# Empfehlungen zur Struktur und zum Ausbau des Bildungswesens im Hochschulbereich nach 1970

Anlagen

**Wissenschaftsrat**

**Bonn, 1970**

8. Verfahren zur Ermittlung der Ausbildungskapazität von Hochschulen

urn:nbn:de:hbz:466:1-8323

# Verfahren zur Ermittlung der Ausbildungskapazität von Hochschulen

## Inhalt


| | Seite |
|---|---|
| Vorbemerkung | 389 |
| I. Überblick über Zusammensetzung und Aufgaben des Modells | 389 |
| II. Beschreibung und Interpretation des Modells | 391 |
| III. Zusammenfassung | 398 |

## Vorbemerkung

Bereits Anfang 1967 beschäftigte sich eine Arbeitsgruppe der Westdeutschen Rektorenkonferenz mit Modellen zur Ermittlung des Personal-, Sach- und Raumbedarfs für die Durchführung der Empfehlungen des Wissenschaftsrates zur Neuordnung des Studiums [1]). Der Wissenschaftsrat hat Mitte 1967 in den Empfehlungen zum Ausbau der wissenschaftlichen Hochschulen bis 1970 ein Verfahren für die Ermittlung der Kapazität von Fachbereichen beschrieben, bei dem nur die Lehrveranstaltungen mit begrenzter Teilnehmerzahl berücksichtigt wurden. Von Braun, Hammer und Schmid wurde ein Berechnungsverfahren entwickelt, das alle Veranstaltungen der Studenten und den sich daraus ergebenden Personalbedarf, aber nicht den Raumbedarf einbezieht [2]). Im Auftrage der Hochschul-Informations-System GmbH ist ein weiteres Modell erarbeitet worden, das auf dem von Braun, Hammer und Schmid entwickelten Modell basiert. Darüber hinaus arbeitet die Hochschul-Informations-System GmbH an einer Weiterentwicklung des Modells.

Eine Arbeitsgruppe des Wissenschaftsrates hat versucht, eine allgemein anwendbare Methode für die Berechnung der Ausbildungskapazität der Hochschulen zu erarbeiten. Sie hat auf der Grundlage der in den Empfehlungen des Wissenschaftsrates zum Ausbau der Wissenschaftlichen Hochschulen bis 1970 dargestellten Modelle auch die anderen in der Bundesrepublik diskutierten Denkansätze einer kritischen Prüfung unterzogen. Sie schlägt das in den folgenden Abschnitten dargestellte Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Ausbildungskapazität vor, das sich weitgehend nach dem von Braun, Hammer und Schmid entwickelten Modell richtet.

## I. Überblick über Zusammensetzung und Aufgaben des Modells

Die Grundgrößen des Modells sind

— die Einheiten e, je nach Interpretation Lehr- oder Raumeinheiten,
— die Veranstaltungen v,
— die Studentenzahlen s.

Die Gesamtheit der Einheiten e ist E; die Gesamtheit der Veranstaltungen v ist V.

Jeder Einheit e wird

— eine Sollbelastung $a_e$ mit der Dimension Semesterwochenstunden zugeordnet,

1) LVII. WRK, Frankfurt, 16. 2. 1967, I/6.

2) H. Braun, G. Hammer, K. Schmid: Ein Verfahren zur Ermittlung der Ausbildungskapazität wissenschaftlicher Hochschulen, Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, Band 182, Heft 4/5, Stuttgart 1969.

und für jede Einheit e wird

— eine von der Studentenzahl s abhängige Istbelastung $b_e(s)$ nach einem in Abschnitt II ausführlich erläuterten Verfahren berechnet.

Die Gesamtheit E der Einheiten e zusammen mit der Gesamtheit V der Veranstaltungen v kann als ein System E,V angesehen werden, das je nach Interpretation eine Hochschule, einen Fachbereich oder irgendeinen anderen Hochschul-Teilbereich bedeutet. Die Ausbildungskapazität c dieses Systems E,V ist das Maximum der Studentenzahlen s, bei denen für alle Einheiten e die Istbelastung $b_e(s)$ kleiner oder gleich der Sollbelastung $a_e$ ist:

$$b_e(s) \leqq a_e \text{ für alle } e \varepsilon E.$$

Nach dieser Definition muß also streng genommen für wenigstens eine Einheit e die Ungleichung

$$b_e(c+1) > a_e$$

zutreffen.

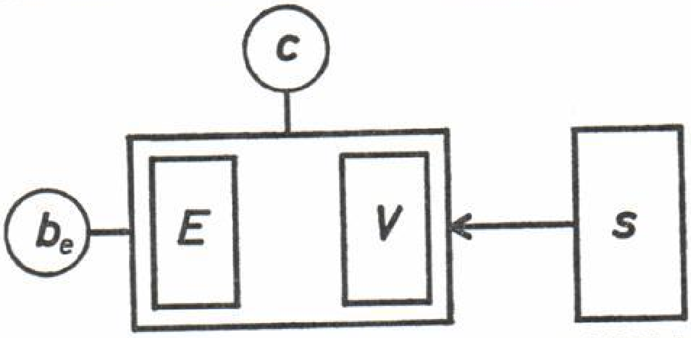
Praktisch geht man so vor, daß für jede Einheit e gesondert eine Kapazität $c_e$ als Maximum aller Studentenzahlen s berechnet wird, für die $b_e(s) \leqq a_e$ ist. Daraus folgt, daß die Kapazität c des Systems E,V gleich ist dem Minimum der einzelnen Kapazitäten $c_e$ der Einheiten e.

Außer der Minimumbildung sollte man nach eingehender Engpaßanalyse mindestens eine zweite Zahl als Maß für die Kapazität des Systems definieren, so daß alle Einheiten des Systems angemessen berücksichtigt werden. Eine solche Zahl ist beispielsweise das mit Gewichten $g_e$ gewogene arithmetische Mittel $c^*$ der Einheitskapazitäten $c_e$:

$$c = \min \left\{ c_e | e \varepsilon E \right\} \leqq c^* = \frac{\Sigma g_e c_e}{\Sigma g_e}$$

Die Zahl c allein darf nicht maßgebend sein für eine Beurteilung der Ausbildungskapazität.

Das Modell läßt sich vereinfacht wie folgt darstellen:




Das System wird durch den großen Kasten versinnbildlicht. Die kleinen Boxen in ihm symbolisieren Aggregate von Maßzahlen, die einer genaueren Beschreibung der Einheiten und Veranstaltungen dienen. Die Kreise können als Indikatoren angesehen werden, die durch die Istbelastungen $b_e(s)$ den Zustand und durch die Kapazität c das Leistungsvermögen des Systems anzeigen. Man kann so eine Änderung der Anzahl s von Studenten, die das System über die Veranstaltungen belasten, oder eine Variation des Systems selber von den Indikatoren ablesen und dann entscheiden, wieviel Studenten im System ausgebildet werden können oder in welchem Umfang das System umgestellt oder ausgebaut werden soll.

Das Modell läßt sich in verschiedenen Richtungen anwenden:

— Man setzt den Umfang (die Anzahl der Lehr- oder Raumeinheiten) und die Struktur des Systems als konstant voraus, mißt seine einzelnen Bestandteile und fragt nach der gegenwärtigen Kapazität, also nach der maximalen Zahl von Studenten, die gerade noch ausgebildet werden können.

— Man setzt den Umfang des Systems als konstant voraus, die Struktur dagegen als variabel und ermittelt, wie durch Änderung der Struktur (z. B. durch Umverteilung von Lehraufgaben) die Kapazität optimiert werden kann.

— Man geht von einer bestimmten Studentenzahl als Soll-Kapazität aus und untersucht, wie das System umgestaltet oder ausgebaut werden muß, um dieser vorgegebenen Kapazität zu entsprechen.

Zur Kontrolle der Belastung $b_e(s)$ und der Kapazität c müssen außer einer Zahl $c^*$ viele andere Kennziffern herangezogen werden, zum Beispiel die von Mahrenholtz, Withum [1]) und Dettweiler [2]) unter anderen vorgeschlagenen Maße für die „Belastung durch einen einzelnen Studienfall".

## II. Beschreibung und Interpretation des Modells

Die Berechnung einer einzigen Zahl als Maß für die Ausbildungskapazität einer ganzen Hochschule ist sinnlos, da eine einzige Zahl nichts über Engpässe in einzelnen Teilbereichen aussagt. Es ist daher nötig, Kapazitäten für Fachbereiche oder für noch kleinere Teilbereiche auszurechnen und die Gesamtheit aller dieser Teilbereichs-Kapazitäten als differenziertes Maß der Hochschulkapazität anzusehen. Daneben können durch Minimumbildung neue Kapazitäts-Maßzahlen für Teilaggregate der Hochschule gewonnen werden.

Im folgenden werden die einzelnen Größen des Modells definiert und die Berechnungsmodi dargestellt.

---

1) O. Mahrenholtz, D. Withum: Zur Berechnung der Lehrbelastung Wissenschaftlicher Hochschulen, Hannover 1969.

2) E. Dettweiler: Der Einbau von Vergleichs-Kennziffern nach dem Verfahren von O. Mahrenholtz und D. Withum, Technische Universität Hannover, in das Kapazitätsmodell von Braun-Hammer-Schmid, Tübingen 1969.

(1) $E = \{e, \ldots\}$ ist die Menge der Einheiten eines Hochschul-Teilbereichs. Einheiten können sein: Professoren, Assistenten, Hochschulangestellte und -arbeiter, ferner die Zusammenfassung einzelner Personen zu Gruppen, z. B. Forschungsteams, Dienstleistungsgruppen. Einheiten im Sinne des Modells sind auch Hörsäle, Seminarräume, Laboratorien, Büros, ferner Zusammenfassungen einzelner Räume zu sogenannten „nutzungshomogenen Raumtypen" (z. B. Zusammenfassung von Hörsälen mit mehr als 100 Plätzen, Zusammenfassung von Laboratorien zum Typ „Schwerlabor") und Zusammenfassung von Räumen nach bautechnischen Kennwerten.

(2) $V = \{v, \ldots\}$ ist eine Menge der Veranstaltungen, die ein Teilbereich in dem Semester oder Studienjahr anbietet, für das die Kapazität berechnet wird.

Veranstaltungen sind z. B. einzelne Vorlesungen (Analysis I), einzelne Übungen (Übung zu Analysis I), einzelne Seminare (Wittgenstein und das Problem der Philosophie als Praxis), einzelne Praktika (Morphologisches Praktikum II) oder aber Blöcke einzelner Vorlesungen (Analysis insgesamt mit den Teilen Analysis I, Analysis II, Analysis III oder sogar Vorlesungen insgesamt mit sämtlichen konkreten Vorlesungen, die ein Fachbereich im betreffenden Semester oder Studienjahr anbietet), ferner Blöcke einzelner Übungen, einzelner Seminare, einzelner Praktika. Auch Prüfungen, Prüfungsarbeiten, Exkursionen werden als Veranstaltungen angesehen. Die Liste dessen, was man unter Veranstaltungen verstehen will, läßt sich in studienbezogenen Grenzen nach Belieben fortsetzen.

(3) $P = \{p, \ldots\}$ bezeichnet die Menge der Studienpläne. Sie charakterisiert die Struktur des Lehrangebots und damit der Ausbildungsgänge.

Ein Studienplan p ist eine Folge von Teilmengen des Veranstaltungsangebots V. Die im ersten Glied der Folge p zusammengefaßten Veranstaltungen werden von Studenten, die nach p studieren, im ersten Semester bzw. Studienjahr besucht. Die im zweiten Glied enthaltenen Veranstaltungen werden im zweiten Semester besucht usw.

In den wenigsten Fällen sind Studienpläne bis ins einzelne aufgeteilt. Häufig enthalten die Glieder eines Studienplans nur Veranstaltungsblöcke. Bedeutet v beispielsweise den Veranstaltungsblock „Vorlesungen insgesamt", dann ist oft v Element fast eines jeden Gliedes von p.

Wenn keine normativen Pläne oder nur Teile solcher Pläne existieren, kann der Modellbenutzer selber Studienpläne für die Berechnung nach Gesichtspunkten zusammenstellen, die das wirkliche Nachfrageverhalten von Studenten oder je nach Intention ein nur gewünschtes Nachfrageverhalten berücksichtigen.

(4) Die Kronecker-Symbole $d_v(p,j)$ charakterisieren die Zuordnung der Veranstaltungen zu den Studienplänen. Sie werden für die Definition der „durchschnittlichen Teilnehmerzahl $s_v$ der Veranstaltung v" benötigt (vgl. Ziffer 6).

Das Zeichen $d_v(p,j)$ hat den Wert 1, wenn die Veranstaltung v für Studenten, die nach p studieren, im j-ten Semester (bzw. Studienjahr) abgehalten wird, in allen anderen Fällen den Wert 0. Anders ausgedrückt: $d_v(p,j)$ bezeichnet nur genau entweder die Zahl 1 oder 0, je nachdem, ob v im j-ten Glied des Studienplans p vorkommt oder nicht.

(5) $s(p,j)$ bedeutet die Anzahl der Studenten, die nach dem Studienplan p im j-ten Semester studieren.

$s = \sum\limits_{p,j} s(p,j)$ ist demnach die Anzahl aller Studenten eines Fachbereichs.

Im Modell kann der Begriff Semester durch den des Studienjahrs und der Begriff Fachbereich durch den der Hochschule ersetzt werden, ohne daß sich in der Bezeichnungsweise wesentliches ändert, bis vielleicht auf die Einführung eines weiteren Index, der die Auffächerung der Studentenzahlen auch nach Fachbereichen oder sonstigen Unterbereichen kennzeichnet. Auf diese Interpretation wird hier ausdrücklich hingewiesen. Die Begriffe Semester und Fachbereich werden nur aus praktischen Erwägungen benutzt. Das wird im folgenden nicht immer wieder betont.

Der Anteil der Studenten, die nach dem Studienplan p im j-ten Semester studieren, an den Studenten insgesamt ist

$$x(p,j) = \frac{s(p,j)}{s}.$$

Die Verhältniszahl $x(p,j)$ wird unter (6) verwendet.

(6) Die durchschnittliche Teilnehmerzahl $s_v$ der Veranstaltung v:

Das Symbol v bezeichnet zunächst einen Block verschiedener konkreter Veranstaltungen. Die Zahl der Studenten, die nach einem bestimmten Studienplan p studieren und insgesamt an allen konkreten Veranstaltungen des Blocks v teilnehmen, berechnet sich nach

$$\sum_j d_v(p,j) \cdot s(p,j).$$

Beispiel: Wenn p' den Studienplan für Diplom-Mathematiker bedeutet und v sich zusammensetzt aus Analysis I im ersten Semester, Analysis II im zweiten Semester, Analysis III im dritten Semester, dann ist $d_v(p',1) = d_v(p',2) = d_v(p',3) = 1$ und jedes andere $d_v(p',j) = 0$, so daß die Teilnehmerzahl für Analysis insgesamt gleich ist der Summe $s(p',1) + s(p',2) + s(p',3)$.

Die durchschnittliche Anzahl der Studenten, die nach einem bestimmten Studienplan p studieren und an je einer konkreten Veranstaltung des Blocks v teilnehmen, berechnet man nach der Formel

$$\frac{\sum_j d_v(p,j) \cdot s(p,j)}{\sum_j d_v(p,j)}.$$

Für das Beispiel ergibt sich

$$\frac{s(p',1)+s(p',2)+s(p',3)}{1+1+1}.$$

Der Quotient ist nur sinnvoll für solche Pläne p, in denen v tatsächlich vorkommt.

Die durchschnittliche Anzahl aller Studenten, die an je einer konkreten Veranstaltung des Blocks v teilnehmen, ist durch die Gleichung (A) gegeben:

$$s_v = \sum_p \frac{\sum_j d_v(p,j) \cdot s(p,j)}{\sum_j d_v(p,j)}. \tag{A}$$

Die Summe geht nur über solche Studienpläne p, die das betrachtete v auch wirklich enthalten.

Beispiel: p″ sei der Studienplan für Diplom-Physiker; Mathematiker und Physiker seien in diesem Beispiel die einzigen, die am Block v „Analysis insgesamt" teilnehmen; dann ist die durchschnittliche Hörerzahl

$$s_v = \frac{s(p',1)+s(p',2)+s(p',3)}{1+1+1} + \frac{s(p'',1)+s(p'',2)+s(p'',3)}{1+1+1}.$$

Die Formel für $s_v$ wird einfacher, wenn man annimmt, daß v für eine konkrete Veranstaltung steht (beispielsweise für Analysis I); denn in diesem Falle muß

$$\sum_j d_v(p,j) \cdot s(p,j) = s(p,j_p) \text{ und } \sum_j d_v(p,j) = 1 \text{ sein,}$$

so daß $$s_v = \sum_{p,j} d_v(p,j) \cdot s(p,j) = \sum_p s(p,j_p).$$

Hier bezeichnet $j_p$ das Semester, in dem die konkrete Veranstaltung v angeboten wird. $j_p$ ist eindeutig, weil eine konkrete Veranstaltung von Studenten, die nach demselben Plan p studieren, während genau eines von p vorgeschriebenen Studiensemesters besucht werden sollte.

Studenten, die etwa die für das erste Semester verbindliche Vorlesung Analysis I auch im zweiten Semester hören, verhalten sich nicht „studienkonform" im Sinne eines normativen Studienplans.

Damit auch solche Studenten in der Praxis berücksichtigt werden, muß man einen auf $s_v$ einwirkenden, empirisch zu ermittelnden Korrekturfaktor in das Modell einbauen.

Um die Kapazität berechnen zu können, benötigt man eine Formel für $s_v$, die nur von der Gesamtzahl s der Studenten abhängt. Aus der Definition von x(p,j) unter (4) folgt

$$s(p,j) = s \cdot x(p,j).$$

Dieser Ausdruck für s(p,j) wird in die Formel (A) eingesetzt und s vor das Summenzeichen gezogen:

$$s_v = s \cdot \sum_p \underbrace{\frac{\sum_j d_v(p,j) \cdot x(p,j)}{\sum_j d_v(p,j)}}.$$

Der Faktor über der geschweiften Klammer wird mit $h_v$ bezeichnet. Er liefert das Verhältnis der durchschnittlichen Teilnehmerzahl von v zur Gesamtzahl s. Man darf $h_v$ als konstant ansehen, wenn die Verhältniszahl x(p,j) gegeben ist, z. B. durch statistische Erhebungen oder Prognosen oder durch bestimmte Vorstellungen über die Struktur des betrachteten Fachbereichs. Der Term zur Berechnung der durchschnittlichen Teilnehmerzahl einer Veranstaltung v erhält nun die Form:

$$s_v = s \cdot h_v.$$

(7) Die Gruppengröße $g_v$ einer Veranstaltung v gibt an, wieviel Studenten höchstens an v teilnehmen können. $g_v$ ist so für konkrete Veranstaltungen eindeutig definiert. Bezeichnet v hingegen einen Block verschiedener konkreter Veranstaltungen, dann ist $g_v$ das Minimum der Gruppengrößen für die einzelnen zu v gehörigen konkreten Veranstaltungen. Einzelne Veranstaltungen sollten jedoch zweckmäßigerweise so aggregiert werden, daß ihre Gruppengrößen gleich sind.

Gruppengrößen werden in erster Linie nach didaktischen Gesichtspunkten bestimmt, aber auch durch die nutzbare Fläche und die Lernmittelausstattung der Räume, die für die Veranstaltungen zur Verfügung stehen.

(8) Die Multiplizität $m_v(s)$ einer Veranstaltung v gibt an, wie oft v abgehalten werden muß, damit alle Studenten $s_v$ an der Veranstaltung teilnehmen können:

$$m_v(s) = \left\lceil \frac{s_v}{g_v} \right\rceil = \left\lceil \frac{s \cdot h_v}{g_v} \right\rceil.$$

Die eckigen Klammern besagen, daß man die zwischen ihnen stehende Zahl auf die nächst höhere ganze Zahl aufzurunden hat. (Beispiel: [4,17] = [5] = 5).

Die Gruppengröße hat einen starken Einfluß auf die Multiplizität. Eine kleine Änderung der Zahl $\frac{s \cdot h_v}{g_v}$ (beispielsweise von 0,95 um 0,1 auf 1,05) induziert eine relativ große Änderung von $m_v(s)$ (im Beispiel von 1 auf 2). Darum darf die Multiplizität erst nach einer genauen Untersuchung der Gruppengröße und derjenigen Größe angewendet werden, die wie z. B. Studienpläne die durchschnittliche Teilnehmerzahl beeinflussen.

(9) $t_v$ bedeutet die Anzahl der Semesterwochenstunden einer Veranstaltung v, ohne Berücksichtigung der Multiplizität von v.

Beispiel: Baustatik I 3 Stunden, Baustatik II 2 Stunden pro Woche und Semester; bezeichnet v den Block „Baustatik insgesamt", dann gilt $t_v = 5$ Semesterwochenstunden.

$t_{v,e}$ ist das Zeichen für die Anzahl der Semesterwochenstunden, mit der eine Lehr- oder Raumeinheit e an der Veranstaltung v beteiligt ist, ohne Berücksichtigung der Multiplizität von v.

Beispiel: der Lehrstuhl e' veranstaltet Baustatik I, der Lehrstuhl e'' veranstaltet Baustatik II; dann gilt

$$t_{v,e'} = 3 \text{ Semesterwochenstunden,}$$
$$t_{v,e''} = 2 \text{ Semesterwochenstunden.}$$

(10) Die zumutbare zeitliche Beanspruchung einer Lehr- oder Raumeinheit e wird durch die Sollbelastung $a_e$ in Semesterwochenstunden ausgedrückt. Bei der Festlegung von $a_e$ für Lehreinheiten ist zu berücksichtigen, daß die Beanspruchung durch die Lehre infolge der unterschiedlichen Beteiligung an der Forschung auch unterschiedlich bemessen wird.

Man kann bei der Festlegung der Größen $a_e$ für Lehreinheiten auch eine Zuordnung von Lehreinheiten zu Raumeinheiten berücksichtigen. Wenn beispielsweise eine Lehreinheit e, bestehend aus nur einem prüfungsberechtigten Hochschullehrer, für den Veranstaltungsblock v, bestehend aus allen Prüfungen, die e abnehmen soll, entweder über gar kein oder über kein geeignetes Zimmer für Prüfungen und Prüfungsvorbereitungen verfügt, dann kann der Modellbenutzer die Sollbelastung $a_e$ entsprechend dem Anteil der Prüfungen und Vorbereitungen an den gesamten Lehraufgaben von e verringern, um zu zeigen, wie sich auch ein Mangel an Räumen und Einrichtungen, die nicht unmittelbar zum Lehrbetrieb gehören, ungünstig auf die von $a_e$ abhängige Kapazität der Einheit oder des ganzen Fachbereichs auswirkt.

Die Istbelastung $b_e(s)$ einer Einheit e berechnet man nach der Formel (B)

$$b_e(s) = \sum_{v \varepsilon V} m_v(s) \cdot t_{v,e}. \qquad \text{(B)}$$

(11) Die Kapazität $c_e$ einer Einheit e ist definiert als das Maximum aller (hier als variabel angesehenen) Studentenzahlen s, für die $a_e \geqq b_e(s)$.

$$c_e = \max \left\{ s | a_e \geqq b_e(s) \right\}.$$

Die Kapazität c eines Fachbereichs ist gegeben durch das Maximum der Studentenzahlen s, bei denen für alle Einheiten e des Fachbereichs die Ungleichung $a_e \geqq b_e(s)$ zutrifft:

$$c = \max \left\{ s | \bigwedge_{e \varepsilon E} a_e \geqq b_e(s) \right\} = \min \left\{ c_e | e \varepsilon E \right\}.$$

An dieser Stelle muß noch einmal darauf hingewiesen werden, daß c nicht das einzige Kriterium für die Ausbildungskapazität sein darf.

Um die Kapazitäten $c_e$ einfacher — wenn auch nur annähernd richtig im Sinne der Formel unter (11) — angeben zu können und die Unstetigkeit der von s abhängigen Multiplizität zu beseitigen, ersetzt man in der Formel (B) unter (10) für $b_e(s)$ den Term

$m_v(s) = \left[ \frac{s \cdot h_v}{g_v} \right]$ durch $\frac{s \cdot h_v}{g_v}$ und berechnet formal die — im allgemeinen gebrochene — Zahl $s_e$, für die

$$a_e = s_e \cdot \sum_{v \varepsilon V} \frac{h_v}{g_v} \cdot t_{v,e}, \text{ wobei } s_e \sim c_e. \qquad \text{(C)}$$

Die Formel (C) eignet sich auch für eine andere Überlegung. Zur Vereinfachung wird (C) umgeschrieben zu

$$s_e^{-1} = a_e^{-1} \cdot \sum_v g_v^{-1} \cdot h_v \cdot t_{v,e}.$$

Ein genäherte Zahl $\hat{c}$ für die Kapazität $c = \min \left\{ c_e | e \varepsilon E \right\}$ ist gegeben durch

$$\hat{c} = \min \left\{ s_e | e \varepsilon E \right\},$$

so daß $\hat{c}^{-1} = \max \left\{ s_e^{-1} | e \varepsilon E \right\} = \max \left\{ a_e^{-1} \cdot \sum_v g_v^{-1} \cdot h_v \cdot t_{v,e} | e \varepsilon E \right\}$.

Die Anteile $t_{v,e}$ werden als variabel angesehen und sind bei konstanten Faktoren $a_e$, $g_v$, $h_v$ so zu wählen, daß $\hat{c}$ maximal oder das $\hat{c}^{-1}$ minimal wird. Eine Antwort auf die Frage nach der günstigsten Wahl der $t_{v,e}$ gibt die Lösung des mathematischen Problems mit den Restriktionen

$$0 \leqq t_{v,e} \leqq t_v \text{ für alle v und e,}$$

$$\sum_e t_{v,e} = t_v \text{ für alle v}$$

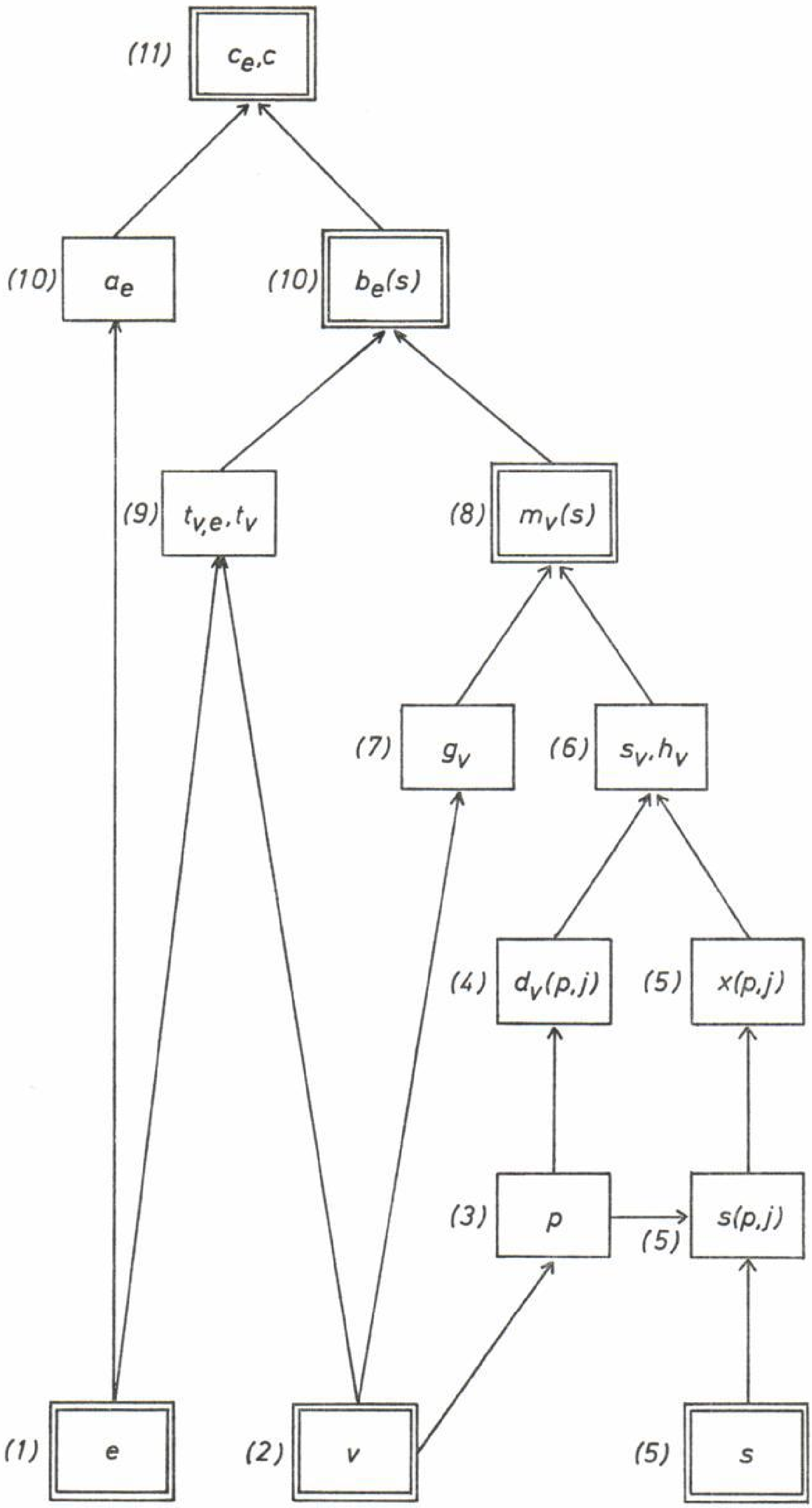
und der von den $t_{v,e}$ abhängigen Zielfunktion

$$\max \left\{ a_e^{-1} \cdot \sum_v g_v^{-1} \cdot h_v \cdot t_{v,e} | e \varepsilon E \right\},$$

die minimiert (nicht maximiert!) werden muß.

## III. Zusammenfassung

Die in Abschnitt II erläuterten Begriffe und ihre gegenseitige Abhängigkeit werden in der folgenden Graphik veranschaulicht. Ein Pfeil zielt auf das Symbol, zu dessen Erklärung das Zeichen am Pfeilende benötigt wird. Die Symbole für die Grundbegriffe und die wichtigsten abgeleiteten Begriffe sind doppelt gerahmt. Die Ziffern verweisen auf die Stellen unter II, wo die Begriffe erklärt werden.


(11) $c_e, c$
(10) $a_e$
(10) $b_e(s)$
(9) $t_{v,e}, t_v$
(8) $m_v(s)$
(7) $g_v$
(6) $s_v, h_v$
(4) $d_v(p,j)$
(5) $x(p,j)$
(3) $p$
(5) $s(p,j)$
(1) $e$
(2) $v$
(5) $s$