMAT(6HKWASTE)
GO TO 38
36 PRINT 39
39 FORMAT(19HKWIEDERAUFARBEITUNG)
GO TO 38
38 IF(N9)40,40,100
100 PRINT 41
41 FORMAT(26HK DER REAKTOR VERWENDET D20)
GO TO 40
40 H0=HK0-U2
H1=HK1+U3
PRINT 42, ANNU, EANN, DR, H0, H1, HK0X, HK1X
42 FORMAT (1HL,40X,16HRECHENERGEBNISSE///5X,36HANNUITAET JAHRESLEIST
LUNG STANDZEIT,9X,2HK0,13X,2HK1,13X,3HK0*,12X,3HK1*/7E15.5)
PRINT 43,BW,AKPF,BKPF,BRKPF
43 FORMAT(1HL,10X,7HBARWERT,13X,19HSPEZIFISCHE ANLAGE-,11X,9HBETRIEBS
1-,5X,23H UND BRENNSTOFF- KOSTEN/1E20.5,3E25.5)
PRINT 44,BRERS,BRLAU,BRERSS,BRLAUS,BRKS,GESKPF
44 FORMAT(45HLERSTCOREANTEIL UND LAUFENDE BRENNSTOFFKOSTEN,6X,69HSTEU
1ERANTEIL FUER ERSTCORE U. LAUF. BRENNSTOFFK. BEIDE STEUERANTEILE/
22E20.5,15X,3E20.5///20X,43HGESAMTE SPEZIFISCHE ENERGIEERZEUGUNGSKO
3STEN1E15.5)
PRINT 54,FAB,AUF,PUZ
54 FORMAT(6HKFAB =E12.5,3X,5HAUF =E12.5,5X,11HPU-KOSTEN =E12.5)
46 RETURN

```

C BAUZINSFAKTOR  
C

FUNCTION BWF RD,BAU  
IF(BAU) 1,2,1

2 BWF=1.

GO TO 3

1 BWF=3.65E-03\*RD\*BAU+0.975

3 RETURN

C PHASE 2

C

COMMON N14,N25,H25,

1 ANL,RD,N11,N4,N1,N5,BRK,AK,GESK,N53B,N52B,N7B,VZ1B,  
1VZ2B,VZ3B,VZ4B,DRB,ZB,CAPB,ETB,STOFFB,N53K,N52K,N7K,VZ1K,VZ2K,VZ3K  
2,VZ4K,DRK,ZK,CAPK,ETK,STOFFK,ABS,ORD,HIL  
DIMENSION BRK(10,5,5),AK(10,5),GESK(10,5,5),N25( 9),STOFFB(4,6),  
1ABS(40),ORD(40),C(6),STOFFK(4,6),HIL (22),HILV(22)  
1,NN(226,2),NNN(626,2),CAP(5)  
IF(N25(2)-5@SAND1)400,401,400

401 PRINT 1

1 FORMAT(1H1,40X,35HREAKTORSTRATEGIEN IN DER WIRTSCHAFT)  
GO TO 402

400 READ 1,N5,N10,N2,N3,N1,N4,N11,(CAP(I),I=1,N1),ANL,RD  
H25=CAP(1)

402 DO 2 I=1,N1

2 REWIND 1

C KURVENSCHLEIFE (ORDINATE IN GW ELEKTR.)

READ 1,N21,N2Q

IF(N2Q) 303,304,304

303 N2=-N2Q

GOTO 305

304 N2=N2Q

305 NSWI=0

IF(N21)3,4,3

3 DO 5 KURV=1,N2

DO 301 IHIL =1,22

301 HILV(IHIL )=0.

HILV(1)=1970.

HILV(2)=-2.

IF(N2Q) 300,55,53

300 READ 1,HILV

53 DO 202 I=1,40

ABS(I)=0.

202 ORD(I)=0.

READ 1,N10,N20,ANFZ,(ABS(I+1),ORD(I+1),I=1,N20),F51

IF(F51-3333.)8,6,8

8 PRINT 7,N10

7 FORMAT(25H1EINGABEFehler BEI KURVE A5)

GO TO 999

6 IF(N11)79,79,80

80 PRINT 81,N10,ANFZ

81 FORMAT(1HK/1HS,10X,23HEINGABEDATEN DER KURVE A5,5X,12HZEIT NULL =  
1F7.2//10X,8HABSZISSE,5X,8HORDINATE/)

DO 82 K=1,N20

82 PRINT 83,ABS(K),ORD(K)

79 IF(NSWI-2)54,52,52

83 FORMAT(1H ,7X,2E13.5)

C ZWEITYPENSCHLEIFE

54 IF(N14)2010,2010,2011

2010 READ1,N12

2011 IF(N12)25,25,26

26 NSWI=0

NZWEI=0

38 NZWEI=NZWEI+1

LL=0

11 IF(N14)2012,2012,2013

2013 N15=NNN(NZWEI,1)

N22=NCAP

N16=NNN(NZWEI,2)

N23=NCAP

```

N26=NEND
GO TO 2015
2012 READ 1,N15,N22,N16,N23,N26
2015 N24=0
      IF(N22-4)41,41,42
41  IF(N23-4)32,32,42
32  I=0
      LLL=0
16  READ TAPE N22,N53B,N52B,N7B,VZ1B,VZ2B,VZ3B,VZ4B,DRB,ZB,CAPB,ETB,
      1STOFFB
      I=I+1
      IF(N52B-N15)13,14,13
13  IF N14 2021,2021,16
2021 II=N4*N5-I
      IF(II)15,15,16
15  PRINT 17,N22
17  FORMAT(29H1FEHLER BEIM LESEN DES BANDES15)
      GO TO 999
14  IF(N21)308,309,309
308  DO 306 I=1,5
      DO 306 J=1,5
      BRK(N53B,I,J)=1.
306  AK(N53B,J)=0.
309  LLL=LLL+1
      IF(LL+1-LLL)101,101,16
101  REWIND N22
      IF(NSWI)33,33,30
33  I=0
      LLL=0
20  READ TAPE N23,N53K,N52K,N7K,VZ1K,VZ2K,VZ3K,VZ4K,DRK,ZK,CAPK,ETK,
      1STOFFK
      I=I+1
      IF(N52K-N16)18,19,18
18  IF(N14)2022,2022,20
2022 II=N4*N5-I
      IF(II)84,84,20
84  N22=N23
      GO TO 15
19  IF(N21)310,311,311
310  DO 307 I=1,5
      DO 307 J=1,5
      BRK(N53K,I,J)=0.
307  AK(N53K,J)=1.
311  LLL=LLL+1
      IF(LL+1-LLL)103,103,20
103  REWIND N23
      IF(NSWI)12,12,30
12  DO 302 IHIL=1,22
302  HIL(IHIL)=HILV(IHIL)
      IF(N14)2018,2018,2019
2019 NH=0
      WRITE TAPE 7,NH,NZWEI
2018 CALL STRAT(NSWI,N24,LL,ANFZ,N22,N23,N26,N10)
      IF(NSWI)21,21,37
C  EINTYPENSCHLEIFE
25  IF N14 2016,2016,5
2016 READ 1,N13
      IF(N13)5,5,28
28  NSWI=1
      NEIN=0
39  NEIN=NEIN+1

```

```

LL=0
52 READ 1,N24
   IF(N24)49,49,50
49 READ 1,N15,N22,N26
   GO TO 32
50 READ 1,N16,N23,N26
   GO TO 33
30 IF(N24)35,35,36
35 N53K=0
   N52K=0
   N7K=0
   VZ1K=0.
   VZ2K=0.
   VZ3K=0.
   VZ4K=0.
   DRK=0.
   ZK=0.
   CAPK=0.
   ETK=0.
   DO 85 I=1,4
   DO 85 J=1,6
85 STOFFK(I,J)=0.
   GO TO 12
36 N53B=0
   N52B=0
   N7B=0
   VZ1B=0.
   VZ2B=0.
   VZ3B=0.
   VZ4B=0.
   DRB=0.
   ZB=0.
   CAPB=0.
   ETB=0.
   DO 86 I=1,4
   DO 86 J=1,6
86 STOFFB(I,J)=0.
   GO TO 12
21 LL=LL+1
   IF(LL-N4)32,60,60
60 IF(NZWEI-N12)38,25,25
37 LL=LL+1
   IF(LL-N4)104,105,105
104 IF(N24)32,32,33
105 IF(NEIN-N13)39,5,5
   5 CONTINUE
   GO TO 55
C   WENN PHASE 1 FEHLT
   4 IF(N2Q)203,40,203
203 IF(N1-4)46,46,45
46 II=N4*N5
   IF(II-40)48,48,45
48 DO 44 L1=1,N5
   DO 44 L2=1,N4
   DO 44 L3=1,N1
   READ 1,BRK(L1,L2,L3),AK(L1,L3),GESK(L1,L2,L3)
   READ 1,N53B,N52B,N7B,VZ1B,VZ2B,VZ3B,VZ4B,DRB,ZB,CAPB,ETB,STOFFB,
   IF51
   IF(F51-3333.)45,44,45
44 WRITE TAPE L2,N53B,N52B,N7B,VZ1B,VZ2B,VZ3B,VZ4B,DRB,ZB,CAPB,ETB,
   1STOFFB

```

```

DO 201 I=1,N4
201 REWIND I
GO TO 3
55 IF(N14)2017,2017,2020
2020 NH=0
NHH=4@ENDE
WRITE TAPE 7,NH,NHH
GO TO 59
2017 READ 1,N14
IF(N14)998,998,40
998 CALL CHAIN(08929,1)
42 PRINT 43
43 FORMAT(55H1EINGABEFehler BEI DER KAPPANUMMER FUER BANDOPERATIONEN)
GO TO 999
C UNGEBUNDENE MEHRTYPENSTRATEGIEN
40 IF(N25(2)-5@SAND1)204,3002,204
3002 PRINT 200
200 FORMAT(51HLUNGEBUNDENE MEHRTYPENSTRATEGIEN NICHT PROGRAMMIERT/29HJ
1EINTYPENSTRATEGIEN VERWENDEN)
GO TO 999
C AUTOMATISCHE VARIATIONEN
204 READ 1,NBI,BJ,DBI,NPUB,PUC,DPUB,NPUK,PUL,DPUK,NVZK,VZL,DVZK,NEND,
IN2
REWIND 1
PRINT 205
205 FORMAT(25HLAUTOMATISCHE VARIATIONEN//////////)
I=0
DO 206 IPUK=1,NPUK
PPUK=IPUK-1
PUK=PUL+DPUK*PPUK
DO 206 IVZK=1,NVZK
PVZK=IVZK-1
VZK=VZL+DVZK*PVZK
I=I+1
N52B=3@K00
N52B=XSTOREF(N52B,55,I)
IH=I/10
N52B=XSTOREF(N52B,33,IH)
NN(I,1)=N52B
N7B=0
VZ1B=0
VZ2B=0
VZ3B=0
DRB=0
ZB=1.
CAPB=H25
ETB=0
DO 207 J=1,4
DO 207 K=1,6
207 STOFFB(J,K)=0.
STOFFB(3,1)=PUK
206 WRITE TAPE 1,I,N52B,N7B,VZ1B,VZ2B,VZ3B,VZK ,DRB,ZB,CAPB,ETB,STOFFB
IIH=I
DO 208 IBI=1,NBI
PBI=IBI-1
BI=BJ+DBI*PBI
DO 208 IPUB=1,NPUB
PPUB=IPUB-1
PUB=PUC+DPUB*PPUB
I=I+1
N52B=3@B00

```

```
N52B=XSTOREF(N52B,55,I-IIH)
IH=(I-IIH)/10
N52B=XSTOREF(N52B,33,IH)
I99=I-IIH
NN(I99,2)=N52B
STOFFB(3,1)=PUB
STOFFB(2,1)=BI
VZ4B=1.
208 WRITE TAPE 1,I,N52B,N7B,VZ1B,VZ2B,VZ3B,VZ4B,DRB,ZB,CAPB,ETB,STOFFB
NCAP=1
NSWI=0
N12=NPUK*NVZK*NBI*NPUB
REWIND 7
REWIND 1
N11=0
N13=0
N2Q=-1
JJJ=0
JK=0
DO 2014 J=1,NBI
DO 2014 K=1,NPUB
JJJ=JJJ+1
KKK 0
DO 2014 JJ=1,NPUK
DO 2014 KK=1,NVZK
KKK=KKK+1
JK=JK+1
NNN(JK,1)=NN(JJJ,2)
2014 NNN(JK,2)=NN(KKK,1)
GO TO 3
45 PRINT 47
47 FORMAT(50H1EINGABEFUEHLER BEI DEN STOFFFAKTOREN UND KENNZAHLEN)
GO TO 999
59 CALL CHAIN(3,+1)
999 CALL EXIT
```

## C STRATEGIENPROGRAMM

```

C
C
SUBROUTINE STRAT(NSWI,N24,LL,ANFZ,NQ2,N23,N26,N10)
COMMON N14,N25,ANL,RD,N11,N4,NN,N5,BRK,AK,GESK,N53B,N52B,N7B,VZ1B,
1VZ2B,VZ3B,VZ4B,DRB,ZB,CAPB,ETB,STOFFB,N53K,N52K,N7K,VZ1K,VZ2K,VZ3K
2,VZ4K,DRK,ZK,CAPK,ETK,STOFFK,ABS,ORH,GKBG,GKBAK,GKBBR,GKG,GKAK,
1 GKBR,GJKG,GJKAK,GJKBR,SENT,SANG,SU,SAB,SN,SPU,ENT,ANG,U,AB,FN,PU,
1BWBZ
DIMENSION BRK(10,5,5),AK(10,5),GESK(10,5,5),N25(10),STOFFB(4,6),
1STOFFK(4,6), B(200),C(200),TA(1000),TE(200),TNK(200),
2TNB(200),ABS(40),ORD(40),ORH(40),BWG(6),BWAK(6),BWBR(6),RDH(6)
IF(NSWI-1)147,147,148
148 REWIND 5
147 NSWIH=NSWI+1
IF(N14)6,2028,6
2028 GO TO (2,3,4),NSWIH
2 PRINT 1
GO TO 6
1 FORMAT (1HT,40X,18HZWEITYPENSTRATEGIE)
3 PRINT 5
GO TO 6
5 FORMAT (1HT,40X,17HEINTYPENSTRATEGIE)
4 IF(N11)6,6,7
7 PRINT 8
8 FORMAT (1HT,30X,56HEINTYPENRECHNUNG FUER DIE UNGEBUNDENE MEHRTY
1PENSTRATEGIE)
6 T=0.
NAB=BWBZ
SH=SPU
MH=ANFZ
M=MH/5*5-MH-5
MHH=M
RR=0.
RRH=0.
TH2=0.
GESKH=0.
AKH=0.
BRKH=0.
PUX=0.
NSWI4=0
NSWI2=0
NSWI3=0
NSWI5=0
DO 2036 I=1,6
BWAK(I)=0.
BWBR(I)=0.
2036 BWG(I)=0.
IF(N14)2033,2102,2033
2102 BWAK(1)=GKBAK
BWBR(1)=GKBBR
BWG(1)=GKBG
GO TO 2034
2033 DO 2035 I=1,4
DO 2035 J=2,6
STOFFK(I,J)=0.
2035 STOFFK(I,J)=0.
NSWI=0
STOFFK(1,2)=1.
STOFFB(1,5)=1.
BWAK(1)=GKBR
BWAK(2) GKAK

```

```

BWAK(3)=GKG
BWAK(4)=GKBBR
BWAK(5)=GKBAK
BWAK(6)=GKBG
GKBR=0.
GKAK=0.
GKG=0.
GKBBR=0.
GKBAK=0.
GKBG=0.
GJKAK=GJKBR
GJKBR=0.
GJKG=0.
N11=0
2034 F2=87.6E+06
2008 LLL=LL+1
      ORH(1)=0.
      ABS(1)=ABS(2)-1.
      BWH=1.+0.01*RD
      IF(N14)2100,2101,2100
2100 BI=STOFFB(2,1)*4./3.
      GO TO 202
2101 IF(N7B)200,200,201
200 BI=STOFFB(2,1)
      GO TO 202
201 BI=STOFFB(2,1)*(ZB+1.)/ZB
202 DO 9 I=1,200
      B(I)=1000.
      C(I)=1000.
      TNK(I)=1000.
      TNB(I)=1000.
      9 TE(I)=1000.
      DO 233 I=1,1000
233 TA(I)=1000.
      I11=1
      N22=0
      M22=0
      IR1=1
      IK1=1
      IK2=1
      IB1=1
      IB2=1
      J=1
      M1=1
      M2=1
      N1=2
      N2=1
      K1=1
      K2=1
      I1=1
      I2=1
      IF(NSWI) 2003,2003,101
101 IF(N14) 2038,2037,2038
2038 RETURN
2037 IF(N24) 103,103,104
104 BI=10.E+06
      GESKK=GESK(N53K,LLL,N23)*F2*CAPK
      BRKK=BRK(N53K,LLL,N23)*F2*CAPK
      AKK=AK(N53K,N23)*F2*CAPK
      N15H=N52K
      GO TO 106

```

```

103 PU=10.E+06
GESKB=GESK(N53B,LLL,NQ2)*F2*CAPB
BRKB=BRK(N53B,LLL,NQ2)*F2*CAPB
AKB=AK(N53B,N22)*F2*CAPB
N15H=N52B
GO TO 106
2003 IF N14 2039,2040,2039
2039 GESKK=0.
GESKB=F2*CAPB
BRKK=F2 *CAPB
BRKB=0.
AKK=0.
AKB=0.
GO TO 106
2040 GESKK=GESK(N53K,LLL,N23)*F2*CAPK
GESKB=GESK(N53B,LLL,NQ2)*F2*CAPB
BRKK=BRK(N53K,LLL,N23)*F2*CAPK
BRKB=BRK(N53B,LLL,NQ2)*F2*CAPB
AKK=AK(N53K,N23)*F2*CAPK
AKB=AK(N53B,NQ2)*F2*CAPB
106 VB=VZ4B+VZ3B
VKE=VZ3K
VK=VZ4K+VZ3K
IF(N7B)203,203,204
203 VHB=0.5*DRB
GO TO 205
204 VHB=DRB*(ZB-1.)/(2.*ZB)
205 IF(N7K)102,102,105
102 VHK=0.5*DRK
GO TO 138
105 VHK=DRK*(ZK-1.)/(2.*ZK)
138 H1=STOFFB(1,1)-STOFFB(3,1)
H2=STOFFK(1,1)-STOFFK(3,1)
IF(N14)2029,2030,2029
2030 IF(NSWI)139,139,140
140 IF(N24)145,145,141
139 PRINT 142,N52B,BI,H1,VHB,VB
142 FORMAT(1H ,7HBRUETER,2X,A5,5X,8HINVENTAR,2X,F6.3,5X,11HPU-AUSSTOSS
1,2X,F6.3,5X,17HVERZOEGERUNGSZEIT,2X,F6.3,5X,12HEINBRENNZEIT,2X,F6.
23)
141 PRINT 143,N52K,STOFFK(4,1),H2,VHK,VK
143 FORMAT(1H ,9HKONVERTER,2X,A5,4X,7HPU-ERBE,2X,F6.3,5X,11HPU-AUSSTOS
1S,2X,F6.3,5X,17HVERZOEGERUNGSZEIT,2X,F6.3,5X,12HEINBRENNZEIT,2X,F6
2.3)
146 PRINT 144,N10
144 FORMAT(1HT,5HKURVE,2X,A5)
IF(N11)1721,1721,1701
1701 PRINT 170
170 FORMAT(27H ERLAEUTERUNGEN ZUR TABELLE/123HJGW= GW ELEKTRISCH INSTA
LLIERT, T = ZEIT MIT KURVENBEGINN ALS NULLPUNKT, *BXY = BRUETER-BA
ZU-NR.XY,KXY = KONVERTER-BAU-NR.XY)
PRINT 171
171 FORMAT (93HJBVXY = BRUETER NR.XY BEGINNT MIT PU-AUSSTOSS, KVXY = K
ONVERTER NR.XY BEGINNT MIT PU-AUSSTOSS/78HS-KXY= KONVERTER NR.XY S
2TIRBT, *KXY = KONVERTER NR.XY STOESST SEIN INVENTAR AB)
1721 PRINT 172
172 FORMAT (10H GW ZEIT,8X,1HT,25X,64HPU /JAHR UNAT /JAHR UAB /JAHR
1 U235 /JAHR UANG /JAHR DIFFL/JAHR/45X,2HPU,9X,4HUNAT,7X,3HUAB,8X,
24HU235,7X,4HUANG,7X,5HDIFFL)
PRINT 173
173 FORMAT (1HT,15X,110HKOSTEN VON ANLAGE/JAHR BRENNST/JA GESAMT/JA

```

```

1 ANLAGE   BRENNSTOFF  GESAMT   ANLAGE-BW  BRENNST-BW  GESAMT-BW)
2029 IR1=0
      GO TO 1723
145 PRINT 142,N52B,BI,H1,VHB,VB
      GO TO 146
C
1723 HN2=N22
      HM2=M22+1
      IF(CAPB*HN22+CAPK*HM22)1722,1722,1803
1803 RR=HN22+HM22
      ORD(IR1+1)=ORH(IR1+1)*RR/(CAPB*HN22+CAPK*HM22)
      IF IR1-1 2000,1802,1802
2000 IR1=1
      GO TO 1723
1802 IF(ORD(IR1+1)-ORD(IR1))1722,2001,1801
1722 PRINT 1724
1724 FORMAT(13HLKURVE FAELLT)
      RETURN
100 IF(RRH-RR)1725,1801,1725
1801 RR=J
      RR=(RR-ORD(IR1))*(ABS(IR1+1)-ABS(IR1))/(ORD(IR1+1)-ORD(IR1))+ABS(IR1)
      IF(RR-ABS(IR1+1))1740,1740,1726
1740 IF(RR-ABS(1))1741,1725,1725
1741 RR=ABS(1)
      GO TO 1725
2001 IF(IR1-1)1722,1726,1722
1726 IR1=IR1+1
      THH2=ABS(2)
      GO TO 1723
1725 IF(M2-198)212,206,206
206 IF(M2-M1-196)208,209,209
209 PRINT 210
210 FORMAT(57HLSPEICHERKAPAZITAET WEGEN ZU STEILER KURVE UEBERSCHRITTE
IN)
      GO TO 998
208 M2=M2-M1+1
      DO 211 I=1,M2
      IHI=I+M1-1
211 C(I)=C(IHI)
      M2H=M2+1
      M1=1
      DO 228 I=M2H,200
228 C(I)=1000.
212 IF(N2-198)213,214,214
214 IF(N2-N1-195)215,209,209
215 N2=N2-N1+2
      DO 216 I=2,N2
      IHI=I+N1-2
216 B(I)=B(IHI)
      N2H=N2+1
      N1=2
      DO 229 I=N2H,200
229 B(I)=1000.
213 IF(I2-198)217,218,218
218 IF(I2-I1-196)219,209,209
219 I2=I2-I1+1
      DO 220 I=1,I2
      IHI=I+I1-1
220 TE(I)=TE(IHI)
      I2H=I2+1

```

```

I1=1
DO 230 I=I2H,200
230 TE(I)=1000.
217 IF(IK2-198)221,222,222
222 IF(IK2-IK1-196)223,209,209
223 IK2=IK2-IK1+1
DO 224 I=1,IK2
IHI=I+IK1-1
224 TNK(I)=TNK(IHI)
IK2H=IK2+1
IK1=1
DO 231 I=IK2H,200
231 TNK(I)=1000.
221 IF(IB2-198)207,225,225
225 IF(IB2-IB1-196)226,209,209
226 IB2=IB2-IB1+1
DO 227 I=1,IB2
IHI=I+IB1-1
227 TNB(I)=TNB(IHI)
IB2H=IB2+1
IB1=1
DO 232 I=IB2H,200
232 TNB(I)=1000.
GO TO 207
207 CK=C(M1)
BB=B(N1)
TATA=TA(K1)
TETE=TE(I1)
TNKH=TNK(IK1)
TNBH=TNB(IB1)
IF(RR-CK)13,13,11
11 IF(CK-BB)16,16,14
13 IF(RR-BB)20,20,14
C STOFFBILLANZ BEI REAKTORBAU
20 PU=PU+SPU*(RR-T)
THH2=TH2
A=0.
236 IF(RR-TNKH)234,235,235
235 IF(TNBH-TNKH)237,238,238
C KONVERTERKORREKTUR
238 VH=TNKH-TH2
TH2=TNKH
IK1=IK1+1
TNKH=TNK(IK1)
FN=FN+SN*VH
AB=AB+SAB*VH
U=U+SU*VH
ANG=ANG+SANG*VH
ENT=ENT+SENT*VH
SN=SN+STOFFK(1,3)-STOFFK(3,3)
SAB=SAB+STOFFK(1,2)-STOFFK(3,2)
SANG=SANG+STOFFK(1,5)-STOFFK(3,5)
SU=SU+STOFFK(1,4)-STOFFK(3,4)
SENT=SENT+STOFFK(1,6)-STOFFK(3,6)
GO TO 236
C BRUETERKORREKTUR
237 IF(A)1727,1727,1728
1727 A=1.
TH2=THH2
1728 VH=TNBH-TH2
TH2=TNBH

```

```

IB1=IB1+1
TNBH=TNB( IB1)
FN=FN+SN*VH
AB=AB+SAB*VH
U=U+SU*VH
ANG=ANG+SANG*VH
ENT=ENT+SENT*VH
SN=SN+STOFFB(1,3)-STOFFB(3,3)
SAB=SAB+STOFFB(1,2)-STOFFB(3,2)
SU=SU+STOFFB(1,4)-STOFFB(3,4)
SANG=SANG+STOFFB(1,5)-STOFFB(3,5)
SENT=SENT+STOFFB(1,6)-STOFFB(3,6)
GO TO 236
234 IF(RR-TNBH)21 ,237,237
C ALLGEMEINE STOFFBILANZ
239 TH=RR-TH2
FN=FN+SN*TH
AB=AB+SAB*TH
U=U+SU*TH
ANG=ANG+SANG*TH
ENT=ENT+SENT*TH
C KOSTENBILLANZ BEI REAKTORBAU
TH3=RR-THH2
GKG=GKG+GJKG*TH3
GKAK=GKAK+GJKAK*TH3
GKBR=GKBR+GJKBR*TH3
HM=MH
IF(N14)2022,2023,2022
2022 NRD=6
DO 2026 IRD=1,NRD
HRD=IRD-1
2026 RDH IRD 1. 0.04*HRD ** BWBZ-HM-0.5* RR RRH
GO TO 2027
2023 NRD=1
RDH(1)=(1.+0.01*RD)**(BWBZ-HM-0.5*(RR+RRH))
2027 RRH=RR
DO 2011 IRD=1,NRD
BWG(IRD)=(GJKG*TH3)*RDH(IRD)      BWG IRD
BWAK(IRD)=(GJKAK*TH3)*RDH(IRD)    BWAK IRD
BWBR(IRD)=(GJKBR*TH3)*RDH(IRD)    BWBR IRD
2011 CONTINUE
IF(N14)2024,2025,2024
2025 GKBG=BWG(1)
GKBAK=BWAK(1)
GKBBR BWBR 1
2024 GJKG GJKG GESKH
GJKAK=GJKAK+AKH
GJKBR=GJKBR+BRKH
IF(LSWI)1729,1729,1730
21 IF(RR-TATA)23,22,22
C KONVERTERSTERBEN
22 J1=J-1
TA(K1)=1000.
NSWI4=1
PH=(SPU+STOFFK(1,1)-STOFFK(3,1))*(RR-RRH)
125 IF(PH-BI)24,25,25
25 PHH=PH+PU-2.*BI
IF(PHH)24,26,26
C BRUETERERSATZ FESTGESTELLT
26 B(N2)=RR+VB
N2=N2+1

```

```

TE(I2)=RR+VKE
I2=I2+1
109 SPU=SPU+STOFFK(1,1)-STOFFK(3,1)
    FN=FN-STOFFK(4,3)
    AB=AB-STOFFK(4,2)
    U=U-STOFFK(4,4)
    ANG=ANG-STOFFK(4,5)
    ENT=ENT-STOFFK(4,6)
    SN=SN-STOFFK(1,3)+STOFFK(3,3)
    SAB=SAB-STOFFK(1,2)+STOFFK(3,2)
    SU=SU-STOFFK(1,4)+STOFFK(3,4)
    SANG=SANG-STOFFK(1,5)+STOFFK(3,5)
    SENT=SENT-STOFFK(1,6)+STOFFK(3,6)
    GJKG=GJKG-GESKK
    GJKAK=GJKAK-AKK
    GJKBR=GJKBR-BRKK
    IF(N11)1731,1731,1732
1732 PRINT 107,K1
    107 FORMAT(1H+,120X,2H-KI3)
1731 K1=K1+1
    TATA=TA(K1)
    IF(NSWI2)242,242,23
    242 NSWI3=1
        GO TO 23
    240 NSWI3=0
    245 GO TO 100
    244 NSWI2=0
        GO TO 245
C   KONVERTERERSATZ FESTGESTELLT
    24 TA(K2)=TATA+ANL
        K2=K2+1
        NSWI2=1
        GO TO 109
    23 IF(RR-TETE)28,27,27
C   KONVERTERERBSCHAFT
    27 PU=PU+STOFFK(4,1)
        IF(N11)1733,1733,1734
1734 PRINT 113,I1
    113 FORMAT(1H+,126X,2H*KI3)
1733 I1=I1+1
        I11=I11+1
        TETE=TE(I1)
        GO TO 23
    28 T=RR
        IF(NSWI2)108,108,29
    108 IF(PU-BI)29,32,32
C   BRUETER-BAU
    32 PU=PU-BI
        N22=N22+1
        AB=AB+STOFFB(2,2)
        FN=FN+STOFFB(2,3)
        U=U+STOFFB(2,4)
        ANG=ANG+STOFFB(2,5)
        ENT=ENT+STOFFB(2,6)
        PUX=PU
        B(N2)=RR+VB
        ZEIT=ANFZ+RR
        GO TO 1735
1729 IF(NSWI)118,118,116
    116 IF(N24)117,117,118
    117 PUX=PU-10.E+06

```

```

GO TO 115
118 PUX=PU
115 IF(N11)302,302,249
303 LSWI2=1
GO TO 304
302 LSWI2=0
304 MM=RR
IF(M-MM+5)305,305,306
306 IF(LSWI2)149,149,300
305 M=M+5
MHHH=MH+M
K11=K1-1
IF(N14)2012,2014,2012
2012 M22H=M22-K11
NH=40
WRITE TAPE 7,NH,N52B,STOFFB(2,1),H1,N52K,VK,H2,N10,MH,SN, FN,
1MHHH,J,N22,M22H,SPU,
1PUX,SH,NAB,AB,SENT,SANG,ANG,
1 BWG IRD ,BWAK IRD ,BWBR IRD ,IRD 1,6
GO TO 2009
2014 PRINT 307,J,MHHH,RR,N22,M22,SPU,SN,SAB,SU,SANG,SENT,K11,PUX,
1FN,AB,U,ANG,ENT
PRINT 308,GJKAK,GJKBR,GJKBG,GKAK,GKBR,GKG,GKBAK,GKBRR,GKBBG
307 FORMAT(1H I3,I6,F8.2,3H BI4,3H KI4,6E15.4,4X,2H-KI4/1HS31X,6E15.
14)
308 FORMAT(1HT26X,3(3E11.4,2X))
2009 IF(LSWI2)251,251,254
249 IF N14 149,2032,149
2032 PRINT 114,J,ZEIT,RR,N22,SPU,SN,SAB,SU,SANG,SENT
114 FORMAT(1H ,I3,2F9.2,1X,2H*BI3,6E11.4)
PRINT 120,PUX,FN,AB,U,ANG,ENT
120 FORMAT(1H ,27X,6E11.4)
PRINT 121,GJKAK,GJKBR,GJKBG,GKAK,GKBR,GKG,GKBAK,GKBRR,GKBBG
121 FORMAT(1HS,27X,9E11.4)
251 GO TO 149
149 N2=N2+1
TH2=RR
GO TO 1736
1735 AKH=AKB
BRKH=BRKB
GESKH=GESKB
LSWI=0
GO TO 239
1736 TNB(IB2)=RR+VHB
IB2=IB2+1
IF(NSWI3)241,241,240
241 J=J+1
GO TO 99
C KONVERTER-BAU
29 C(M2)=RR+VK
TA(K2)=RR+ANL
M22=M22+1
PU=PU+STOFFK(2,1)
AB=AB+STOFFK(2,2)
FN=FN+STOFFK(2,3)
U=U+STOFFK(2,4)
ANG=ANG+STOFFK(2,5)
ENT=ENT+STOFFK(2,6)
K2=K2+1
ZEIT=ANFZ+RR
GO TO 1737

```

```

1730 PUX=PU
2031 IF(N11)303,303,252
  252 PRINT 122,J,ZEIT,RR,M22,SPU,SN,SAB,SU,SANG,SENT
  122 FORMAT(1H,13,2F9.2,2X,1HK13,6E11.4)
  PRINT 120,PUX,FN,AB,U,ANG,ENT
  PRINT 121,GJKAK,GJKBR,GJKG,GKAK,GKBR,GKG,GKBAK,GKBBR,GKBBG
  254 GO TO 300
300 NSWI5=0
  M2=M2+1
  TH2=RR
  GO TO 1738
1737 AKH=AKK
  BRKH=BRKK
  GESKH=GESKK
  LSWI=1
  GO TO 239
1738 TNK(IK2)=RR+VHK
  IK2=IK2+1
  IF(NSWI2)243,243,244
  243 J=J+1
  GO TO 99
C  BRUETER PU-AUSWIRKUNG
  14 PU=PU+SPU*(BB-T)
  SPU=SPU-STOFFB(1,1)+STOFFB(3,1)
  123 T=BB
  IF(N11)257,257,255
  255 PRINT 129,N1
  129 FORMAT(1H+,108X,2HBVI3)
  257 N1=N1+1
  GO TO 100
C  KONVERTER PU-AUSWIRKUNG
  16 PU=PU+SPU*(CK-T)
  SPU=SPU-STOFFK(1,1)+STOFFK(3,1)
  130 T=CK
  IF(N11)260,260,258
  258 PRINT 131,M1
  131 FORMAT(1H+,114X,2HKVI3)
  260 M1=M1+1
  GO TO 100
  99 IF(J-1000)133,998,998
  133 IF(N14)2021,2020,2021
2021 NZEIT=ZEIT
  IF NZEIT-N26 246,995,995
2020 IF(J-N26)246,998,998
  246 IF(NSWI)273,273,100
  273 IF(NSWI4)100,100,247
  247 IF(K2-K1)998,998,100
  999 IF(NSWI-1)998,998,996
  996 N14=0
  N11=1
  GO TO 998
  998 PRINT 997
  997 FORMAT(1H1)
  995 RETURN

```

```

C      NORMSTRATEGIENAUSDRUCK
C
COMMON N14,N25
DIMENSION F(40,19),K(40,19),DK(19),DB(19),PP(2,19,6), DPU(19),N1(
14),N2(6),N3(5),N4(12),N5(3),N6(3,6),N7(2,6),NF(8),NFH(16),N25(9)
EQUIVALENCE (F,K)
IF(N25)102,212,212
212 REWIND 5
IF(N25)102,104,103
104 N25=1
GO TO 102
101 IF(M-4@ENDE)103,120,103
103 READ TAPE 5,N,M
IF(N)103,101,103
120 BACKSPACE 5
102 REWIND 7
N1(1)=1@
N1(2)=5@ G
N1(3)=5@ K
N1(4)=5@ B
N2(1)=5@ 00
N2(2)=5@ 04
N2(3)=5@ 08
N2(4)=5@ 12
N2(5)=5@ 16
N2(6)=5@ 20
N3(1)=2@GW
N3(2)=2@ D
N3(3)=2@ I
N3(4)=2@BW
N3(5)=2@PF
I3=0
DO 16 I1=1,3
DO 16 I2=1,4
I3=I3+1
16 N4(I3)=XSTOREF(N3(I1),45,N1(I2))
DO 17 I1=1,3
N5(I1)=XSTOREF(N3(4),45,N1(I1+1))
DO 17 I2=1,6
17 N6(I1,I2)=XSTOREF(N5(I1),69,N2(I2))
DO 18 I1=1,2
N5(I1)=XSTOREF(N3(5),45,N1(I1+2))
DO 18 I2=1,6
18 N7(I1,I2)=XSTOREF(N5(I1),69,N2(I2))
N8=5@PUE/A
N9=5@PUR/A
N10=5@PURKU
NF(1)=4@(/1H
NF(2)=2@A5
NF(3)=1@
NF(4)=1@
NF(5)=1@
NF(6)=1@
NF(7)=1@
NF(8)=1@)
NFH(1)=3@8X
NFH(2)=4@16X
NFH(3)=5@ 6
NFH(4)=5@ 5
NFH(5)=5@ 4
NFH(15)=4@I4,

```

```

NFH(16)=3@4X)
NFH(6)=4@F8.0
NFH(7)=4@F8.1
NFH(8)=4@F8.2
NFH(9)=4@F8.3
NFH(10)=1@
NFH(11)=4@,2X,
NFH(12)=4@,3X,
NFH(13)=4@,4X,
NFH(14)=4@,5X,
11 J=0
DO 8 I=1,40
DO 8 KN 1,8
8 F(I,KN)=0.
6 J=J+1
IF(J-19)25,23,23
25 READ TAPE 7,NH, F I,J 1 ,I 1,NH
IF NH 6,3,6
2 IF(K(1,J+1)-4@ENDE)1,4,1
4 IF(N25)301,300,300
300 WRITE TAPE 5,NH,K(1,J+1)
301 CALL CHAIN(08929,1)
3 IF(J-1)2,2,7
1 PRINT 5,K(1,J+1)
IF(N25)11,302,302
302 WRITE TAPE 5,NH,K(1,J+1)
5 FORMAT(1H126X,1H-15,2H -)
GO TO 11
7 BACKSPACE 7
J=J-1
DO 9 KN 2,J
DPU(KN-1) = F(16,KN+1)-F(16,KN-1) *0.1
DK(KN-1)=0.1*FLOATF(K(14,KN+1)-K(14,KN-1))
9 DB(KN-1) = 0.1*FLOATF(K(13,KN+1)-K(13,KN-1))
DO 10 KN=2,J
DO 10 L=1,6
F(3*L+20,KN)=F(3*L+20,KN)*1.E-09
F(3*L+21,KN)=F(3*L+21,KN)*1.E-09
F(3*L+22,KN)=F(3*L+22,KN)*1.E-09
IF(F(3*L+22,KN))32,32,33
32 PP(1,KN-1,L)=9999.
GO TO 34
33 PP(1,KN-1,L)=1./F(3*L+22,KN)
34 IF(F(3*L+20,KN))35,35,36
35 PP(2,KN-1,L)=9999.
GO TO 10
36 PP 2,KN-1,L 1./F 3*L 20,KN
10 CONTINUE
IF(F(9,2))41,41,42
41 DPUH=0.
GO TO 43
42 DPUH=F(17,2)/F(9,2)*(-1.)
43 PRINT 12,K(7,2),K(8,2),F(9,2),DPUH,
1 K(4,2),F(6,2),F(5,2),K(1,2),F(3,2),F(2,2) ,K(18,2)
NWT=11
IF(N25)200,201,201
201 WRITE TAPE 5,NWT,K(7,2),K(8,2),F(9,2),DPUH,K(4,2),F(6,2),F(5,2),
1K(1,2),F(3,2),F(2,2),K(18,2)
12 FORMAT(6HJKURVEA6,3H ABI5,4H MITF4.0,12H GW GRUNDTYP 3X,
14HDPU=F6.3/10H KONVERTER
1A6,5H DPU F6.3,4H VZ F6.2/8H BRUETERA8,5H DPU F6.3,4H BI F6.2,

```

```

16X,5HBEZUGI5 /
2JZEIT      1975      1980      1985      1990      1995      2000)
57H
200 II=1
    DO 13 I=2,8
    IF K 11,I -1975 13,15,15
13 CONTINUE
23 CALL DUMP
15 II=(K(11,I)-1975)/5+1
    GO TO 19,20,21,22 ,II
22 GO TO 23
19 NF(4)=NFH(10)
    NF(5)=NFH(3)
    III=I+5
    GO TO 24
20 NF(4)=NFH(1)
    NF(5)=NFH(4)
    III=I+4
    GO TO 24
21 NF(4)=NFH(2)
    NF(5)=NFH(5)
    III=I+3
24 NF(6)=NFH(15)
    NF(3)=NFH(14)
    NF(7)=NFH(16)
    KHF=F(9,2)
    DO 40 KN=I, III
40 K(12,KN)=K(12,KN)+KHF
    PRINT NF,N4(1), (F(12,KN),KN=I,III),N4(3), (F(14,KN),KN=I,III),N4(4)
    1,(F(13,KN),KN=I,III)
    NWT=(III-I+2)*3
    IF(N25)202,203,203
203 WRITE TAPE 5,NWT,N4(1), (F(12,KN),KN=I,III),N4(3), (F(14,KN),KN=I,
    1III),N4(4), (F(13,KN),KN=I,III)
202 NF(6)=NFH(7)
    NF(7)=NFH(10)
    NF(3)=NFH(12)
    PRINT NF,N4(7), (DK(KN-1),KN=I,III),N4(8), (DB(KN-1),KN=I,III)
    NWH=(III-I+2)*2
    IF(N25)204,205,205
205 WRITE TAPE 5,NWH,N4(7), (DK(KN-1),KN=I,III),N4(8), (DB(KN-1),KN=I,
    1III)
204 NF(6)=NFH(6)
    NF(3)=NFH(11)
    PRINT NF,N4(10), (F(10,KN),KN=I,III),N4(11), (F(19,KN),KN=I,III),
    1N4(12), (F(22,KN),KN=I,III)
    IF(N25)206,207,207
207 WRITE TAPE 5,NWT,N4(10), (F(10,KN),KN=I,III),N4(11), (F(19,KN),KN=I,
    1III),N4(12), (F(22,KN),KN=I,III)
206 NF(6)=NFH(8)
    NF(3)=NFH(13)
    PRINT NF,N8,(F(15,KN),KN=I,III),N9,(DPU(KN-1),KN=I,III),N10,(F(16,
    1KN),KN=I,III)
    IF(N25)208,209,209
209 WRITE TAPE 5,NWT,N8,(F(15,KN),KN=I,III),N9,(DPU(KN-1),KN=I,III),
    1N10,(F(16,KN),KN=I,III)
208 DO 30 L=1,6
    LH=(L+1)/2
    NF(6)=NFH(LH+6)
    NF(3)=NFH(LH+11)
    IF(N25)30,211,211
211 WRITE TAPE 5,NWT,N6(1,L), (F(3*L+21,KN),KN=I,III),N6(2,L), (F(3*L+22

```

```
1,KN),KN=I,III),N6(3,L),(F(3*L+20,KN),KN=I,III)
30 PRINT NF,N6(1,L),(F(3*L+21,KN),KN=I,III),N6(2,L),(F(3*L+22,KN),KN=
1I,III),N6(3,L),(F(3*L+20,KN),KN=I,III)
NF(6)=NFH(8)
NF(3)=NFH(13)
NWT=NWT*2
DO 31 L=1,2
IF(N25)31,210,210
210 WRITE TAPE 5,NWT,(N7(L,LL),(PP(L,KN-1,LL),KN=I,III),LL=1,6)
31 PRINT NF,(N7(L,LL),(PP(L,KN-1,LL),KN=I,III),LL=1,6)
GO TO 11
```

C  
C  
AUSWERTUNG DER NORMSTRATEGIEN

```

DIMENSION F(42,13),K(42,13),TR(3,12),UN(12)           ,DPUB(9),BI(
19),SPKB(9),BW(12,6),NKURV(12),NBEG(12),FPU(12),
2NBEZ(12),FDPUB(12),FBI(12),FSPKB(12)
EQUIVALENCE (F,K)
REWIND 5
LL=0
READ 1,FAKT,DPUG,DUG,UIG,DDG,DIG,SPKG,DPUK,VZK,DUK,UIK,DDK,DIK,SP
IKK,NB,(DPUB(I),BI(I),SPKB(I),I=1,NB)
1 FORMAT(1H )
DPUG=-DPUG
DPUK=-DPUK
DO 67 I=1,NB
67 DPUB(I)=-DPUB(I)
9 READ TAPE 5,NH,NTEST
IF(NH)3,2,3
3 CALL DUMP
2 IF(NTEST -4@ENDE)5,6,5
5 DO 4 J=1,13
4 READ TAPE 5,N,(F(I,J),I=1,N)
NN=N/6
READ TAPE 5,NH,NTEST
IF(NH)7,8,7
7 CALL DUMP
8 BACKSPACE 5
IF(DPUG-F(4,1))46,10,47
46 IF(1.1*DPUG-F(4,1))9,10,9
47 IF(0.9*DPUG-F(4,1))9,10,9
10 IF(DPUK-F(6,1))9,11,9
11 IF(VZK-F(7,1))9,12,9
12 DO 100 KI=1,NB
IF(DPUB(KI)-F(9,1))100,13,100
13 IF(BI(KI)-F(10,1))100,14,100
100 CONTINUE
GO TO 9
14 LL=LL+1
UN(LL)=( DUG*F(NN,4)+UIG*F(3,1)+DUK*F(2*NN,4)+UIK*FLOATF(K(2*NN,2)
1)))*FAKT*1.E-03
IF(NN-5)16,17,18
16 CALL DUMP
17 IH=2
TR(3,LL)=99.9
GO TO 19
18 IH=3
19 DO 15 I=1,IH
II=NN-(I-1)*2
III=2*NN-(I-1)*2
15 TR(I,LL)=(DDG*F(3,1)+DDK*FLOATF(K(III,2))+DIK*F(II,3))*FAKT*1.E-03
IF(NN-6)101,102,101
102 TR(I,LL)=FAKT*DIG*(F(II,3)+F(III,3))*1.E-03+TR(I,LL)
101 DO 105 I=1,6
105 BW(LL,I)=(SPKG*F(NN,I+5)+SPKB*F(2*NN,I+5)+SPKB(KI)*F(3*NN,I+5))*
1FAKT
NKURV(LL)=K(1,1)
NBEG(LL)=K(2,1)
NH=3*NN-(2000-K(2,1))/5
FPU(LL)=F(NH,5)
NBEZ(LL)=K(11,1)
FDPUB(LL)=DPUB(KI)
FBI(LL)=BI(KI)

```

```
FSPKB(LL)=SPKB(KI)
IF(LL-12)9,103,103
103 NSWI=1
GO TO 104
6 NSWI=2
IF(LL)45,45,104
104 GW=FLOATF(K(NN,2))*FAKT
PRINT 40,DPUG,DUG,DDG,DPUK,DUK,DDK,VZK,UIG,DIG,UIK,DIK,SPKG,SPKK,
1GW
40 FORMAT(64H1GRUNDTYP PU UNAT TRENN KONVERTER PU UNAT TR
1ENN VZK/8H IN TO/A2(F7.3,2F7.0,10X),F5.1/6H IN TO9X,2(2F7.0,17X)/
2/1H F7.2,2X,7HDPF/KWH16X,F7.2,2X,7HDPF/KWH,3X,F7.0,2X,15HGW IM JAH
3R 2000)
PRINT 50,(NKURV(I),I=1,LL)
50 FORMAT(//6H KURVE6X,12(A5,2X))
PRINT 51,(NBEG(I),I=1,LL)
51 FORMAT(7H BEGINN3X,12I7)
PRINT 52,(NBEZ(I),I=1,LL)
52 FORMAT(6H BEZUG4X,12I7)
PRINT 53,(FPU(I),I=1,LL)
53 FORMAT(10H PU ANFANG12F7.1)
PRINT 54,(FDPUB(I),I=1,LL)
54 FORMAT(/8H BRUETER/4H DPU6X,12F7.2)
PRINT 55,(FBI(I),I=1,LL)
55 FORMAT(3H BI7X,12F7.2)
PRINT 56,(FSPKB(I),I=1,LL)
56 FORMAT(7H KOSTEN3X,12F7.2)
PRINT 57,(UN(I),I=1,LL)
57 FORMAT(/5H UNAT5X,12F7.0)
PRINT 58,(TR(3,I),I=1,LL)
58 FORMAT(/10H TRENNWERT/5H 19805X,12F7.1)
PRINT 59,(TR(2,I),I=1,LL)
59 FORMAT(5H 19905X,12F7.1)
PRINT 60,(TR(1,I),I=1,LL)
60 FORMAT(5H 20005X,12F7.1)
PRINT 106
106 FORMAT(/8H BW 2000)
DO 107 J=1,6
JJ=(J-1)*4
107 PRINT 61,JJ,(BW(I,J),I=1,LL)
61 FORMAT(1H I2,7X,12F7.1)
LL=0
GO TO (9,45),NSWI
45 CALL CHAIN(08929,1)
```

```
C      ENDPHASE
C
      DIMENSION N(3)
      N2=0
      CALL BUFFER(8,N2,0)
3     IF(N2)1,1,2
1     GO TO 3
2     N2=0
      CALL BUFFER(8,N2,1,3,N)
6     IF(N2)4,4,5
4     GO TO 6
5     IF(N2-2)7,8,7
8     NH=N(2)
      N2=0
      CALL BUFFER(8,N2,-1)
10    IF(N2)11,11,12
11    GO TO 10
12    CALL CHAIN(NH,-1)
7     CALL EXIT
```

Anhang I

Literatur

- Atomic Industrial Forum: Private Ownership and Operation of Uranium Enriched Facilities, June 1968
- E. Becker, K. Bier, W. Bier: Entmischung der Uran-Isotope nach dem Trenndüsenverfahren, Chemie-Ingenieur-Technik, 1967
- E. Becker, K. Bier, W. Bier: Entmischung der Uran-Isotope in einer 10-stufigen Trenndüsenversuchsanlage, Atomwirtschaft/Atomtechnik, März 1968
- E. Becker, W. Bier, R. Schütte: Principles and Economic Aspects of the Separation Wozzle Process, Symposium on the Problems Bearing on the Isotope Separation of Uranium, Turin, 1., 2. Oct., 1968
- K. Benndorf, D. Gupta, W. Häfele, G. Heusener, P. Jansen: Variation einiger wichtiger Reaktorparameter beim natriumgekühlten 1000 MWe Schnellen Brüter zur Untersuchung der Brennstoffkosten und des Brennstoffbedarfs KFK-Bericht 568, Juli 1967
- A. Boettcher, H. Kraemer, K. Wagemann : Voraussichtlicher Bedarf an Trennarbeit für Uran in der BRD, Atomwirtschaft, Mai 1968
- M. Bogaardt, F. Theyse: Some Considerations regarding the Design and the Operation of an Ultra-Centrifuge Enrichment Facility, Symposium on the Problems Bearing on the Isotope Separation of Uranium, Turin, 1., 2. Oct., 1968
- E. Burger: Einführung in die Theorie der Spiele  
Walter de Gruyter, 1959
- W. Cartellieri: Die Großforschung und der Staat, 1963, Schriftenreihe des Bundesministeriums für wissenschaftliche Forschung, Forschung und Bildung Heft 4, Gersbach u. Sohn Verlag, München
- G. Danzig: Lineare Programmierung und Erweiterungen, Springer-Verlag, 1966
- J.R. Dietrich: Efficient Utilization of Nuclear Fuels,  
Power Reaction Technology, Vol. 6, No.4, 1963
- M. Dresher, L. Shapley, A. Tucker et al.: Advances in Game Theory, Annals of Math. Studies No. 52, 1964
- ENEA: An Assessment Study of Steam Cooled Fast Reactors for Civil Power Generation, Sept. 1968, Veröff. in Vorbereitung

- ENEA: An Assessment Study of Gas Cooled Fast Reactors for Civil Power Generation, Sept. 1968, Veröff. in Vorbereitung
- E. Eschbach: Plutonium Value Analysis, 3. ICP UAE, P/246, Genf (1964)
- Esso A.G. Hamburg: Energiepolitik in Deutschland, Eine Bestandsaufnahme Studie 3, Frühjahr 1968
- Euratom: Lage und Perspektiven der Kernenergie in der europäischen Gemeinschaft, Symposium über die langfristige Orientierung der Kernenergieentwicklung in der europäischen Gemeinschaft, Venedig, 12-14 April, 1965, Generaldirektion Industrie und Wirtschaft, Europäische Atomgemeinschaft, EUR/C/4000/3/64 d
- Euratom: Probleme im Zusammenhang mit der Errichtung einer Isotopentrennanlage in der Gemeinschaft-Voruntersuchung, EUR/C/3000/67 d
- D. Faude: Welche Bedeutung hat der elektrische Strom in der deutschen Volkswirtschaft, KFK-Bericht 675, Okt. 1967
- C. Frejaques, R. Galley: Deductions Based on Studies of Uranium Isotope Separation and Trend Achievements in the Field, Third United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, A/Conf 28/P/89, May 1964
- G. Fochler-Hanke: Zahlen Daten Fakten, Der Fischer-Weltalmanach, 1967, Fischer-Bücherei
- J. Gaussens, H. Paillot: Etude des Valeur et des Prix des Plutonium a long terme; un Modele Parametre Simplific, CEA-R2795
- R. Gibrat, J. Gaussens, F. Lichtenberger: Programme et économie des reacteurs rapides, III. Foratom-Kongress, London, März 1967
- H. Giersch, K. Borchardt: Diagnose und Prognose als wirtschaftliches Methodenproblem, 1962
- H. Grümm, D. Gupta, W. Häfele, P. Jansen, E. Schmidt, J. Seetzen: Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland, KFK-Bericht 366, Sept. 1965
- H. Grümm, D. Gupta, W. Häfele, P. Jansen, M. Recher, W. Schmidt, J. Seetzen: Ergänzendes Material zum Bericht "Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reaktortypen in Deutschland" (KFK-366), KFK-Bericht 466, Sept. 1966
- D. Gupta, W. Häfele, P. Jansen, J. Seetzen: Economic Aspects of Nuclear Energy Production with Different Thermal and Fast Reactors and the Required Separative Work Capability, KFK-Bericht 566, Juni 1967
- D. Gupta, W. Häfele, P. Jansen, J. Seetzen: Prospects of Plutonium Fueled Fast Breeders, KFK-Bericht 569, Febr. 1967

- D. Gupta, P. Jansen, J. Seetzen: Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zur Entwicklung Schneller Brutreaktoren  
Chemie-Ingenieur-Technik, Heft 9/10, 1968
- D. Gupta, P. Jansen: Fuel Cycle Economics of Fast Breeders with Plutonium  
KFK-Bericht 567, Febr. 1967
- D. Gupta, P. Jansen, R. Kraemer: Comparison between Actual and Present-Worth Methods of Fuel Cycle Costing for Fast Breeders, IAEA, Wien, 1968
- W. Häfele: Die Projektwissenschaften, Sept. 1965, Radius Heft 3
- W. Häfele: Neuartige Wege naturwissenschaftlich-technischer Entwicklung, 1963, Schriftenreihe des Bundesministers für wissenschaftliche Forschung, Forschung und Bildung Heft 4, Gersbach u. Sohn Verlag, München
- W. Häfele: Schnelle Brutreaktoren, ihr Prinzip, ihre Entwicklung und ihre Rolle in einer Kernenergiewirtschaft  
KFK-Bericht 480, Okt. 1966
- W. Häfele: The German Fast Breeder Program, KFK-Bericht 634, Okt. 1967
- W. Häfele: Closed Plutonium Fuel Cycle on Fast Breeders, Enlarged Symposium of the European Atomic Energy Society, Fuel Cycles of Power Reactors, 9-14 Sept., 1963, Baden-Baden
- R. Harde, G. Memmert: Modelluntersuchungen über Aussichten und Konsequenzen der Verwendung von Kernenergie zur Elektrizitätserzeugung, Atomwirtschaft, 1966
- J. Hurzinga: Homo Ludens, Rowohlts dt. Enzykl. 21, 1956
- P. Jansen: Die Bedeutung Schneller Brutreaktoren in einer Kernenergiewirtschaft, Zweite Reaktortagung: Heutiger Stand und Tendenzen in der Entwicklung von Reaktoren, Essen, 5. Dez. 1967, Vulkan-Verlag, Essen
- P. Jansen: BAKO, Ein Programm zur Kosten- und Strategienberechnung bei Brüterkraftwerken nach der Barwertmethode,  
KFK-Bericht 644, Okt. 1967
- F. Jünger: Die Spiele, List-Bücher 128, 1959
- S. Karlin: Math. Methods and Theory of Games, Programming and Economics, Wesley 1956
- K. Kummerer: Production cost parameter analysis for fast reactor elements,  
KFK-Bericht
- W. Leinfellner: Einführung in die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie,  
BI-Hochschultaschenbücher 41/41a, 1965

- W. Lewis: The Super-Converter or Valuebreeder, A Near-Breeder Uranium-Thorium Nuclear Fuel Cycle, May 1968, AECL-3081
- H. Märkl: Untersuchungen über langfristige und optimale Reaktorstrategien unter Berücksichtigung des begrenzten Umfangs der Uranreserven, Teil 1: Beschreibung des Optimierungsmodells, Nukleonik 10, Heft 4, 1967
- H. Mandel: Die Kernenergie an der Schwelle zur wirtschaftlichen Nutzung, Deutscher Industrie und Handelstag Schriftenreihe Heft 105, 1967, Energie von morgen, Die wirtschaftliche Nutzung der Atomenergie
- V. McKelvey: Relation of Reserves of the Elements in their Crustal Abundance, American Journal of Science, V. 258 - A, 1960
- C. Menger: Grundsätze des Volkswirtschaftslebens, 1923, Ausschnitte von G. Schmölders: Geschichte des Volkswirtschaftslebens, Rowohlt 1966
- O. Morgenstern, J. v. Neumann: Spieltheorie und wirtschaftliches Verhalten, Physica Verlag 1961
- O. Morgenstern: Spieltheorie und Wirtschaftswissenschaft R. Oldenburg, 1963
- J. v. Neumann: Zur Theorie der Gesellschaftsspiele Math. Annals 100, 1928
- J. v. Neumann, O. Morgenstern: Spieltheorie und wirtschaftliches Verhalten, Physica 1961
- W. Oberschelp: Spieltheorie, Fischer-Bücherei, 1966
- H. Ohm: Allgemeine Volkswirtschaftspolitik, Walter de Gruyter, 1965
- A. Paulsen: Allgemeine Volkswirtschaftslehre Walter de Gruyter, 1966
- H. Rittershausen: Wirtschaft, Fischer-Bücherei 1958
- M. Martensson: A Study of the Economics of Uranium Enrichment by Means of Gaseous Diffusion, IAEA Symposium on Economics of Nuclear Fuels, Gottwaldov, 27-31 May, 1968, SM-105/21
- J. Seetzen: Das Projekt Schneller Brüter, Großforschung aus projektwissenschaftlicher und systemtechnischer Sicht, Hessische Hochschulwochen für staatswissenschaftliche Fortbildung, 9.-15. Okt. 1966, Bad Sooden-Allendorf, Verlag Dr. Max Gehlen, Bad Homburg, 1967
- J. Seetzen: Die volkswirtschaftliche, insbesondere die energiewirtschaftliche Bedeutung der Atomforschung, Deutscher Industrie und Handelstag, Schriftenreihe Heft 105, 1967, Energie von morgen, Die wirtschaftliche Nutzung der Atomenergie

- J. Seetzen, D. Schade: Vergleich verschiedener Abschätzungen des nuklearen Energiebedarfs in Deutschland und Abschätzung des maximal denkbaren nuklearen Energiebedarfs  
Interner Bericht
- M. Shubik: Spieltheorie und Sozialwissenschaften  
S. Fischer 1964
- D. Smidt, A. Müller: Referenzstudie für den 1000 MWe natriumgekühlten Schnellen Brutreaktor (NaI), KFK-Bericht 299, Dezember 1964
- A. Smith: Eine Untersuchung über Natur und Wesen des Volkswohlstandes, 1776, Ausschnitte in G. Schmölders: Geschichte des Volkswirtschaftslebens, Rowohlt 1966
- G. Schmölders: Geschichte der Volkswirtschaftslehre  
Rowohlts dt. Enzykl. 163/164, 1966
- USAEC: Civilian Nuclear Power, A Report to the President, Nov. 1962
- USAEC: Uranpreisliste Dezember 1967, Nuclear Industry, Jg. 14, H. 12, 1967, S.6
- USAEC: Gaseous Diffusion Plant Operation, Febr. 1968, ORO-658
- S. Vajda: Linearplanung und Theorie der Spiele, Oldenbourg 1956
- R. Vogelsang: Die mathematische Theorie der Spiele, Math. Naturwiss. Taschenbuch 6/7, 1963
- R. Witzke, E. Smitz, J. Bach: Enriched Uranium Supply and Demand, Economic Factors, American Power Conference, April 1968

