Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 52 (1961)

Heft: 14

Artikel: Wirtschaftliche Kriterien der Investitionswahl

Autor: Schneider, H.K.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916855

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.10.2025

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Wirtschaftliche Kriterien der Investitionswahl

Von *H. K. Schneider*, Köln

332.6 : 621.311

Auf Anregung von Herrn Paulo de Barros, Präsident des Studienausschusses für Tarife der «Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique» (UNIPEDE), fand in Lissabon am 1. und 2. Juni 1960 eine Diskussions-Tagung über «Wirtschaftliche Kriterien der Investitionswahl» statt. Dieser Veranstaltung war ein guter Erfolg beschieden, nahmen doch 124 Vertreter der verschiedenen Mitglieder der UNIPEDE daran teil. Die Tagung umfasste vier Arbeitssitzungen, in deren Verlauf vierzehn Berichte, wovon drei Generalberichte, diskutiert wurden.

In Anbetracht der ausserordentlichen Bedeutung der Investierungen für die Elektrizitätswirtschaft, glauben wir, dass es nützlich ist, einige der dieser Tagung vorgelegten Berichte denjenigen Interessenten bekanntzugeben, die in Lissabon nicht anwesend sein konnten.

Als erstes veröffentlichen wir nachstehend, mit der Erlaubnis des Autors, den Generalbericht der ersten Arbeitssitzung, die dem Thema «Wirtschaftliche Kriterien der Investitionswahl im allgemeinen, vom nationalen Gesichtspunkt und vom Gesichtspunkt einer Unternehmung aus gesehen» [1]), gewidmet war.

Sur l'initiative de M. Paulo de Barros, président du Comité d'Etudes de la Tarification de l'Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique (UNIPEDE), un colloque consacré aux «Critères économiques du choix des investissements» s'est tenu à Lisbonne les 1er et 2 juin 1960. Ce colloque a obtenu un vif succès, puisqu'il a réuni 124 participants représentant les différents membres de l'UNIPEDE; il a comporté quatre séances, au cours desquelles ont été présentés et discutés quatorze rapports, dont trois rapports généraux.

Etant donné l'importance exceptionnelle que les investissements présentent pour l'économie électrique, nous avons estimé qu'il serait utile de faire connaître quelques-uns des rapports discutés au cours de ce colloque à ceux qui n'ont pas eu la possibilité d'y participer.

Nous publions, ci-après, avec la permission de l'auteur, le rapport général de la première séance de travail, qui avait pour thème «Les critères économiques du choix des investissements, en général, du point de vue national et du point de vue d'une entreprise» [1]).

I.

1. Jede Investition, die eine Unternehmung in der modernen arbeitsteiligen Wirtschaft vornimmt: Realinvestitionen im Anlage- oder Vorratsvermögen, Finanzinvestitionen in der Form der Beteiligung oder des Forderungserwerbs, bewirkt Veränderungen des *Ausgabenstroms*, der den Produktionsprozess begleitet. Für zahlreiche Investitionen ist ferner festzustellen, dass sie ebenfalls den *Einnahmestrom* beeinflussen, der durch den Verkauf der marktfähigen Produkte ausgelöst wird. Eine Investition gleich welcher Art lässt sich also durch die Veränderung beschreiben, die sie in den einzelnen Zeitabschnitten — genauer: Zeitpunkten — auf die Breite von Ausgaben- und gegebenenfalls auch Einnahmestrom der Unternehmung hervorruft.

2. Die *Investitionsrechnung* befasst sich mit der künftigen Geschichte der Unternehmung: mit den künftigen Ausgaben und Einnahmen, die die Durchführung einer einzelnen Investition bzw. eines ganzen Investitionsprogramms auslöst. Demzufolge arbeitet sie mit Erwartungswerten, sie ist also eine «ex-ante»-Rechnung. Ihr fällt die Aufgabe zu, die über Volumen und Struktur der Investitionen entscheidende Instanz darüber zu informieren, welche Investitionen, einzeln und als Programm zusammen gesehen, der für die Unternehmung gesetzten Zielfunktion auf Grund der Erwartungswerte für die Zukunftsgrössen am besten entspricht. Die Investitionsrechnung basiert also auf *empirischen Hypothesen* über die Rechengrössen, die durch Prognose oder Projektion, vielfach jedoch auch nur im Wege der «sachverständigen Schätzung» erhalten werden. Die Richtigkeit der investitionsrechnerischen Ergebnisse hängt also einmal davon ab, dass die empirischen Annahmen zutreffen, und zweitens von der «richtig gewählten Mathematik», d. h. davon, dass die Rechenverfahren der Art der empirischen Hypothesen und der gestellten Optimierungsaufgabe gemäss sind.

Die *Zielfunktion* selbst wird oft ganz allgemein als «grösstmöglicher wirtschaftlicher Vorteil» für die Unternehmung definiert. Das bedeutet alles oder auch nichts; die Definition ist inhaltsleer und bedarf der Interpretation.

3. Bei zahlreichen Investitionen, namentlich im *Anlagevermögen* (auf die im folgenden Bezug genommen wird), verteilt sich ihr Einfluss auf Ausgaben und Einnahmen über einen grösseren Zeitraum. Hier stellt sich das Problem, Ausgaben (Einnahmen) verschiedener Zeitabschnitte [2]) gegeneinander aufrechenbar zu machen. Der fundamentale Tatbestand, dem hier Rechnung zu tragen ist, ist der, dass eine Ausgabe von 1 Fr., die sofort getätigt wird, und eine Ausgabe gleicher Höhe, die erst in einem Jahr vorzunehmen ist, wirtschaftlich nicht gleichwertig sind. Die mit der zeitlich früheren Ausgabe verbundene Kapitalbindung verursacht im Zeitabschnitt (t_0, t_1) eine *kalkulatorische Zinsbelastung*, wiegt also, wirtschaftlich gesehen, schwerer als die spätere Ausgabe. Entsprechendes gilt für gleich hohe Einnahmen verschiedener Perioden: die zeitlich frühere Einnahme erbringt einen *kalkulatorischen Zinsertrag*, ihr wirtschaftlicher Wert für die Unternehmung ist grösser. Solange Kapital nicht unbegrenzt und kostenlos zur Verfügung steht, gilt, dass die zeitlich früher liegenden Einnahmen und Ausgaben wirtschaftlich schwerer wiegen als die späteren. Die wirtschaftliche Äquivalenz zwischen «1 Fr. sofort» und «1 Fr. 1 Jahr später» lässt sich durch folgende Gleichung beschreiben:

$$\text{«1 Fr. sofort»} = \text{«1 Fr. 1 Jahr später»} \cdot (1 + i_1)$$

wobei i_1 den Zinsfuss in % angibt, mit dem gerechnet wird. Allgemeiner, d. h. für n Jahre und entsprechende Zinsfüsse $i_1 \ldots i_n$, und umgeformt:

[1]) Dieser Bericht ist in französischer Sprache in der Economie Electrique Bd. 34(1960), Nr. 24, S. 159...168, erschienen.

[2]) Die mehr oder weniger kontinuierlichen Ströme der Ausgaben und Einnahmen über der Zeit lassen sich in äquivalente Reihen umwandeln, deren Glieder die Ausgaben und Einnahmen eines Zeitabschnitts, z. B. eines Jahres, angeben.

«1 Fr. n Jahre später» =

$$\frac{\text{«1 Fr. sofort»}}{(1 + i_1) \cdot (1 + i_2) \ldots (1 + i_n)}$$

Darf angenommen werden, dass $i_1 = i_2 = \ldots = i_n$, so vereinfacht sich der Nenner auf der rechten Seite zu:

$$\frac{1}{(1 + i)^n}$$

Mit diesem Faktor, dem *Diskontfaktor*, oder seinem Korrelat $(1 + i)^n$, dem *Aufzinsungsfaktor*, sind die Einnahmen und Ausgaben des n-ten Jahres zu multiplizieren, um die wirtschaftliche Wertigkeit ihrer zeitlichen Lage im Betrachtungszeitraum zu berücksichtigen. Erst dann lassen sich die Einnahmen und Ausgaben gegeneinander aufrechnen.

II.

1. Auf dem soeben entwickelten Ansatz beruhen die aus der volkswirtschaftlichen Kapitaltheorie abgeleiteten Verfahren der Investitionsrechnung: die *Kapitalwertmethode* und die *Methode des internen Zinsfusses*. Sie ermitteln die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit einer Investition, indem sie die dieser zurechenbaren erwarteten Einnahmen und erwarteten Ausgaben auf denselben Zeitpunkt beziehen und gegeneinander aufrechnen.

Die *Kapitalwertmethode* stellt den auf einen bestimmten Zeitpunkt, z. B. auf die Inbetriebnahme einer Anlage, bezogenen Wert der Differenz zwischen erwarteten künftigen Einnahmen und Ausgaben fest. Es seien: E_l die jährlichen Einnahmen ($l = 1 \ldots n$), A_l die jährlichen Ausgaben einer Investition, i_l der Kalkulationszinsfuss in % im Jahre l. Dann lautet die Formel für die Berechnung des Kapitalwertes in t_0 [3]):

$$K = \sum_{l=1}^{n} (E_l - A_l) \cdot (1 + i_l)^{-l} - A_0$$

Das Kriterium für die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit einer Investition ist $K > 0$ und K = Max. Verbal interpretiert, bedeutet $K > 0$, dass die erwarteten Einnahmen nicht nur die Wiedergewinnung der erwarteten Ausgaben und deren Verzinsung zu den jeweiligen Kalkulationszinsfüssen gestatten, sondern dass darüber hinaus noch ein Überschuss verbleibt. Ist $K = 0$, so verspricht die Investition nur eine Wiedergewinnung der erwarteten Ausgaben in den erwarteten Einnahmen mit einer Verzinsung, die den zugrunde gelegten Kalkulationszinsfüssen entspricht. Genügt eine Vielzahl alternativer Investitionen dem Kriterium $K > 0$, so ist diejenige von ihnen die wirtschaftlich vorteilhafteste, für die K = Max. Um einen maximalen Kapitalwert zu erhalten, müssen die Variablen der Investitionsausführung (Art der Anlage, Grösse, Material) entsprechend gewählt werden. Soweit überhaupt eine Wahl möglich ist, handelt es sich immer um den Vergleich von mindestens zwei Investitionen.

Bei der Durchführung von *Investitionsvergleichen* ist sorgfältig darauf zu achten, dass von einheitlichen Annahmen ausgegangen wird. Das gilt vor allem für Kapitaleinsatz und Betrachtungszeitraum. Sind zwei Investitionen *I* und *II* mit Anschaffungsausgaben von 3000 Fr. bzw. 1000 Fr. zu vergleichen, so kann aus einem höheren Kapitalwert für Investition *I* nicht ohne weiteres gefolgert werden, dass diese Investition die wirtschaftlich überlegene sei. Muss nämlich bei Durchführung von Investition *I* auf eine Investition *III* mit einem Kapitalbedarf von 2000 Fr. und positivem Kapitalwert verzichtet werden, so ist die Vergleichbarkeit nur hergestellt, wenn der Kapitalwert dieser Differenzinvestition dem der Alternative *II* hinzugezählt wird. Auf dieses umständliche Vorgehen kann jedoch verzichtet werden, wenn die Unternehmung sich *beliebige* Beträge zum Kalkulationszinsfuss beschaffen kann: die Vornahme der kapitalintensiveren Investition hat dann nicht zur Folge, dass andere wirtschaftlich vorteilhafte Investitionen unterbleiben müssen. Wichtiger noch in der Praxis ist die *Einheitlichkeit des Betrachtungszeitraums*. Es wäre offensichtlich fehlerhaft, die Einnahmen und Ausgaben einer Investition *I* auf m Jahre zu diskontieren und die der Investition *II* auf n Jahre ($n > m$). Alternative *I* würde im Vergleich schlechter abschneiden, wenn sie im Differenzzeitraum ($t_n - t_m$) einen positiven Kapitalwert zu erzielen vermag. Deshalb muss bei Investitionsvergleichen immer mit derselben Betrachtungszeit für alle Alternativen gerechnet werden.

Oft weisen alternative Investitionsprojekte identische Einnahmereihen auf. Dann, aber auch nur dann kann darauf verzichtet werden, die Einnahmen in die Rechnung einzubeziehen, wenn auf Grund überschlägiger Berechnungen bereits feststeht, dass $K > 0$, oder aber, wenn selbst bei $K < 0$ aus irgendwelchen Gründen für den gegebenen Produktionszweck investiert werden *muss*. Es genügt der Vergleich der diskontierten Ausgabenwerte:

$$C = \sum_{l=0}^{n} A_l (1 + i_l)^{-l}$$

K = Max. nimmt hier die Form C = Min. an.

2. Der Kapitalwert ist eine zeitpunktbezogene Gesamtgrösse: sämtliche Einnahmen und Ausgaben einer Investition sind auf einen bestimmten Zeitpunkt diskontiert (bzw. aufgezinst). Es ist nun für manche Vergleichszwecke interessant zu erfahren, wie hoch sich die periodisierten Einnahmen und Ausgaben *im Durchschnitt* der n Jahre Betrachtungszeit voraussichtlich belaufen werden. Man erhält diese Durchschnittsgrösse, indem man den Kapitalwert (bzw. Barwert der Ausgaben) in eine äquivalente uniforme Reihe transformiert. Zu diesem Zweck ist der Kapitalwert (Ausgabenbarwert) mit dem Annuitätsfaktor für n Jahre und demjenigen Kalkulationszinsfuss zu multiplizieren, welcher für n Jahre als im Durchschnitt repräsentativ angesehen werden kann.

3. Während die Kapitalwertmethode ein Ergebnis liefert, das in die Dimension «Geldeinheiten» oder — bei Division des Kapitalwertes durch den Betrag des eingesetzten Kapitals — «Geldeinheiten pro Einheit des Kapitaleinsatzes» eingekleidet ist, stellt sich das Ergebnis der *internen Zinsfussmethode* in der Dimension des Zinsfusses dar. Das Verfahren beruht auf der Bedingung

$$K = 0$$

Es wird gefragt, für welchen Zinsfuss r diese Bedingung erfüllt ist; dieser Zinsfuss wird *interne Verzin-*

[3]) Die Anschaffungsausgabe A_0 enthält in aller Regel bereits Zinskostenelemente. Wenn die Errichtung einer Anlage einen längeren Zeitraum in Anspruch nimmt und in dieser Zeit bereits Ausgaben zu tätigen sind, so wird die Anschaffungsausgabe durch Aufzinsung dieser Ausgaben auf den Zeitpunkt der Inbetriebnahme erhalten.

sung der Investition oder *Investitionsrentabilität* genannt. Verbal interpretiert: das in den Anschaffungsausgaben A_0 gebundene Kapital verzinst sich in den durch sie bewirkten Einnahmeüberschüssen mit durchschnittlich r % pro Periode.

Sind Investitionen mit gleichem Kapitaleinsatz zu vergleichen und wird ausserdem derselbe Betrachtungszeitraum (t_0, t_n) zu Grunde gelegt, so ist diejenige von ihnen als die auf Grund der Erwartungsstruktur wirtschaftlich vorteilhafteste anzusehen, für die

$$r > i \text{ und } r = \text{Max.},$$

wobei i den für die Beurteilung der Investition relevanten zeitdurchschnittlichen Kalkulationszinsfuss bezeichnet. Allerdings gilt das Kriterium nicht allgemein, sondern nur für einen bestimmten Investitionstyp, der dadurch gekennzeichnet ist, dass das Zeitzentrum der Ausgaben — ihr mittlerer Zahlungstermin — vor dem der Einnahmen liegt [4]); es ist der Investitionstyp, dem wir in der Praxis am häufigsten begegnen. Liegen die Einnahmen «im ganzen genommen» zeitlich vor den Ausgaben und übersteigen sie diese ausserdem in der Höhe, so ist der interne Zinsfuss $0 > r < i$, obwohl es sich doch offensichtlich um eine wirtschaftlich besonders interessante Investition handelt. In diesen durchaus untypischen Investitionsfällen lautet das Kriterium für die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit:

$$r < i \text{ und } r = \text{Min.}$$

Wie bereits gesagt, die interne Verzinsung stellt eine Durchschnittsgrösse dar und muss von der *marginalen internen Verzinsung* (Grenzrentabilität) unterschieden werden. Wird eine Investitionsvariable verändert, z. B. die Grösse der Anlage, so fragt man, welcher Zinsfuss r' die Gleichheit der Kapitalwerte für die grössere und die kleinere Anlage herstellt; dieser Zinsfuss r' bezeichnet die marginale interne Verzinsung der betrachteten Veränderung. Der Vergleich von r' mit dem Kalkulationszinsfuss zeigt an, ob die Veränderung als solche wirtschaftlich vorteilhaft ist.

Es lässt sich nun zeigen, dass ein Kapitalwert-Maximum die Gleichheit von marginaler interner Verzinsung und Kalkulationszinsfuss impliziert. Im Maximum ist definitionsgemäss keine Veränderung der Investitionsvariablen mehr möglich, die einen höheren Kapitalwert zur Folge haben würde. Der marginale Kapitalwert ist mithin im Maximum gleich Null, und das bedeutet, dass die Grenzrentabilität genau dem Kalkulationszinsfuss entspricht. Dass es sich nur dann um ein Maximum handelt, wenn die Grenzrentabilität für diese Investition einen fallenden Verlauf zeigt, ist unmittelbar einzusehen.

[4]) Das Zeitzentrum t_z einer Ausgabenreihe ist als der Zeitpunkt definiert, in dem der auf diesen Zeitpunkt bezogene Wert aller Ausgaben deren Summe äquivalent ist. Bezeichnet t_l den zeitlichen Abstand einer Zahlung vom Zeitzentrum, so lautet die Definitionsgleichung für t_z:

$$\sum_{l=0}^{n} A_l (1+r)^{t_z - t_l} = \sum_{l=0}^{n} A_l$$

und die Definitionsgleichung für das Zeitzentrum t_y der Einnahmenreihe:

$$\sum_{l=0}^{n} E_l (1+r)^{t_y - t_l} = \sum_{l=0}^{n} E_l$$

(*Boulding, Kenneth, E.:* Time and Investment, Economica 1936, Bd. III, S. 199 ff.)

Unter bestimmten Voraussetzungen lässt sich die interne Zinsfussmethode auch für *reine Ausgabenvergleiche* verwenden. Angenommen, für einen bestimmten Produktionszweck *muss* investiert werden, lediglich Art und Grösse der Investition stehen zur Wahl; Anschaffungs- und laufende Ausgaben der einzelnen Alternativen seien verschieden. Dann kann gefragt werden, welche marginale Rentabilität eine Mehrausgabe in der Anschaffung durch die damit erzielbaren Einsparungen an laufenden Ausgaben erbringt. Liegt diese Rentabilität in allen möglichen Vergleichsfällen unter dem Kalkulationszinsfuss, so empfiehlt sich die Investition mit den niedrigsten Anschaffungsausgaben, andernfalls diejenige mit der höchsten marginalen internen Verzinsung. Selbstverständlich müssen die übrigen Voraussetzungen des Vergleichs einheitlich gewählt werden.

4. Gegen das Verfahren der internen Zinsfussberechnung ist wiederholt und mit Recht eingewandt worden, es liefere nicht immer einwertige Ergebnisse. In der Tat, die Formel, aus der der interne Zinsfuss berechnet wird, stellt eine algebraische Gleichung n^{ten} Grades dar, und diese hat nach dem Fundamentalsatz der Algebra bekanntlich n Lösungen (Wurzeln) für r, die je nach der Form der Gleichung alle möglichen Werte in der Gaußschen Zahlenebene annehmen können. Der Fall, dass alle n Wurzeln reelle Zahlen sind und zusammenfallen, ist ein Sonderfall.

Eine allgemeine Diskussion des vorliegenden Problems würde zu weit führen. Hier kann nur gesagt werden, dass die Gleichung $K = 0$ bei Investitionstypen, die durch eine sofort fällige grössere Anschaffungsausgabe und ständig nicht-negative (oder nur schwach negative) spätere *Einnahmenüberschüsse* (Einnahmen minus Ausgaben) in der Zukunft charakterisiert sind, eine Form annimmt, bei der die Mehrwertigkeit nicht auftritt. In den Fällen mit mehrwertigen Lösungen — die künftigen Einnahmenüberschüsse sind zum Teil negativ *und* in ihrer Grössenordnung relativ bedeutend; oder relativ grosse Einnahmenüberschüsse zu Beginn der Investition werden durch relativ bedeutende Ausgabenüberschüsse nach einigen Jahren und diese wiederum durch grössere Einnahmenüberschüsse abgelöst — muss dagegen durch besondere Überlegungen herausgefunden werden, welche Lösung relevant ist. Übersteigt die Summe aller erwarteten Einnahmen die der Ausgaben auch nur wenig, so ist nach *Massé* [5]) derjenige interne Zinsfuss r relevant, der in der Nähe des Kalkulationszinsfusses i liegt und für den gleichzeitig

$$K(r) = 0 \quad \text{und} \quad \frac{dK}{dr} < 0$$

wobei $r > i$, wenn $K(i) > 0$, und $r < i$ im Gegenfalle.

Die Möglichkeit mehrwertiger Lösungen macht es also erforderlich, zunächst die Form des Polynoms K zu prüfen. Lässt diese mehrere verschiedene Lösungen als möglich erscheinen, so muss, etwa nach dem Vorgehen von *Massé*, versucht werden, die relevante herauszufinden. Eine Mehrwertigkeit dieser Art liegt bei der Kapitalwertmethode nicht vor. Es ist lediglich denkbar, dass zwei oder auch mehreren verschiedenen Kalkulationszinsfüssen derselbe Kapitalwert entspricht, dann nämlich, wenn es sich um jenen Typ von Zahlungsreihen handelt, der auch bei der internen

[5]) *Massé, P.:* Le choix des investissements, critères et méthodes. Paris, Dunod, 1959, S. 20 ff.

Zinsfussmethode die erwähnten Schwierigkeiten bereitet. Ist aber die Entscheidung über den der Rechnung zu Grunde zu legenden Kalkulationszinsfuss (bzw. die Kalkulationszinsfüsse) einmal gefallen, so ist das Ergebnis der Kapitalwertmethode eindeutig.

5. Andererseits ist festzustellen, dass die interne Zinsfussmethode zwei unbestreitbare Vorteile bietet. Einmal liefert sie das am leichtesten zu interpretierende Ergebnis über die *erwartete wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit einer Investition:* eine Aussage über die erwartete Durchschnittsrentabilität r % pro Jahr ist für jeden verständlich. Wesentlicher noch scheint der andere Vorteil zu sein. Da der Kalkulationszinsfuss bei der internen Zinsfussmethode im Rechenprozess nicht auftritt — der interne Zinsfuss eines Projekts hängt allein von Grösse und zeitlicher Verteilung der Einnahmen und Ausgaben ab —, ist es möglich, aus den für ein und dieselbe Produktionsaufgabe in Betracht kommenden alternativen Projekten das vergleichsweise günstigste herauszufinden und ausserdem die für verschiedene Produktionsaufgaben günstigsten Projekte in der Rangfolge ihrer Rentabilität zu klassifizieren, *ohne auf die Höhe des Kalkulationszinsfusses Bezug nehmen zu müssen.* Zwar entscheidet der Vergleich mit dem Kalkulationszinsfuss darüber, ob ein Projekt als *absolut wirtschaftlich* angesehen werden kann, die Frage nach der *relativen Wirtschaftlichkeit* dagegen lässt sich nach dieser Methode unabhängig vom Kalkulationszinsfuss beantworten: nicht die *Zusammensetzung* des optimalen Investitionsprogramms wird vom Marktzinsfuss beeinflusst, sondern allein dessen *Volumen.* Bei einem Wirtschaftlichkeitsvergleich rivalisierender Investitionsprojekte mit Hilfe der Kapitalwertmethode kann dagegen der Fall eintreten, dass für einen Kalkulationszinsfuss von 10 % die Investition *I* und für 6 % die Investition *II* wirtschaftlicher erscheint: Volumen *und* Struktur des optimalen Investitionsprogramms hängen vom Kalkulationszinsfuss ab.

Hier offenbart sich ein prinzipieller Unterschied im Aussageinhalt der beiden Verfahren, und es erhebt sich die Frage, welche Aussage die für die zu Grunde liegenden Annahmen über die erwarteten Einnahmen und Ausgaben die richtige ist.

6. Es geht um das vieldiskutierte Problem der möglichen Nichtübereinstimmung der beiden Teilkriterien K = Max. und r = Max. Seine Auflösung hängt von der Entscheidung darüber ab, ob der bei gegebenen Preisen auf Gewinnmaximierung abzielende (und im übrigen mit der Gabe der vollkommenen Voraussicht ausgestattete!) Unternehmer seine Absicht durch *ständige Maximierung des diskontierten Ertragswertes (Kapitalwert)* zu erreichen vermag oder aber durch *die der internen Verzinsung.* Die Frage ist in der Literatur kontrovers. Der Autor neigt mit *Samuelson*[6]) und *Massé*[7]) zu der Ansicht, dass die Maximierung des Kapitalwertes als die relevante Zielfunktion anzusehen ist, möchte allerdings zum Ausdruck bringen, dass man diese Frage unter dem rein theoretischen Aspekt allein nicht beurteilen kann. Wenn nämlich unter den verschiedenen Ungewissheiten über die Zukunftsgrössen: Einnahmen, Ausgaben und Kalkulationszinsfuss, die über die Höhe des Kalkulationszinsfusses als besonders gravierend angesehen werden muss, gestattet es die interne Zinsfussmethode, die sich zum Vergleich anbietenden Investitionsprojekte wenigstens nach *ihrer vermutlichen relativen Wirtschaftlichkeit* zu ordnen. Auf diesen praktischen Vorteil hat unlängst noch *Boiteux*[8]) bei der Diskussion des Wahlproblems «Wasser- oder Wärmekrafterzeugung?» hingewiesen.

7. Ein in praktischen Investitionsrechnungen immer wiederkehrender Fehler prinzipieller Art ist der, allzu viele Rechengrössen als *Daten*, zu wenige als *Problem* zu behandeln. Das gilt vor allem für den *Zeitraum der Betrachtung.* Da jede Investition nur ein Teilstück der Geschichte der Unternehmung darstellt, ist von den Vertretern der Theorie — vom grundsätzlichen Standpunkt gesehen: zu recht — gefordert worden, die gesamte Lebensdauer der Unternehmung als Betrachtungszeitraum zu wählen. Wie aber könnte über die Lebensdauer einer Unternehmung eine Aussage gewagt werden! Sie als unendlich anzunehmen, mithin also sämtliche künftigen Einnahmen und Ausgaben bis zum Ende aller Zeiten auf die Gegenwart zu diskontieren, bedeutet die Annahme einer Hypothese, die sich durch nichts rechtfertigen lässt. Gleiches gilt aber auch für jede andere Hypothese über eine bestimmte endliche Lebensdauer der Unternehmung: auch sie ist willkürlich gegriffen und unbefriedigend. Hier stellt sich ein fundamentales Problem, das man z. B. mit der Gleichsetzung von Betrachtungszeit und Nutzungsdauer der Anlagen zwar umgehen, dadurch aber nicht wirklich lösen kann. Die Lebensdauer der Unternehmung ist völlig ungewiss. Aber welche Betrachtungszeit man auch im konkreten Falle wählen mag, immer ist die Kenntnis einer Grösse wesentlich: die der *voraussichtlich optimalen Nutzungsdauer der Anlagen.*

8. Die wirtschaftliche Nutzungsdauer von Anlagen ist immer dann ein Problem der Investitionsrechnung, wenn die Gefahr droht, dass die Anlagen früher oder später *durch modernere wirtschaftlich* überholt werden. Die technisch mögliche Nutzungsdauer ist dann irrelevant, ausserdem aber ist sie gar nicht definiert: sie kann fast immer durch Grossreparaturen auf eine fast unbegrenzte Zeit ausgedehnt werden.

Nehmen wir zunächst den einfachen Fall einer Anlage, deren *Einnahmeüberschüsse laufend fallen,* was auf sinkende Einnahmen (relative Qualitätsverschlechterung) oder/und steigende Ausgaben zurückgehen mag. Wird die Anlage nach n Jahren ausser Betrieb genommen und verkauft oder aber im Unternehmen anderweitig eingesetzt, so erzielt sie einen Restwert R, der dem Betriebsergebnis der Anlage gutzuschreiben ist. Im allgemeinen fällt der Restwert mit zunehmender Lebensdauer und wird nicht selten sogar negativ, wenn die Anlage aus dem Vermögensverband des Unternehmens ausscheiden muss (Abbruchkosten > Veräusserungserlös). Betrachtet man nun die Anlage isoliert und unterstellt man, dass die Betrachtungszeit mit der Nutzungsdauer zusammenfällt, so lässt sich die optimale Nutzungsdauer durch eine einfache Überlegung bestimmen. Wird die Nutzung der Anlage im $k$ten Jahre fortgesetzt, so erzielt das Unternehmen dadurch einen Einnahmeüberschuss (E_k — A_k) auf Kosten, erstens, einer Verringerung des Restwertes ($R_{t_{k-1}}$— R_{t_k}) und zweitens, eines Zinsentgangs auf $R_{t_{k-1}}$ bei anderweitiger Verwendung der Anlage. Die opti-

[6]) *Samuelson, P. A.:* Some Aspects of the Pure Theory of Capital. Quarterly Journal of Economics, Mai 1957.

[7]) *Massé, P.:* op. cit., S. 22 ff.

[8]) *Boiteux, M.:* Le choix des équipements de production d'énergie électrique. Revue de Recherche Operationnelle Bd. 1(1956), Nr. 1, S. 5.

male Nutzungsdauer $k = n$ der Anlage ist bei fallendem Verlauf der Einnahmenüberschüsse und des Restwertes offenbar diejenige, für die [9]):

$$E_k - A_k = R_{t_{k-1}} - R_{t_k} + i \cdot R_{t_{k-1}}$$
$$= R_{t_{k-1}} \cdot (1 + i) - R_{t_k}$$

Die Annahmen, auf denen der besprochene Fall und die Relevanz des für ihn aufgestellten Kriteriums beruhen, sind höchst unrealistisch. Der Verlauf der Einnahmeüberschüsse stellt für die Unternehmung kein unverrückbares Datum dar, sondern er ist durch Erneuerungen grossen und kleineren Umfangs zu beeinflussen; die Geschichte einer Investition, ihr *Gesamteinfluss* auf die Ausgaben- und Einnahmereihen des Unternehmens, ist mit ihrer Nutzungsdauer selten beendet; der Einfluss des *technischen Fortschritts* blieb unbeachtet. Vor allem der letzte Punkt verdient sorgfältigste Beachtung. Der Regelfall ist in der modernen Wirtschaft ja der, dass eine einmal errichtete Anlage ständig, und zwar mit der Nutzungsdauer zunehmend, durch bessere, leistungsfähigere Konkurrenzanlagen bedroht wird: auch deren Ausgabe- und Einnahmegrössen entscheiden über die optimale Nutzungsdauer der zu untersuchenden Anlage mit, und das Problem, diese zu bestimmen, wird ungleich komplexer. Bei Anwesenheit des technischen Fortschritts werden die Einnahmeüberschüsse einer heute errichteten Anlage in der Zukunft dauernd unter denen liegen, die die jeweils modernste Anlage von morgen, übermorgen ... zu erzielen vermag. Die Antwort auf die Frage, ob es wirtschaftlich ist, eine Altanlage sofort oder erst im nächsten Jahre zu ersetzen, hängt deshalb nicht ausschliesslich von den wirtschaftlichen Charakteristiken der Altanlage und der Neuanlage während ihrer voraussichtlichen optimalen Nutzungsdauer ab, sondern ausschlaggebend ist vielmehr, welche Einnahmen- und Ausgabenreihen die Entscheidung «*Sofortersatz*» oder die Entscheidung «*Ersatz in einem Jahr*» in dem Zeitraum haben werden, in dem sie voneinander abweichen werden. Jeder Alternative ist eine eigene Kette von künftigen, durch die heutige Entscheidung bereits mitbestimmten Investitionsentscheidungen zugeordnet, und das Wahlproblem stellt sich *für diese Ketten von Investitionen.*

Zur Erläuterung des Problems sei angenommen, es stelle sich die Wahl zwischen dem sofortigen Ersatz einer Altanlage und ihrem späteren Ersatz, etwa nach m Perioden (Zusammentreffen grösserer Instandsetzungsarbeiten im Zeitpunkt t_m). Die ständige Anwesenheit des technischen Fortschritts bewirkt dann, dass sich die der Alternative *I* entsprechende Kette von Ersatzinvestitionen, die sofort einsetzt, von der erst in t_m einsetzenden Kette der Alternative *II* unterscheidet. Diese Verschiedenheit der Ausgaben- und gegebenenfalls auch Einnahmenreihen der beiden Alternativen wird so lange fortbestehen, bis bei beiden Alternativen erstmals wieder gleichzeitig über die Fortsetzung der künftigen Investitionsgestaltung entschieden werden kann. Rein formal gesehen, lautet das Kriterium für die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit des sofortigen Ersatzes in t_m unter den vorliegenden Bedingungen:

$K^I > K^{II}$ für den Betrachtungszeitraum (t_o, t_s),

wobei t_s den künftigen Zeitpunkt angibt, in dem bei beiden Alternativen erstmals wieder gleichzeitig über die Fortsetzung der künftigen Investitionsgestaltung entschieden werden kann.

9. Die Anforderungen an das Wissen über die *Zukunftsgrössen,* die dieses Kriterium stellt, sind schlechterdings gewaltig. Welche Ausgaben und gegebenenfalls auch Einnahmen sind den beiden Alternativen zuzuordnen? Welche wirtschaftlich optimalen Nutzungszeiten sind einzusetzen? Wie ist die Zinsfussentwicklung auf sehr lange Zeit hin zu beurteilen? Nur durch die Einführung radikal vereinfachender Hypothesen ist eine praktische Lösung des Problems überhaupt möglich.

Einen Weg zur Vereinfachung, der in der Literatur wie auch in der Praxis starke Beachtung gefunden hat, weist *Terborgh* mit seiner Methode des «*minimalen durchschnittlichen Verfahrensnachteils*» *(adverse minimum)* [10]). Da diese Methode auch einen einfachen Weg für die Ermittlung der optimalen Nutzungsdauer von konkurrenzbedrohten Anlagen gibt, soll sie hier etwas breiter dargestellt werden.

Die erste fundamentale Hypothese, die *Terborgh* zur Vereinfachung einführt, ist die, dass alle künftigen Ersatzanlagen denselben «minimalen durchschnittlichen Verfahrensnachteil» aufweisen wie die in der Gegenwart optimale Ersatzanlage. Der Verfahrensnachteil, den eine vorhandene Anlage gegenüber der bestmöglichen Vergleichsanlage in einer bestimmten Periode aufweist, setzt sich zusammen aus dem *Intensitätsnachteil (operating inferiority),* d. i. der Unterschied in den laufenden Einnahmeüberschüssen der Vergleichsanlagen, und den Kapitalkosten der vorhandenen Anlage für diese Periode. Der diskontierte Wert der Verfahrensnachteile für die einzelnen Perioden lässt sich in eine äquivalente Annuität transformieren (vgl. II.2), und es wird dann gefragt, für welche Nutzungsdauer n die Annuität zu einem Minimum wird; diese minimale Annuität ist der minimale durchschnittliche Verfahrensnachteil m_1 für die betreffende Anlage. Nach der ersten fundamentalen Hypothese von *Terborgh* ist er für die künftigen, im übrigen optimal gewählten Ersatzanlagen derselbe wie die gegenwärtig optimale Anlage: $m_1 = m_2 = \ldots = m$-konst. Die zweite fundamentale Annahme Terborghs lautet: der Intensitätsnachteil pro Periode nimmt mit der Zeit linear zu. Auch sie stellt eine bestimmte empirische Hypothese über die Wirkung des technischen Fortschritts dar und ist als eine Approximation an die empirischen Verhältnisse zu verstehen.

Um zu einer einfachen praktikablen Regelung zu gelangen, ersetzt *Terborgh* [11]), noch weiter vereinfachend, die nach den Regeln der Finanzmathematik ermittelte Annuität für den durchschnittlichen Verfahrensnachteil durch einen arithmetischen Durchschnittsausdruck. Da der Intensitätsnachteil gemäss Hypothese linear von 0 in der ersten Betriebsperiode auf $g\ (n-1)$ in der n^{ten} Betriebsperiode wächst, ist der arithmetische Durchschnitt

$$\frac{g(n-1)}{2}$$

Indem der Kapitaldienst schliesslich, stark vereinfachend, mit $1/n$ der Anschaffungsausgabe A_o und der

[9]) Die Bedingung gilt selbstverständlich nur dann, wenn der Einnahmeüberschuss zunächst grösser ist als die Verringerung des Restwerts und der entgangene Zins auf den Restwert bei anderweitiger Verwendung der Anlage. Sonst wäre es ja vorteilhafter, die Anlage überhaupt nicht zu errichten; oder einmal errichtet, wäre die optimale Nutzungsdauer gleich Null.

[10]) *Terborgh, G.:* Dynamic Equipment Policy. New York, McGraw Hill, 1959, S. 57 ff.

[11]) *Terborgh, G.:* op. cit., S. 94.

Verzinsung auf die halbe Anschaffungsausgabe angesetzt wird, wird schliesslich (unter Vernachlässigung des Restwertes in t_n) erhalten:

$$m = \frac{g\,(n-1)}{2} + \frac{A_0}{n} + i\,\frac{A_0}{2}$$

Das Minimum von m, der minimale durchschnittliche Verfahrensnachteil in Abhängigkeit von n, ergibt sich durch Differentiation von m (n) nach n und Nullsetzen des Ergebnisses; ausserdem muss $\frac{d^2m}{dn^2} > 0$ sein. Ist auch diese Bedingung erfüllt, so wird für die optimale Nutzungsdauer:

$$n_{opt.} = \sqrt{\frac{2A_0}{g}}$$

und mithin für den minimalen durchschnittlichen Verfahrensnachteil:

$$m_{min.} = \sqrt{2gA_0} + \frac{i \cdot A_0 - g}{2}$$

Wenn nun der technische Fortschritt sich bei allen möglichen Ketten von Ersatzanlagen, die, wohlgemerkt, demselben Produktionszweck dienen, in gleicher Weise auswirkt, so sind die minimalen durchschnittlichen Verfahrensnachteile für alle möglichen Alternativen gleich: für sofortigen Ersatz, Ersatz in einem Jahr, Ersatz in zwei Jahren ... Dann reduziert sich die Wahl zwischen sofortigem Ersatz und späterem Ersatz auf den Vergleich des nächstperiodigen Verfahrensnachteils der Altanlage mit dem zeitkonstanten minimalen durchschnittlichen Verfahrensnachteil. Ist jener grösser, so empfiehlt sich der sofortige Ersatz; im anderen Falle kann die Wahl auf die nächste oder eine spätere Periode verschoben werden.

Zweifellos wäre es fehlerhaft, die extrem vereinfachenden Annahmen Terborghs unkritisch auf andere Fälle übertragen zu wollen. Ihnen liegt ja nicht ein allgemeines empirisches Gesetz zu Grunde, das überall und zu jeder Zeit Gültigkeit hätte. Die Leistung Terborghs ist vielmehr darin zu sehen, dass er das komplexe Problem des technischen Fortschritts in eine für praktische Kalkulation brauchbare Form gebracht hat. Die empirische Relevanz der spezifischen Form, die Terborgh verwendet, muss im konkreten Investitionsfalle selbstverständlich sorgfältig überprüft werden. Der Weg von Terborgh ist nur einer unter vielen möglichen.

III.

1. Die Kriterien der Investitionsrechnung, die bisher entwickelt wurden, beziehen sich auf einzelne Investitionen und Investitionsvergleiche. Um sie sinnvoll anwenden zu können, muss offenbar eine Vorstellung darüber existieren, wie das *Investitionsprogramm* in seinen Umrissen beschaffen sein soll. Am Anfang steht also eine Produktionsziele und Produktionsmöglichkeiten berücksichtigende, meist relativ grobe totale Programmierung, die zur Aufstellung eines «*vorläufigen Programms*» oder *Rahmenprogramms* führt. Erst wenn ein solches Programm vorliegt, kann gefragt werden, welche technischen Variationen im einzelnen möglich sind und wie es um ihre Wirtschaftlichkeit bestellt ist. Hier setzt die Aufgabe der beschriebenen Verfahren ein, hier beginnt der Geltungsbereich der für sie entwickelten Kriterien: durch sie soll das für die gegebene Zielfunktion und die gegebene Erwartungsstruktur optimale Investitionsprogramm *im Detail* herausgearbeitet werden. Die Notwendigkeit eines vorläufigen Programms oder Rahmenprogramms wird auch dadurch evident, dass zwischen den Ausgabenreihen verschiedener Investitionen und oft ebenfalls zwischen ihren Auswirkungen auf die Einnahmenseite Verbindungen von zum Teil fördernder, zum Teil aber auch beeinträchtigender Art bestehen. Diese Interdependenzen lassen sich rechnerisch offenbar nur dann erfassen, wenn ein vom definitiven optimalen Programm nicht allzu verschiedenes vorläufiges Programm hierfür konkrete Anhaltspunkte liefert.

Boiteux [12]) bemerkt zum anstehenden Problem treffend: Bei den Investitionsrechnungen, etwa nach dem Verfahren der internen Verzinsung, handelt es sich «de l'étude d'une variante, et d'une variante marginale puisque toutes choses sont supposées égales d'ailleurs. Sans doute peut-on cheminer vers la solution de référence. Mais on risque fort de s'égarer vers un maximum relatif ...». Genau das ist die Gefahr, die es zu vermeiden gilt: dass ein relatives Optimum errechnet wird, das u. U. selbst nicht-optimalen Lösungen der Investitionsaufgabe wirtschaftlich unterlegen ist.

2. In einfachen Fällen, namentlich bei kleineren Unternehmen mit einfachem Fertigungsprogramm und relativ wenigen, übersehbaren Investitionsmöglichkeiten, ist es in der Regel möglich, ein vorläufiges Investitionsprogramm zu entwerfen, ohne hierzu formelle Rechenverfahren heranziehen zu müssen. Anders liegen die Verhältnisse oft bei den Grossunternehmungen, bei denen praktische Erfahrungen und Fingerspitzengefühl allein nicht genügen, um auch nur die ungefähre Struktur des optimalen Investitionsprogramms zu entdecken.

Hier bieten sich die in den vergangenen zwei Jahrzehnten entwickelten *Verfahren für die totale Programmierung* an, die teilweise als eine Ergänzung der traditionellen Produktions- und Investitionstheorien anzusehen sind, zu einem gewissen Teil aber auch mit der traditionellen Theorie konkurrieren. Soweit der Autor die Leistungsfähigkeit dieser neueren Verfahren der «*Operation Research*» für die Zwecke der Investitionsrechnung übersieht, scheint diese vorwiegend in der Bewältigung von Investitionsoptimierungsaufgaben «im grossen» zu liegen. Vom heutigen Stand der Forschung gesehen und nach den bisher vorliegenden Arbeitsergebnissen zu urteilen, ist die Stellung der traditionellen Verfahren der Investitionsrechnung noch keineswegs ernsthaft erschüttert. Zumindest für die Filigranarbeit am Investitionsprogramm sind sie nicht zu entbehren.

Unter den Verfahren der totalen Programmierung hat sich das in der Handhabung einfachste in der Praxis ein sehr weites Anwendungsfeld erobern können, allerdings ganz überwiegend für die Aufstellung von optimalen Produktionsprogrammen: *das Verfahren der linearen Programmierung.* Auf äusserste Kürze zusammengefasst, lässt sich das Prinzip der linearen Programmierung wie folgt beschreiben. Es geht darum, ein optimales Produktions (Investitions-)programm zu finden, das bestimmten einschränkenden Bedingungen technischer, wirtschaftlicher oder auch

[12]) *Boiteux, M.:* Une application de la recherche operationnelle au choix des équipements de production d'énergie électrique. Conférence présentée le 29 mars 1957 devant la Société Belge des Electriciens, Vervielfältigung, S. 19.

institutioneller Art genügen muss. Zur Wahl stehen verschiedene Produktionsprozesse (Investitionsprozesse), deren Verhältnis zu den einschränkenden Bedingungen fixiert ist, während ihr Volumen variabel ist. Das optimale Programm wird erhalten, indem man die durchführbaren Produktionsprozesse (Investitionen) auf adäquaten (positiven oder Null-) Niveaus so kombiniert, dass das Zielfunktional einen maximalen (minimalen) Wert annimmt.

Die *Electricité de France*, die das Verfahren der linearen Programmierung für die Zwecke der Investitionsplanung verwendet, ist sich vollkommen im klaren darüber, welche Problematik sich in der Linearitätshypothese für die Ausgabenbarwerte der einzelnen Investitionsmöglichkeiten verbirgt [13]). Ein 20 %iger Produktionszuwachs etwa der Laufwasserkraftwerke oder anderer Erzeugungsmöglichkeiten elektrischer Energie dürfte kaum eine genaue 20 %ige Erhöhung ihrer Ausgabenbarwerte zur Folge haben, und gleiches trifft in abgeschwächter Form sicherlich auch für die Wärmekraftwerke zu. Der Vorzug der einfachen Rechnung, den die Linearitätshypothese bietet, muss also durch empirische Ungenauigkeit erkauft werden. Diese lässt sich aber durch die traditionellen Verfahren der Investitionsrechnung beheben, die hier gewissermassen als Korrekturrechnungen auftreten.

IV.

1. Die Investitionsrechnung, gleich welcher Art, ist auf ausreichende, zuverlässige *Information über die künftigen Ereignisse* angewiesen. Man muss hinreichend genau wissen, wie sich die Präferenzenstrukturen der Verbraucher, der technische Fortschritt, die Preisrelationen entwickeln werden, welche Verhaltensweisen die Konkurrenten wählen, wie der rechtliche Rahmen sich entwickeln wird, usw. Unser Wissen über die Zukunft der Wirtschaft wie überhaupt des gesellschaftlichen Lebens ist jedoch, wie das Scheitern selbst der sorgfältigst angelegten Prognosen immer wieder lehrt, höchst lückenhaft, was letzten Endes allein darauf zurückgeht, dass die Wissenschaft bisher nur wenige allgemein gültige empirische Hypothesen für den Objektbereich der Wirtschaft zu bearbeiten vermochte. Der aktuelle Stand unserer Bemühungen um eine empirisch gehaltvolle Theorie zwingt uns, zugeben zu müssen, dass die *formale Exaktheit der investitionsrechnerischen Verfahren* in einem ausgeprägten Gegensatz zu unserem *unzureichenden Wissen über die Grössen, die in diese Rechnungen eingehen*, steht.

2. Eine Auseinandersetzung mit dem interessanten Phänomen der Ungewissheit, das die Literatur in zunehmendem Masse beschäftigt, ist in diesem Bericht nicht möglich. Der Autor hätte sonst von vorneherein darauf verzichten müssen, die Kriterien der traditionellen Investitionsrechnung zu entwickeln — oder es wäre seine Aufgabe gewesen, statt eines Berichts eine Monographie vorzulegen. Ein Vergleich der Theorien, die sich dem Entscheidungsproblem bei «subjektiver» und «objektiver Ungewissheit» widmen, zeigt im übrigen, dass die hier gewonnenen Erkenntnisse der Praxis längst nicht so neu und revolutionär erscheinen, als man zunächst vielleicht vermuten möchte.

Subjektive Ungewissheit bedeutet, dass die Unternehmung die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Rechengrössen *nur ungenau kennt;* die Parameter der Wahrscheinlichkeitsverteilung sind mehrwertig. Der vorliegende Unbestimmtheitsbereich öffnet der subjektiven Einschätzung der Situation Tor und Tür, und es sind diese subjektiven Urteile, die auch die Auswahl der relevanten Faktoren festlegen und damit die Richtungen, in denen die Informationssuche betrieben wird. An die Stelle der *Gewinnmaximierungsfunktion* tritt die umfassendere *Präferenzfunktion der Unternehmung,* die neben dem Investitionsgewinn noch die Sicherheit der Unternehmung und andere der Unternehmungsführung wesentlich erscheinende Komponenten enthält. Genügt die Präferenzfunktion der Forderung nach Transitivität und Konsistenz — eine Bedingung, die namentlich bei mehrzentriger Willensbildung in den Unternehmungen keineswegs immer erfüllt ist — so kann dann von einer rationalen (Investitions-) Entscheidung die Rede sein, wenn diese für die erreichbare Information die durch die Präferenzfunktion beschriebenen Zielvariablen realisiert.

Bei *objektiver Unsicherheit* kennt die Unternehmung die Parameter der Wahrscheinlichkeitsverteilung *nicht*; sie verfügt nur über ausserordentlich wenige, unzuverlässige Informationen. Unter diesen Umständen wird es ultra-konservativ eingestellten Unternehmungen vielleicht vorteilhaft erscheinen, diejenigen Investition zu wählen, welche den *«geringsten Gewinn maximiert» (Minimax-Kriterium).* Aber das ist nur eines unter einer ganzen Reihe von möglichen Kriterien für den Fall der objektiven Unsicherheit: Minimax-Risiko-Kriterium, Pessimismus-Optimismus-Kriterium u. a. m. Ein verlässlicher Führer durch das Dickicht der zahlreichen Kriterien für rationale Entscheidung bei objektiver Ungewissheit — wenn hier überhaupt noch von Rationalität die Rede sein kann — ist meines Wissens noch nicht gefunden.

3. Unzweifelhaft hat die Diskussion des *Entscheidungsproblems unter Ungewissheit* die verengte Fragestellung, mit der die traditionelle Investitionsrechnung arbeitet, überwunden. Indem sie auf die oft vorrangige Bedeutung des *Sicherheitszieles* hinwies, konnte sie auch die Vorteilhaftigkeit elastischer Investitionsplanungen bei ungewissen Erwartungen begründen. In mancher Hinsicht führte sie zu Ergebnissen, die dem konservativen Handeln der Praxis und üblichen Daumenregeln recht nahe kommt.

Der Autor ist der Ansicht, dass die traditionellen Verfahren der Investitionsrechnung dort weiterhin ihren Platz beanspruchen dürfen, wo die erreichbare Information ihre Anwendung sinnvoll erscheinen lässt — eine im konkreten Falle zu treffende Vorab-Entscheidung, die nie frei sein wird von persönlichem Urteil. Für die Planung der typisch strategischen Investitionen auf oligopolistischen oder dyopolistischen Märkten liefert sie nur Aussagen von sekundärer Bedeutung. Hier wie in allen anderen Fällen, in denen die Sicherheit der Unternehmungen selbst auf dem Spiele steht, tritt die Maximierung des Investitionsgewinns hinter dem Sicherheitsziel zurück, soweit zwischen den beiden Zielen eine Antinomiebeziehung besteht.

V.

1. Die bisher angestellten Überlegungen bezogen sich auf die Unternehmung und die für sie relevanten Kriterien der Investitionswahl. Sehen wir einmal von

[13]) *Massé, P.:* op. cit., S. 190, und *Boiteux, M.:* Une application . . ., 1. c., S. 18.

den Investitionen der öffentlichen Hand für Erziehungs-, Gesundheits- und Sicherheitswesen ab, so sind es in unserem Wirtschaftssystem die Unternehmungen, die über Umfang und Struktur der *Gesamtinvestition* entscheiden. Es drängt sich nun die Frage auf, wie die für die Unternehmungen relevanten Kriterien unter *gesamtwirtschaftlichem Aspekt* zu beurteilen sind. Um die Diskussion zu begrenzen, soll allein das Gewinnkriterium in der Form des maximalen Kapitalwerts zur Erörterung gestellt werden.

2. Mit dem angeschnittenen Problem haben sich die Vertreter der «*Welfare Economics*» auseinandergesetzt. Da die UNIPEDE selbst ein Forum abgegeben hat, in dem Preis- und Kostenprobleme unter wohlfahrtsökonomischen Fragenstellungen diskutiert wurden, kann der Berichterstatter darauf verzichten, die fundamentalen ethischen Prämissen der «Welfare Economics» und die aus ihnen deduzierten Sätze vorzutragen. Er begnügt sich mit zwei Feststellungen. Erstens, die von dieser Richtung der Wirtschaftswissenschaft aufgestellten Regeln über rationales Verhalten der Individuen und rationale Organisation des Wirtschaftsprozesses sind auf ein Ziel des gesellschaftlichen Wirtschaftens ausgerichtet, das sich, kurz, als *grösstmögliche materielle Wohlfahrt unter Berücksichtigung der individuellen Präferenzen* beschreiben lässt. Zweitens, die «*Welfare Economics*» konnte im Wege der Modellanalyse zeigen, dass das von ihr postulierte Wirtschaftsziel, zu dem sich heute wohl alle westlichen Demokratien bekennen, ein bestimmtes Preissystem verlangt: *Preise und Grenzkosten müssen sich überall entsprechen.* Ist diese Bedingung erfüllt, dann lässt sich für die von der Theorie aufgestellten Prämissen zeigen, dass eine am Kapitalwertkriterium orientierte Investitionspolitik bei konstanten und steigenden Grenzkosten zu zieladäquaten Ergebnissen führt. Das trifft jedoch im Falle sinkender Grenzkosten, in dem Falle also, der auch bei der Grenzkostenpreisbildung die bekannten Schwierigkeiten schafft, nicht zu. An die Stelle des Kapitalwertkriteriums tritt hier das sog. Surplus-Kriterium, «qui consiste à considérer, non plus un élément isolé comme l'entreprise, mais l'ensemble de l'entreprise et de son environnement, à calculer le surplus de valeur engendré de cet ensemble par chaque niveau de vente, et à maximiser ce surplus» [14]).

Die praktische Handhabung des Kriteriums schien bis in die jüngste Zeit hinein unmöglich zu sein, was einige Vertreter der Wohlfahrtsökonomie zur Annahme des Resignationsstandpunktes veranlasste, auch für die Fälle sinkender Grenzkosten das Kapitalwertkriterium bzw. Gewinnkriterium zu empfehlen. Ein Fortschritt in der Überwindung der Schwierigkeit scheint durch die neuere Arbeit von *Lesourne* [15]) erzielt worden zu sein. Auf diese Arbeit sei hier nachdrücklich verwiesen.

[14]) *Massé, P.:* op. cit., S. 431.

[15]) *Lesourne, J.:* A la recherche d'un critère de rentabilité pour les investissements importants. Séminaire d'Econométrie du C. N. R. S. vom 10. 12. 1957.

3. Die Übereinstimmung der durch Einzelwirtschaften getroffenen Wahl mit der gesamtwirtschaftlichen Zielsetzung im angezeigten Sinne ist, wie schon gesagt, nur dann vorstellbar, wenn *Preise und reale Grenzkosten übereinstimmen.* Das ist heute in keiner Volkswirtschaft auch nur angenähert der Fall, ja, nicht einmal die weniger restrektive Bedingung gleicher Monopolisierungsgrade für alle Güter ist erfüllt, die man als erste, zugegeben sehr grobe Annäherung an den theoretischen Idealzustand ansehen könnte. Man kann sogar die Frage aufwerfen, ob das postulierte Preissystem überhaupt vollziehbar ist und wenn ja, ob der Zwang, der seine Einführung unvermeidbar begleiten müsste, nicht wesentliche Antriebskräfte unseres Wirtschaftssystems lähmen würde, deren ungehindertes Wirken, auf lange Sicht gesehen, eine höhere gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt herbeiführen würde.

Aus den genannten Gründen muss für die gegenwärtige und vermutlich auch für die zukünftige Situation angenommen werden, dass die Befolgung des Kapitalwertkriteriums bzw. eines praktikablen Surplus-Kriteriums nicht mit Sicherheit auch zu der gesamtwirtschaftlich vorteilhaftesten Investitionsentscheidung führt.

4. Dezentralisierte Investitionsentscheidungen, wie sie die Marktwirtschaft kennzeichen, bergen noch ein weiteres Problem in sich. Wie die moderne Wachstumstheorie gezeigt hat, ist die Gleichheit von gesamtwirtschaftlichem Kapazitäts- und gesamtwirtschaftlichem Einkommenseffekt die entscheidende Bedingung dafür, dass keine Störungen auftreten. Wenn nun, und zwar namentlich auf konkurrenzwirtschaftlich organisierten Märkten, die Investitionsentscheidung isoliert und in Unkenntnis der Investitionsentscheidungen aller Mitbewerber erfolgt, sind Massenirrtümer nach der einen oder der anderen Seite hin möglich. Isoliert gesehen, mag die Entscheidung nach dem Kapitalwertkriterium richtig gewesen sein, aufs ganze gesehen ist sie es nicht. Dann ist die Bedingung für gleichwichtiges Wachstum in Frage gestellt, und die praktische Wirtschaftspolitik steht vor der schwierigen Aufgabe, Mittel zu finden, mit denen sie die individuelle Entscheidungsfreiheit einengt, ohne die Privatinitiative zu lähmen.

5. Abschliessend sei der Standpunkt des Autors zur Frage der Grösstinvestition hervorgehoben. Ihre gesamtwirtschaftliche Beurteilung kann nur erfolgen, wenn der Strukturzusamenhang der Volkswirtschaft in geschlossener Form im Detail aufgezeichnet ist. Nur mit Verfahren der mathematischen Programmierung, die die Substitutionsvorgänge in der Volkswirtschaft zutreffend erfassen, kann darüber eine Aussage gewagt werden, wie eine solche Investition in dieser oder jener Ausführung sich voraussichtlich auf die Höhe des Sozialproduktes, auf den Arbeitsmarkt, auf andere Produktionen usw. auswirkt.

Adresse des Autors:
Privatdozent Dr. *Hans K. Schneider,* Energiewirtschaftliches Institut der Universität Köln, Köln.