

# **Zur Methodik entscheidungslogisch korrekter Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der öffentlichen Hand**

Dissertation zur Erlangung des  
Doktorgrades der Wirtschaftswissenschaften (Dr. oec.)

Fakultät Wirtschafts- und Sozialwissenschaften  
Universität Hohenheim

Institut für Financial Management

vorgelegt von  
Mark Alexander Mayer  
aus Reutlingen

Dekan: Professor Dr. Jörg Schiller  
Erstgutachter und Betreuer: Professor Dr. Ernst Troßmann  
Zweitgutachter: Professor Dr. Christian Ernst

Datum der mündlichen Prüfung: 16. Mai 2023



Mark Alexander Mayer, Hohenheim 2023

© 2023 by Mark Alexander Mayer. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

*für Anna und Johann*



## Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis.....	IX
A. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen? Bei allem, was Recht ist! .....	1
B. Grundsätze von Entscheidungen der öffentlichen Hand mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen .....	7
I. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen als (Rechts-)Folge des Wirtschaftlichkeitsgrundsatzes .....	7
1. Zum Wirtschaftlichkeitsbegriff des verfassungs- rechtlichen Wirtschaftlichkeitsprinzips .....	7
2. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen als Methode des Wirtschaftlichkeitsprinzips in Bund und Ländern gemäß § 6 Abs. 2 HGrG .....	11
3. Kommunale Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen .....	14
II. Inhaltliche Vorgaben an Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen .....	18
1. Vorgaben an Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen aus den Verwaltungsvorschriften zu § 7 BHO/LHO .....	18
2. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nach der Arbeitsanleitung des Bundesministeriums der Finanzen .....	21
3. Weitere Arbeitsanleitungen zu Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen .....	29
III. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen als Entscheidungsrechnungen.....	31
1. Grundüberlegungen zu Entscheidungsrechnungen .....	31
2. Die öffentliche Hand als Entscheidungsträger .....	32
a) Zur Gestalt der öffentlichen Hand .....	32
b) Die Ziele der öffentlichen Hand .....	37
c) Weitere Anforderungen der öffentlichen Hand an Entscheidungsrechnungen .....	40
3. Die finanzwirksame Maßnahme als Bewertungsobjekt von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen .....	46
a) Zum Begriff der finanzwirksamen Maßnahme .....	46
b) Die finanzwirksame Maßnahme als öffentliche Investition.....	48

C. Einordnung der Vorgaben von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in das betriebswirtschaftliche Instrumentarium .....	51
I. Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung als Prozess .....	51
1. Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung im weiteren Sinne als Planungsprozess .....	51
a) Zur entscheidungsorientierten Struktur des Planungsprozesses.....	51
b) Kritische Analyse des Planungsprozesses in der Arbeitsanleitung des Bundesministeriums der Finanzen .....	53
2. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im engeren Sinne als Methoden in der Bewertungsphase .....	57
a) Methodische Vielfalt von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen.....	57
b) Maßstab zur Analyse von Entscheidungsmodellen.....	60
c) Zum Problembereich der öffentlichen Hand bei Entscheidungen mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen .....	63
II. Angemessene Bewertungsmethoden für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen .....	65
1. Zur Messung des Nutzens öffentlicher Investitionen.....	65
a) Geeignete Methoden des Multicriteria Decision Making bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen.....	65
b) Analyse der Vorgaben an die Nutzwertanalyse bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen.....	72
c) Grundmodell eines entscheidungs- orientierten Nutzwertanalyse-Prozesses.....	76
2. Zur Messung der Kosten öffentlicher Investitionen .....	88
a) Geeignete Investitionsrechenverfahren bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen.....	88
b) Analyse der Vorgaben an die Kapitalwertmethode bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen.....	97
III. Der monetäre Ansatz der Kosten-Nutzen-Analyse als Sonderfall.....	105
1. Methodische Komponenten von Kosten-Nutzen-Analysen .....	105
2. Entscheidungslogische Beurteilung von Kosten-Nutzen- Analysen .....	109
3. Zur Verbindlichkeit von Kosten-Nutzen-Analysen in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen.....	113

D. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei Entscheidungen der öffentlichen Hand über alternative Investitionsprojekte .....	117
I. Entscheidungsorientierte Bewertung des Nutzens öffentlicher Investitionsprojekte .....	117
1. Zur Relevanz einer dynamischen Nutzwertanalyse für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der öffentlichen Hand.....	117
2. Der allgemeine Fall intertemporaler Entscheidungen .....	118
3. Zur Modellierung von Zeitpräferenzen der öffentlichen Hand ....	124
II. Entscheidungslogische Bewertung der Kosten öffentlicher Investitionsprojekte .....	136
1. Zum Grundproblem der Bewertung öffentlicher Investitionen mit der Marktzinsmethode.....	136
2. Der Bewertungsprozess öffentlicher Investitionen mit der Marktzinsmethode.....	147
3. Berücksichtigung alternativer Zielgrößen der öffentlichen Hand mit der Marktzinsmethode .....	156
4. Zur Berücksichtigung von Alternativen mit sehr langfristiger Zielwirkung .....	164
III. Zu den Schwächen der getrennten Bewertung von Kosten und Nutzen bei isolierten Projektentscheidungen der öffentlichen Hand .....	171
1. Probleme aus der getrennten Bewertung finanzieller und nichtfinanzieller Zielwirkungen .....	171
2. Probleme der Verhältnisbildung bei Kostenwirksamkeitsanalysen .....	175
IV. Öffentliche Projektentscheidungen mit der dynamischen omnikriteriellen Nutzwertanalyse .....	180
1. Ansatz zur simultanen Berücksichtigung aller Ziele bei Auswahlentscheidungen der öffentlichen Hand .....	180
2. Ja/Nein-Entscheidungen bei öffentlichen Investitionen.....	185
3. Kombinierte Projektentscheidungen der öffentlichen Hand.....	191

E. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei Entscheidungen der öffentlichen Hand über alternative Investitionsprogramme .....	195
I. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nach dem Maximalprinzip.....	195
II. Zur Notwendigkeit der nichtfinanziellen Bewertung bei Entscheidungen der öffentlichen Hand über Investitionsprogramme .....	197
1. Probleme der finanziellen Planung öffentlicher Investitionsprogramme .....	197
2. Ansätze zur Berücksichtigung nichtfinanzieller Ziele bei Programmentscheidungen der öffentlichen Hand .....	208
3. Nutzwertanalytischer Ansatz zur nichtfinanziellen Bewertung von Programmentscheidungen der öffentlichen Hand .....	210
III. Modell zur Entscheidung der öffentlichen Hand über Investitionsprogramme .....	219
1. Ausgangsmodell bei Entscheidungen über öffentliche Investitionsprogramme.....	219
2. Zur Berücksichtigung alternativer Ergebnisgrößen bei Entscheidungen über öffentliche Investitionsprogramme .....	226
3. Zur Priorisierung öffentlicher Investitionsprojekte.....	234
a) Zusätzliche zeitliche Priorisierung.....	234
b) Zeitliche Priorisierung bei rein finanzieller Betrachtung .....	240
c) Zur zeitlichen Priorisierung öffentlicher Investitionsprojekte .	247
IV. Die öffentliche Hand auf der Suche nach realisierbaren Investitionsprogrammen .....	257
1. Berücksichtigung von Realisierungsbedingungen bei der Suche optimaler Investitionsprogramme .....	257
2. Ansätze zum Auffinden realisierbarer Investitionsprogramme ..	262
V. Verknüpfende Darstellung der unterschiedenen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen .....	267
F. Nicht nur bessere, sondern auch besser akzeptierte Entscheidungen der öffentlichen Hand mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen .....	277
Anhang .....	283
Literaturverzeichnis.....	315

## Symbolverzeichnis

$a$	Zielzahlungsstrombasis
$a_{NW}$	Zielnutzwertstrombasis
$\vec{a}_0$	Barzahlungsvektor der Zahlungskoeffizienten aus Periode 0 der Finanzierungsgeschäfte $s$
$a_{t^*,t}$	Ausgleichszahlung in Periode $t$ einer Einzahlung in Periode $t^*$
$a_k$	Zielzahlungsstrombasis von Finanzierungsgeschäft $k$
$A_i$	Alternative (od. Investitionsprojekt) $i$ aus der Menge $1, 2, \dots, I$
<b>A</b>	Matrix der (Rück-)Zahlungskoeffizienten $z_{tk}$
$\vec{azf}$	Vektor der periodenindividuellen Abzinsungsfaktoren
$azf_t$	periodenindividueller Abzinsungsfaktor in Periode $t$
$azf_{tj}$	periodenindividueller Abzinsungsfaktor in Periode $t$ zu Ziel $j$ im klassischen Diskontierungsmodell
$azf_{tj}^{hyp}$	periodenindividueller Abzinsungsfaktor in Periode $t$ zu Ziel $j$ im hyperbolischen Diskontierungsmodell
$\beta_{t^*}$	Verteilungsgewicht der Periode $t^*$
$b_{ti}^I$	Bewertungskoeffizient aus Periode $t$ zur Durchführungshäufigkeit $x_i^I$ von Investitionsprojekt $i$
$b_{tk}^F$	Bewertungskoeffizient aus Periode $t$ zur Durchführungshäufigkeit $x_k^F$ von Finanzierungsgeschäft $k$
<b>B</b>	Matrix der Zahlungskoeffizienten und Verteilungsgewichte
$c_{sv}$	Substitutionsrelation des Finanzierungsgeschäfts oder Investitionsprojekts $s$ in der Standardfinanzierung beim Einbringen des Finanzierungsgeschäfts oder Investitionsprojekts $v$
$\vec{c}_v$	Vektor der Substitutionsrelationen $c_{sv}$ für $s \in S$ .
$\vec{c}_t$	Vektor der Substitutionsrelationen $c_{tz}$ für den normierten Zahlungsstrom des einperiodigen Finanzierungsgeschäfts $tz_t$ zum impliziten Terminzinssatz $p_t^*$ für Periode $t$
$C_t$	Entscheidungsvariable für eine Maximierung der (finanziellen) Entnahme in Periode $t$
$\bar{C}$	Entscheidungsvariable für eine Maximierung der (finanziellen) Annuität, also der Entnahme in den Perioden $0 < t \leq T$
$\bar{C}_{NW}$	Entscheidungsvariable für eine Maximierung des konstanten nichtfinanziellen Nutzens in den Perioden $0 < t \leq T$ (Nutzwertannuität)
<b>C</b>	Matrix der Substitutionsrelationen beim Einbringen mehrerer Finanzierungsgeschäfte in die Standardfinanzierung

$d_t$	autonome Ausgaben bzw. (negative) Investitionsbudgets in Periode $t$
$DF_j$	Matrix der Diskontierungsfaktoren zu Ziel $j$
$e_{ji}$	Zielertrag von Investitionsprojekt $i$ bei Ziel $j$
$e_{tji}$	Zielertrag von Investitionsprojekt $i$ bei Ziel $j$ in Periode $t$
$EKW_{it'}$	Endkapitalwert in Periode $T$ aller Zahlungen nach Periode $T$ von Investitionsprojekt $i$ , beginnend in Periode $t'$
$f$	Index der Investitionsfelder aus der Menge $1, 2, \dots, F$
$g_j$	Zielgewicht bei Ziel $j$
$\bar{g}$	Vektor der Zielgewichte $g_j$
$g_f$	Investitionsfeldgewichte
$g_{tj}$	periodenindividuelles Zeitgewicht für Periode $t$ von Ziel $j$
$\bar{g}_j$	Vektor der Zeitgewichte $g_{tj}$ für Ziel $j$
$g_J^{\text{krit}}$	kritischer Gewichtungsfaktor des Ziels $J$ bei dem zwei Alternativen zum selben Nutzwert führen
$g_r$	Substitutionsgewinn in der Bewertungs- oder Verbesserungsrunde $r$
GK	Grenzkapitalwert
$h$	Index der abhängigen Investitionsprojekte $i$
$i$	Index der Investitionsprojekte aus der Menge $1, 2, \dots, I$
$it'$	Index der Kombination aus Projekt $i$ beginnend in Periode $t'$ aus der Menge $1, 2, \dots, I \times 0, 1, \dots, T'$
$j$	Index der Ziele aus der Menge $1, 2, \dots, J$
$k$	Index der Finanzierungsgeschäfte aus der Menge $1, 2, \dots, K$
$K_i$	Kapitalwert von Investitionsprojekt $i$
$KWQ_i$	Kostenwirksamkeitsquotient von Investitionsprojekt $i$ in der Dimension Nutzenpunkte je Euro
$KWV_i$	Kostenwirksamkeitsverhältnis von Investitionsprojekt $i$ als dimensionslose Rentabilität
$m$	Index der impliziten Finanzierungsgeschäfte im Grobplanungszeitraum zur modellkonformen Abbildung der isolierten Bewertung mit Endkapitalwerten aus der Menge $1, 2, \dots, M$
$N_i$	Nutzwert von Investitionsprojekt $i$
$N_i^{\text{fin}}$	Nutzwert von Investitionsprojekt $i$ aus den (aggregierten) finanziellen Zielerträgen

$N_i^{\text{fin}}$	Nutzwert von Investitionsprojekt $i$ aus den nichtfinanziellen Zielerträgen
$N_i^{\text{omni}}$	„omnikriterieller“ Nutzwert einer Meta-Nutzwertanalyse zur Verknüpfung finanzieller und nichtfinanzieller Zielwirkungen von Investitionsprojekt $i$
$O_k^F, O_i^I$	Obergrenze der Durchführungshäufigkeit eines Finanzierungsgeschäfts $k$ bzw. eines Investitionsprojekts $i$
$p$	konstanter Zinssatz in Prozent
$p_t$	periodenindividueller Zinssatz der Periode $t$ in Prozent
$P_{ji}$	Punktwert von Investitionsprojekt $i$ bei Ziel $j$
$P_{tj}$	Punktwert von Investitionsprojekt $i$ bei Ziel $j$ in Periode $t$
$P_{tj}^{\text{ZW}}$	zeitwertiger Punktwert eines Zielertrags in Periode $t$ zu Ziel $j$ von Investitionsprojekt $i$
$P_{tj}^{\text{BW}}$	barwertiger Punktwert eines Zielertrags in Periode $t$ zu Ziel $j$ von Investitionsprojekt $i$
$P_{ji}^{\text{KW}}$	barwertiger Punktwert aller Zielerträge zu Ziel $j$ von Investitionsprojekt $i$ als Summe der barwertigen Punktwerte $P_{tj}^{\text{BW}}$
$P_i$	Punktwertmatrix zum Investitionsprojekt $i$ mit den Elementen $P_{tj}$
$p_t^*$	impliziter Terminzinssatz für Periode $t$ in Prozent
$q$	Aufzinsungsfaktor
$1/q$	Diskontfaktor
$q_j$	Zielindividueller Aufzinsungsfaktor zu Ziel $j$
$q_t$	periodenindividueller Aufzinsungsfaktor der Periode $t$
$q_{tj}$	periodenindividueller Aufzinsungsfaktor der Periode $t$ bei Ziel $j$
$r$	Bewertungs- und Verbesserungsrunderindex
$s$	Index eines Finanzierungsgeschäfts $k$ oder Investitionsprojekts $i$ in der Standardfinanzierung ( $s \in S$ )
$S$	(echte Teil-)Menge der Finanzierungsgeschäfte $k$ und Investitionsprojekte $i$ in der Standardfinanzierung ( $S \subset G$ ) aus der Menge aller Geschäfte $G$ ( $G = 1, 2, \dots, K \cup 1, 2, \dots, I$ )
$\bar{S}$	Menge der Finanzierungsgeschäfte $k$ (und Investitionsprojekte $i$ ), die nicht in der Standardfinanzierung vertreten sind
$t$	Periodenindex aus der Menge $0, 1, 2, \dots, T$
$t^*$	Periode, die zum Ausgleich einer Einzahlung von einem Euro dient
$t'$	Beginnperiode eines Projekts aus der Menge $0, 1, \dots, T'$
$\tau$	Index der relativen Zahlungsperiode aus der Menge $0, 1, \dots, T$

$TN_{ji}$	Teilnutzwert von Investitionsprojekt $i$ bei Ziel $j$
$TN_{ti}$	Teilnutzwert von Investitionsprojekt $i$ über alle Ziele $j$ in Periode $t$
$\vec{t}z_t$	Vektor des normierten Zahlungsstroms zu dem impliziten Terminzinssatz $p_t^*$ für Periode $t$
<b>TZ</b>	Matrix der Vektoren $\vec{t}z_t$ über den gesamten Betrachtungszeitraum $0, 1, 2, \dots, T$
$\vec{TN}_i$	Vektor der periodenindividuellen Teilnutzwerte $TN_{ti}$ über alle Ziele $j$ des Investitionsprojekts $i$
$u$	additive Nutzenfunktion zur Berechnung eines Nutzwerts $N$
$U_k^F, U_i^I$	Untergrenze der Durchführungshäufigkeit eines Finanzierungsgeschäfts $k$ bzw. eines Investitionsprojekts $i$
$v$	Index des in die Standardfinanzierung einzubringenden Finanzierungsgeschäfts $k$ oder Investitionsprojekts $i$ ( $v \in \bar{S}$ ).
$v_j(e_{ji})$	Punktwertfunktion zum Ziel $j$ , die einem Zielertrag $e_{ji}$ eines Investitionsprojekts $i$ einen Punktwert $p_{ji}$ zwischen 0 und 10 zuordnet, wobei ein besserer Zielertrag zu einem höheren Punktwert führt
$\tilde{v}_j(e_{ji})$	Punktwertfunktion zum Ziel $j$ , die einem Zielertrag $e_{ji}$ eines Investitionsprojekts $i$ einen Punktwert $p_{ji}$ zwischen 0 und 10 zuordnet, wobei ein besserer Zielertrag zu einem niedrigeren Punktwert führt
$w_{ji}$	Wachstumsrate der Zielerträge bei Ziel $j$ von Investitionsprojekt $i$
$x_{sv}^{\max}$	maximale Veränderung des in die Standardfinanzierung einzubringenden Projekts $v$ aufgrund der Ober- und Untergrenze des Finanzierungsgeschäfts oder Investitionsprojekts $s$ aus der Standardfinanzierung
$x_{kt}$	Veränderung der Durchführungshöhe eines Finanzierungsgeschäfts $k$ ( $k \in 1, 2, \dots, K$ ) um einen Zahlungsausgleich in Periode $t$ ( $t \in 1, 2, \dots, T$ ) zu erreichen (Veränderungsbedarf in der Marktzinsmethode)
$x_k^F$	Veränderung der Durchführungshöhe eines Finanzierungsgeschäfts $k$
$x_i^I$	Veränderung der Durchführungshöhe eines Investitionsprojekts $i$
$\vec{x}_S$	Vektor der Veränderungsbedarfe $x_k$ der Finanzierungsgeschäfte oder Investitionsprojekte $s$ aus der Standardfinanzierung $S$
$x_v$	Substitutionsumfang des in die Standardfinanzierung einzubringenden Projekts $v$
<b>X</b>	Matrix der Veränderungsbedarfe $x_{kt}$

$y_k^{F,fix}$	Binärvariable, die erfasst, ob ein Finanzierungsgeschäft $k$ durchgeführt wird ( $y_k = 1$ ) oder nicht ( $y_k = 0$ )
$y_t$	Dualwerte der Budgetrestriktionen in den Perioden $t$ zum optimalen Investitionsprogramm
$\bar{z}$	Vektor eines periodenindividuellen Zahlungsstroms
$\bar{z}_k^*$	Vektor des Zielzahlungsstroms
$Z_j$	Ziel $j$ aus der Menge der Ziele $1, 2, \dots, J$
$z_{tk}, z_{tk}^F$	Zahlungskoeffizient des Finanzierungsgeschäfts $k$ in Periode $t$
$z_{ti}^I$	Zahlungskoeffizient des Investitionsprojekts $i$ in Periode $t$
$z_{t,it}^I$	Zahlungskoeffizient in Periode $t$ des Investitionsprojekts $i$ beginnend in $t'$
$Z_i$	Zielertragsmatrix der Zielerträge $e_{tj}$ je Periode $t$ und Zielart $j$ für Investitionsprojekt $i$



### **A. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen? Bei allem, was Recht ist!**

Projekte wie die Elbphilharmonie in Hamburg, Stuttgart 21 oder der Berliner Flughafen BER sind Beispiele für öffentliche Projekte, die in der Öffentlichkeit für Zweifel an den zugrunde liegenden Entscheidungen sorg(t)en. Neben diesen prominenten Beispielen sind solche zweifelhaften Projekte vielen auch auf kommunaler Ebene bekannt, ohne dass diese mediales Interesse auf sich ziehen. Schwerlich nachzuvollziehende Entscheidungen der öffentlichen Hand sind also längst nicht auf die Ebene des Bundes beschränkt, sondern finden sich auch auf den untersten Ebenen der föderalen Struktur. Öffentliche Diskussionen beginnen in der Regel erst nach der Entscheidung, oftmals kurz vor Beginn des Projekts. Sind die zugrunde liegenden Entscheidungsabläufe dann nachträglich nicht nachvollziehbar, weil die Entscheidung keinen Regeln folgte oder die Regeln nicht bekannt werden sollen, ist dies dem Vertrauen in staatliche Entscheidungen in der Bevölkerung mindestens nicht zuträglich.

Demgegenüber gilt für private Betriebe ein anderer Maßstab: Bei ihnen geht man einerseits davon aus, dass sie schon aus originärem Eigeninteresse rational handeln. Andererseits ist es auch nicht störend, wenn sie ihre Mittel irrational, d. h. verschwenderisch einsetzen. Schließlich gehen sie – zumindest in einer ideellen Welt – nur mit ihren eigenen Mitteln um und schaden demzufolge höchstens sich selbst. Für alle Beteiligten lässt sich entsprechend argumentieren, dass sie selbst verantwortlich sind, wem sie ihr Geld oder ihren Einsatz anvertrauen. Die öffentliche Hand hingegen nutzt überwiegend Mittel, die sie nicht – oder zumindest nicht direkt – erwirtschaftet hat. Sie werden zwangsweise von der Allgemeinheit eingezogen. Sie verwaltet also fremde Mittel und – das ist entscheidend – weitestgehend unabhängig davon, wie rational sie ihre eigenen Entscheidungen fällt. Dies verpflichtet zur besonderen Sorgfalt und ist Ausgangspunkt für die Pflicht zum wirtschaftlichen Handeln.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Nöhrbaß [Wirtschaftlichkeit] § 7 BHO Rn. 2, Nebel [Rechnungsprüfung] Art. 114 GG Rn. 2, Brenzke [Wirtschaftlichkeitsrechnungen] 7; ähnlich vgl. Arnim [Diener] 228 ff., der für die öffentliche Hand ein Auseinanderfallen von Verantwortung und Entscheidungskompetenz konstatiert und daraus eine mangelnde Motivation für wirtschaftliche Entscheidungen ableitet.

Öffentliche Projekte konkurrieren um knappe öffentliche Mittel. Sie sollten nicht nur selbst einen positiven Zielbeitrag leisten – worüber sich beispielsweise beim Projekt Stuttgart 21 trefflich streiten ließe –, vielmehr müssen sie sich auch gegen andere Projekte durchgesetzt haben. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen dienen der Bewertung von Projekten, um solche Ja/Nein-Entscheidungen ebenso wie Auswahlentscheidungen zu treffen. Und weil diese gesetzlich vorgeschrieben sind, drängt sich die Frage auf, welche Kriterien die zugrunde liegenden Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen berücksichtigten, wie es also zu diesen (Fehl-)Entscheidungen kam.

Die Probleme bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen betreffen nicht nur deren Gestaltung, sondern auch die bemerkenswerte Feststellung des Bundesrechnungshofes, dass es bei öffentlichen Projekten oftmals – und das hat Tradition –<sup>1</sup> nicht zur Anwendung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen kommt, obwohl diese vorgeschrieben sind.<sup>2</sup> Im Einzelnen werden Entscheidungsträger auch dann Regeln anwenden, wenn von außen betrachtet keine angewandt wurden, dann vorzugsweise aber ihre Eigenen. Vor allem werden sie eigene statt der öffentlichen Interessen berücksichtigen, was unschädlich wäre, wenn es um die Verwendung ihrer eigenen Mittel ginge oder ihre Interessen mit denen der Öffentlichkeit übereinstimmen würden. Da beides regelmäßig nicht als gegeben anzusehen ist, werden öffentliche Projekte ausgewählt und gestaltet, die den öffentlichen Interessen entgegenlaufen oder ihnen zumindest nicht bestmöglich entsprechen.

Der Bundesrechnungshof hat als einen Grund fehlender Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen aufgedeckt, dass diese oftmals aus Mangel an Handlungsalternativen unterbleiben.<sup>3</sup> Die Bundesverwaltung, für deren Aufsicht der Bundesrechnungshof zuständig ist, legt sich frühzeitig auf Alternativen fest, meist auf solche, bei denen Leistungen vom Markt bezogen werden. Es herrscht die Meinung, die Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit ist erbracht, wenn die Leistung öffentlich ausgeschrieben wird. Nicht nur, dass

---

<sup>1</sup> Vgl. Präsident des Bundesrechnungshofes [Erfolgskontrolle] 25 f.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Präsident des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] 5, genauer dazu 78 f.

<sup>3</sup> Vgl. auch im Weiteren Präsident des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] 79.

die deutsche Vergabep Praxis der öffentlichen Hand einigen Anlass zur Kritik bietet, die sich teilweise durch die in dieser Arbeit zu entwickelnden Methoden vermeiden ließe. Diese Vorgehensweise verkennt, dass in Frage steht, ob die ursprüngliche Entscheidung überhaupt wirtschaftlich ist. Zu den allermeisten öffentlichen Projekten sind verschiedene Alternativen vorstellbar. Ein Aspekt, der dieses Vorgehen fördert, liegt womöglich nicht an der zu verwendenden Methodik, sondern vielmehr bereits im Ansatzpunkt von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, die bei finanzwirksamen Maßnahmen zu erstellen sind. In der Verwaltungspraxis werden Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen erst dann angestoßen, wenn eine finanzwirksame Maßnahme in „Sicht“ kommt. Das ist allerdings kein entscheidungslogisch sinnvoller Ablauf, für den es eine notwendige Bedingung wäre, dass zunächst die verfolgten Ziele betrachtet werden. Um diese praktischen Schwierigkeiten von solchen der Methodik abzulösen, sind Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im weitesten Sinne als Prozess aufzufassen und zu analysieren.

Auch die Methodik traditioneller Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zeigt Gründe für die mangelnde Anwendung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. Der Bundesrechnungshof gibt einige Hinweise, die vermuten lassen, dass der Methodeneinsatz bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nicht immer zielgerichtet ist. Er führt aus, dass in den (seltenen) Fällen, in denen „passende“ Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen durchgeführt wurden, die Ergebnisse keine ausreichende Berücksichtigung im Entscheidungsprozess gefunden haben.<sup>1</sup> Wenn dies die Erfahrungen, der mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen betrauten Personen zutreffend wiedergibt, dann ist durchaus nachvollziehbar, dass Methoden, deren Ergebnisse keine Verwendung finden, nur selten angewandt werden. Die Frage ist also, weshalb die Ergebnisse von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen ungenutzt bleiben bzw. warum entgegen deren Ergebnisse entschieden wurde. Als Gründe werden in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen unberücksichtigte – aber dennoch wichtige – politische Ziele genannt, ebenso wie unberücksichtigte haushaltsrechtliche Budgetvorgaben.<sup>2</sup> Klar ist, dass in entscheidungsvorberei-

---

<sup>1</sup> Vgl. Präsident des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] 73.

<sup>2</sup> Vgl. Präsident des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] 79 und 85.

tenden Rechnungen – nichts anderes stellen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im engeren Sinne dar – beide Aspekte Berücksichtigung finden müssen.<sup>1</sup>

Es zeigt sich, dass Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, neben eher organisatorischen Problemen, bisher die Entscheidungssituation bzw. den Entscheidungsträger nicht ausreichend in den Blick nehmen. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen konsequent auf Entscheidungen der öffentlichen Hand auszurichten, ist das erklärte Ziel dieser Arbeit. Über den Gang der Untersuchung gibt Abb. A-1 einen Überblick.

In Hauptkapitel B sind rechtliche Grundlagen, zunächst des Wirtschaftlichkeitsprinzips der öffentlichen Hand im Allgemeinen und daraufhin von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei Entscheidungen der öffentlichen Hand im Speziellen darzustellen. Anhand der These, dass Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen Entscheidungsrechnungen der öffentlichen Hand sind, wird der entscheidungslogische Rahmen abgesteckt. Daraufhin sind in Hauptkapitel C die Vorgaben an Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in das betriebswirtschaftliche Instrumentarium einzuordnen, entscheidungslogisch zu bewerten und erste Empfehlungen abzuleiten. Das betrifft die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im weiteren Sinne eines Planungsprozesses ebenso, wie – dann im engeren Sinn – die methodischen Vorgaben zur Messung von Kosten und Nutzen eines zu bewertenden Projekts. In den beiden folgenden Hauptkapiteln werden für unterschiedliche Entscheidungssituationen die betriebswirtschaftlichen Methoden der Nutzwertanalyse und der Investitionsrechnung so kombiniert, dass Entscheidungen der öffentlichen Hand fundiert getroffen werden können. Hauptkapitel D sieht hierbei die Entscheidung über einzelne Investitionsprojekte vor, während Hauptkapitel E vielmehr die knappen finanziellen Mittel bei Entscheidungen über ganze Investitionsprogramme adressiert, bevor zuletzt deren Verknüpfung für eine Entscheidungseinheit der öffentlichen Hand dargestellt wird.

---

<sup>1</sup> Der Präsident des Bundesrechnungshofes (vgl. [Anforderungen] 85) fordert, dass der tatsächliche finanzielle Spielraum unberücksichtigt bleiben müsste. Eine Entscheidungsrechnung sollte diesen allerdings berücksichtigen. Tut sie es nicht, kann eine nicht umsetzbare Alternative priorisiert werden.



Abb. A-1: Überblick über den Gang der Untersuchung



## **B. Grundsätze von Entscheidungen der öffentlichen Hand mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

### **I. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen als (Rechts-)Folge des Wirtschaftlichkeitsgrundsatzes**

#### **1. Zum Wirtschaftlichkeitsbegriff des verfassungs- rechtlichen Wirtschaftlichkeitsprinzips**

„Der Bundesrechnungshof ... prüft die Rechnung sowie die Wirtschaftlichkeit und Ordnungsmäßigkeit der Haushalts- und Wirtschaftsführung des Bundes.“ Der in Art. 114 Abs. 2 S. 1 GG für die Prüfung des Bundesrechnungshofes verfassungsrechtlich verankerte Wirtschaftlichkeitsmaßstab wird als grundsätzliches Rechtsprinzip<sup>1</sup> verstanden und geht weit über die Kontrolle durch den Bundesrechnungshof hinaus.<sup>2</sup> Die Normierung dieses Prinzips wird unter anderem damit begründet, dass private Unternehmen durch den Wettbewerbsdruck zur Wirtschaftlichkeit angehalten werden, während sich dieser Druck für die öffentliche Hand so nicht ergibt.<sup>3</sup>

Unmittelbar beziehen sich die Vorgaben des Art. 114 GG nur auf den Bund und seine Institutionen. Fraglich ist, ob das abgeleitete Wirtschaftlichkeitsprinzip innerhalb der föderalen Struktur Deutschlands auch für Länder und Gemeinden gilt. Erhebliche Bedenken wären zu äußern, wenn der Bund wirtschaftlich handeln, Länder und Gemeinden diesem Maßstab aber nicht folgen müssten. Das Wirtschaftlichkeitsprinzip für alle staatlichen Einrichtungen anzulegen, ist daher auch die herrschende Meinung in der Literatur.<sup>4</sup> So ergeben sich mindestens mittelbare Auswirkung auf die Länder durch

---

<sup>1</sup> Der Begriff „Rechtsprinzip“ ist für den Wirtschaftlichkeitsgrundsatz eher unpassend. Ein Rechtsprinzip fordert die Abwägung bestimmter Güter, der Wirtschaftlichkeitsgrundsatz verlangt die Abwägung an sich, vgl. dazu von Arnim [Rechtsprinzip] 36 f. und 91.

<sup>2</sup> Vgl. Kube [Bundesrechnungshof] Art. 114 GG Rn. 104, von Lewinski/Burbat [Haushaltsgrundsatzgesetz] § 6 HGrG Rn. 1, Nöhrbaß [Wirtschaftlichkeit] § 7 BHO Rn. 29, Gröpl [Wirtschaftlichkeit] § 7 BHO Rn. 4 und Rn. 15.

<sup>3</sup> Vgl. in diese Richtung z. B. Dittrich [Bundeshaushaltsordnung] Rn. 8 ff.

<sup>4</sup> Korthals (vgl. [Wirtschaftlichkeitskontrollen] 88 f.) geht vom Gebot zur Wirtschaftlichkeit aus; vgl. ebenso von Lewinski/Burbat [Haushaltsgrundsatzgesetz] § 6 HGrG Rn. 2 und von Lewinski/Burbat [Bundeshaushaltsordnung] § 7 BHO Rn. 7, von Arnim [Rechtsprinzip] 18. Kube (vgl. [Bundesrechnungshof] Art. 114 Rn. 104) verweist beim Wirtschaftlichkeitsprinzip auf das „Wie“ des Staatshandelns, nicht das „Was“; so auch Demir [Wirtschaftlichkeit] § 7 BHO Rn. 12.

einfachgesetzliche Vorgaben für gemeinsame Haushaltsgrundsätze von Bund und Ländern gem. Art. 109 Abs. 4 GG. Dies führt dazu, dass bei gemeinsam bindenden Gesetzen auch die Länder nicht von den verfassungsrechtlichen Vorgaben für den Bund abweichen dürfen.<sup>1</sup>

Als einfachgesetzliche Konsequenz des verfassungsrechtlich verankerten Wirtschaftlichkeitsprinzips haben Bund und Länder das Haushaltsgrundsätzegesetz (HGrG) verabschiedet. § 6 Abs. 1 HGrG verpflichtet bei „der Aufstellung und Ausführung des Haushaltsplans ... die Grundsätze der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit zu beachten.“ Bei der Auslegung der beiden Begriffe der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit, aufgrund der fehlenden gesetzlichen Definition, hilft Nr. 1 VV zu § 7 BHO. Demnach verlangt das Wirtschaftlichkeitsprinzip rechtlich (wie ökonomisch) das günstigste Verhältnis zwischen eingesetzten Mitteln (Kosten) und dem verfolgten Zweck (Nutzen) anzustreben und besitzt daher zwei extreme Ausprägungen: das Maximalprinzip als maximaler Nutzen bei gegebenen Kosten und das Minimalprinzip als minimale Kosten bei gegebenem Nutzen.<sup>2</sup> Die Sparsamkeit kann als Synonym für das Minimalprinzip verstanden werden und ist daher im Wirtschaftlichkeitsprinzip inbegriffen.<sup>3</sup> Dass es trotzdem explizit benannt wird, trägt der Erkenntnis Rechnung, dass – zumindest in einer ideellen Welt – der Nutzen rechtlich fixiert ist und somit wirtschaftlich vorgegangen wird, wenn die Kosten minimiert werden.<sup>4</sup> Allgemein kann dies kaum angenommen werden.

Vorgaben zum Wirtschaftlichkeitsprinzip, wie sie § 6 Abs. 1 HGrG macht, finden sich auf allen föderalen Ebenen,<sup>5</sup> oder werden zumindest als wirksam anerkannt.<sup>6</sup> Es kann also davon ausgegangen werden, dass das Wirtschaftlichkeitsprinzip für die öffentliche Hand insgesamt Gültigkeit besitzt.

---

<sup>1</sup> Vgl. Nebel [Haushaltsplan] Art. 110 GG Rn. 1.

<sup>2</sup> Vgl. z. B. auch Wöhe/Döring/Brösel [ABWL] 34.

<sup>3</sup> Vgl. von Arnim [Rechtsprinzip] 49 f., von Lewinski/Burbat [Haushaltsgrundsätzegesetz] § 6 Rn. 4 und Rn. 8.

<sup>4</sup> Vgl. von Lewinski/Burbat [Bundeshaushaltsordnung] § 7 BHO Rn. 5, auch Demir [Wirtschaftlichkeit] Rn. 11.

<sup>5</sup> Vgl. von Arnim [Rechtsprinzip] 18

<sup>6</sup> Vgl. z. B. als Prüfungsmaßstab des Landesrechnungshofes nach Art. 83 BWVerf siehe Palm [BWVerf] Art. 83 Rn. 34.

Außerdem zeigen die vorangegangenen Ausführungen, dass sich der juristische und der betriebswirtschaftliche oder ökonomische Wirtschaftlichkeitsbegriff – zumindest auf einem sehr abstrakten Niveau – weitestgehend entsprechen.<sup>1</sup> Im Konkreten ergeben sich auf den ersten Blick jedoch Unterschiede: In der juristischen Kommentierung wird teilweise hervorgehoben, dass im Konfliktfall das Gesetz Vorrang vor dem Wirtschaftlichkeitsprinzip hat.<sup>2</sup> Damit ist die Vorstellung verbunden, dass das Wirtschaftlichkeitsprinzip häufiger als andere Abwägungsfragen mit dem Gesetz in Konflikt gerät. Akzeptiert man, dass Wirtschaftlichkeitsüberlegungen nur im gesetzlichen Rahmen angestellt werden – betriebswirtschaftlich handelt es sich um unabdingbare Ziele oder Mindestziele, die in jedem Fall zu erfüllen sind – dann ergibt sich der angenommene Konfliktfall nicht.<sup>3</sup>

Auf den zweiten Blick zeigen sich weniger Unterschiede im juristischen und betriebswirtschaftlichen Wirtschaftlichkeitsbegriff; vielmehr sind einige in der juristischen Literatur anzutreffende Auffassungen in erster Linie auf einen missverstandenen Wirtschaftlichkeitsbegriff zurückzuführen.<sup>4</sup> Sie treten deutlich hervor, wenn festgestellt wird, dass der Gesetzgeber – zu Recht – unwirtschaftlich handelt, um andere (politische) Ziele zu erreichen.<sup>5</sup> Das würde bedeuten, dass dem Wirtschaftlichkeitsbegriff eine gewisse Zielvorstellung innewohnt, die in diesem konkreten Fall alle politischen Ziele – diese zu definieren wäre wohl äußerst schwierig – ausschließt. Oftmals klingt bei diesem Begriffsverständnis von Wirtschaften oder Wirtschaftlichkeit eine Zielsetzung durch, die sich ausschließlich am Begriff des „Gewinns“ anlehnt. Eine derart enge Zielsetzung des Wirtschaftens wurde zu Beginn des vergangenen Jahrhunderts innerhalb der Entstehung der Betriebswirtschaftslehre diskutiert.<sup>6</sup> Sie ist längst überholt und mit einem modernen betriebswirtschaftlichen Wirtschaftlichkeitsbegriff unvereinbar.

---

<sup>1</sup> Vgl. von Arnim [Rechtsprinzip] 25 f.

<sup>2</sup> Vgl. von Lewinski/Burdat [Bundeshaushaltsordnung] § 7 BHO Rn. 8.

<sup>3</sup> Vgl. auch von Arnim [Rechtsprinzip] 93 ff.

<sup>4</sup> Vgl. so auch schon Braun [Stand] 189.

<sup>5</sup> Vgl. von Lewinski/Burdat [Bundeshaushaltsordnung] § 7 BHO Rn. 8, anders Nöhrbaß [Wirtschaftlichkeit] § 7 BHO Rn. 2.

<sup>6</sup> Vgl. zur chronologischen Entwicklung Wöhe/Döring/Brösel [ABWL] 13 ff.

Heute meint Wirtschaften die Summe von (rationalen) Entscheidungen über knappe Güter.<sup>1</sup> In diesem Sinne rational (d. h. optimal oder eben wirtschaftlich) ist eine Entscheidung dann, wenn sie – unter Knappheitsbedingungen – die verfolgten Ziele möglichst gut erfüllt, die Bedürfnisse also möglichst gut befriedigt.<sup>2</sup> In diesem Sinne enthält der Wirtschaftlichkeitsbegriff eben keine konkrete Zielvorstellung. Er fordert vielmehr, die vorherrschenden Ziele in den Mittelpunkt zu rücken und auch unter Berücksichtigung unterschiedlicher Zielwirkungen alle alternativen Handlungsmöglichkeiten gegeneinander abzuwägen. In den vorangegangenen Konfliktfällen ist statt von „wirtschaftlich“, von „finanziell“ zu sprechen. Dann würden in obigem Beispiel Vorteile bei politischen Zielen durch Nachteile bei finanziellen Zielen erkaufte. Das wiederum, ist eine typisch wirtschaftliche Fragestellung.

Für das Wirtschaftlichkeitsprinzip sind die verfolgten Ziele von herausragender Bedeutung. Dabei haben Ziele normativen Charakter und können anhand von (Wirtschaftlichkeits-)Untersuchungen nur abgeleitet bzw. identifiziert, nicht aber vorgegeben oder beurteilt werden.<sup>3</sup> Vielmehr bilden Ziele – sofern sie einmal feststehen – die Bewertungsbasis, um Alternativen hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit zu untersuchen, d. h. den Grad der Zielerreichung zu erheben. Unwirtschaftlich zu handeln, um andere (politische) Ziele zu erfüllen, kann also nur unwirtschaftlich sein, wenn ein Teil der Ziele nicht in der wirtschaftlichen Abwägung erfasst wird. Eine solche Abwägung ist dann als unvollständig anzusehen und nicht die Handlung als unwirtschaftlich zu bezeichnen. Sie verdeckt im Übrigen die eigentliche Bewertungsleistung, denn damit wäre jede noch so verschwenderische Handlung legitim, sofern andere Ziele verfolgt werden, die scheinbar Vorrang vor wirtschaftlichen Zielen genießen.

Insgesamt ist also die öffentliche Hand dem Wirtschaftlichkeitsprinzip verpflichtet, es kann daher auch vom Wirtschaftlichkeitsgebot gesprochen werden. Ihm liegt ein betriebswirtschaftliches Verständnis zugrunde, dass nicht die Maximierung oder Minimierung einer finanziellen Größe, sondern viel-

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Schweitzer/Schweitzer [Grundlagen] 20 f.

<sup>2</sup> Vgl. Wöhe/Döring/Brösel [ABWL] 33.

<sup>3</sup> Vgl. Bamberg/Coenenberg/Krapp [Entscheidungslehre] 11.

mehr eine Optimierung in Richtung der verfolgten Ziele fordert. Innerhalb dieses Optimierungsansatzes nehmen finanzielle Ziele durchaus eine wichtige Rolle ein; sie besonders in den Blick zu nehmen, schließt dieser Wirtschaftlichkeitsbegriff aber auch nicht aus. Nachfolgend ist zu betrachten, wie das Wirtschaftlichkeitsprinzip methodisch umzusetzen ist, was als Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen aufgefasst werden kann.

## **2. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen als Methode des Wirtschaftlichkeitsprinzips in Bund und Ländern gemäß § 6 Abs. 2 HGrG**

Als Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen sind zunächst Methoden zu verstehen, die helfen das Wirtschaftlichkeitsprinzip bei Entscheidungen anzuwenden. Rechtlich sind sie in § 6 Abs. 2 HGrG verankert und fordern, dass für „... alle finanzwirksamen Maßnahmen ... angemessene Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen durchzuführen“ sind. Es wird davon ausgegangen, dass staatliche Entscheidungen ohne finanzielle Auswirkung nur selten vorkommen,<sup>1</sup> vorstellbar sind sie allerdings durchaus.<sup>2</sup> Die finanzwirksame Maßnahme kennzeichnet vielmehr das Untersuchungsobjekt und wird an späterer Stelle genau zu betrachten sein. Außerdem müssen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen angemessen, also selbst wirtschaftlich sein.<sup>3</sup> Dies wird in weiterführenden Vorgaben durch unterschiedliche Methoden je nach finanzieller Bedeutung der Entscheidung, dem Grad der gesamtgesellschaftlichen Wirkung sowie der betroffenen Zielarten, versucht zu berücksichtigen.

Das Haushaltsgrundsätzegesetz bildet allerdings nur die gesetzliche Grundlage für die haushaltsrechtlichen Vorgaben von Bund und Länder. Die Vorgaben wurden in die entsprechenden Bundes- und Landeshaushalts-

---

<sup>1</sup> Vgl. Korthals [Wirtschaftlichkeitskontrollen] 88; zur Bindung von Exekutive, Legislative und Judikative vgl. Gröpl [Wirtschaftlichkeit] Rn. 15 f.

<sup>2</sup> Vgl. Mühlenkamp [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] 192; Neumann-Szyszka/Pfahler [Investitionsprozesse] 102 ff.

<sup>3</sup> Vgl. von Lewinski/Burbaat [Haushaltsgrundsätzegesetz] § 6 Rn. 10, Gröpl [Wirtschaftlichkeit] Rn. 31.

ordnungen aufgenommen und finden sich in § 7 Abs. 2 S. 1 BHO/LHO.<sup>1</sup> Die Bundeshaushaltsordnung – und ebenso die meisten Landeshaushaltsordnungen – gehen an zwei Stellen über die Anforderungen des HGrG hinaus: § 7 Abs. 2 S. 2 BHO verlangt: „dabei ... auch die mit den Maßnahmen verbundene Risikoverteilung zu berücksichtigen.“ Die Berücksichtigung von Unsicherheit betrifft Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nicht konzeptionell, sondern erfordert methodische Ergänzungen, wie z. B. durch Szenarioanalysen, Sensitivitätsanalysen oder Simulationen bzw. zum Umgang mit Ungewissheit. Erwähnenswert ist, dass der Begriff „Risikoverteilung“ betriebswirtschaftlich eine andere Bedeutung besitzt, als offensichtlich vom Gesetzgeber beabsichtigt. Hier wird keine Risikoverteilungsfunktion gesucht, die angibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein bestimmtes Ergebnis nicht überschritten wird. Vielmehr soll die Verteilung der Risiken zwischen der öffentlichen Hand und anderen am konkreten Projekt Beteiligten (Privaten) berücksichtigt werden, insbesondere also bei sogenannten öffentlich privaten Partnerschaften.<sup>2</sup>

§ 7 Abs. 2 S. 3 BHO spricht zusätzlich das sogenannte Interessenbekundungsverfahren an. Bei allen Entscheidungen soll zunächst geprüft werden, ob eine Aufgabe von der öffentlichen Hand übernommen werden muss oder ob nicht auch Private diese Aufgabe übernehmen könnten. Damit wird im Grunde eine Alternative bzw. eine ganze Klasse von Alternativen eingeführt, die bei der Alternativensuche im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zu berücksichtigen ist bzw. sind.

Darüber hinaus stimmen die meisten Bundeshaushaltsordnung und Landeshaushaltsordnungen (in § 7) weitestgehend mit dem Wortlaut des HGrG (in § 6) überein. Besonderheiten gegenüber den Vorgaben des HGrG zeigen sich nur in den Landeshaushaltsordnungen von Bayern und Hamburg, die sich beide in dieser Hinsicht ähneln sowie von Hessen. Gemäß Art. 7 Abs. 2 S. 1 BayHO sind nur für „geeignete Maßnahmen von erhebli-

---

<sup>1</sup> So auch von Lewinski/Burbat [Haushaltsgrundsatzgesetz] § 6 Rn. 24, Gröpl [Wirtschaftlichkeit] § 7 BHO Rn. 117.

<sup>2</sup> Zum angesprochenen Risikobegriff vgl. z. B. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 22 ff.

cher finanzieller Bedeutung“ Nutzen-Kosten-Untersuchungen anzustellen. Hamburg konkretisiert zusätzlich für „geeignete Maßnahmen von erheblicher finanzieller Bedeutung“ Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen gemäß § 7 Abs. 2 S. 2 LHO HH und schreibt die Kosten-Nutzen-Analyse vor. In der bayrischen LHO wird methodisch also nicht die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung benannt, sondern vielmehr die Nutzen-Kosten-Analyse. Diese wird in der Literatur teilweise der Kosten-Nutzen-Analyse gleichgesetzt, kann aber auch als Klasse verschiedener Methoden dem Begriff der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung entsprechen.<sup>1</sup>

Die Verwaltungsvorschrift zu Art. 7 Abs. 2 BayHo konkretisiert „geeignete Maßnahmen erheblicher finanzieller Bedeutung“ ebenfalls nicht. Allerdings sieht die Verwaltungsvorschrift zur LHO unterschiedliche Verfahren zur Nutzen-Kosten-Analyse (also Wirtschaftlichkeitsuntersuchung) vor, die der zu bewertenden Maßnahme angemessen sein sollen. Man kann hier also zu dem Schluss kommen, dass es finanziell unerhebliche Maßnahmen gibt, bei denen eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung nicht lohnt, im Sinne des HGrG würde dann von finanziell unwirksamen Maßnahmen gesprochen. Nach dieser Auffassung sind nach der bayrischen LHO alle finanzwirksamen Maßnahmen einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zu unterziehen.

Für die Landeshaushaltsordnung von Hamburg ist davon auszugehen, dass mit Kosten-Nutzen-Analysen für „Maßnahmen von erheblicher finanzieller Bedeutung“ eine Vorgabe in die Haushaltsordnung aufgenommen wurde, die üblicherweise erst in den entsprechenden Verwaltungsvorschriften bzw. Arbeitsanleitungen beschrieben wird. Regelmäßig ist sie dort für Maßnahmen mit erheblichen gesamtgesellschaftlichen Auswirkungen vorgesehen.

Demgegenüber führt die LHO HE in § 7 Abs. 2 HS. 2 aus, dass bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen „... auch ökologische und soziale Folgekosten zu berücksichtigen“ sind. Als erste Haushaltsordnung nimmt sie damit

---

<sup>1</sup> Zur Nutzen-Kosten-Analyse vgl. Hanusch [Nutzen-Kosten-Analyse], die im Aufbau der Kosten-Nutzen-Analyse entspricht, wie sich beim Vergleich mit Mühlenkamp [Kosten-Nutzen-Analyse] zeigt. Der Begriff der Kosten-Nutzen-Analyse bezeichnet sowohl eine Methode wie auch eine Methodenklasse, vgl. Mühlenkamp [Kosten-Nutzen-Analyse] 6.; siehe auch Kapitel C.II.2.

explizit eine bestimmte Gruppe von Zielen in die gesetzlichen Vorgaben auf. Das zeigt bereits an, dass der Maßstab von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen kein rein finanzieller sein kann.

Insgesamt sind sowohl der Bund wie auch die Länder verpflichtet, Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen durchzuführen. Die Vorgaben auf gesetzlicher Ebene entsprechen sich formal überwiegend und sind auch inhaltlich gleichbedeutend. Abgesehen von den Vorgaben in Hamburg, sind gesetzlich keine konkreten Methoden normiert, sondern lediglich die konkretisierungsbedürftige Wirtschaftlichkeitsuntersuchung. Ausgangspunkt dafür sind finanzwirksame Maßnahmen. Bevor dargelegt werden soll, was nun unter Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zu verstehen ist, soll untersucht werden, welche vergleichbaren Regelungen auf kommunaler Ebene, also für Gemeinden und Gemeindeverbände als letzte Ebene(n) der föderalen Struktur, gelten.

### **3. Kommunale Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

Die Begriffe Gemeinde und Kommune werden oftmals synonym verwendet. Beide sprechen zwar die unterste Ebene der Gebietskörperschaften an – sofern der Aufbau in drei Ebenen angenommen wird –, was wenig genau ist und weshalb diesem Kapitel eine kurze Begriffsdefinition vorangestellt werden soll. Gemeinden bilden die unterste Ebene der föderalen Struktur. Sie können sich zu Gemeindeverbänden zusammenschließen. Eine besondere Form des Gemeindeverbandes ist der (Land-)Kreis, der besondere Rechte und Pflichten innehat. Hinzu kommen sogenannte kreisfreie Städte. Städte sind immer auch eine Gemeinde, aber nicht umgekehrt. Kreisfreie Städte stehen auf gleicher Ebene wie (Land-)Kreise, d. h. die dahinterstehende Gemeinde übernimmt auch gleichzeitig die Rechte und Pflichten eines Kreises. Begrifflich sprechen im Weiteren Gemeinden den untersten Verwaltungsträger an. Die Kommune spricht undifferenziert alle Verwaltungsträger unterhalb der (Bundes-)Länder an.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Haug [Überblick] Rn. 852 ff.

Prinzipiell gelten die Vorgaben aus Bundes- und Landeshaushaltsordnung(en) nicht für die Kommunen.<sup>1</sup> Allerdings haben alle Länder kommunale Haushaltsvorschriften erlassen, ausgenommen die Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg. Hier fällt Land und Kommune zusammen und es gelten die Landesvorschriften auch auf kommunaler Ebene. Um festzustellen, inwieweit auch die (übrigen) Kommunen zu Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen verpflichtet sind, müssen die Gemeindehaushaltsverordnungen (GemHVO) oder Kommunalhaushaltsverordnungen (KomHVO) der Länder betrachtet werden. Die nachfolgende Abb. B-1 stellt die mit den Vorgaben des § 6 Abs. 2 HGrG am ehesten korrespondierenden kommunalen Vorschriften dar. Vorab kann festgehalten werden, dass im vorderen Teil jeder Gemeinde- oder Kommunalhaushaltsordnung ein Paragraf mit dem Titel „Investitionen“ zu finden ist, der sehr ähnliche Vorgaben zu denen des § 6 Abs. 2 HGrG bzw. § 7 Abs. 2 BHO/LHO macht.

<b>Bundesland</b>	<b>Norm</b>
Baden-Württemberg	§ 12 Abs. 1 GemHVO BW
Bayern	§ 10 Abs. 3 BayHVO
Brandenburg	§ 9 Abs. 3 GemHVO BB
Hessen	§ 12 Abs. 1 GemHVO HE
Mecklenburg-Vorpommern	§ 9 Abs. 1 GemHVO MV
Niedersachsen	§ 12 Abs. 1 GemHKVO NI
Nordrhein-Westfalen	§ 13 Abs. 1 KomHVO NW
Rheinland-Pfalz	§ 10 Abs. 1 GemHVO RP
Saarland	§ 12 Abs. 1 KomHVO SL
Sachsen	§ 10 Abs. 3 GemHVO SN
Sachsen-Anhalt	§ 11 Abs. 2 S. 1 KomHVO ST
Schleswig-Holstein	§ 12 Abs. 1 GemHVO SL
Thüringen	§ 10 Abs. 3 ThürGemHV

Abb. B-1: Kommunale haushaltsrechtliche Vorgaben bei Investitionen der Bundesländer ohne die Stadtstaaten

§ 12 Abs. 1 GemHVO BW wird nachfolgend ausführlich dargestellt, da sich die Vorgaben über alle Bundesländer ähneln. Die relevanten Unterschiede werden herausgearbeitet, wobei es nicht nötig ist, alle kommunalen Haushaltsordnungen explizit zu betrachten. In § 12 Abs. 1 GemHVO BW heißt

---

<sup>1</sup> Vgl. Reus/Mühlhausen [Haushaltsrecht] Abschnitt C, Rn. 3.

es: „Bevor Investitionen von erheblicher finanzieller Bedeutung beschlossen werden, soll unter mehreren in Betracht kommenden Möglichkeiten durch einen Wirtschaftlichkeitsvergleich unter Einbeziehung der Folgekosten die für die Gemeinde wirtschaftlichste Lösung ermittelt werden.“ Investitionen sind nach § 61 Nr. 21 GemHVO BW recht präzise als „Auszahlungen für die Veränderung des Vermögens ..., das der langfristigen Aufgabenerfüllung dient“, allerdings für Entscheidungen unpassend, da darüber hinaus auf die Bilanzierbarkeit abstellend,<sup>1</sup> definiert. Im Einzelfall kann die strenge Orientierung an diesem Investitionsbegriff sowohl zum Ausschluss einzelner relevanter Alternativen, vor allem aber zu fehlerhaften Wertansätzen führen. Die Diskussion des Investitionsbegriffs ist hier nicht zu führen, vielmehr ist darauf hinzuweisen, die Entscheidung(srechnung) und die haushaltsrechtliche Abbildung streng zu trennen. Diese Arbeit zielt auf die Methodik ab und setzt entscheidungsorientierte Wertansätze voraus. Die übrigen Vorgaben lassen hingegen die Ableitung methodischer Mindestanforderungen zu.

Im Gegensatz zu den Vorgaben auf Bundes- und Landesebene stellen diese für die Kommunen auf Investitionen mit erheblicher finanzieller Bedeutung ab. Diese Formulierung unterscheidet sich begrifflich von der finanzwirksamen Maßnahme und kennzeichnet eine höhere Schwelle, bis eine Pflicht zum Wirtschaftlichkeitsvergleich eintritt. Diese Auffassung unterstreicht auch die unterschiedliche Formulierung in den Ländern. So formulieren einige Gemeinde- oder Kommunalhaushaltsordnungen den Geltungsbereich der Vorgabe im Sinne von „Investitionen von erheblicher finanzieller Bedeutung“ konkreter: Sie schreiben spezifische, von der Kommune festzulegende Wertgrenzen vor, unterhalb derer vereinfachte Verfahren Anwendung finden dürfen. Aus Controllingperspektive sind diese Kennzahlen (bzw. Methodenwahlparameter) von besonderem Interesse, gibt es doch gute Gründe hier genaue Überlegungen anzustellen.<sup>2</sup> Vor der konkreten Höhe würde sich zuerst die Frage nach der konkreten Kennzahl stellen.

---

<sup>1</sup> Vgl. Moll [Budgetierung] 102 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Controlling] 40.

Wichtiger als die Unterschiede im ersten, sind die im zweiten Halbsatz. Hier schreiben einige Gemeinde- oder Kommunalhaushaltsordnungen einen „Wirtschaftlichkeitsvergleich“, andere lediglich den „Vergleich der Anschaffungs- oder Herstellungskosten und der Folgekosten“ vor (so beispielsweise § 10 Abs. 3 GemHVO SN). Wird die Festlegung einer konkreten Wertgrenze gefordert, dann schreiben entsprechende Vorschriften als Verfahren bei Investitionen, die größer als diese Wertgrenze sind, Wirtschaftlichkeitsvergleiche vor. Für Investitionen unterhalb dieser Wertgrenze soll die wirtschaftlichste Lösung „mindestens durch einen Vergleich der Anschaffungs- oder Herstellungskosten und der ... Folgekosten“ gefunden werden (z. B. § 11 Abs. 2 S. 1 KomHVO ST). Der Wirtschaftlichkeitsvergleich fordert mindestens eine finanzielle Rechnung. Dabei bewegt man sich aus betriebswirtschaftlicher Sicht begrifflich nahe am Thema der Investitionsrechnung. Aus dieser Sicht scheint das Mittel der Wahl, um Anschaffungs-, Herstellungs- und Folgekosten – begrifflich genauer wären nicht Kosten, sondern mindestens Ausgaben, wenn nicht sogar Auszahlungen – über verschiedene Alternativen zu vergleichen, die Kapitalwertrechnung.

Neben dem aufgezeigten Mindestmaß ist davon auszugehen, dass die Verfahren zum Wirtschaftlichkeitsvergleich auf kommunaler Ebene, den Verfahren der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung auf Landes- und Bundesebene entsprechen sollten,<sup>1</sup> nicht nur aus einem Mangel alternativer Verfahren. Die Unterscheidung von (Folge)Kosten einer Investition z. B. in § 12 Abs. 1 HS. 2 GemHVO BW und (Aus)Zahlungen bei der Bestimmung des Investitionsbegriffs in § 61 Nr. 21 GemHVO BW ließe sich auch so interpretieren, dass nicht nur finanzielle Größen Berücksichtigung finden sollen, sondern eben alle Formen von Kosten (wie dann wohl auch Nutzen) zu berücksichtigen sind. Das entspricht – wie noch näher darzulegen ist – in Teilen den Ansätzen von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, weshalb des Weiteren auch auf kommunaler Ebene von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen statt von Wirtschaftlichkeitsvergleichen gesprochen wird. Eine unmittelbare Pflicht zur Wirtschaftlichkeitsuntersuchung wie auf Bundes- oder Landes-

---

<sup>1</sup> Vgl. Hafner [Gemeindeordnung] § 12 GemHVO BW Rn. 4.

ebene gibt es allerdings nicht,<sup>1</sup> Kommunen haben daher wohl auch mehr Freiheitsgrade bei der Wahl der konkreten Methodik. Mittelbar scheint es allerdings geboten, auch auf kommunaler Ebene angemessene Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zu fordern, denn alles staatliche Handeln ist am Wirtschaftlichkeitsprinzip auszurichten, auch das Handeln auf kommunaler Ebene.

Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen sind das Mittel der Wahl, um dem Wirtschaftlichkeitsprinzip zu genügen. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die öffentliche Hand (im Sinne aller föderalen Ebenen) angemessene Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen anstellen muss, sofern finanzielle Konsequenzen zu erwarten sind. Mindestens umfassen diese Untersuchungen noch näher darzulegende finanzielle Rechnungen. Nachfolgend sollen die inhaltlichen Vorgaben an Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen dargestellt werden. Diese in einer strukturierten Weise zu bewerten hat Kapitel C unter anderem zum Ziel.

## **II. Inhaltliche Vorgaben an Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

### **1. Vorgaben an Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen aus den Verwaltungsvorschriften zu § 7 BHO/LHO**

Aus den Vorgaben der Haushaltsordnungen von Bund, Ländern und Kommunen ergeben sich neben der Verpflichtung zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nur wenige Vorgaben an die zu verwendenden Methoden.<sup>2</sup> Hinweise finden sich in der Verwaltungsvorschrift zu § 7 BHO und in den Verwaltungsvorschriften der Landeshaushaltsordnungen der Bundesländer. Vielfach wurden zusätzliche Arbeitsanleitungen entwickelt, die die Vorgaben aus den Verwaltungsvorschriften konkretisieren.

---

<sup>1</sup> Vgl. Mühlenkamp [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] 193; Darauf deutet auch die Formulierung in § 12 Abs. 1 GemHVO BW „Bevor Investitionen beschlossen werden, soll ... durch einen Wirtschaftlichkeitsvergleich ... die für die Gemeinde wirtschaftlichste Lösung ermittelt werden.“ Diese Vorgabe lässt offensichtlich die Möglichkeit offen, auch keinen Wirtschaftlichkeitsvergleich durchzuführen.

<sup>2</sup> Eine Ausnahme bildet Hamburg mit der Vorgabe von Kosten-Nutzen-Analysen für „geeignete Maßnahmen von erheblicher finanzieller Bedeutung“ in § 7 Abs. 2 S. 2 LHO HH.

Um die inhaltlichen Vorgaben an Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen herauszuarbeiten, wären nun die Verwaltungsvorschriften zu den Haushaltsordnungen zusammen mit den entsprechenden Leitfäden bzw. Arbeitsanleitungen der jeweiligen Finanzministerien zu analysieren. Das bringt in mehrerer Hinsicht wenig zusätzlichen Nutzen: Einerseits folgen die Formulierungen in weiten Teilen den Vorgaben auf Bundesebene, wenn sie diesen nicht sogar entsprechen oder direkt auf sie verweisen. Andererseits ist davon auszugehen, dass sich die Vorgaben nur geringfügig unterscheiden dürften, denn ihre gemeinsame Grundlage ist schließlich das Haushaltsgrundsätzegesetz. Nicht zuletzt stört die genaue Unterscheidung an dieser Stelle gar das Verständnis. Sind die Vorgaben auf Gesetzesebene noch weitestgehend einheitlich strukturiert, trifft dies auf die Ebene der Verwaltungsvorschriften sowie der Arbeitsanleitungen nicht zu. In einigen Landeshaushaltsordnungen werden konkrete Methodenvorgaben bereits in den Verwaltungsvorschriften vorgenommen. Dadurch erhalten die genannten Verfahren einen verbindlicheren Charakter, wobei sie dort regelmäßig nur exemplarisch aufgeführt werden. An dieser Stelle ist daher eine eher grobe Untersuchung der angedachten Methodik von Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ausreichend, um eine Basis für die weitere betriebswirtschaftliche Analyse zu bereiten. Es bietet sich also im Fortgang an, exemplarisch die Vorgaben auf Bundesebene zu betrachten, um ein schlüssiges Bild über Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zu erarbeiten und erst im nächsten Schritt Abweichungen bedarfsweise zu beleuchten.

Vorgaben zu Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen auf Bundesebene ergeben sich aus Nr. 2 VV zu §7 BHO, zur Methodik bezieht Nr. 2.3 VV zu §7 BHO Stellung. Hier geht es vornehmlich um die Unterscheidung in einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Verfahren. Demnach soll ein gesamtwirtschaftliches Verfahren nur dann zur Bewertung einer Maßnahme angewandt werden, wenn die entsprechende Maßnahme nicht vernachlässigbare gesamtwirtschaftliche Auswirkungen hat. Als Verfahrensbeispiel nennt sie dazu die sogenannte Kosten-Nutzen-Analyse. Dieses Verfahren ist eher volkswirtschaftlich orientiert und an späterer Stelle noch aufzugreifen. An-

sonsten, und dies scheint eher die Regel, sind einzelwirtschaftliche Methoden zu verwenden. Hier nennt die Vorschrift z. B. die Kapitalwertrechnung. Mit der Bewertung von Maßnahmen ist nichts anderes angesprochen als die Bewertung von Alternativen. Das entspricht einer typischen Phase im Planungs- und Kontrollprozess, wie er in der Betriebswirtschaftslehre üblich ist. Entsprechend verwundert es nicht, dass die Vorschrift Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen als Instrument im Planungsprozess (in Nr. 2.1 VV zu § 7 BHO) und im Kontrollprozess (in Nr. 2.2 VV zu § 7 BHO) ausmacht. Bei näherer Betrachtung fasst sie Wirtschaftlichkeitsuntersuchung als den gesamten Planungs- und Kontrollprozess auf, was hier als Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im weiteren Sinn bezeichnet werden soll. Im engeren Sinn sind demnach Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen als die eigentlichen Methoden zur Bewertung von Maßnahmen zu verstehen.

Zu beachten sind die Verfahrensvorschriften aus Nr. 2.4 VV zu § 7 BHO. Es soll die Organisationseinheit die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung durchführen, die auch ansonsten mit der Maßnahme betraut wäre. Zentraleinheiten, die die nötigen Kompetenzen bei der Anwendung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen aufbauen, sind ebenso wenig vorgesehen wie die Einbeziehung externer Berater.<sup>1</sup> Zwar ist für die Güte der Prognose diese Zuordnung nachvollziehbar, sie kann allerdings zu Prinzipal-Agent-Problemen führen,<sup>2</sup> da die budgetbeantragende Stelle eine gewisse Motivation zur (zu) positiven Selbstdarstellung ebenso wie einen Informationsvorsprung vor der budgetgenehmigenden Stelle nicht von der Hand weisen kann. Außerdem sind Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen (auch im weiteren Sinne) zu dokumentieren und zu archivieren.

Die Verwaltungsvorschriften machen darüber hinaus nur wenige Vorgaben zu Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im engeren Sinn. Eine Unterscheidung – hier in einzel- und gemeinwirtschaftliche Verfahren – folgt prinzipiell schon aus der Forderung nach angemessenen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. Weitere Konkretisierung erfahren Wirtschaftlichkeitsuntersuchun-

---

<sup>1</sup> Vgl. Präsident des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] 24 f.

<sup>2</sup> Vgl. Knaack [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] 39, der dies als „Antragstellermentalität“ zusammenfasst.

gen erst durch die Arbeitsanleitung(en) „Einführung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen“, die auch den Verwaltungsvorschriften zu § 7 BHO anhängig ist und die es im nächsten Schritt zu betrachten gilt. Diesem Aufbau folgen auch die meisten Regelungen auf Landesebene und hängen der Verwaltungsvorschrift besagte Arbeitsanleitungen an. Einige Bundesländer, darunter auch Baden-Württemberg in Nr. 3.5.2 VV zu § 7 LHO BW, verweisen direkt auf die Arbeitsanleitung des Bundes und halten keine eigene Arbeitsanleitung vor,<sup>1</sup> was bei der ein oder anderen Formulierung mindestens ungenau ist. Das zeigt, dass die Betrachtung der Vorgaben auf Bundesebene für die weitere Untersuchung als maßgeblich angesehen werden können.

## **2. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nach der Arbeitsanleitung des Bundesministeriums der Finanzen**

Die Arbeitsanleitung Einführung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen (kurz: Arbeitsanleitung) des Bundesministeriums der Finanzen konkretisiert Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen deutlich. Sie gliedert sich in insgesamt sechs Hauptkapitel. Abgesehen von den Hauptkapiteln A „Einleitung“ und F „Anlagen“ enthält auch Hauptkapitel E „Spezielle Empfehlungen und Regelungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen“ keine relevanten methodischen Vorgaben zur Vorgehensweise bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. Daher stehen die Hauptkapitel B „Grundsätzliches zu Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen“ und Hauptkapitel C „die wesentlichen Arbeitsschritte einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung in der Planungsphase einer finanzwirksamen Maßnahme“ im Vordergrund der weiteren Ausführungen. Hauptkapitel D „Erfolgskontrollen“ soll nicht weiter betrachtet werden; der Blick soll in dieser Arbeit auf die Entscheidungsvorbereitung vor allem während der Planungsphase gelegt und die Kontroll- oder Steuerungsphase höchstens am Rande

---

<sup>1</sup> So auch Sachsen Nr. 12.1 VwV zu § 7 SäHO, Hessen gemäß Nr. 2.5 Fn. 1 VV LHO HE zu § 7, Thüringen gem. Nr. 2.4.5 VV zu § 7 LHO TH, wobei das Ministerium für Finanzen des Landes Thüringen [Leitfaden] einen entsprechenden Leitfaden für Bauprojekte vorhält, der wohl noch nicht in die Verwaltungsvorschriften aufgenommen wurde, allerdings interessante Ansätze zeigt; demgegenüber hat Bayern gemäß Anlage VV zu Art. 7 BayHO die Arbeitsanleitung des Bundesministerium(s) für Finanzen [Arbeitsanleitung] wortgleich übernommen.

betrachtet werden. Um einen Überblick zur angedachten Vorgehensweise zu erhalten, bietet es sich an, zunächst die Arbeitsschritte aus Hauptkapitel C näher zu untersuchen, bevor die methodisch relevanten Grundsätze aus Hauptkapitel B berücksichtigt werden. Insgesamt, so sieht es die Arbeitsanleitung vor, sollen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im weiteren Sinne dem in Abb. B-2 dargestellten Ablauf folgen.

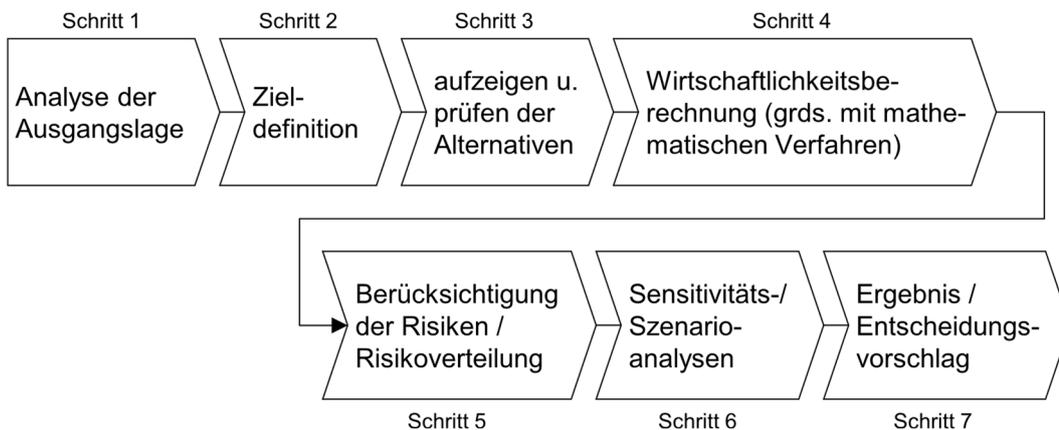


Abb. B-2: Überblick der Arbeitsschritte einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung im Planungsprozess – leicht abgeändert (vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 11)

Laut der Arbeitsanleitung erfolgt im ersten Schritt eine Analyse des Ist-Zustandes.<sup>1</sup> Dabei sind mit angemessenem Aufwand alle Aspekte, die in Zusammenhang mit den Zielen der zu bewertenden finanzwirksamen Maßnahme stehen, abzuschätzen und zu dokumentieren. Bereits absehbare Entwicklungen sind dabei ebenfalls zu berücksichtigen.

Im zweiten Schritt sollen Ziele definiert, konkretisiert und systematisiert, Zielkonflikte aufgedeckt und gewünschte Zielausmaße ausgehend von der finanzwirksamen Maßnahme identifiziert werden. Außerdem sind Zielkonflikte möglichst aufzulösen, um Bewertungsprobleme zu vermeiden. Die Arbeitsanleitung empfiehlt, möglichst alle Ziele monetär zu messen. Ist dies nicht möglich, soll versucht werden, nicht monetär messbare Ziele als Mindestziele zu definieren und Entscheidungsregeln dann an monetäre Ziele zu knüpfen.

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 12 ff.

Außerdem weist die Arbeitsanleitung in diesem Schritt auf das Gebot der Notwendigkeit aus § 6 BHO hin. Demnach dürfen nur solche Ziele bei der Ausführung des Haushaltsplans – worin eine finanzwirksame Maßnahme münden müsste – berücksichtigt werden, die zur Erfüllung der Aufgaben des Bundes notwendig sind. Dies spricht vor allem die verfassungsrechtlich verankerte gesetzgeberische Kompetenzverteilung zwischen dem Bund und den Ländern in Art. 70 ff. GG an. Hier also, ob dem Bund die Aufgabenkompetenz zusteht.<sup>1</sup> Im Einzelfall kann es mühsam sein, auseinanderzuhalten, welcher föderalen Stelle nun eine Aufgabe zuzuordnen ist und ob eine Maßnahme auf der einen Ebene notwendig ist, wenn nicht die andere zuständig wäre. In jedem Fall gilt es aber zu berücksichtigen, ob überhaupt der Staat zuständig ist.<sup>2</sup> Dem trägt das Interessenbekundungsverfahren Rechnung. Da das Gebot der Notwendigkeit auf § 5 HGrG zurückgeht und entsprechend in alle Haushaltsordnungen von Bund und Länder übernommen wurde, gilt das prinzipiell für jedes Bundesland.

Vor der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung im engeren Sinne – die Arbeitsanleitung nennt sie Wirtschaftlichkeitsrechnung – folgt in einem dritten Schritt die Suche nach relevanten Alternativen.<sup>3</sup> Dabei sind zunächst sämtliche Handlungsalternativen aufzuzeigen. Deren Zahl dürfte durch die Aussonderung von Alternativen, die die unabdingbaren Ziele nicht erfüllen, rasch sinken. Die Arbeitsanleitung sieht explizit vor, dass jährliche Ausgabenobergrenzen oder fehlende Haushaltsmittel kein Aussonderungsgrund sind. Die dann notwendige Suche nach Finanzierungsmöglichkeiten, beispielsweise bei Fremdkapitalgebern, muss also durchgeführt werden. Außerdem ist als eine Alternative stets zu prüfen, ob private Anbieter – also nicht die öffentliche Hand – in der Lage sind, die zugrunde liegenden Ziele besser oder gleich gut zu erfüllen. Im Zweifel ist hierzu ein Interessenbekundungsverfahren gem. § 7 Abs. 2 S. 3 BHO anzustreben, was auch nach einigen Landeshaushaltsordnungen vorgeschrieben ist.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. von Lewinski/Burbaat [Haushaltsgrundsatzgesetz] § 6 BHO Rn. 7.

<sup>2</sup> Vgl. von Arnim [Rechtsprinzip] 51 f.

<sup>3</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 14 f.

<sup>4</sup> Vgl. Hamburg gemäß § 7 Abs. 3 LHO HH, Berlin gemäß § 7 Abs. 2 LHO BE, Sachsen sinngemäß § 7 Abs. 1 SÄHO, Sachsen-Anhalt gemäß § 7 Abs. 2 S. 3 LHO ST, Mecklen-

Nachdem der gegenwärtige Zustand gemäß der Arbeitsanleitung bekannt sowie absehbare Entwicklungen prognostiziert sind, die Zielbildung erfolgt ist und mögliche Alternativen zur Lösung ebendieser feststehen, soll die Bewertung erfolgen. Hierzu zählen die Arbeitsschritte 5 bis 7, die Berücksichtigung von Risiken und (der) Risikoverteilung sowie Sensitivitäts- und Szenarioanalysen.<sup>1</sup> Die eigentliche Bewertung – also die Wirtschaftlichkeitsberechnung in Schritt 5 – steht im Mittelpunkt dieser Arbeit. Dennoch soll festgehalten werden, dass Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nach der Arbeitsanleitung von der einzelnen finanzwirksamen Maßnahme, die sich als eine Alternative auffassen lässt, ausgehen.<sup>2</sup>

Die Arbeitsanleitung sieht verschiedene Verfahren zur Bewertung von finanzwirksamen Maßnahmen und Alternativen vor. Zwei Dimensionen sollen demnach das anzuwendende Verfahren definieren. Einerseits der Umfang der Maßnahmenwirkung. Hierbei wird in Maßnahmen mit geringer bzw. vernachlässigbarer und solche mit nicht vernachlässigbarer gesamtwirtschaftlicher Wirkung unterschieden. Dem soll die Unterscheidung in einzelwirtschaftliche, vor allem in der Betriebswirtschaftslehre angesiedelte Verfahren und gesamtwirtschaftliche Verfahren mit volkswirtschaftlichem Charakter Rechnung tragen. Die andere Dimension bildet die monetäre Messbarkeit der Maßnahmenwirkung. Aus diesen zwei Dimensionen ergeben sich die folgenden vier Kombinationsfälle, für die jeweils ein konkretes Verfahren bzw. eine Kombination vorgesehen ist, wie Abb. B-3 zeigt.

Demnach beschränkt sich die Arbeitsanleitung also auf drei unterschiedliche Verfahren, die im Zuge dieser Arbeit einzuordnen und genau auf ihre Eignung für die Entscheidungssituation der öffentlichen Hand zu überprüfen sind: Die Kapitalwertmethode, die Nutzwertanalyse und die Kosten-Nutzen-Analyse. Bevor weitere Bewertungsfragen beleuchtet werden, ist darzustellen, was die Arbeitsanleitung unter den genannten Verfahren versteht.

---

burg-Vorpommern sinngemäß § 7 Abs. 1 S. 2 LHO MV, Hessen gemäß § 7 Abs. 4 LHO HE, Bayern in Art. 7 Abs. 1 S. 2 BayHO, Schleswig-Holstein in § 7 Abs. 2 S. 2 LHO SH, Thüringen in § 7 Abs. 2 LHO TH, Baden-Württemberg in § 7 Abs. 1 S. 2 LHO BW.

<sup>1</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 15 ff.

<sup>2</sup> Vgl. von Arnim [Rechtsprinzip] 90 f., der mit „der Verwendung finanzieller Mittel“ einen ähnlichen Ausgangspunkt für Wirtschaftlichkeitsabwägungen wählt.

Umfang d. Maßnahmenwirkung monetäre Messbarkeit d. Maßnahmenwirkung	vernachlässigbare gesamtwirtschaftliche Wirkung	relevante gesamtwirtschaftliche Wirkung
monetäre Messbarkeit	Kapitalwertmethode	Kosten-Nutzen-Analyse
nicht monetäre Messbarkeit	Nutzwertanalyse	Nutzwertanalyse und Kosten-Nutzen-Analyse

Abb. B-3: Verfahren bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in Anlehnung an das Bundesministerium für Finanzen (vgl. [Arbeitsanleitung] 6)

Die Kapitalwertmethode wird in der Arbeitsanleitung eher lehrbuchhaft anhand von Rechenbeispielen vorgestellt.<sup>1</sup> Sie soll die im Regelfall zweckmäßigste Methode darstellen, wenngleich darauf verwiesen wird, dass dies die Anwendung anderer Methoden nicht ausschließt. So beleuchtet sie die Behandlung der Zahlungsströme, wobei auffällt, dass auch typische Stolpersteine wie die Frage nach der Berücksichtigung nichtdisponibler Kosten, vor allem – wenn auch so nicht bezeichnet – sogenannter „sunk costs“, ganz im Sinne eines entscheidungslogischen Ansatzes abgelehnt werden.<sup>2</sup> Als Diskontierungszinssatz sieht die Arbeitsanleitung die Verwendung der Zinssätze aus der Zinsstrukturkurve vor. Für die Verwaltung geht sie regelmäßig von im Ergebnis negativen Kapitalwerten aus und zeigt auf, dass auch in diesem Fall wirtschaftlich (im Sinne von zielentsprechend) entschieden werden kann, indem der Kapitalwert – wie üblich – maximiert wird. In diesem Fall zeigt dann der am wenigsten negative Kapitalwert die finanziell vorteilhafteste Alternative auf. Treten andere (nicht monetäre) Ziele hinzu, müssen diese als Mindestziele formuliert werden oder die Alternativen dürfen sich in deren Erfüllung nicht maßgeblich unterscheiden, wenn der Kapitalwert als einziges (Auswahl-)Entscheidungskriterium verwendet werden soll.

<sup>1</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 15 ff.

<sup>2</sup> Vgl. hierzu Troßmann/Baumeister [Rechnungswesen] 25, vgl. ursprünglich Riebel [Einzelkostenrechnung] 429.

Die Nutzwertanalyse soll nach der Arbeitsanleitung dann zur Anwendung kommen, wenn nicht alle Maßnahmenwirkungen monetär gemessen werden können und, wenn sich die nichtmonetären Ziele nicht als Mindestziele formulieren lassen. Im Grundsatz klingt an, dass allerdings eine Monetarisierung der Maßnahmenwirkung anzustreben ist.<sup>1</sup> Zur Vorgehensweise bleibt die Arbeitsanleitung recht allgemein und gliedert die Nutzwertanalyse lediglich in die üblichen Komponenten der Ziele und Zielgewichte, Nutzenpunkte je Ziel und Alternative sowie Nutzwerte je Alternative. Ziele sind überschneidungsfrei anhand von Kriterien – genauer wäre von Kennzahlen zu sprechen – zu messen. Diese Kriterien sind genau zu dokumentieren. Jede Alternative soll nach jedem Ziel mit Hilfe der entsprechenden Kriterien mit 0 bis 10 Nutzenpunkten bewertet werden. Die Bewertung soll von mindestens zwei Personen unabhängig voneinander durchgeführt, die Ergebnisse verglichen und Unterschiede dokumentiert werden. Die Berechnung der Nutzwerte je Alternative geschieht wie üblich durch Multiplikation von Zielgewichten und Nutzenpunkten zu Teilnutzwerten, die im letzten Schritt zu einem Nutzwert je Alternative aufsummiert werden.

Die Kosten-Nutzen-Analyse soll im Gegensatz zur Kapitalwertmethode dann zum Einsatz kommen, wenn eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung aufgrund der Eigenschaften der finanzwirksamen Maßnahme geboten erscheint.<sup>2</sup> Es sind dann alle Wirkungen zu beachten, unabhängig davon wo und bei wem sie anfallen. In der rechnerischen Vorgehensweise unterscheidet sie sich – stehen die monetären Werte einmal fest – nicht von der Kapitalwertmethode als sogenanntes einzelwirtschaftliches Verfahren. Monetär messbare Wirkungen sollen als Kapitalwert und nicht monetäre Wirkungen können (nur) mit einer Nutzwertanalyse erfasst oder verbal neben der Kosten-Nutzen-Analyse aufgelistet werden. Für die monetäre Wirkung unterscheidet die Arbeitsanleitung direkte und indirekte Kosten bzw. Nutzen, wenn also die Wirkung der finanziellen Maßnahme direkt in Geldeinheiten anfällt oder durch Vergleichsabschätzungen in Geldeinheiten bewertet wird.

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 19 f.

<sup>2</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 21.

Recht knapp thematisiert die Arbeitsanleitung die Zusammenfassung monetärer und nicht monetärer Bewertungen, also der Ergebnisse einer Kapitalwertrechnung bzw. der Kosten-Nutzen-Analyse und der Nutzwertanalyse.<sup>1</sup> Es klingt an, dass die Ergebnisse der Kapitalwertrechnung höher zu gewichten sind als die Ergebnisse der Nutzwertanalyse. Daher soll ein Entscheidungsvorschlag, der sich auf die Ergebnisse der Nutzwertanalyse stützt und im Gegensatz zu den Ergebnissen der Kapitalwertrechnung steht – was ja regelmäßig zu erwarten ist, sofern nicht einfach die „günstigste“ Lösung gewählt werden soll –, begründet werden. Für den umgekehrten Fall scheint das unverständlicherweise nicht notwendig. Eine Verrechnung der Ergebnisse ist ebenfalls unzulässig. Festzuhalten ist auch, dass eine Kapitalwertrechnung immer anzufertigen ist.

Zuletzt beschäftigt sich die Arbeitsanleitung mit der Berücksichtigung von Risiko sowie der Risikoverteilung.<sup>2</sup> Dies bezieht sich nur auf die monetäre Bewertung mit dem Kapitalwertkriterium. Ziel ist es, möglichst „realistische“ deterministische Werte (also Erwartungswerte) zu finden. Entgegen der üblichen betriebswirtschaftlichen Terminologie bezeichnet die Risikoverteilung die Aufteilung von Risiken auf die öffentliche Hand und private Partner.

Methodisch unterscheidet die Arbeitsanleitung bei der Berücksichtigung von Unsicherheit Maßnahmen mit geringer und solche mit hoher finanzieller Bedeutung. Für Maßnahmen mit hoher finanzieller Bedeutung wird in un-systematische und systematische Risiken unterschieden, also solche die beeinflussbar bzw. nicht beeinflussbar sind. Unsystematische oder beeinflussbare Risiken werden zunächst gesammelt und dann anhand einer Matrix aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe in bedeutend und weniger bedeutend unterschieden. Die als bedeutend kategorisierten (unsystematischen) Risiken sind zu quantifizieren. Neben der Verwendung von Versicherungsprämien, sofern diese existieren, sieht die Arbeitsanleitung das Erwartungswertkonzept vor. Systematische oder nicht beeinflussbare Risiken werden durch Sicherheitsäquivalente, also Risikoab- und Risikoaufschläge berücksichtigt. Bei Maßnahmen mit geringer finanzieller Bedeutung

---

<sup>1</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 20 f.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 22 ff.

sind die Anforderungen weniger streng. Hier reichen eher pauschale Überlegungen und die Befragung von Personen mit Sachverstand aus. Systematische Risiken sind bei Maßnahmen mit geringer finanzieller Bedeutung nicht zu untersuchen.

Für finanzwirksame Maßnahmen, deren Bewertungsergebnis stark von unsicheren Informationen abhängt, sind Sensitivitätsanalysen durchzuführen.<sup>1</sup> Die als bedeutend eingestuften, unsicheren Informationen sind zu variieren, um die Robustheit der Ergebnisse zu überprüfen. Ebenso soll dargestellt werden, wann sich das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ändert, wenn Modellparameter verändert werden. Für alle finanzwirksamen Maßnahmen sind zusätzlich Szenarioanalysen durchzuführen. Die Untersuchungsgrundlage bilden mindestens zwei Szenarien, ein Worst-Case-Szenario und ein Best-Case-Szenario. Damit ist die Bewertung abgeschlossen und es folgt die Entscheidung.

Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen werden erst durch die Arbeitsanleitung(en) konkretisiert. Die rechtliche Verbindlichkeit der Arbeitsanleitung(en) kann nicht höher als die von Verwaltungsvorschriften angesehen werden, die nach herrschender Auffassung nicht als Rechtsnormen anzusehen sind.<sup>2</sup> Insgesamt sind daher Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an sich wohl vorgeschrieben, nicht aber deren konkrete Ausgestaltung, wenngleich nicht von der Hand zu weisen ist, dass die Orientierung an den Vorgaben ein Indiz für eine angemessene Wirtschaftlichkeitsuntersuchung sein sollte. Die Qualität der methodischen Empfehlungen der Arbeitsanleitung ist insgesamt als gemischt anzusehen. Sie reichen von entscheidungslogisch zutreffenden Details (z. B. „sunk costs“ bei Entscheidungen auszublenden) bis hin zu klaren Fehlern (z. B. der Abfolge der Planungsphasen). Eine umfassende Bewertung der Vorgaben muss die Problemstellung der öffentlichen Hand bei Entscheidungen mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen berücksichtigen. Vorher ist überblicksartig die Vielzahl weiterer Regelungen inhaltlich darzulegen.

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 27 f.

<sup>2</sup> Vgl. von Arnim [Rechtsprinzip] 18.

### **3. Weitere Arbeitsanleitungen zu Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

Ebenso, wie die Vorgaben aus § 6 HGrG in jeder Landeshaushaltsordnung explizit umgesetzt wurden, haben auch die meisten Landesministerien Arbeitsanleitungen eingeführt. Diese im gleichen Umfang darzustellen, wie die auf Bundesebene geltende Arbeitsanleitung des Bundesministeriums der Finanzen, ist nicht zielführend. Der Blick soll auf ausgewählte Abweichungen zu den bisher dargestellten methodischen Ansätzen gerichtet werden.

So finden sich nach der Systematik der Arbeitsanleitung des Bundesministeriums der Finanzen als monetäre einzelwirtschaftliche Methoden zusätzlich die Angebotsvergleichsrechnung, die Kostenvergleichsrechnung und die Annuitätenmethode in den entsprechenden Arbeitsanleitungen der Länder<sup>1</sup>. Die meisten Bundesländer sehen aber die Kostenvergleichsrechnungen (in Teilen auch andere statische Rechnungen, wie die Rentabilitätsrechnung und die Angebotsvergleichsrechnung) lediglich als praktische Hilfsverfahren für Maßnahmen mit geringer finanzieller Bedeutung und ohne langfristige Auswirkungen vor.<sup>2</sup> Als nichtmonetäre einzelwirtschaftliche Methode findet sich in den allermeisten Arbeitsanleitungen der Länder die Nutzwertanalyse. Scheinbar wurden hier die Formulierungen des Bundesministeriums der Finanzen oftmals übernommen.

Als Methodik, um eher gesamtgesellschaftliche Wirkungen zu messen, nennen u. a. die Verwaltungsvorschriften von Sachsen und Hessen<sup>3</sup> die Kostenwirksamkeitsanalyse. Bei näherer Betrachtung handelt es sich vielmehr, um eine Nutzwertanalyse angewandt bei finanzwirksamen Maßnahmen mit gesamtgesellschaftlichen Auswirkungen, die sich nicht oder nicht aus-

---

<sup>1</sup> Vgl. Anlage 1 Nr. 2 und 3.5 VV zu § 7 LHO HH.

<sup>2</sup> Vgl. Nr. 2.3.2 VV zu § 7 LHO BE, Nr. 2.3.1 und Nr. 2.3.2 Anlage 1 VV zu § 7 LHO HB, Nr. 2.1 VV zu § 7 LHO ST, Nr. 3.5.1.2 Anlage 1 zu Nr. 2.5 VV zu § 7 LHO BB, Nr. 2.1 Anlage zu VV zu § 7 LHO MV, Nr. 2.2.1 Anlage zu Nr. 3.5.1 VV zu § 7 LHO RP, Nr. 2.4 Anlage zu VV zu § 7 LHO SH, Nr. 2.2 Anlage zu Nr. 3.1.4 VV zu § 7 LHO NI, Nr. 2.3.2 VV zu § 7 LHO TH, Nr. 3.5.3 VV zu § 7 LHO BW, Nr. 2.3.2 VV zu § 7 LHO NW, Nr. 2.3.3 VV zu § 7 LHO SL.

<sup>3</sup> Vgl. Nr. 9.3 lit. a) VwV-SäHO zu § 7, Nr. 2.1.3 VV zu § 7 LHO HE, vgl. auch Nr. 1 Anlage zu Nr. 3.1.4 VV zu § 7 LHO NI, und Nr. 1 Anlage zu Nr. 3.1.4 VV zu § 7 LHO RP.

schließlich monetär messen lassen. Allerdings wird der Begriff Kostenwirksamkeitsanalyse besonders uneinheitlich verwendet.

Damit sind längst nicht alle Arbeitsanleitungen, die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen betreffen, beschrieben. So finden sich wiederum auf Bundesebene fünf weitere ressortübergreifende und an Fachthemen ausgerichtete Regelungen bzw. Leitfäden, auf die in der Arbeitsanleitung des Bundesministeriums der Finanzen unmittelbar verwiesen wird:<sup>1</sup>

- Leitfaden Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei PPP-Projekten
- Konzept zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in der Bundesverwaltung, insbesondere beim Einsatz der IT (WiBe 5.0)
- Handbuch des Bundes für Organisationsuntersuchungen und Personalbedarfsermittlung
- Leitfaden „Energiespar-Contracting“
- Leitfaden „Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei der Vorbereitung von Hochbaumaßnahmen des Bundes“

Hinzu treten weitere ressortspezifische Vorgaben. Allein aus dem Bundesministerium des Inneren, dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr und dem Bundesministerium der Verteidigung kommen so mehr als zehn Regelwerke hinzu und auch auf Landesebene existieren – wenngleich nicht in diesem Umfang – vergleichbare ressortspezifische Vorgaben.<sup>2</sup>

Überwiegend wird nur die Kapitalwertmethode, die Nutzwertanalyse und die Kosten-Nutzen-Analyse angesprochen. Viele Wiederholungen bei uneinheitlichen Bezeichnungen erschweren die Nachvollziehbarkeit. Zentrale Fragen, wie sich z. B. die Ergebnisse der Kapitalwertmethode oder der Kosten-Nutzen-Analyse mit denen der Nutzwertanalyse zusammenführen lassen, bleiben ebenfalls ungeklärt.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 35, das zudem auch noch auf den Präsidenten des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] verweist.

<sup>2</sup> Vgl. dazu Knaack [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] 48 ff. und im Weiteren 134 ff.

<sup>3</sup> Mit der Kosten-Nutzen-Bewertung macht das Ministerium der Finanzen des Landes Nordrhein-Westfalen ([Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen] 57 ff.) einen Vorschlag; unter dem Begriff der Kosten-Nutzen-Untersuchung auch die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] 17 f., zu diesen Ansätzen siehe Kapitel C.I.2.a; Ein (noch) nicht normierter Leitfaden des Ministerium(s) der Finanzen des

Insgesamt zeigt sich eine Vielzahl von Gesetzen, Verwaltungsvorschriften und Vorgaben. Viele davon sind für ein und denselben Sachverhalt gleichzeitig gültig, enthalten viele Wiederholungen und unterscheiden sich höchstens in Detailfragen sowie in der Qualität. Das betrifft vor allem die empfohlenen Methoden. Für diese Arbeit soll es ausreichen, die Arbeitsanleitung des Bundesministeriums der Finanzen zu betrachten. Sie bildet ganz offenkundig das Rückgrat der meisten Regelwerke und vermeidet nach ihrer Neufassung im Jahr 2011 zumindest – aus betriebswirtschaftlicher Sicht – größte Fehler. Weitere Regelwerke werden ausgewählt, ohne den Anspruch alle Vorgaben bedacht zu haben.

### **III. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen als Entscheidungsrechnungen**

#### **1. Grundüberlegungen zu Entscheidungsrechnungen**

Die dargestellten Vorgaben an Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen betreffen insbesondere das Gebot, entsprechende Rechnungen bei finanzwirksamen Maßnahmen durchzuführen. Die vorgeschlagenen Methoden geben Hinweise, welche der Methoden wann angemessen sind und stellen sie inhaltlich vor. Verglichen mit dem externen Rechnungswesen, sind Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in ihrer inhaltlichen Ausgestaltung wenig reguliert bzw. normiert. Das hängt in erster Linie mit dem Rechenzweck zusammen. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen werden von der öffentlichen Hand selbst durchgeführt und dienen als Vorrechnungen der Entscheidungsvorbereitung, daher sind sie nicht extern normiert, sondern vielmehr an den internen Zwecken der öffentlichen Hand ausgerichtet, also entscheidungsorientiert.<sup>1</sup>

Entscheidungsrechnungen haben als Informationsempfänger stets den internen Entscheidungsträger vor Augen. Im Fall von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen soll daher die öffentliche Hand als Entscheidungsträger gekennzeichnet werden, auch um herauszuarbeiten, welche besonderen Anforde-

---

Landes Thüringen ([Leitfaden] 18) zeigt einen grafischen Ansatz, die Ergebnisse zu kombinieren, vgl. dazu auch Kapitel D.III.1.

<sup>1</sup> Vgl. zu den Auswirkung des Rechenzwecks auf die eigentliche Rechnung Troßmann/Baumeister [Rechnungswesen] 3 ff., insbesondere 10 f.

rungen über die reine Entscheidungsorientierung hinaus, diese an die Rechnungen stellt. Außerdem nutzen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nicht für sämtliche Entscheidungen der öffentlichen Hand, sondern vielmehr nur für finanzwirksame Maßnahmen. Diese kennzeichnet das Bewertungsobjekt, auf die sich die Entscheidung vorbereitende Rechnung bezieht und daher gilt es sie näher zu untersuchen.

## **2. Die öffentliche Hand als Entscheidungsträger**

### **a) Zur Gestalt der öffentlichen Hand**

Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen sind das Mittel der Wahl zur Umsetzung des Wirtschaftlichkeitsprinzips, das mittelbar aus Art. 114 GG folgt. In Teilen ähnelt das Wirtschaftlichkeitsprinzip auch dem verfassungsmäßigen Verhältnismäßigkeitsgrundsatz.<sup>1</sup> Das deutet an, dass Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nicht nur unmittelbar für Bund und Länder vorgesehen sind, sondern auch ein weiteres Anwendungsfeld ansprechen könnten. Den Verhältnismäßigkeitsgrundsatz als Bezugspunkt nehmend, wären diese dann bei (allen) „staatlichen Maßnahmen“ vorzunehmen.<sup>2</sup> Das bezeichnet noch kein (Rechts-)Subjekt. Hierzu soll der Begriff der „öffentlichen Hand“ verwendet werden. Dieser ist bewusst unscharf gewählt, wird aber auch juristisch oftmals dann eingesetzt, wenn ein Subjekt gesucht ist, das sämtliches staatliches Handeln repräsentiert. Es sollen alle öffentlich-rechtlichen Rechtspersonen angesprochen sein, die Entscheidungen treffen können.

Für die rechtliche Einordnung der öffentlichen Hand existierte zudem eine Legaldefinition in § 2 Abs. 2 Nr. 6 EEWärmeG a. F.<sup>3</sup> Nach lit. a ist jede Körperschaft, Personenvereinigung oder Vermögensmasse des öffentlichen Rechts zur öffentlichen Hand zu zählen, also alle nach öffentlichem Recht organisierten Rechtsträger. Nach lit. b sind auch alle (öffentlich-rechtlich) beherrschten privatrechtlichen Rechtsträger erfasst, also wenn ein oder mehrere öffentlich-rechtlich organisierte Rechtsträger die Mehrheit des ge-

---

<sup>1</sup> Vgl. Salmen [Wirtschaftlichkeitsprinzip] 49 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Grzeszick [Verhältnismäßigkeit] VII. Art. 20 Rn. 107 zur Anwendung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes.

<sup>3</sup> Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz in der Fassung vom 7. August 2008 (BGBl. I S. 1658).

zeichneten Kapitals besitzen, über die Mehrheit, der mit den Anteilen des Unternehmens verbundenen Stimmrechte verfügen oder mehr als die Hälfte der Mitglieder des Verwaltungs-, Leitungs- oder Aufsichtsorgans des Unternehmens bestellen können.<sup>1</sup>

§ 2 Abs. 2 Nr. 6 lit. a EEWärmeG a. F. umfasst den Bund, die Länder und alle weiteren Gebietskörperschaften sowie Stiftungen des öffentlichen Rechts und Anstalten. Mit nicht rechtsfähigen Anstalten gehören hierzu auch Regie- und Eigenbetriebe der meist gebietskörperschaftlichen Träger. Ausgenommen sind öffentlich-rechtlich organisierte Religionsgemeinschaften. Zwar werden diese als Körperschaften des öffentlichen Rechts angesehen; sie handeln aber nicht staatlich.<sup>2</sup>

Anstalten wie auch Stiftungen des öffentlichen Rechts ähneln sich.<sup>3</sup> So sind beide mit einer bestimmten Aufgabe betraut bzw. zu einem bestimmten Zweck gegründet und haben einen öffentlich-rechtlich organisierten Träger.<sup>4</sup> Dies ist zum ganz überwiegenden Teil wieder eine Gebietskörperschaft. Prinzipiell sollte die Stiftung öffentlichen Rechts unabhängig(er) von ihrem Träger sein, als die Anstalt. Allerdings schafft eine knappe Ausstattung mit (jederzeit) reduzierbaren Mitteln wieder ein Abhängigkeitsverhältnis, was sie organisatorisch der Anstalt annähert. Es kann also davon ausgegangen werden, dass diese beiden juristischen Personen des öffentlichen Rechts unter einem gewissen Einfluss des gebietskörperschaftlichen Trägers stehen.

Die übrigen juristischen Personen des öffentlichen Rechts sind Körperschaften. Neben der Gebietskörperschaft existieren als weitere Hauptkörperschaften die Vereinskörperschaften und die Verbandskörperschaften. Die Vereinskörperschaft – oder auch Personalkörperschaft – bezieht ihre (Pflicht-)Mitglieder aus einer Gruppe, die ein bestimmtes Merkmal erfüllen, vor allem einen bestimmten Beruf ausüben (zum Beispiel eine der 28 regi-

---

<sup>1</sup> Vgl. Wustlich [EEWärmeG] § 2 Rn. 101, die gleiche Definition der öffentlichen Hand findet sich in § 2 Abs. 2 Nr. 2 UIG.

<sup>2</sup> Vgl. Wustlich [EEWärmeG] § 2 Rn. 98 f.

<sup>3</sup> Vgl. auch im Weiteren Backert [Stiftung] § 80 BGB Rn. 23.

<sup>4</sup> Zur öffentlich-rechtlichen Anstalt vgl. Otto [GmbH] § 23 Rn. 15; zur Stiftung des öffentlichen Rechts vgl. Ibler [Verwaltung] Art. 86 Rn. 74.

onalen Rechtsanwaltskammern). Die Verbandskörperschaft hat nur juristische Personen des öffentlichen Rechts als Mitglieder (zum Beispiel die Bundesanwaltskammer, deren Mitglieder nur regionale Rechtsanwaltskammern sind). Die Arten von Körperschaften des öffentlichen Rechts sind auch ohne die Gebietskörperschaften vielfältig.

Im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen Entscheidungen mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. In der Regel ist davon auszugehen, dass die gesetzlichen Träger dann mindestens mitentscheiden, wenn nicht sogar die Entscheidung eigenständig treffen. Diese Träger sind überwiegend Gebietskörperschaften. Diese Überlegungen lassen sich im Übrigen auch auf Beliehene – also natürliche oder juristische Personen des Privatrechts mit hoheitlichen Aufgaben – ausweiten. Was die hier vertretene Begriffsauffassung der öffentlichen Hand auch die (gesamte) öffentliche Verwaltung umfassen lässt.

Für ein von öffentlich-rechtlichen Rechtsträgern beherrschtes Unternehmen ist eine Abhängigkeit sozusagen definiert. Hier ist davon auszugehen, dass Gebietskörperschaften entweder unmittelbar, wenn sie die Beherrschung selbst ausüben, mindestens aber mittelbar Entscheidungsmacht ausüben können, wenn über eine andere juristische Person öffentlichen-Rechts die Beherrschung ausgeübt wird.

Richtet sich der Blick auf die öffentliche Hand als Entscheidungsträger, kann nach den bisherigen Ausführungen vertreten werden, bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchung nur auf Körperschaften des öffentlichen Rechts mit Gebietshoheit abzustellen. Die drei Ebenen sind im Zuge dieser Arbeit bereits deutlich geworden: der Bund, die Länder und die Kommunen. Es soll also entlang der vertikalen Gewaltenteilung kategorisiert werden. Eine nähere Betrachtung der horizontalen Gewaltenteilung kann unterbleiben. Die herrschende Meinung in der Literatur geht zwar davon aus, dass sowohl die gesetzgebende wie auch die rechtsprechende Gewalt vom Wirtschaftlichkeitsgrundsatz erfasst sind.<sup>1</sup> Der Gesetzgeber tritt aber als Normgeber auf und legt damit die Ziele fest. Diese lassen sich nicht bewerten, wenngleich dies nicht auf alle Gesetzesvorhaben zutrifft (als Gegenbeispiel können Än-

---

<sup>1</sup> Gröpl [Wirtschaftlichkeit] § 7 BHO Rn. 15 f.

derungen in der Besteuerung angesehen werden). Die Rechtsprechung wird regelmäßig mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in Berührung kommen, allem voran aber bei der Überprüfung von Maßnahmen der öffentlichen Hand. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei der Justiz über deren reine Ausstattung hinaus anzuwenden, ist denkbar (ein möglicherweise strittiges Beispiel wäre die Abwägung von Prozesskosten gegenüber dem öffentlichen Interesse der Strafverfolgung beim „Schwarzfahren“), wird sich aber auf Einzelfälle beschränken. Im Vordergrund steht hier die rechtsdurchsetzende Gewalt in Form der öffentlichen Hand, wie sie auch für die öffentliche Betriebswirtschaftslehre von zentraler Bedeutung ist.

In der öffentlichen Betriebswirtschaftslehre werden als Bezugsobjekte oftmals die öffentliche Verwaltung, der Staatssektor sowie der öffentliche Bereich (oder öffentlicher Sektor) benannt. Die öffentliche Verwaltung bildet zusammen mit der Regierung den größten Teil der Exekutive und ist nach dem hier vertretenen Ansatz Kern der öffentlichen Hand. Der Staatssektor entstammt den europäischen Verträgen zum Defizitverfahren in Art. 3 S. 1 in Verbindung mit Art. 2 Spiegelstrich 1<sup>1</sup> und ist recht genau in dem „Europäischen System der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen“ definiert. Er beinhaltet alle Gebietskörperschaften sowie Sozialversicherungen, wobei jeweils Kern- und Extrahaushalte unterschieden werden.<sup>2</sup> Die Klassifizierung ist im Einzelfall schwierig, denn es soll der Motivation der Mitgliedstaaten begegnet werden, durch die geschickte Nutzung scheinbar unabhängiger Rechtssubjekte ihre Verschuldung zu erhöhen, ohne dass diese im Defizit berücksichtigt werden. Noch weiter greift der öffentliche Bereich aus dem Schalenmodell des Statistischen Bundesamts,<sup>3</sup> der teilweise auch synonym als öffentlicher Sektor bezeichnet wird. Manchem sind auch diese Abgrenzungsversuche zu eng, weshalb sich heute eine besonders weit gefasste „öffentliche Wirtschaft“ in der Literatur etabliert.<sup>4</sup> Hierbei wird versucht, auch solche Rechtssubjekte einzubeziehen, die gerade noch dem Einflussbereich des Staates zuzurechnen sind. Das ist naturgemäß schwie-

---

<sup>1</sup> Vgl. Kube [Haushaltsnotlagen] Art. 109a Rn. 77.

<sup>2</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank [Monatsbericht April 2018] 61.

<sup>3</sup> Vgl. Dickertmann/Strohe [Wirtschaft] 7 ff.

<sup>4</sup> Vgl. Dickertmann/Strohe [Wirtschaft] 13 ff.

rig, denn zuletzt ist jedes Objekt mit dem Staat verbunden, stellt er doch den Rahmen für wirtschaftliches Handeln zur Verfügung. Abb. B-4 fasst die Einteilung und Begriffe in Anlehnung an das Schalenmodell des Statistischen Bundesamts zusammen.

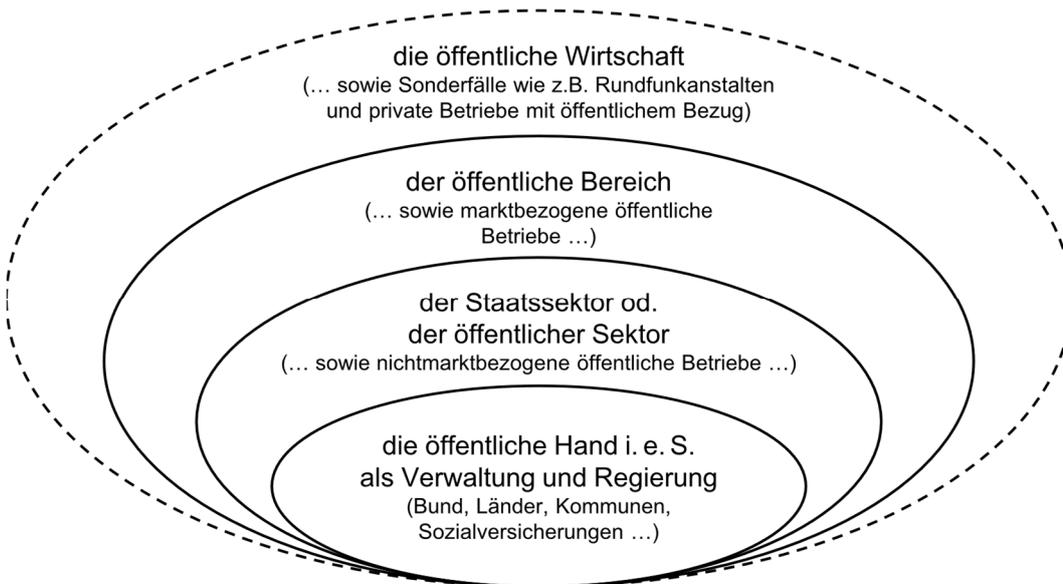


Abb. B-4: Kommunale haushaltsrechtliche Vorgaben bei Investitionen der Bundesländer ohne die Stadtstaaten

Die Betriebswirtschaftslehre als die Wissenschaft des Wirtschaftens, d. h. des rationalen Entscheidens über knappe Güter, nutzt als Untersuchungsgegenstand Betriebe.<sup>1</sup> Das Rationalitätsprinzip kann dabei unterschiedliche Ausprägungen annehmen, lässt sich in jedem Fall aber als zielentsprechendes Handeln beschreiben. Zur Beurteilung der Rationalität sind die verfolgten Ziele von zentraler Bedeutung bzw. ohne die Ziele der Betriebe zu berücksichtigen, lässt sich über Rationalität keine Aussage treffen. Für relevante Aussagen über die Ziele der öffentlichen Hand helfen diese Abgrenzungsversuche nur bedingt weiter. Dann ist vielmehr die betriebswirtschaftlich übliche Typologisierung des Untersuchungsgegenstandes hilfreich.

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Schweitzer/Schweitzer [Grundlagen] 4 ff.

## **b) Die Ziele der öffentlichen Hand**

Der Betriebsbegriff unterscheidet sich über unterschiedliche Wissenschaften teilweise erheblich.<sup>1</sup> Für die Betriebswirtschaftslehre definieren ihn Schweitzer und Schweitzer besonders prägnant als „... eine wirtschaftliche, technische, soziale, umweltbezogene und ... ethische Einheit (Sozialgebilde, Wirkungszentrum) mit der Aufgabe der Bedarfsdeckung, mit selbständigem Entscheiden und eigenen Risiken ...“.<sup>2</sup> Eine Typologisierung entlang der Art der Bedarfsdeckung ist dabei üblich. Demnach decken Unternehmen einen fremden und Haushalte den eigenen Bedarf. Unternehmen werden in öffentlich und privat anhand der Art der Anteilseigner unterschieden, je nachdem ob öffentliche – um einen Zirkelschluss zu vermeiden also vielmehr staatliche – oder private Anteilseigner überwiegen. Haushalte lassen sich ebenfalls in öffentlich und privat differenzieren, wobei hier das Maß an Kollektivität der Eigenbedarfsdeckung angewandt wird. Ein geringes Maß an Kollektivität (wie im Falle einer Familie oder eines Sportvereins) deutet auf einen privaten Haushalt und ein hohes Maß an Kollektivität (wie bei einer Universität oder der Bundeswehr) auf einen öffentlichen Haushalt hin.<sup>3</sup> Für die weiteren Überlegungen ist insbesondere der öffentliche Haushalt von Bedeutung. Die Summe der öffentlichen Haushalte stellt die öffentliche Hand dar. Die Existenz des öffentlichen Haushalts ist in einer Marktwirtschaft nicht unbedingt selbstverständlich und ein Erklärungsversuch zeigt die Ziele der öffentlichen Hand.

Als Merkmal der öffentlichen Hand kann die Bereitstellung öffentlicher Güter verstanden werden. Bei diesen Gütern (z. B. die Bereitschaftsleistung der Landesverteidigung oder der Überschwemmungsschutz) versagt der Marktmechanismus aus verschiedenen Gründen.<sup>4</sup> Dennoch besteht ein Bedürfnis jedes Einzelnen nach Bereitstellung ebendieser Güter. Da der Preismechanismus nicht greift, die Bedürfnisbefriedigung rein privat nicht sichergestellt werden kann, tritt das Kollektiv ein, um diese zu befriedigen. Wenn

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Schweitzer/Schweitzer [Grundlagen] 12 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Schweitzer/Schweitzer [Grundlagen] 6.

<sup>3</sup> Vgl. Schweitzer/Schweitzer [Grundlagen] 3 ff.

<sup>4</sup> Vgl. zum Marktversagen bei öffentlichen Gütern z. B. Breyer/Kolmar [Wirtschaftspolitik] 199 f., Musgrave/Musgrave/Kullmer [Finanzen] 67 ff.

Sachzwänge diese Probleme auslösen und der Preismechanismus nicht funktioniert, können für den öffentlichen Haushalt, der mit der Bereitstellung der öffentlichen Güter betraut ist, finanzielle Ziele, wie die Gewinnmaximierung – die längst auch als Zielsetzung privater Unternehmen in der Betriebswirtschaftslehre abgelehnt wird –<sup>1</sup> in Frage gestellt werden.<sup>2</sup>

Wichtige Merkmale, um Ziele zu operationalisieren sind der Zielinhalt, das Zielausmaß, der Zeitbezug und die Zielverantwortung, wobei letztere beiden Merkmale für die Kennzeichnung der öffentlichen Hand (noch) keine besondere Rolle spielen und daher nicht näher zu beleuchten sind. Inhaltlich können Ziele nach Arten in sachliche, soziale und formale Ziele eingeteilt werden.<sup>3</sup> Sachliche Ziele beziehen sich auf die Bedarfsdeckungsaufgabe, also auf die eigentliche Gütererstellung, soziale Ziele sind personenbezogen. Formale Ziele verlangen eine Bewertung und äußern sich regelmäßig als finanzielle Ziele bzw. finanzielle Kennzahlen. Das Zielausmaß bestimmt dagegen, ob ein Ziel maximiert oder minimiert (Extremierungsziele) werden soll, ob ein Ziel durch Mindest- und Höchstgrenzen bestimmt wird (Satisfizierungsziele) oder ob vielmehr ein bestimmter Zielertrag genau erfüllt werden soll (Fixierungsziele).

Das Ziel der Gewinnmaximierung fordert beispielsweise ein formales bzw. finanzielles Ziel – den Gewinn – als Extremierungsziel zu verfolgen. Für die öffentliche Hand ist vielmehr davon auszugehen, dass Extremierungsziele sachliche und soziale Zielarten ansprechen, z. B. die Maximierung des Gemeinwohls. Auf die Relevanz nichtfinanzieller Ziele deutet auch § 7 Abs. 2 HS. 2 LHO HE hin. In seiner jüngsten Fassung fordert er für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen die Berücksichtigung ökologischer und sozialer Folgekosten, wobei Folgekosten, wie bei § 11 Abs. 1 HS. 2 GemHVO BW, allgemein negative Zielwirkungen anspricht, ohne diese auf eine monetäre Dimension zu reduzieren. Allerdings sind finanzielle Zielarten daher noch nicht unbeachtlich. Vielmehr bilden finanzielle Ziele eher eine Restriktion,

---

<sup>1</sup> Vgl. zur allgemeinen Kritik Schierenbeck/Wöhle [Grundzüge] 7, vgl. zu Ausnahmen Osadnik [Investitionsrechnungsverfahren] 15.

<sup>2</sup> Vgl. für öffentliche Unternehmen Schweitzer/Schweitzer [Grundlagen] 19, ähnlich für öffentliche Betriebe Witte/Hauschildt [Interessenkonflikt] 46.

<sup>3</sup> Vgl. auch im Weiteren Troßmann [Investition] 14.

sind also mit Mindest- oder Höchstgrenzen versehen; solange diese eingehalten werden, gilt das Ziel als erreicht. Im Einzelfall wiegen finanzielle Ziele dennoch schwer, vor allem dann, wenn die Grenzen knapp bemessen sind. Die Entfernung von den besagten Grenzen zeigt die Handlungsmöglichkeiten der öffentlichen Hand auf. Der Einfluss auf die Handlungsmöglichkeiten besitzt auch im Einzelfall durchaus einen Wert.

Einige Autoren in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur schreiben (privaten) Unternehmen eine grundsätzliche Gewinnmaximierungsabsicht zu.<sup>1</sup> Betriebswirtschaftlich geht dies meist mit dem holprigen Betriebsbegriff nach Gutenberg einher.<sup>2</sup> Aber auch volkswirtschaftliche Vertreter nutzen in der Regel diesen Ansatz.<sup>3</sup> Gewichtige Meinung in der Literatur lehnen die Gewinnmaximierung als Merkmal von Unternehmen ab.<sup>4</sup> Nichtsdestotrotz haben sich in der Betriebswirtschaftslehre einige Ansätze etabliert, die nur diese eine Zielart berücksichtigen, beispielsweise alle Formen der Investitionsrechenverfahren. Die Ergebnisse (z. B. der Kapitalwert) liegen dann als formale bzw. finanzielle oder monetäre Größe vor. Zwar entspricht diese nicht dem „Gewinn“.<sup>5</sup> Der „Gewinn“ steht hier aber eher synonym für formale bzw. finanzielle Ziele. Gerade für Investitionsrechenverfahren geht man daher von einer „Gewinnmaximierungsabsicht“ des Investors aus.<sup>6</sup> So geben sie die gesamte Zielerreichung in einer finanziellen Kennzahl wieder und ermöglichen eine eindeutige Entscheidung. Hierin liegt ihre große Stärke, denn die finanziellen Folgen einer Alternative können sie sehr präzise und in einer Zahl messen, vorausgesetzt, sie werden korrekt eingesetzt.

Der Fortgang dieser Arbeit steht unter folgender These über die Ziele der öffentlichen Hand: Die Entscheidungssituation der öffentlichen Hand kennzeichnet begrenzte finanzielle Mittel. Unter diesen Restriktionen soll ver-

---

<sup>1</sup> Vgl. Mühlenkamp [Sektor] 36, Hering [Investitionstheorie] 9.

<sup>2</sup> Vgl. Ossadnik [Investitionsrechnungsverfahren] 12 ff.

<sup>3</sup> Vgl. Hanusch [Nutzen-Kosten-Analyse] 22.

<sup>4</sup> Vgl. z. B. Schweitzer/Schweitzer [Grundlagen] 19, Kosiol [Aktionszentrum] 31, Schierenbeck/Wöhle [Grundzüge] 7 u. 29 ff., aber auch schon Heinen [Zielsysteme] 28 ff, 80 f.

<sup>5</sup> Vgl. Bieg/Kußmaul/Waschbusch [Investition] 235.

<sup>6</sup> Vgl. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 25, Poggensee [Investitionsrechnung] 182, vgl. zum Kapitalwert als langfristige Gewinnmaximierung Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 64.

sucht werden, andere Ziele möglichst gut zu erfüllen.<sup>1</sup> Dabei geht es weniger darum, nur ein ganz bestimmtes Ziel mit gegebenen Mitteln zu maximieren. Vielmehr wird versucht, mit einem ganzen Programm aus Maßnahmen eine Menge unterschiedlicher Ziele – die jedes für sich wiederum unterschiedlich präferiert wird – mit begrenzten finanziellen Ressourcen so zu erfüllen, dass die simultane Wirkung auf die verschiedenen Ziele allen anderen Programmalternativen vorgezogen wird, kurz gesagt, der Extremierungsansatz weicht einem Optimierungsansatz.<sup>2</sup> Nach diesem Verständnis steht eine Alternative nicht nur in Konkurrenz zu solchen Alternativen, die das gleiche Problem zu lösen versuchen, dabei das Zielsystem ggf. auf eine andere Weise erfüllen. Sie steht auch in Konkurrenz mit einer völlig anderen „Mittelverwendung“. Zum Beispiel könnten zwei Alternativen, die den Schutz vor Angriffen aus dem Ausland verbessern, lauten: „Beschaffung einer bestimmten Anzahl zusätzlicher Fluggeräte zur Luftverteidigung“ und „Aufbau einer Einheit zur Bekämpfung ausländischer Cyberangriffe“. Nicht zu Unrecht müssten sich beide Alternativen auch gegen Alternativen, die eher Probleme des Gesundheitsschutzes angehen, wie der „Aufbau einer bestimmten Anzahl von intensivmedizinischen Behandlungseinheiten im ländlichen Raum“ durchsetzen und umgekehrt.

### **c) Weitere Anforderungen der öffentlichen Hand an Entscheidungsrechnungen**

*Entscheiden in Gremien.* Nachfolgend soll betrachtet werden, wie das Zielsystem der öffentlichen Hand zustande kommt, weniger welche Ziele oder Zielarten besonders zu erwarten sind. Die Entscheidungen der öffentlichen Hand betreffen unterschiedlichste Personen. Das ist für sich genommen noch keine Besonderheit, denn letztlich werden bei den meisten Entscheidungen von Betrieben unterschiedliche Personen betroffen sein. Es unterscheidet sich allerdings die Verbindlichkeit der Gruppenzugehörigkeit. Für

---

<sup>1</sup> So geht Strebel davon aus, dass öffentliche Betriebe (im Vergleich zu privaten Unternehmen) Sachziele höher gewichten als Formalziele, vgl. Strebel [öffentliche Betriebe] 69, ähnlich auch Witte/Hauschildt [Interessenkonflikt] 68.

<sup>2</sup> Dies hat auch das sogenannte Angemessenheitsprinzip zum Inhalt, vgl. Strebel [öffentliche Betriebe] 69.

die öffentliche Hand – vor allem für Gebietskörperschaften – gilt meist eine Zwangsmitgliedschaft, für private Betriebe eher nicht. Dies erfordert ein besonderes Maß der Mitbestimmung an Entscheidungen der öffentlichen Hand und findet ihren Ausdruck in der demokratischen Wahl von Vertretern. Die Interessen des Einzelnen werden also durch die gewählten Vertreter berücksichtigt und die Zusammensetzung aller Vertreter spiegelt die Interessenlage der Öffentlichkeit wider, zumindest sollte sie das. Entscheidungen der öffentlichen Hand müssten folgerichtig jeweils aus Gremien – verstanden als eine Zusammensetzung mehrerer Personen – entstehen. Nur so lassen sich die unterschiedlichen Interessen der Öffentlichkeit berücksichtigen. Individualentscheidungen lassen sich für private Unternehmen, vor allen Dingen dann, wenn sie eigentümergeführt sind,<sup>1</sup> ebenso wie für private Haushalte nicht ausschließen. Für alle anderen Betriebe und auch für die öffentliche Hand ist hingegen davon auszugehen, dass wichtige Entscheidungen – also vor allem auch solche über Investitionen – in Gremien getroffen werden.<sup>2</sup> Die unterschiedlichen Interessen der Gremienmitglieder in entscheidungsorientierten Rechnungen zu berücksichtigen, geht mit allerlei Problemen einher und reicht so weit, dass die gerechte Aggregation individueller Präferenzen als unmöglich angesehen wird.<sup>3</sup>

Viele Gruppenentscheidungsprobleme lassen sich vorab durch den Ausschluss dominierter Alternativen reduzieren. Mit ein wenig Glück kann für die Bewertung der übrigen Alternativen eine Schnittmenge der individuellen Präferenzen gefunden werden, die von allen Mitgliedern akzeptiert wird und mit der analog zu Individualentscheidung vorgegangen werden kann. Lassen die unterschiedlichen individuellen Präferenzen das nicht zu, muss ein möglichst gerechter Aggregationsmechanismus für eine gemeinsame Präferenz gefunden werden.<sup>4</sup> Diese Aggregation ist gemäß des Unmöglichkeitstheorem nach Arrow für individuelle Präferenzen bei Entscheidungen über mehr als zwei Alternativen und mit mehr als drei Personen nur in Aus-

---

<sup>1</sup> Vgl. Kuch [Jungunternehmer] 14 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Müller [Investitionscontrolling] 259 und 93.

<sup>3</sup> Vgl. auch im Weiteren Obermaier/Saliger [Entscheidungstheorie] 215 ff., zu weiteren Literaturverweisen vgl. Bamberg/Coenenberg/Krapp [Entscheidungslehre] 216.

<sup>4</sup> Vgl. Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 387.

nahmefällen möglich.<sup>1</sup> Allerdings zeigen weiterführende Untersuchungen von Black,<sup>2</sup> dass Mehrheitsentscheide unter wenig restriktiven Voraussetzungen am ehesten zu einer gerechten Aggregation führen.<sup>3</sup>

Nach dem Muster der deutschen repräsentativen Demokratie, wählen die Individuen – verstanden als Bürger – der Gruppe nicht aus einzelnen Alternativen. Hätte die Abstimmung über konkrete Alternativen System, wäre von direkter Demokratie zu sprechen, ansonsten eher von Volksabstimmung.<sup>4</sup> Vielmehr werden Zielsysteme bzw. Vertreter mit bestimmten Zielsystemen gewählt. Ohne nun den teils komplizierten Prozess von Wahlergebnissen bis zum Zustandekommen einer Regierung nachzuverfolgen, ist hier wichtig, dass Wahlen über alle gebietskörperschaftlichen Ebenen in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden. Jede Wahl bringt die Gelegenheit zur Änderung des Zielsystems der öffentlichen Hand mit sich. Eine konsequente entscheidungsorientierte Ausrichtung würde dann erfordern, dass laufende Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen erneut durchgeführt werden. Das Zielsystem der öffentlichen Hand ist so gesehen stets zeitlich befristet. D. h. nicht, dass nicht auch längerfristige Ziele als von der einen zur anderen Wahl von der öffentlichen Hand berücksichtigt werden müssen. Vielmehr verändern sich die Ziele weniger kontinuierlich über die Zeit als eher sprunghaft.

Ein für Gremienentscheidungen günstiger Mechanismus würde die „unmögliche“ Gesamtentscheidung in mehrere Teilentscheidungen, am besten jeweils nur über zwei Alternativen zerlegen. Zum demokratischen Prinzip der Mehrheitsentscheidung passend, wäre zu empfehlen, die einzelnen Teilentscheidungen als einfache Mehrheitsentscheidungen zu gestalten.

*Eine zeitlich differenzierte Betrachtung.* Dass für die öffentliche Hand bei vielen Entscheidungen eine eher lange Frist anzulegen ist, lässt sich schon aus der Kritik an der weniger langfristig ausgerichteten Politik ihrer Vertreter

---

<sup>1</sup> Vgl. Arrow [Social].

<sup>2</sup> Vgl. zur Originalliteratur Bamberg/Coenenberg/Krapp [Entscheidungslehre] 219.

<sup>3</sup> Vgl. Obermaier/Saliger [Entscheidungstheorie] 232, Bamberg/Coenenberg/Krapp [Entscheidungslehre] 220 ff., Müller [Investitionscontrolling] 283 f.

<sup>4</sup> Vgl. Moeckli [Demokratie] 21 ff.

ablesen.<sup>1</sup> Einem, dem System zeitlich befristeter Ziele immanenten Problem, lässt sich dabei nicht begegnen. Die regelmäßige Anpassung des Zielsystems der öffentlichen Hand erfordert tendenziell kürzere Wahlperioden. Geht man davon aus, dass Zielwirkungen, die über die Grenzen der eigenen Wahlperiode hinausgehen, von den Vertretern der öffentlichen Hand tendenziell weniger Beachtung finden, führt eine Verkürzung der Wahlperiode grundsätzlich zu einer kurzfristigeren Ausrichtung der öffentlichen Hand bei deren Entscheidungen. Allerdings umfasst eine Wahlperiode regelmäßig mehrere Jahre. Die Wirkungen von Entscheidungen müssen nicht erst über eine Wahlperiode hinausragen, um allgemein als mehrperiodige Entscheidungsprobleme angesehen werden zu können.

Wenngleich die Ausdehnung des Planungshorizonts von Entscheidungsträgern nicht immer als langfristig, in der Regel aber als mehrere Perioden (z. B. Jahre) umfassend akzeptiert werden kann, ist bei der Wirkung öffentlicher Investitionen häufig mit einer relevanten zeitlichen Ausdehnung zu rechnen.<sup>2</sup> Die verwendete Methodik bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen muss daher von mehrperiodigen (oder dynamischen) Problemen ausgehen und entsprechend ausgestaltet werden. Demgegenüber sollte eine Änderung der Ziele, insbesondere nach Wahlen, möglich und einfach umsetzbar sein.

*Angemessenheit.* Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen müssen angemessen sein (§ 6 Abs. 2 HGrG). Einhellig geht die juristische Literatur davon aus, dass demnach die Kosten einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung im Angesicht des zu erwartenden Nutzens – der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung – verhältnismäßig sein müssen.<sup>3</sup> Die Arbeitsanleitung des Bundesministeri-

---

<sup>1</sup> Vgl. von Arnim [Rechtsprinzip] 115 f., der seine Kritik auf die Durchsetzung des Wirtschaftlichkeitsgrundsatzes für die öffentliche Hand bezieht. So gesehen mischen sich daher zwei Effekte: Die Vertreter der öffentlichen Hand haben kein Interesse an Rationalität, wenn unterstellt wird, dass diese die Handlungsspielräume einschränken und so die Arbeit erschweren. Hinzu tritt die eher kurzfristige Ausrichtung von der einen Wahlperiode zur nächsten.

<sup>2</sup> Vgl. z. B. Neumann-Szyszka/Pfahler [Investitionsprozesse] 106 f.

<sup>3</sup> Vgl. Gröpl [Wirtschaftlichkeit] § 7 BHO Rn. 31.

ums der Finanzen fasst dies als „*Wirtschaftlichkeit der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung*“ zusammen.<sup>1</sup>

Rechtlich entspricht die Angemessenheit der Verhältnismäßigkeit im engeren Sinn.<sup>2</sup> Wenn für die konkrete Wirtschaftlichkeitsuntersuchung nur die Angemessenheit zu überprüfen ist, dann wird für die Verhältnismäßigkeit im weiteren Sinn vorausgesetzt, dass Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen legitim, geeignet und erforderlich sind.<sup>3</sup> Offenkundig ist das Ziel, die „Wirtschaftlichkeit“ der öffentlichen Hand durch bessere Entscheidungsgrundlagen zu fördern, legitim. Geeignet und erforderlich sind Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen dann, wenn die dahinterstehenden Methoden nicht unterschieden werden, die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung also eine ganze Klasse von Methoden anspricht. Die konkrete Gestaltung der Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen und deren Passung zum realen Problem wird dann erst im Rahmen der Angemessenheit überprüft.

Dass Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen unterschiedliche Gestalt annehmen können, zeigt allein die Vielzahl von Leitfäden und Arbeitsanleitungen. Zwei Grenzfälle unverhältnismäßiger Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen sind vorstellbar: Die verwendete Methodik setzt Bedingungen voraus, die in der realen Situation nicht erfüllt sind und es existieren (ggf. aufwendigere) Methoden, die zur Entscheidungssituation besser passen und zu einer besseren Entscheidung führen. Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung wäre also nicht geeignet. Oder die verwendete Methodik kann zwar auch das reale Problem erfassen, ist aber sehr kompliziert und aufwendig und andere Methoden wären ebenfalls problemadäquat, dabei aber gleichzeitig leichter zu handhaben. Die Methode wäre also nicht erforderlich. Die Prüfung der Angemessenheit würde dann eine Methodik der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung voraussetzen, die geeignet und erforderlich ist. Sie reduziert sich damit auf die konkrete Ausgestaltung im Einzelfall, z. B. auf den Prognoseaufwand oder den Umfang der zu erhebenden Daten.

---

<sup>1</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 3.

<sup>2</sup> Vgl. Weber/Werner [Verhältnismäßigkeitsgrundsatz].

<sup>3</sup> Vgl. zur Verhältnismäßigkeit auch im Weiteren Haug [Überblick] Rn. 329 ff.

Vom juristischen Prüfungsschema ausgehend, sollten statt angemessener Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen besser verhältnismäßige Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen gefordert werden. Das Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen legal sind, steht außer Frage, die Prüfung beschränkt sich dann auf die Attribute geeignet und erforderlich (und auch dem Einzelfall angemessen). Nachfolgend soll ebendieser Maßstab an angemessene Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen angelegt werden.

*Nachvollziehbarkeit.* Entscheidungen auf Basis von Wirtschaftlichkeitsuntersuchung müssen gemäß Nummer IX. der Arbeitsanleitung „Einführung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen“ nachvollziehbar dokumentiert werden.<sup>1</sup> Die Nachvollziehbarkeit – über das Maß der einfachen Dokumentation hinaus – soll als Teilaspekt der Angemessenheit angesehen werden. So soll Transparenz geschaffen werden. Die Dokumentation ist auch für rechtlich notwendige Begründungen zu verwenden, z. B. nennt die Arbeitsanleitung hier die Begründung im Haushaltsaufstellungsverfahren.

In gewisser Weise handelt es sich hier um einen Sonderfall, dessen Betrachtung lohnt und wichtige Folgen für die Gestaltung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchung hat. Zunächst ist festzuhalten, dass sich Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im Raum des öffentlichen Rechts befinden. Obwohl sich die Rechtswissenschaft sehr stark auf Entscheidungen richtet, ist ihr der Umgang mit formalen Sprachen, wie der mathematischen Abbildung, wenig geläufig. So werden, wenn sie überhaupt erstellt werden, typische Dokumentationen in natürlicher Sprache, also ausschließlich verbal, beschrieben. Das bringt den Nachteil mit sich, dass besonders die Aggregation verschiedener Entscheidungsbestandteile kaum nachzuvollziehen ist. D. h. es kann nur gezeigt werden, welche Vor- und Nachteile eine Entscheidung beeinflusst haben. Nur mit großer Mühe und in sehr grober Art und Weise lässt sich darstellen, in welchem Umfang diese berücksichtigt und gegeneinander abgewogen wurden.<sup>2</sup> Wenn auch nicht ganz unstrittig, bietet eine formal-mathematische Abbildung hier große Vorteile.

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 8.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Hofmann [Sprachen] 311.

Aber die Kritik deutet bereits Grenzen der mathematischen Abbildung an: So wird als Argument angeführt, dass logische Symbolsprachen – wie sie die mathematische Abbildung darstellt – undurchschaubar sind, da sie nicht unmittelbar Zugriff auf das Gemeinte des Entscheidungsträgers zulassen.<sup>1</sup> Dass dies dort, wo die juristische Vorgehensweise besonders erfolgreich ist – so zum Beispiel bei juristischen Prüfschemata – auch nur eingeschränkt möglich ist, wird dann verkannt. Wichtig hervorzuheben ist aber, dass ein gewisses Maß an Nachvollziehbarkeit gewahrt werden muss. Formal-mathematische Abbildung und entsprechende Lösungsansätze sollten Rückschlüsse auf die Lösungsfindung zulassen und bestenfalls ermöglichen, auch Zwischenschritte sinnvoll zu interpretieren. Wo also die Wahl zwischen zwei angemessenen Verfahren besteht, sollte dasjenige bevorzugt werden, dessen Ergebnisse leichter interpretiert und bestenfalls schrittweise nachvollzogen werden können.

### **3. Die finanzwirksame Maßnahme als Bewertungsobjekt von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

#### **a) Zum Begriff der finanzwirksamen Maßnahme**

Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen sind gemäß §6 Abs. 2 HGrG bei finanzwirksamen Maßnahmen durchzuführen. Nach den vorangegangenen Überlegungen ist dieser Ausgangspunkt für Entscheidungen der öffentlichen Hand nicht ganz passend, sind doch auch Entscheidungen über Alternativen vorstellbar, die – für die öffentliche Hand – nicht direkt finanziell wirksam werden. Diese Entscheidungen sind nicht Inhalt von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen.<sup>2</sup> Das lässt sich damit erklären, dass durch solche Entscheidungen die Handlungsmöglichkeiten durch finanzielle Restriktionen nicht betroffen sind. Dazu passt, dass die Arbeitsanleitung des Bundesministeriums der Finanzen die Bedeutung der finanziellen Perspektive und damit der finanziellen Ziele betont.<sup>3</sup> Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen haben also insbesondere die finanziellen Restriktionen zu berücksichtigen.

---

<sup>1</sup> Vgl. Hofmann [Sprachen] 310.

<sup>2</sup> Vgl. Mühlkamp [Sektor] 24.

<sup>3</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 20 f.

Das Gesetz definiert die finanzwirksame Maßnahme nicht. Eine erste (indirekte) Konkretisierung zeigt sich in Nr. 1 VV zu § 7 BHO. Demnach sind finanzwirksame Maßnahmen „... alle ... Maßnahmen des Bundes, die die Einnahmen und Ausgaben des Bundeshaushaltes unmittelbar oder mittelbar beeinflussen ...“. Einschlägig ist die Begriffsdefinition des Präsidenten des Bundesrechnungshofes, der inhaltlich in zwei Aspekten weitergeht.<sup>1</sup> Er setzt voraus, dass mit der finanzwirksamen Maßnahme vorab definierte Ziele verfolgt werden. Das schließt die Vorgabe finanzieller Ziele als Extremierungsziele nicht aus. Sachliche oder soziale Ziele passen aber besser. Des Weiteren konkretisiert er finanzwirksame Maßnahmen als „Maßnahmen, die Ausgaben erhöhen, neue Ausgaben begründen oder Einnahmeminderungen sowie zukünftige Einnahmen ... mit sich bringen. Sie können auch Auswirkungen bei Privaten umfassen.“ Der letzte Satz spricht mittelbare Einnahmen und Ausgaben des Bundes an. Z. B. können durch höhere Einkommen auch die Steuereinnahmen steigen. Insgesamt sind solche Maßnahmen bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen unbeachtlich, die entweder finanziell nicht wirksam sind oder zumindest nicht bei der einzelnen Gebietskörperschaft (hier dem Bund). Diese Auffassung fügt sich nahtlos in obiges grobes Zielverständnis der öffentlichen Hand ein.

Ein interessantes Indiz für die Einordnung als Maßnahme mit finanzieller Bedeutung machen Vorgaben aus Baden-Württemberg und Sachsen: Von einer finanzwirksamen Maßnahme auszugehen ist gemäß Nr. 3.5.2 VV zu § 7 LHO BW bei einem Gesamtmittelbedarf ab 200.000 Euro, gemäß lit. A Nr. 8 VV zu § 7 SäHO bei einmaligen Mittelbedarf ab 500.000 Euro bzw. bei einem laufenden Mittelbedarf von jährlich 250.000 Euro. Dies deutet bereits auf einen wichtigen Aspekt der finanzwirksamen Maßnahme. Implizit wird wohl davon ausgegangen, dass mit der finanzwirksamen Maßnahme nur Ausgaben einhergehen.

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren der Präsident des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] 14.

## **b) Die finanzwirksame Maßnahme als öffentliche Investition**

Nachfolgend soll ein eingängiger Begriff für finanzwirksame Maßnahmen festgelegt werden. Offensichtlich ist die Berücksichtigung finanzieller Aspekte. In der Betriebswirtschaftslehre bezeichnet der Begriff der „Investition ... jede Umwandlung von Geld in andere Wirtschaftsgüter“.<sup>1</sup> Dieser ist zwar allgemein gefasst, aber aus entscheidungsorientierter Sicht sind andere Abgrenzungsversuche für Investitionen in der Regel überflüssig. Nichtsdestotrotz haben Investitionen zwei Merkmale, um in Form einer expliziten Rechnung Bedeutung zu erlangen: Eine verhältnismäßig hohe und langfristige Kapitalbindung.<sup>2</sup> Von diesen Eigenschaften wird ebenfalls bei finanzwirksamen Maßnahmen (als Objekt von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen) ausgegangen.<sup>3</sup> Wenn die öffentliche Hand finanzwirksame Maßnahmen durchführt, dann liegt es nicht ganz fern, synonym von öffentlichen Investitionen zu sprechen.

Dass der Investitionsbegriff besonders passend ist,<sup>4</sup> zeigt auch die Kritik an der Einschränkung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen auf finanzwirksame Maßnahmen.<sup>5</sup> Es sind Projekte vorstellbar, die zwar keine finanziellen Zielwirkungen, aber andere soziale oder sachliche Zielwirkungen (z. B. Arbeitsschutzvorschriften) erwarten lassen. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen dürfen nicht als Mittel zur Beurteilung jeglichen öffentlichen Handelns betrachtet werden, genauso wenig, wie alle betrieblichen Entscheidungen Investitionsentscheidungen sind.

Auf Basis der bisherigen Überlegungen werden nun vier Merkmale öffentlicher Investitionen festgelegt, um die spätere Methodenwahl eingrenzen zu können. An geeigneter Stelle werden diese erneut aufgegriffen und vertieft beleuchtet:

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Troßmann [Investition] 4.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 8.

<sup>3</sup> Vgl. Präsident des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] 76.

<sup>4</sup> Vgl. in diese Richtung auch Neumann-Szyszka/Pfahler [Investitionsprozesse] 102 mit dem Verweis auf den Präsident(en) des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] 14.

<sup>5</sup> Vgl. Mühlkamp [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] 192.

- (1) Die einzelne Investition ist abgrenzbar. Die Menge der Investitionsalternativen ist also abzählbar oder zumindest adäquat aus einzelnen Projekten abbildbar.
- (2) Die zeitliche Ausdehnung der Zielerträge überschreitet einen vernachlässigbaren Zeitraum. Zumindest für einige öffentliche Investitionen ist mit äußerst langfristigen Zielerträgen zu rechnen.
- (3) Negative Zielerträge (Kosten) fallen in der Regel als Auszahlungen bzw. als Ausgaben an.
- (4) Positive Zielerträge (Nutzen) fallen überwiegend nicht in einer finanziellen Dimension an, sind nur sehr bedingt finanziell messbar und in der Regel nicht zahlungswirksam.

Um eine eigenständige Rechnung zu rechtfertigen, mit anderen Worten „finanzwirksam“ zu sein, muss die öffentliche Investition (5) mit einer erheblichen Veränderung des verfügbaren Finanzbudgets einhergehen. Das Postulat der Punkte (3) und (4) gibt vielmehr eine Tendenz wieder. Entgegengesetzte Wirkungen sind anzunehmen und müssen entsprechend berücksichtigt werden.



## **C. Einordnung der Vorgaben von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in das betriebswirtschaftliche Instrumentarium**

### **I. Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung als Prozess**

#### **1. Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung im weiteren Sinne als Planungsprozess**

##### **a) Zur entscheidungsorientierten Struktur des Planungsprozesses**

Die Gesamtheit der Arbeitsschritte einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung im weiteren Sinn kann auch als Planungsprozess aufgefasst werden. In der Betriebswirtschaftslehre hat sich für den Planungsprozess ein entscheidungslogischer Ablauf etabliert, dessen Reihenfolge maßgeblich von Wild geprägt wurde.<sup>1</sup> Vor dem Vergleich der einzelnen Arbeitsschritte der Arbeitsanleitung mit den Phasen des betriebswirtschaftlichen Planungsprozesses, soll kurz auf den idealtypischen Phasenaufbau nach Wild, wie ihn Abb. C-1 darstellt, eingegangen werden.

Im Planungs- und Kontrollprozess bildet die Phase der Durchsetzung den Übergang zwischen Planung und Kontrolle.<sup>2</sup> In dieser Arbeit steht ein entscheidungsorientierter Ansatz im Vordergrund, weshalb nur der Planungsprozess betrachtet werden soll. Die Phase der Durchsetzung wird nur am Rande behandelt und alle folgenden Phasen bleiben unberücksichtigt. Der Planungsprozess kann in sechs Phasen gegliedert werden: Die Zielbildung, die Problemfeststellung- und -strukturierung, die Alternativensuche, die Prognose, die Bewertung und die Entscheidung. Die Phasenabfolge ist logisch zwingend sukzessive. Alle Phasen stehen aber durch Rück- und Vorkopplungen untereinander in Beziehung.<sup>3</sup> Wenn in späteren Phasen – was eher die Regel als die Ausnahme ist – Fehler oder Lücken vorangegangener Phasen identifiziert werden, sind die betroffenen vorangehenden Phasen erneut zu durchlaufen. Beispielsweise fällt bei der Bewertung verschiedener Alternativen auf, dass relevante Merkmale mit den vorab festgelegten

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Controlling] 77, Wild [Planung] 32 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Controlling] 73.

<sup>3</sup> Vgl. Wild [Planung] 36 ff.

Kriterien – abgeleitet aus den Zielen – nicht berücksichtigt werden können.<sup>1</sup> Dann müssen aus den relevanten Merkmalen Ziele abgeleitet und in Kennzahlen operationalisiert werden. Daraufhin sind die vorangegangenen Phasen der Problemfeststellung- und -strukturierung, bedarfsweise auch eine angepasste Alternativensuche und Prognose, zu durchlaufen, bevor eine erneute Bewertung angestrengt werden kann.

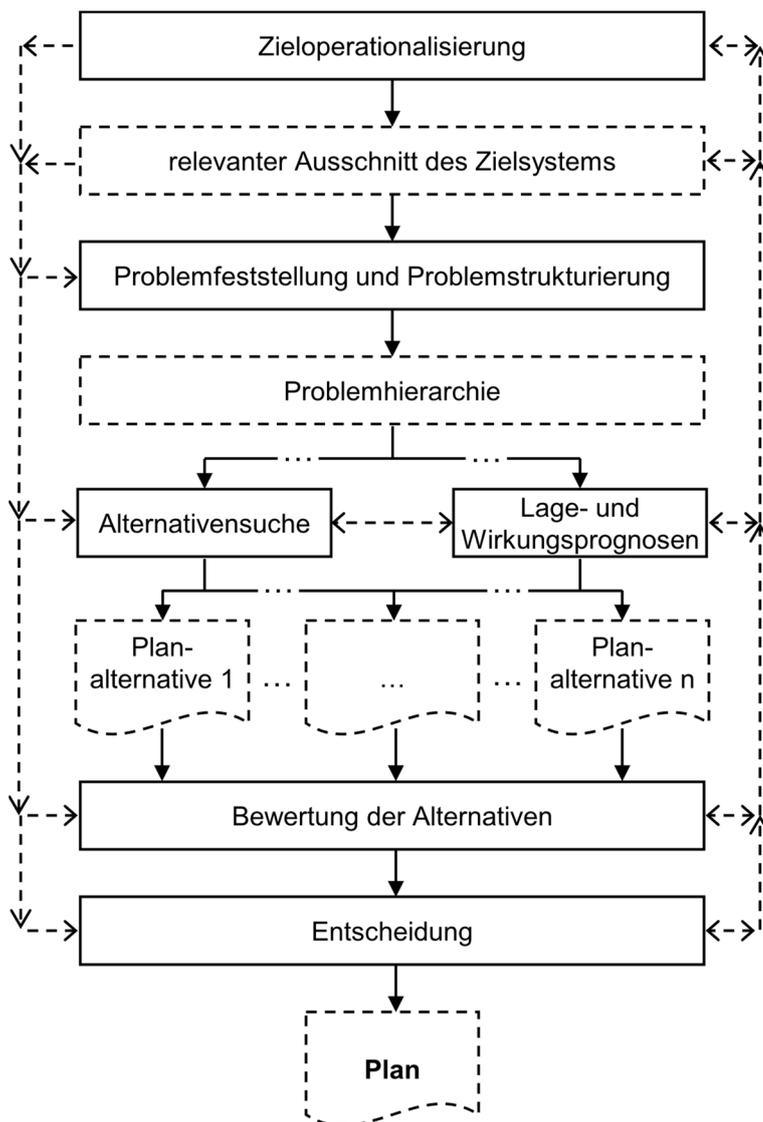


Abb. C-1: Struktur des Planungsprozess – abgeändert (vgl. Troßmann [Controlling] 78, Schweitzer/Schweitzer [Planung] 330, Wild [Planung] 37)

<sup>1</sup> Vgl. für den Fall von nicht als Ziel formulierten Kriterien in der Bewertungsphase Troßmann [Controlling] 78.

## **b) Kritische Analyse des Planungsprozesses in der Arbeitsanleitung des Bundesministeriums der Finanzen**

Die Arbeitsanleitung beginnt mit der Feststellung bzw. der Prognose des Ist-Zustands, welche im Planungsprozess nach Wild innerhalb der Phase der Problemfeststellung vorgesehen ist. Bei der Problemfeststellung wird überprüft, ob ein Soll-Zustand von einem Ist-Zustand abweicht (Lageanalyse),<sup>1</sup> bzw. ob ein (zukünftiger) Soll-Zustand von einem (zukünftigen) Wird-Zustand (Lageprognose) abweicht – wenn also keine Maßnahmen zur Zielerreichung ergriffen werden.<sup>2</sup> Dazu müsste zunächst feststehen, für welche Ziele dieser Vergleich anzustellen ist, also die Phase der Zielbildung durchlaufen worden sein, weshalb Rückkopplungen nötig werden.

In der Arbeitsanleitung wird die finanzwirksame Maßnahme als bekannt vorausgesetzt, um aus ihr Ziele abzuleiten, für die dann der Ist-Zustand zu erfassen ist. Im betrieblichen Alltag beginnt ein Planungsprozess typischerweise nicht mit der Zieldefinition, sondern wird vielmehr durch ein unkonkretes und wenig strukturiertes Problem initiiert. Das betroffene Ziel ist oftmals nur implizit bekannt, das zugrunde liegende Zielsystem ist noch nicht ausgearbeitet, mindestens noch nicht operationalisiert. Dies geschieht regelmäßig durch Rückkopplung zur ersten Phase der Zielbildung, die im nächsten Schritt zu Problemstrukturierung beiträgt.<sup>3</sup> Bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen ist bemerkenswert, dass die Arbeitsanleitung nicht nur von einem Problem ausgeht, sondern eine finanzwirksame Maßnahme voraussetzt.<sup>4</sup> Ausgehend vom entscheidungslogischen Ablauf im Planungsprozess nach Wild, wären vernünftige Ergebnisse nur zu erwarten, wenn in einem ersten Rückkopplungsschritt festgestellt wird, welche Probleme durch die finanzwirksame Maßnahme gelöst werden. Diese Ergebnisse wären erste Indizien für die relevanten Ziele und Ausgangspunkt für die Zielbildung in einem zweiten Rückkopplungsschritt. Möglicherweise ließe sich der Ablauf durch eine direkte Rückkopplung zur Zielbildung beschleunigen.

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Controlling] 79.

<sup>2</sup> Vgl. Schweitzer/Schweitzer [Planung] 345.

<sup>3</sup> Vgl. Troßmann [Controlling] 79.

<sup>4</sup> Vgl. von Arnim [Rechtssprinzip] 92.

Im zweiten Schritt nennt die Arbeitsanleitung die Zielbildung. Neben der kritisierbaren Reihenfolge, soll hier auf die „Vorbereitung von Bewertungsvereinfachungen“ eingegangen werden. Sie fordert Zielkonflikte zu vermeiden, da diese zu Bewertungsproblemen führen. Das kann aber nur bei Konflikten mit wenig bedeutsamen Zielen entscheidungslogisch akzeptiert werden. Es entspricht dem Kern von Entscheidungsrechnungen, dem Entscheidungsträger dabei zu helfen, den Vorteil bei der Erfüllung des einen Ziels mit Nachteilen der Nichterfüllung bei anderen Zielen abzuwägen. Der zweite Vereinfachungsaspekt scheint sinnvoller: Werden nicht monetär messbare Ziele als unabdingbare Ziele formuliert, schränken sie den zulässigen Bereich für mögliche Lösungen ein. Monetär messbare Ziele finden dann als Skalenziele Verwendung,<sup>1</sup> d. h. die eigentliche Entscheidungsregel, nach der Aussonderung nicht zulässiger Alternativen, beschränkt sich auf ein Ziel bzw. eine Messskala. So kann die Entscheidung beispielsweise auf das Kapitalwertkriterium reduziert werden. Die Arbeitsanleitung missachtet, dass auch dieses Vorgehen entscheidungslogisch mindestens ungenau ist. Mit hin lassen sich auch Beträge in Geldeinheiten nicht immer sinnvoll verrechnen, denn das Kapitalwertkriterium setzt Ein- und Auszahlungen voraus.<sup>2</sup>

Die Phase der Alternativensuche kann in der Arbeitsanleitung nicht anders verstanden werden als die Suche nach Alternativen zur finanzwirksamen Maßnahme. Im entscheidungslogischen Ablauf des Planungsprozesses nach Wild, wären bei der Alternativensuche wiederkehrende Rückkopplungen zur Zieloperationalisierung und Problemfeststellung zu erwarten. Neuartige Alternativen berühren oftmals Ziele, die bis dahin noch nicht berücksichtigt wurden und für die die Zielbildungsphase, die Problemfeststellung und Strukturierung sowie die Prognose der neuartigen Zielwirkungen abermals durchlaufen werden müssen.<sup>3</sup> Dieser Effekt wird im Falle von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen besonders ausgeprägt sein, denn schließlich wird hier anfangs von einer Alternative ausgegangen, anhand derer der gesamte Planungsprozess entwickelt wird.

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 23.

<sup>2</sup> Vgl. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 44, vgl. für eine zumindest begrifflich weniger strenge Auslegung Troßmann [Investition] 30 f.

<sup>3</sup> Vgl. Troßmann [Controlling] 81 f.

Ein Blick in den Kontrollprozess der Arbeitsanleitung lohnt sich, auch wenn dieser hier unbeachtlich bleiben sollte. Bei der Erfolgskontrolle sind Kennzahlen zur Zieloperationalisierung einzusetzen. Der Einsatz von Kennzahlen als Instrument der sachlichen Führung innerhalb des Planungsprozesses zu Kontrollzwecken ist passend.<sup>1</sup> Es erstaunt vielmehr, dass die Arbeitsanleitung bis zur Phase der Entscheidung ohne diese Kennzahlenfunktion auskam. Zu Recht muss die Frage gestellt werden, wie die Alternativen auf ihren Zielerreichungsgrad hin bewertet werden, wenn die Ziele bisher noch nicht (durch Kennzahlen) operationalisiert wurden. Dies ist zweifelsfrei dem Arbeitsschritt Zieldefinition (oder im Planungsprozess der Zielbildung) zuzuordnen und müsste demnach früher durchgeführt, bzw. der Planungsprozess dann erneut von Beginn an durchlaufen werden. Demgegenüber gehen die Ausführungen zur Bewertung von Förderprogrammen auch in diese Richtung. Hierbei sind die – in diesem Fall offenbar häufig nicht monetär messbaren – Ziele vorab durch Kennzahlen zu operationalisieren.<sup>2</sup>

Zusammenfassend ist festzustellen, dass als Ausgangspunkt des Planungsprozesses die finanzwirksame Maßnahme zu wählen, aus planerischer Sicht unpassend bis ungeeignet ist. Entweder man interpretiert sie nicht als eine konkrete Alternative, sondern vielmehr als Anlass für den Beginn eines Planungsprozesses. Oder aber die finanzwirksame Maßnahme ist noch wenig differenziert und stellt eher grob dar, wie ein subjektives Problem gelöst werden könnte. Das wiederum gibt den Anlass einen Planungsprozess zu starten. Voraussichtlich lässt sich dies in der Praxis ebenso beobachten, wie die Initiierung eines Planungsprozesses, nachdem ein Problem festgestellt wurde. Um eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung dennoch entscheidungslogisch aufzubauen, müssen Rückkopplungen zur Problemfeststellung und Zielbildung durchgeführt werden. Die folgende Abb. C-2 soll dies verdeutlichen.

---

<sup>1</sup> Vgl. zur Kennzahlenfunktion als Instrument der sachlichen Führung zur Zieloperationalisierung Troßmann [Controlling] 131.

<sup>2</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 21.

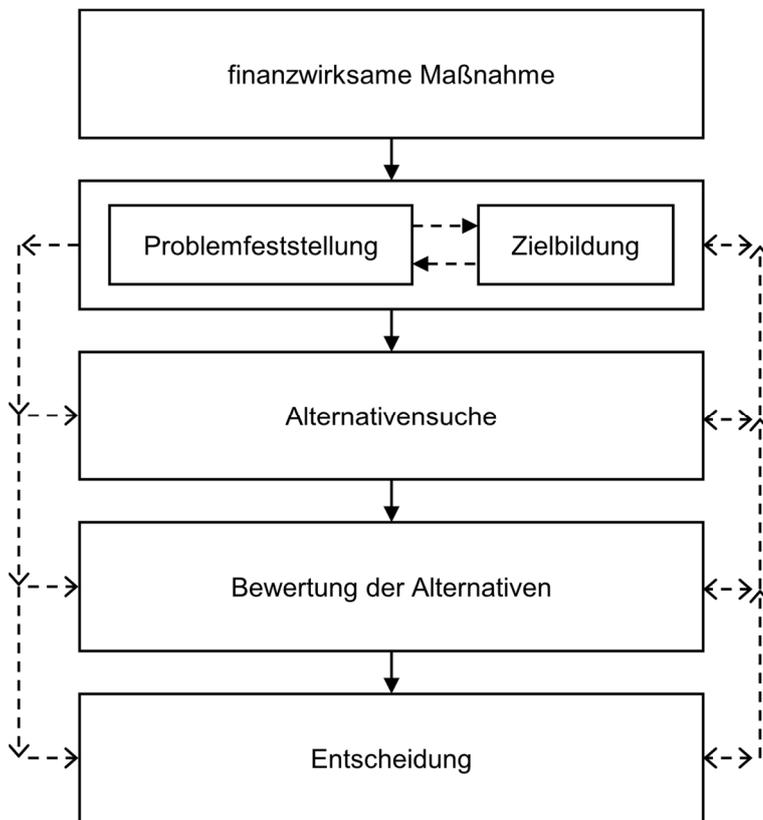


Abb. C-2: Entscheidungslogischer Ablauf der Arbeitsschritte einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen spielen sich im Feld des öffentlichen Rechts ab und daher ist davon auszugehen, dass die damit betrauten Personen diese erst dann anstoßen, wenn die rechtlichen Voraussetzungen es erfordern. Wie sich zeigt, ist der rechtliche Ausgangspunkt für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen mit der finanzwirksamen Maßnahme so gewählt, dass der Planungsprozess erst mitten im entscheidungsorientierten Ablauf angestoßen wird. Der eingangs aufgezeigte Mangel an Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen aufgrund fehlender Alternativen,<sup>1</sup> könnte darauf zurückzuführen sein, dass im ersten Moment keine Alternative zur konkreten finanzwirksamen Maßnahme denkbar erscheint. Dem ließe sich nur durch eine Änderung der Gesetzesgrundlage oder besser noch, einer konsequent auf Entscheidungen ausgerichteten Kommunikation der Regeln in der Arbeits-

<sup>1</sup> Vgl. Präsident des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] 79 und Präsident des Bundesrechnungshofes [Erfolgskontrolle] 25 f.

anleitung begegnen. Die Rückkopplung zur Zielbildung und Problemfeststellung sowie die (erneute) Alternativensuche ist insgesamt unumgänglich. Im Weiteren soll die Methodik von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen betrachtet werden, die als Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im engeren Sinn definiert wird und die der Bewertungsphase innerhalb des Planungsprozesses zuzuordnen ist. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass also die vorangehenden Phasen durchlaufen wurden. Damit wird ein Zielsystem vorausgesetzt, ebenso wie ein abgesteckter Alternativenraum. Oftmals wird bei der Bewertung der Alternativen offensichtlich, dass wichtige Zielwirkungen der Alternativen bisher unberücksichtigt geblieben sind. Die dann nötigen Rückkopplungsschritte bleiben hier unbeachtet. Vielmehr ist zu untersuchen, ob die vorgesehenen Methoden geeignet sind, den Ansprüchen von Entscheidungen der öffentlichen Hand gerecht zu werden, wie sie bedarfsweise zu modifizieren bzw. auszugestalten sind und wie sich verschiedene methodische Ansätze kombinieren oder integrieren lassen. Dazu sind die Methoden zunächst in bestehende Entscheidungsmodelle bzw. Modellierungstechniken einzuordnen.

## **2. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im engeren Sinne als Methoden in der Bewertungsphase**

### **a) Methodische Vielfalt von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

Die für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen vorgeschlagenen Methoden in den Verwaltungsvorschriften, Arbeitsanleitungen sowie in der Literatur nutzen teilweise verwechslungsträchtige Bezeichnungen. Die wichtigsten Methoden werden nachfolgend kurz gekennzeichnet und nach den beiden in der Arbeitsanleitung verwendeten Dimensionen für Methoden zur Wirtschaftlichkeitsuntersuchung eingeordnet: Monetäre oder nichtmonetäre Messung der Wirkung und einzel- oder gesamtwirtschaftliche Orientierung der Methode.

Die Kapitalwertanalyse ist die bekannteste Methode der Investitionsrechnung und ordnet sich damit eher der betriebswirtschaftlichen Wissenschaft zu. In der Struktur von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen lässt sie sich

dann als monetäres und einzelwirtschaftliches Verfahren einordnen. Die Nutzwertanalyse als Methode des Multiattribute Decision Making gilt im Gegensatz zur Kapitalwertmethode als nichtmonetäre Methode und kann sowohl als einzel- wie auch als gesamtwirtschaftliches Verfahren angesehen werden.

Die Kosten-Nutzen-Analyse ist eine der Volkswirtschaftslehre entstammende Bewertungsmethode, die auf dem Konzept der Kapitalwertmethode aufbaut. Die Wirkungen einer öffentlichen Investition werden monetär gemessen und durch Diskontieren vergleichbar gemacht. Auf einen entscheidungsorientierten Ansatz, wie bei der Kapitalwertmethode verzichtet die Kosten-Nutzen-Analyse; vielmehr stellt sie in ihrer Struktur eher auf den statistischen Ansatz einer volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung ab. Sie lässt sich als monetäre, aber gesamtgesellschaftliche Methode einordnen.

Art. 7 Abs. 2 BayHO nennt das Verfahren der Nutzen-Kosten-Analyse, wobei diese in Nr. 10 ff. VV zu Art. 7 BayHO als Oberbegriff insbesondere zwei Verfahren – weitere sind wohl vorstellbar, aber nicht benannt – anspricht: Die Kosten-Nutzen-Analyse und die Kostenwirksamkeitsanalyse. Der Begriff Nutzen-Kosten-Analyse entstammt (vermutlich) dem Wortlaut des § 6 Abs. 2 HGrG vor 1997, bevor dieser grundlegend geändert wurde.<sup>1</sup> Er fand sich auch in den übrigen Bundes- und Landeshaushaltsordnungen und diente als Oberbegriff für Methoden zur gesamtwirtschaftlichen Wirtschaftlichkeitsuntersuchung. Im Einzelnen sprach auch er die Kosten-Nutzen-Analyse und die Kostenwirksamkeitsanalyse an.<sup>2</sup> Auf die Kostenwirksamkeitsanalyse soll nachfolgend eingegangen werden.

Für die Kostenwirksamkeitsanalyse im weiteren Sinne hat sich in der Literatur die Vorstellung eines Preis-Leistungs-Modells<sup>3</sup> durchgesetzt. Eine vorgeschlagene Gestaltung misst die „Kosten“ einer Investition monetär, während alle weiteren positiven und negativen Konsequenzen in nicht monetä-

---

<sup>1</sup> Vgl. dazu § 6 Abs. 2 HGrG in der Fassung vom 19. August 1969 (BGBl. I S. 1273) und der Änderung am 22. Dezember 1997 (BGBl. I S. 3251).

<sup>2</sup> Vgl. Rau [Instrumente] 246.

<sup>3</sup> Vgl. zu diesem Begriff Bieg/Kußmaul/Waschbusch [Investition] 42, Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 175 mit dem Verweis auf die Erläuterungen des Bundesministeriums für Finanzen [Erläuterungen] 294.

ren Größen angegeben werden und setzt sie in ein Verhältnis. Die Methode macht dabei aus, dass die in unterschiedlichen Dimensionen vorliegenden Wirkungen der Investition dem Entscheidungsträger nicht aggregiert vorgelegt werden.<sup>1</sup> Dieser Auffassung folgt wohl auch die Verwaltungsvorschrift zur bayrischen Haushaltsordnung in Nr. 10.3 VV zu Art. 7 BayHO, ohne genauer zu regeln, wie die Ergebnisse präsentiert werden. Teilweise wird in der Literatur auch vorgeschlagen, die monetär messbaren Wirkungen mit der Kapitalwertmethode und die übrigen Wirkungen mit der Nutzwertanalyse zu aggregieren. Die Ergebnisse ließen sich dann in einem zweidimensionalen Diagramm darstellen und sollen so die Entscheidung unterstützen.<sup>2</sup> Ausgehend von diesem Ansatz findet sich auch der Vorschlag, einen Quotienten aus Nutzen und Kapitalwert zu bilden, was als Kostenwirksamkeitsanalyse im engeren Sinne bezeichnet wird. Ziel ist es, eine Rangfolge über verschiedene Projekte zu erhalten.<sup>3</sup> Dieser praktisch attraktive Ansatz ist kritisch zu sehen. Nicht nur das „Knapsackproblem“, sondern auch alle Probleme relativer Kennzahlen stehen diesem Vorgehen aus entscheidungslogischer Sicht entgegen. Insgesamt stellt die Kostenwirksamkeitsanalyse eine monetäre wie auch nichtmonetäre Methode dar. Als gesamtwirtschaftliche Methode wird sie dann aufgefasst, wenn der Quotient aus den monetären Nutzen und monetären Kosten einer Kosten-Nutzen-Analyse gebildet wird. Wie sich zeigt, stellt sie aber keine eigenständige Methode dar, sondern vielmehr eine uneinheitliche Verfahrenskombination, wobei sie vermeidet, die unterschiedlichen Zielwirkungen zu integrieren.

Zuletzt wird im Berliner „Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei Bauvorhaben“ die Kosten-Nutzen-Untersuchung erwähnt. Diese findet in der wissenschaftlichen Literatur weder begrifflich noch inhaltlich ein Pendant. Im Grunde stellt sie eine normierte Form der Verknüpfung der Ergebnisse einer Kapitalwertrechnung mit denen einer Nutzwertanalyse dar. Sie gibt dabei eine Rechenvorschrift für den in die Nutzwertanalyse eingehenden

---

<sup>1</sup> Vgl. Schneeweiß [Kostenwirksamkeitsanalysen] 13, Mühlenkamp [Sektor] 164 f.; hingegen sehen Blohm/Lüder/Schaefer ([Investition] 175) die Kostenwirksamkeitsanalyse als gesamtgesellschaftliche Nutzwertanalyse an.

<sup>2</sup> Vgl. Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 327 ff.

<sup>3</sup> Vgl. Rürup [Nutzwertanalyse] 112, auch im Weiteren Rau [Instrumente] 249, vgl. Dallmann [Landesgartenschau] 23 ff.

den Teilnutzwert aus dem errechneten Kapitalwert vor, ohne diese aber näher zu begründen.<sup>1</sup> Hierbei handelt es sich ebenfalls nicht um einen eigenständigen Ansatz, sondern vielmehr um die – naheliegende – Integration der Ergebnisse der Kapitalwertmethode in den Mehrzielansatz der Nutzwertanalyse. Kritisch zu betrachten ist die unflexible Umrechnung des Kapitalwerts in Teilnutzwerte.

Es zeigt sich, dass bei aller begrifflichen Vielfalt insbesondere drei Methoden oder Klassen zu unterscheiden sind. Betriebswirtschaftliche Ansätze der Investitionsrechnung (wie z. B. die Kapitalwertrechnung) und der Entscheidungslehre (wie z. B. die Nutzwertanalyse) sowie volkswirtschaftliche Ansätze (wie z. B. die Kosten-Nutzen-Analyse). Bevor diese Auswahl näher untersucht wird, ist der anzuwendende Analysemaßstab aufzuzeigen.

### **b) Maßstab zur Analyse von Entscheidungsmodellen**

Bisher wurden Vorüberlegungen zum betrachteten Realitätsausschnitt von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der öffentlichen Hand aufgezeigt, die dazu vorgeschlagene Methodik dargestellt und rechtliche Normen betrachtet. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nutzen bei der Bewertung Entscheidungsmodelle. Für Entscheidungsmodelle sind gewisse Gütekriterien erarbeitet, die zur Bewertung der vorgeschlagenen Methoden sowie ihrer Gestaltungsvorgaben nutzen. Um ein Entscheidungsmodell zu bewerten, muss deutlich werden, welches Problem damit gelöst werden soll, denn es bezieht sich immer auf ein Entscheidungsproblem.<sup>2</sup>

Zunächst ist die Modellbildung zu betrachten. Dabei wird in mehreren Schritten ein zunächst unscharfer und unstrukturierter Ausschnitt der Realität (bzw. der Idealität) zunehmend strukturiert und konkretisiert. Dieser Vorgang kann, wie Abb. C-3 zeigt, in drei Schritten dargestellt werden. Im Ergebnis entsteht ein Modell, das weiterbearbeitbar bzw. lösbar ist.

---

<sup>1</sup> Vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] 17 f., vgl. auch Ministerium der Finanzen des Landes Nordrhein-Westfalen [Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen] 57 ff., unter dem Begriff der Kosten-Nutzen-Bewertung.

<sup>2</sup> Vgl. Bretzke [Problembezug] 33.

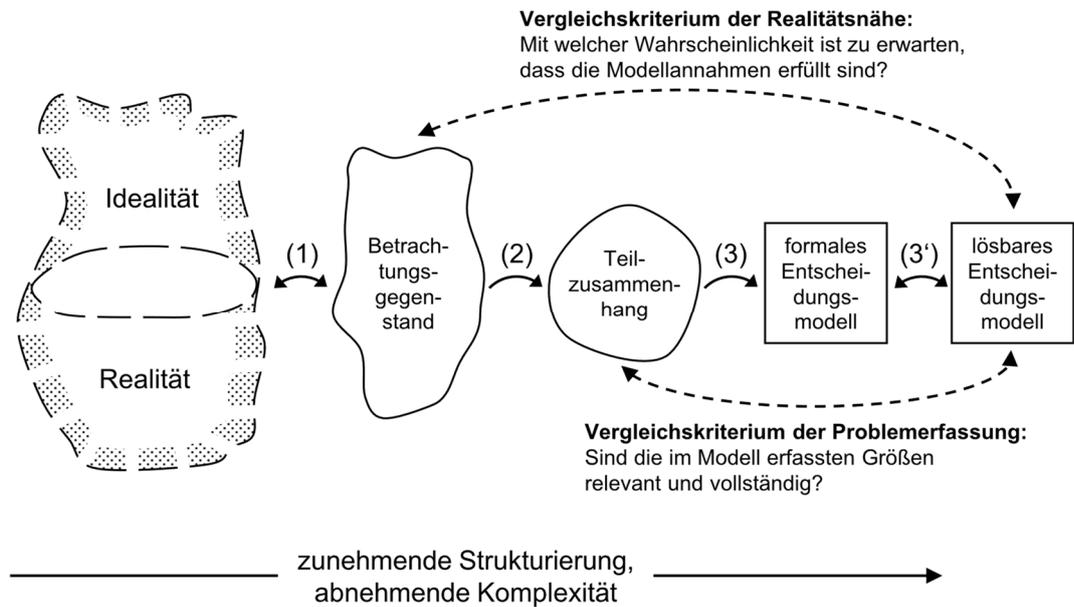


Abb. C-3: Schematische Darstellung des Modellbildungsprozesses (vgl. Troßmann [Netzwerke] 15 – leicht abgeändert)

Im ersten Schritt wird ein Betrachtungsgegenstand identifiziert. Dieser ist noch nicht formuliert, sondern bildet vielmehr die subjektive Denkrichtung, mit der an einen bestimmten Sachverhalt herangegangen wird. Dieser Vorgang ist von außen nicht nachzuvollziehen, denn er findet im (Un)Bewusstsein eines Subjekts statt.<sup>1</sup> Er mündet im zweiten Schritt in einer vielfach verbal formulierten Problemstellung, die einen Teilzusammenhang des ursprünglichen Betrachtungsgegenstandes herausgreift. Die Auswahl eines Teilzusammenhangs orientiert sich an einem formulierten Analysezweck und ermöglicht nun erstmals eine gewisse Objektivierbarkeit.<sup>2</sup> Erst im dritten Schritt wird der Teilzusammenhang so ausgedrückt, dass er einer weiteren Bearbeitung zugeführt werden kann. Um zu einem lösbaeren Modell zu gelangen, kann zuletzt eine Umformulierung des formalen zu einem lösbaeren formalen Modell notwendig werden.<sup>3</sup>

Dieses Metamodell des Modellbildungsprozesses ermöglicht eine recht intuitive Darstellung des Beurteilungsmaßstabs für Entscheidungsmodelle. Zunächst geht es dabei um die Problemerkfassung durch den Vergleich des

<sup>1</sup> Vgl. Bretzke [Problembezug] 34.

<sup>2</sup> Vgl. Schweitzer [Bilanz] 20.

<sup>3</sup> Vgl. insgesamt Troßmann [Netzwerke] 14 ff.; ähnlich Schneeweiß [Modellbildung] 484 ff.

formalisierten Entscheidungsmodells mit dem im zweiten Schritt festgelegten Teilzusammenhang als verbal beschriebene Problemstellung. Es geht um die Frage, ob das Entscheidungsmodell das (verbal) beschriebene Problem adäquat löst. Eine ernstzunehmende Kritik an einem Entscheidungsmodell ist so möglich, da mit der verbal beschriebenen Problemstellung eine Vergleichsbasis existiert.

Anders verhält es sich, wenn versucht wird, den Realitätsbezug als Maßstab heranzuziehen. Ein direkter Vergleich des Entscheidungsmodells mit der Realität ist nicht möglich, da die Realität an sich keine Probleme enthält. Ein Problem entsteht teils bewusst, teils unbewusst, aber immer als geistiges Gebilde eines Subjekts in Person des Modellierers.<sup>1</sup> Als Vergleichsmaßstab kann aber nur der – bzw. ein – Betrachtungsgegenstand dienen. Dem unbewussten Teil dieses Prozesses ist es geschuldet, dass selbst der Modellierer keinen Zugriff auf diesen Betrachtungsgegenstand hat.<sup>2</sup> Bretzke schlägt daher vor, statt den Realitätsbezug besser die Realitätsnähe als Maßstab für die Bewertung eines Entscheidungsmodells heranzuziehen.<sup>3</sup> Ein Entscheidungsmodell behauptet keinen empirischen Zusammenhang als Gültigkeitsbegründung, sondern setzt Anforderungen für seine Gültigkeit voraus. Die Realitätsnähe beschreibt dann auf einem Kontinuum, wie häufig oder wahrscheinlich diese Anforderungen in der Realität anzutreffen sind.

Bei den vorangegangenen dargestellten Methoden von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen handelt es sich weniger um konkrete Entscheidungsmodelle. Vielmehr ist z. B. die Nutzwertanalyse als eine Modellierungstechnik anzusehen.<sup>4</sup> Der Übergang von konkreten Einzelentscheidungsmodellen (die lediglich mit Parametern bestückt werden müssen) zu Modellierungstechniken (die es ermöglichen, die für den Planenden relevanten Teilaspekte einzubeziehen) ist fließend. So kann die Kapitalwertmethode einerseits als Modellierungstechnik angesehen werden. Bei genauerer Betrachtung kann sie

---

<sup>1</sup> Vgl. Bretzke [Problembezug] 34.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Troßmann [Netzwerke] 18.

<sup>3</sup> Vgl. auch im Weiteren Bretzke [Problembezug] 214 ff.

<sup>4</sup> Vgl. Troßmann [Netzwerke] 20, Witte [dynamische Nutzwertanalyse] 490 f.

auch zur reinen Zielvorgabe verkommen. Dabei ist stets von Bedeutung, wie einzelne Aspekte dieser grundlegenden Entscheidungsmodelle angegangen werden. Um die weitere Untersuchung zu strukturieren und eine Gesamtbeurteilung der Methoden zu ermöglichen, soll nachfolgend der Problembereich bzw. die Problemstellung der öffentlichen Hand bei Entscheidungen mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bzw. über öffentliche Investitionen verbal umrissen werden. Die darauffolgenden Unterkapitel dienen dazu, entsprechende Vorgaben der zuvor identifizierten Methoden genauer in den Blick zu nehmen.

### **c) Zum Problembereich der öffentlichen Hand bei Entscheidungen mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen sind ein Instrument zur Umsetzung des Wirtschaftlichkeitsgrundsatzes. Sie dienen dazu, Entscheidungen der öffentlichen Hand so zu lenken, dass die günstigste Relation zwischen den eingesetzten Mitteln und dem verfolgten Zweck erreicht wird.<sup>1</sup> Sie beziehen sich dabei nicht auf alle Entscheidungen der öffentlichen Hand, sondern nur auf solche, die finanzwirksam, d. h. zahlungswirksam werden. Darüber hinaus ist der Problembereich in den entsprechenden Regelwerken kaum konkretisiert, die weiteren Ausführungen beziehen sich lediglich auf die eigentlichen Methoden. Dazu gehört die Erkenntnis, dass sich nicht alle relevanten Zielwirkungen öffentlicher Investitionen finanziell abbilden lassen. Es zeigt sich deutlich, dass der Problembereich zu präzisieren ist.

Grundlegend erfasst die vorliegende Arbeit den Problembereich der öffentlichen Hand bei Entscheidungen über öffentliche Investitionen wie folgt: Die Wirkung einer öffentlichen Investition lässt sich nicht vollständig durch Ein- und Auszahlungen abbilden, vielmehr hat die Unvollständigkeit System. Tendenziell kann davon ausgegangen werden, dass sich der Nutzen (als positive Zielwirkung) zumindest eher in höheren Erträgen bei nichtfinanziellen Zielen einstellt. Hingegen die Kosten (als negative Zielwirkung) überwiegend finanzielle Zielwirkungen auslösen. Grundlegend ist eine komple-

---

<sup>1</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 2.

mentäre Verknüpfung von Nutzen und Kosten anzunehmen, d.h. höhere Kosten gehen üblicherweise auch mit einem höheren Nutzen einher. Offensichtlich handelt es sich um ein Mehrzielproblem. Ein entsprechendes Mehrzielmodell stört dann auch nicht weiter, wenn entgegen der aufgezeigten Tendenz auch Teile des Nutzens (z. B. durch die Erhebung von Gebühren) einer Investition finanziell wirken bzw. Kosten (z. B. Baulärm oder Verkehrsbehinderungen) nichtfinanziell wirken. Diese sorgen modellkonform für insgesamt weniger negative finanzielle Zielerreichung bzw. positive nichtfinanzielle Zielerreichung.

Die besondere Betonung der finanziellen Zielwirkung bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen lässt zunächst Zweifel an dieser Auffassung aufkommen,<sup>1</sup> dass nichtfinanzielle Zielwirkungen in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen mehr als einen Nebenaspekt darstellen. Sie ordnet sich in Letztere, zweier typischen Verhaltensweisen der öffentlichen Hand im Umgang mit finanziellen Mitteln ein: Sind diese (zeitweise für eine bestimmte Organisationseinheit) nicht knapp, dann wird ihnen ein nur sehr geringer Wert zugemessen, die Opportunitätskosten sind null. Das erklärt manche dubiose – um nicht zu sagen verschwenderisch anmutende – öffentliche Investition. Sind die finanziellen Mittel hingegen knapp und die Opportunitätskosten größer null, fällt die Entscheidung oft auf die günstigste Lösung, da ansonsten schmerzhaft Einschnitte z. B. bei der Bereitstellung von Gütern der öffentlichen Daseinsvorsorge hingenommen werden müssen. Demnach verhalten sich finanzielle Mittel (bzw. Ziele) für die öffentliche Hand vielmehr wie nicht revidierbare Produktionsfaktoren für Betriebe.<sup>2</sup> Die These dazu lautet – und auf dieser baut die vorliegende Arbeit auf –, finanzielle Ziele haben für die öffentliche Hand keinen Wert in sich, ebenso wie für einen Betrieb die Einsatzzeiten einer Maschine erst dann einen Wert über den variablen Kosten des Maschinenbetriebs auslösen, wenn die Maschinenkapazität knapp wird.

---

<sup>1</sup> Anders lassen sich die Vorgaben des Bundesministerium(s) der Finanzen [Arbeitsanleitung] 15 ff., insbesondere 20 f. nicht interpretieren.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren zum angesprochenen Prinzip der situationsentsprechenden Bewertung Troßmann/Baumeister [Rechnungswesen] 40 ff.; insbesondere zur Revisionshypothese Bohr [Revisionshypothese] 346 ff.

Der Abbildung dieser Mehrzielprobleme entlang der Vorgaben an Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen widmet sich das übrige Kapitel C., wobei die beiden Modelltypen der Nutzwertanalyse und der Investitionsrechnung besondere Beachtung finden. Beide haben große Freiheitsgrade und sind daher zunächst grundlegend zu präzisieren, die entsprechenden Vorgaben an deren Verwendung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen sind zu analysieren und notwendiger Anpassungsbedarf soll abgeleitet werden. Mit der Betrachtung eines Sonderwegs, der die Verknüpfung der unterschiedlichen Ansätze vermeidet, der Kosten-Nutzen-Analyse, schließt diese Voranalyse.

## **II. Angemessene Bewertungsmethoden für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

### **1. Zur Messung des Nutzens öffentlicher Investitionen**

#### **a) Geeignete Methoden des Multicriteria Decision Making bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

Für die öffentliche Hand sind bei Entscheidungen in der Regel eine Vielzahl von unterschiedlichen Zielen zu berücksichtigen. Damit kommen zunächst prinzipiell alle Verfahren aus dem Bereich des Multicriteria Decision Making in Betracht. Im Zentrum von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen stehen „finanzwirksame Maßnahmen“, die bisher schon als Investitionen aufgefasst wurden. Im Großteil der Fälle ist daher von abzählbar vielen Alternativen auszugehen. Aus entscheidungsorientierter Sicht nutzen hierzu die Verfahren des Multiattribute Decision Making.<sup>1</sup>

Um Entscheidungen bei Mehrzielproblemen treffen zu können, muss der Entscheidungsträger Präferenzen äußern. Präferenzen drücken die Vorziehwürdigkeit der gemessenen Zielwirkungen der Alternativen (aus Sicht des Entscheidungsträgers) aus. Dabei lassen sich Zeit-, Höhen-, Arten- und Risikopräferenzen unterscheiden. Zeitpräferenzen geben an, inwieweit zeitlich unterschiedlich anfallende Zielwirkungen innerhalb eines Ziels bevor-

---

<sup>1</sup> Vgl. zu dieser Einteilung der verschiedenen Ansätze mit dem Hinweis, dass eine Abgrenzung nicht trennscharf möglich ist, Zimmermann/Gutsche [Multi-Criteria] 27, auch Lillich [Nutzwertverfahren] 14 f.

zugt werden. Höhenpräferenzen kennzeichnen, wie sehr Zielwirkungen mit unterschiedlichem Ausmaß innerhalb eines Ziels präferiert werden. Artenpräferenzen geben die Präferenzen zwischen verschiedenen Zielen an, sind also nur relevant, wenn unterschiedliche Ziele verfolgt werden. Zuletzt zeigen Risikopräferenzen die Neigung des Entscheidungsträgers gegenüber unsicheren Zielwirkungen auf.<sup>1</sup>

Die verschiedenen Methoden des Multiattribute Decision Making lassen sich nach vielen Arten klassifizieren. Aus entscheidungsorientierter Sicht ist vor allem relevant, welche Informationen die Methoden über die Präferenzen des Entscheidungsträgers „benötigen“. Dabei sind zunächst nur Arten- und Höhenpräferenzen zu betrachten. Hinzutreten entscheidungstechnologische Ansätze, die als eigenständige Klasse von Methoden aufgefasst werden.<sup>2</sup> Diese suchen nicht zwingend eine „optimale“ Alternative, sondern mehrere gute Alternativen werden empfohlen, weshalb teilweise auch von Multicriteria Decision Aid gesprochen wird. Neben dem unscharfen Entscheiden – das in vielen Punkten dem Entscheiden unter Unsicherheit ähnelt und mit derselben Begründung ausgeblendet wird – zählen hierzu Outranking-Verfahren. Diese haben gemein, dass deren Ergebnisse in der Regel nur Rangfolgen angeben. Abstände zwischen den Alternativenbewertungen lassen sich nicht interpretieren,<sup>3</sup> weshalb die Ansätze hier nicht problemadäquat sind.

Sofern Präferenzen gemessen werden können, lassen sich die gewonnenen Informationen anhand des Skalenniveaus charakterisieren.<sup>4</sup> In der Literatur werden unterschiedliche Einteilungen von Skalenniveaus diskutiert.<sup>5</sup> Für die Zwecke dieser Arbeit reicht die Unterscheidung in drei Arten, der Nominal-, der Ordinal- und der Kardinalskalierung aus, die nach den allermeisten Einteilungen mindestens unterschieden werden. Erst kardinale At-

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Bamberg/Coenenberg/Krapp [Entscheidungslehre] 27 f.

<sup>2</sup> Vgl. Zimmermann/Gutsche [Multi-Criteria] 29 f.; einen Überblick liefern Ishizaka/Nemery [Multi-criteria] 4 ff.

<sup>3</sup> Vgl. Kaspar [Strategie-Optionen] 97 f und 120 ff.

<sup>4</sup> Vgl. Zimmermann/Gutsche [Multi-Criteria] 11.

<sup>5</sup> Fünf Skalenniveaus unterscheiden Zimmermann/Gutsche [Multi-Criteria] 11 ff., sechs Skalenniveaus unterscheiden Klein/Scholl [Entscheidung] 34 ff, drei Skalenniveaus unterscheidet z. B. Lillich [Nutzwertverfahren] 26 f.

tribute ermöglichen einfache Rechenoperationen wie die Addition und Subtraktion der Attributsausprägungen von Objekten.<sup>1</sup> Eine Klassifikation nach der Skalenart der benötigten Präferenzinformationen zeigt Abb. C-4.<sup>2</sup>

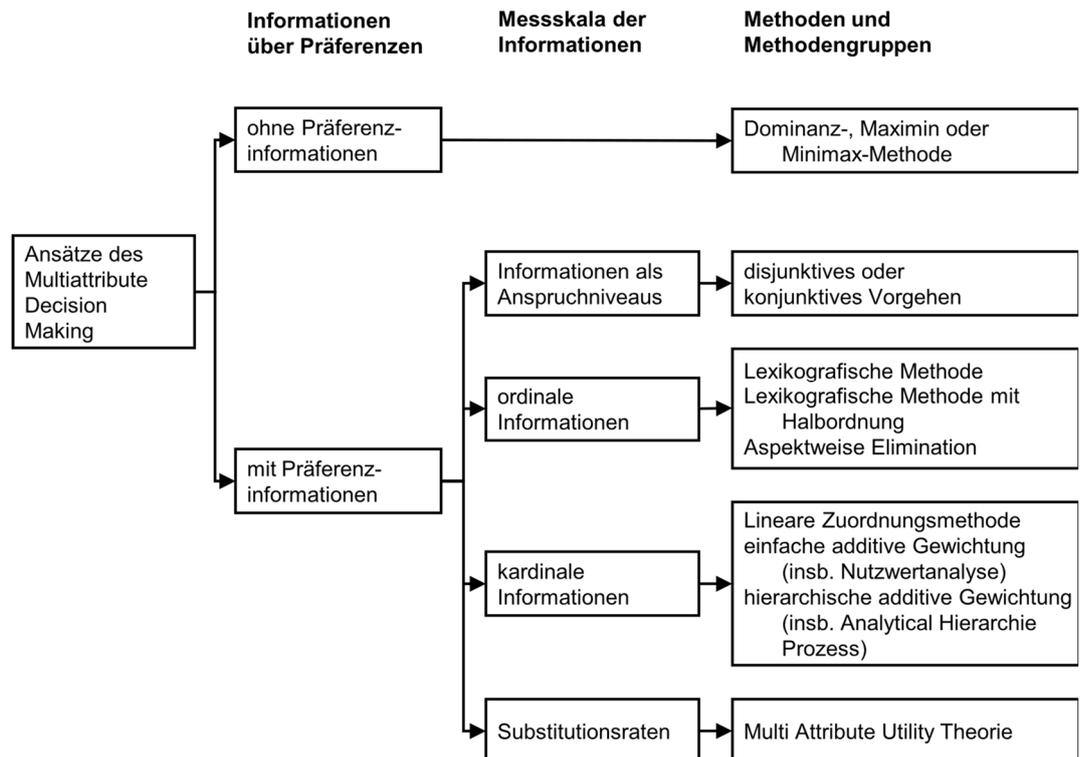


Abb. C-4: Einteilung von Methoden des Multiattribute Decision Making nach der Art der Informationen über die Präferenzen des Entscheidungsträgers

Liegen keine Informationen über die Zielpräferenzen des Entscheidungsträgers vor,<sup>3</sup> können lediglich dominierte Alternativen ausgeschlossen werden. Verbleiben danach mehrere Alternativen, kann bei Mehrzielproblemen in der Regel kein eindeutiger Entscheidungsvorschlag begründet werden. Sofern Informationen über die Präferenzen des Entscheidungsträgers vorlie-

<sup>1</sup> Vgl. Lillich [Nutzwertverfahren] 26 f.

<sup>2</sup> Zu ihrer ursprünglichen Form vgl. Hwang/Yoon [Attribute] 9, weiterentwickelt durch Chen/Hwang [Fuzzy] 23 ff., insgesamt Zimmermann/Gutsche [Multi-Criteria] 28, deutlich umfassender Götze [Investitionsrechnung] 191.

<sup>3</sup> Für Höhenpräferenzen müssen allerdings auch hierfür Informationen vorliegen. Es muss bekannt sein, in welche Richtung der Entscheidungsträger eine Veränderung des Ergebnisses präferiert. Strebt er also eine Erhöhung oder eine Verringerung an (z. B. fällt diese Einschätzung bei den Attributen „Urlaubstage“ und „tägliche Arbeitszeit“ für Arbeitgeber und Arbeitnehmer recht unterschiedlich aus).

gen, lassen sich diese weitestgehend anhand deren Skalenniveaus unterscheiden und legen damit die möglichen Verfahren fest.

Nominal skalierte Zielpräferenzen liegen dann vor, wenn der Entscheidungsträger verschiedene Merkmalsausprägungen differenziert, ihnen aber jeweils keinen Wert zuschreiben und sie auch nicht sinnvoll in eine Reihenfolge bringen kann. Sie lassen sich nur durch Anspruchsniveaus beschreiben. Als Beispiel könnte bei einem Fahrzeugkauf die Fahrzeugfarbe „rot“ genannt werden. Dann kommen für den Entscheidungsträger eben nur Fahrzeuge in der Farbe Rot in Frage, die Präferenz wirkt also als Kriterium der Vorauswahl. Dass es hier nur um die Skalierung der Zielpräferenzen und nicht der Zielerträge bzw. Höhenpräferenzen geht, zeigt ein zweites Beispiel. Ebenfalls für den Fahrzeugkauf wird eine Obergrenze für die Anschaffungskosten von 30.000 Euro gesetzt. Dann sind in einer Vorauswahl alle Fahrzeuge mit entsprechend höheren Anschaffungskosten auszusondern. Dieses Vorgehen ist also auch bei kardinalen Attributen – hier den Anschaffungskosten – plausibel und als Vorauswahl zum Zwecke der Verringerung der Alternativenmenge durchaus praktikabel.<sup>1</sup> Insgesamt entspricht das dem konjunktiven Vorgehen aus Abb. C-4.

Oft liegen die Präferenzinformationen des Entscheidungsträgers in ordinaler Form vor, denn deren Formulierung fällt regelmäßig leicht. Dann kommen als Verfahren unter anderem die lexografische Ordnung oder Halbordnung sowie die aspektweise Elimination in Betracht. Durch ein mehr oder weniger gut begründetes Vorgehen, wird eine Rangfolge der Alternativen festgelegt. Für die Zwecke von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen kommen sie höchstens bei Auswahlentscheidungen in Betracht und sind für unsere Problemstellung nur sehr eingeschränkt verwendbar. Die nachfolgenden Verfahren – allen voran die Nutzwertanalyse – sind bei ordinalen Präferenzinformationen grundsätzlich nicht anwendbar.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Zimmermann/Gutsche [Multi-Criteria] 47 f., vgl. zu einer ähnlichen Unterscheidung in unabdingbare Ziele und Skalenziele Troßmann [Investition] 23.

<sup>2</sup> Die von Bechmann entwickelte Nutzwertanalyse 2. Generation bildet eine Ausnahme, vgl. Bechmann [Nutzwertanalyse] 101 ff.; anders wohl Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 312.

Für kardinal skalierte Präferenzinformationen werden abhängig von der Skalierung der Merkmale bzw. Ziele verschiedene Methoden vorgeschlagen. Die lineare Zuordnungsmethode wird dann genutzt, wenn zwar die Zielartenpräferenzen kardinal angegeben werden können, die Merkmale bzw. die Höhenpräferenzen der Alternativen insgesamt aber nur eine Rangordnung zwischen den Alternativen zulassen, also ordinal skaliert sind. Im Ergebnis wird eine Rangfolge der Alternativen vorgeschlagen, die unter Berücksichtigung der Zielgewichte sowie der Rangfolgen der Alternativen über alle Ziele die sogenannte (gewichtete) Alternativen-Rangplatz-Matrix maximiert.<sup>1</sup> Im Ergebnis resultiert eine Festlegung der Reihenfolge der Alternativen. Sind die Merkmale zur Messung der Zielerfüllung kardinal skaliert, oder scheint es vertretbar, „natürlicherweise“ nicht kardinal skalierte Merkmale dennoch als kardinal skalierte Merkmale aufzufassen, d. h. die Höhenpräferenzen sind kardinalskaliert, bietet sich die additive Gewichtung an.

Bei der additiven Gewichtung werden einfache und hierarchische Ansätze unterschieden. Die einfache additive Gewichtung bildet mittels einer Punktwertfunktion  $v_j$  für das Ziel  $j$  (mit  $j = 1, 2, \dots, J$ ) die Zielerträge  $e_{ji}$  der Alternativen  $i$  (mit  $i = 1, 2, \dots, I$ ) als (vergleichbare) reelle Zahl, dem Punktwert  $P_{ji}$  ab (C.1).<sup>2</sup> Zwei gute Zielerträge unterschiedlicher Zielarten sollen möglichst gleich hohe Werte erhalten. Die Zielartenpräferenzen werden über Zielgewichte  $g_j$  erfasst, wobei die Summe über alle Gewichtungsfaktoren eins ergibt. Die Summe aus dem Produkt der Punktwerte je Ziel und Alternative mit den Gewichten je Ziel, über alle Merkmale einer Alternative führt zum Gesamtwert der Alternative gemäß (C.2).

$$P_{ji} := v_j(e_{ji}) \quad (\text{C.1})$$

$$N_i := u(e_{ji}) \text{ bzw. } u(e_{ji}) = \sum_{j=1}^J g_j \cdot P_{ji} = \sum_{j=1}^J g_j \cdot v(e_{ji}) \quad (\text{C.2})$$

Diese Methode entspricht weitestgehend dem Verfahren der Nutzwertanalyse. Die Nutzwertanalyse folgt einer speziellen Terminologie. Ebenfalls können die Zielerträge der einzelnen Alternativen je Ziel in unterschiedli-

---

<sup>1</sup> Vgl. Hwang/Yoon [Attribute] 93 ff.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Zimmermann/Gutsche [Multi-Criteria] 62 ff.

chen Dimensionen und prinzipiell auch mit unterschiedlicher Skalierung anfallen. Durch Teilnutzenfunktionen – die sich weitestgehend beliebig festlegen lassen – werden diese Zielerträge in Punktwerte umgerechnet. Sie geben die Höhenpräferenzen des Entscheidungsträgers wieder. Die Höhenpräferenzen nimmt die Nutzwertanalyse als kardinalskaliert an, d.h. der Entscheidungsträger übersetzt möglicherweise abweichend skalierte Zielerträge in einen Punktwert, der seinen subjektiven Nutzen repräsentiert,<sup>1</sup> für den er die Abstände sinnvoll interpretieren kann, der also kardinalskaliert ist.<sup>2</sup> Die Zielartenpräferenzen des Entscheidungsträgers fließen als Zielgewichtungen in die Bewertung ein. Die Summe der gewichteten Punktwerte über alle Ziele einer Alternative gibt schließlich den Nutzwert einer Alternative an. Der so errechnete Nutzwert einer Alternative ist dementsprechend kardinalskaliert, d.h. Abstände lassen sich hier sinnvoll interpretieren.

Die hierarchisch additive Gewichtung lässt vermuten, dass hier lediglich eine hierarchische Beziehung zwischen den Zielen betrachtet wird. Für die bisherigen Konzepte würde sich dann wenig ändern. Die eigentliche Bewertung der Merkmalsausprägungen je Alternative geschieht anhand der untersten Ebene der Zielhierarchie. Die aufbauenden Ebenen definieren lediglich, wie die Erreichung der entsprechenden Unterziele auf die Oberziele einwirken. Dieses Konzept wird im Zuge der Darstellung des Analytical Hierarchy Process nach Saaty aufgeworfen.<sup>3</sup> Die Besonderheit liegt weniger in der Darstellung einer Zielhierarchie, sondern vielmehr in der strengen Verwendung von Paarvergleichsmatrizen. Diese sollen gewisse Konsistenzanforderungen erfüllen und besitzen Eigenschaften, die sich mit der linearen Algebra beschreiben und untersuchen lassen. Das Konzept erfasst auch die Alternativen als Teil der Hierarchie, welche sich für eine Mehrzielentscheidung mit J Zielen und I Alternativen, beispielsweise wie in Abb. C-5, darstellen lässt. Die Hierarchie enthält immer mindestens drei Ebenen. Für eine tiefere Gliederung in mehr als drei Ebenen wäre eine hierarchische Beziehung zwischen den Zielen unterschiedlicher Ebenen anzunehmen.

---

<sup>1</sup> Vgl. Zangemeister [Nutzwertanalyse] 45, Bechmann [Nutzwertanalyse] 16.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 22.

<sup>3</sup> Vgl. Saaty [AHP].

Am Verfahren des Analytical Hierarchy Process gibt es einige kritische Bemerkungen.<sup>1</sup> Besonders in den Blick gerät dabei die von Saaty vorgesehene Neun-Punkte-Skala für nicht quantitative Paarvergleiche und deren inhaltliche Interpretation. Das Verfahren verlangt einigen Einsatz vom Entscheidungsträger, vor allem bei einer großen Zahl von Zielen und Alternativen werden schnell sehr viele Paarvergleiche nötig, die Gefahr von Inkonsistenzen steigt und die Nachvollziehbarkeit leidet, wenn schließlich sehr große Paarvergleichsmatrizen untersucht werden. Zudem muss der gesamte Prozess wiederholt werden, wenn zusätzliche Ziele zu berücksichtigen sind und auch die Rangfolge bleibt dann oftmals nicht stabil.<sup>2</sup>

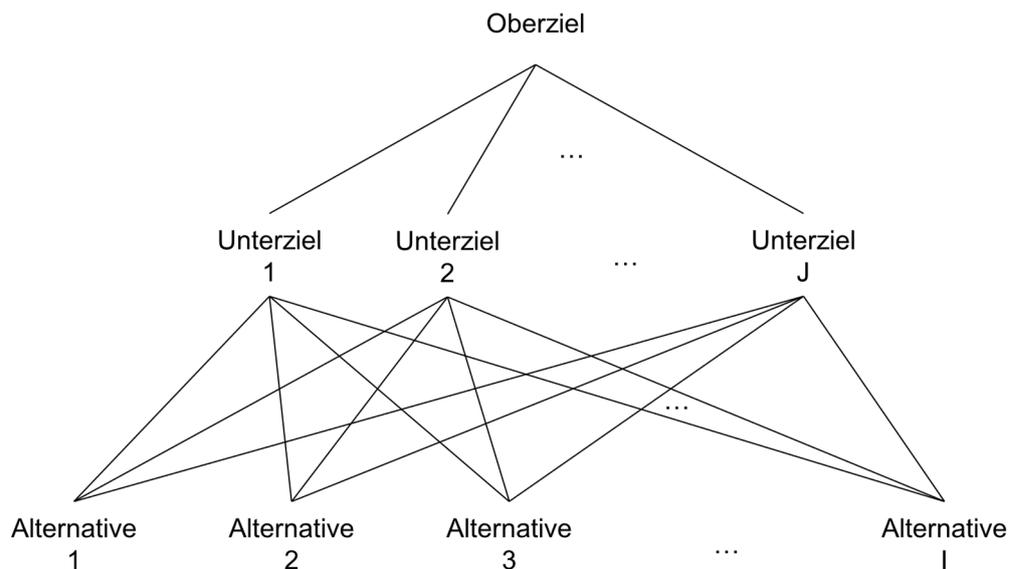


Abb. C-5: Hierarchie eines Entscheidungsproblems nach dem Analytical Hierarchy Process (in Anlehnung an Zimmermann/Gutsche [Multi-Criteria] 65)

Auch am Verfahren der (traditionellen) Nutzwertanalyse nach Zangemeister<sup>3</sup> gibt es Kritik.<sup>4</sup> In erster Linie wird kritisiert, wenn Zielgewichte global,

<sup>1</sup> Vgl. Zimmermann/Gutsche [Multi-Criteria] 90 f.

<sup>2</sup> Vgl. Götze [Investitionsrechnung] 229.

<sup>3</sup> Vgl. Zangemeister [Nutzwertanalyse].

<sup>4</sup> Diese ist allerdings teilweise auch darauf zurückzuführen, dass von unpassenden Voraussetzungen ausgegangen wird. Die verschiedenen Zielerfüllungsgrade können sich gegenseitig kompensieren, was eine Interpretation der Zielgewichte als Substitutionsraten nahelegt. Diese Interpretation korrespondiert allerdings nicht mit den geringen Anforderungen auch ordinale Präferenzinformationen verarbeiten zu können. Vgl. Lillich [Nutzwertverfahren] 111, derart geringe Anforderungen sind so allerdings auch nicht zu fordern.

d. h. ganzheitlich bestimmt werden, statt über Indifferenzaussagen, die die Höhenpräferenzen mitberücksichtigen.<sup>1</sup> Die Multiattribute Utility Theory oder Multiattributive Nutzentheorie versucht demgegenüber einen konsistenten Bewertungsrahmen zu etablieren. Im Kern werden die Wertfunktionen explizit als Substitutionsraten abgebildet. Mit Indifferenzurteilen werden die (Ziel-)Gewichte bestimmt. Wie bei der Nutzwertanalyse führt dann eine additive Aggregationsfunktion zu den Nutzwerten der Alternativen. Die Multiattribute Utility Theory stellt sehr hohe Anforderungen an den Entscheidungsträger bzw. daran, wie er seine Präferenzen beschreibt. Nicht nur kardinale Präferenzen des Entscheidungsträgers sind gefordert, sondern sie sind in Form von Substitutionsraten zu äußern, was als ausgesprochen schwierig anzusehen ist. Zudem müssen zur Verwendung der Multiattribute Utility Theory alle Zielerfüllungsgrade kardinal messbar sein, zumindest müssten solche vorstellbar sein, was deren Verwendbarkeit weiter einschränkt.<sup>2</sup>

#### **b) Analyse der Vorgaben an die Nutzwertanalyse bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

Was die Anwendung der Nutzwertanalyse im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen angeht, halten sich die Vorgaben der Arbeitsanleitungen eher zurück. Abgesehen von der Nutzwertanalyse werden weitere Verfahren des Multiattribute Decision Making in den gesetzlichen Vorgaben und in den weniger verbindlichen Arbeitsanleitungen nicht sowie in der juristischen Literatur höchstens indirekt angesprochen.

Vor der Verwendung der Nutzwertanalyse soll geprüft werden, ob nicht alle Wirkungen der finanzwirksamen Maßnahme monetarisiert werden können, um eine Bewertung unter Verwendung der Kapitalwertmethode durchzuführen.<sup>3</sup> Wenn die Zielwirkung also nichtfinanziell – genauer nicht in einem Ein- oder Auszahlungsstrom – anfällt, sondern in einer anderen Einheit und diese sich wiederum nicht monetär bewerten lässt, soll versucht werden,

---

<sup>1</sup> Vgl. Schneeweiß [Kostenwirksamkeitsanalysen] 14 f., Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 156 f.

<sup>2</sup> Vgl. Schneeweiß [Kostenwirksamkeitsanalysen] 17.

<sup>3</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 19.

Anspruchsniveaus festzulegen, sie also als unabdingbare Ziele zu berücksichtigen. Alternativen, die die Anspruchsniveaus dieser unabdingbaren Ziele erfüllen, werden anhand des Kapitalwertkriteriums verglichen. Das ist mindestens ungenau. Die Kapitalwertmethode setzt Zahlungen voraus, welche hier auch als finanzielle Zielerträge bezeichnet werden. Monetäre Zielerträge versteht die Arbeitsanleitung – und so sind sie auch hier zu definieren – demgegenüber als nichtfinanzielle Zielerträge in Geldeinheiten. Die Anwendung der Kapitalwertmethode auf monetäre Zielerträge kann als Kosten-Nutzen-Analyse aufgefasst werden, wie noch zu zeigen ist.

Nichtsdestotrotz erkennt die Arbeitsanleitung an, dass vor allem „politische“ Ziele oftmals keine finanziellen Einheiten haben, nicht monetarisierbar sind und auch nicht akzeptabel mit Anspruchsniveaus erfasst werden können. Dann soll die Nutzwertanalyse angewandt werden. Die Arbeitsanleitung gibt den grundsätzlichen Ablauf der Nutzwertanalyse wieder. Ziele müssen demnach überschneidungsfrei definiert werden, um eine (unbemerkte) Mehrfachberücksichtigung zu vermeiden. Dies ist eine wichtige Anforderung an Verfahren des Multicriteria Decision Making. Vor allem, wenn Ziele in Geldeinheiten einbezogen werden, gibt es hierbei unterschiedliche Standpunkte.

Die Berücksichtigung von Zielen in Geldeinheiten im nutzwertanalytischen Ansatz lehnen einige Stimmen ab. Sie differenzieren aber oftmals ungenau zwischen monetär und finanziell.<sup>1</sup> Eine Investition löst Zahlungen (also finanzielle Zielerträge) aus, ebenso wie sie möglicherweise andere Zielerträge (z. B. CO<sub>2</sub>-Emissionen oder Mitarbeiterzufriedenheit) auslöst. Für monetäre Zielerträge mögen Zweifel an der Berücksichtigung in der Nutzwertanalyse angebracht sein, auch dann, wenn sowohl finanzielle wie auch monetär bewertete Zielerträge als „monetär“ zusammengefasst werden. Bei monetär bewerteten Zielen liegt eigentlich ein nichtfinanzielles Ziel vor, das lediglich in einem monetären Wertansatz gemessen wird (z. B. die eingesparte Fahrzeit einer schnelleren Zugverbindung, die als zusätzliche Ar-

---

<sup>1</sup> Vgl. Götze [Investitionsrechnung] 194, Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 152, Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 329, anders (auch im Weiteren) Troßmann [Investition] 24 f.

beitszeit mit Lohnsätzen bewertet wird). Bei mehreren monetär bewerteten Zielen sind Überschneidungen dieser untereinander bzw. mit anderen Zielen durchaus möglich. Finanzielle Ziele zu berücksichtigen, führt allein nicht zu Überschneidungen, denn sie lassen sich eindeutig von anderen Zielen abgrenzen bzw. die übrigen Ziele erfassen dann andere Zielwirkungen. Finanzielle Ziele dürfen daher nicht grundsätzlich aus dem Kalkül der Nutzwertanalyse ausgeschlossen werden. Die Zusammensetzung des Zielsystems hängt vielmehr vom Entscheidungsträger und der Entscheidungssituation ab.

Eine additive Aggregationsfunktion, wie sie die Nutzwertanalyse verwendet, erfordert darüber hinaus auch Präferenzunabhängigkeit, was deutlich weiter geht.<sup>1</sup> Demgegenüber kann die Empfehlung, widersprüchliche Ziele zu vermeiden, vernachlässigt werden, zumal unklar ist, was die Arbeitsanleitung vermeiden möchte.<sup>2</sup> Widersprüchliche Ziele könnten auf grundsätzliche Inkonsistenzen hindeuten, die vermutlich eher selten anzutreffen sind. Wahrscheinlicher sind Ziele, bei denen eine negative Korrelation zu beobachten ist. Das trifft regelmäßig auf alle Ziele zu, die sich durch den Einsatz vermehrter finanzieller Mittel verbessern lassen, wenn gleichzeitig der Einsatz finanzieller Mittel selbst ein Ziel adressiert. Dieser „Widerspruch“ steckt typischerweise wirtschaftlichen Entscheidungen inne.

Für die Bewertung der Alternativen mit (Nutzen-)Punkten sieht die Arbeitsanleitung die Durchführung in zwei unterschiedlichen Personengruppen vor. Diese vergeben jeweils 0 bis 10 Nutzenpunkte. Unterschiede in den Bewertungen sind aufzuzeigen und zu dokumentieren. Konkrete Empfehlungen an die Modellierung der Höhenpräferenzen fehlen und es finden sich auch keine Ansätze für sogenannte Wertfunktionen in dem folgenden Beispiel. Noch spärlicher sind die Ausführungen zur Festlegung der Artenpräferenzen durch die Zielgewichte. Grundsätzlich ist eine freihändige Vorgehensweise zur Festlegung der Zielgewichte für die Nutzwertanalyse nicht

---

<sup>1</sup> Vgl. Bamberg/Coenenberg/Krapp [Entscheidungslehre] 46, Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 133 ff., Schneeweiß [Planung] 125, Lillich [Nutzwertverfahren] 63, Zimmermann/Gutsche [Multi-Criteria] 63.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 20.

untypisch. Auf den Abgleich zweier unterschiedlicher Personengruppen wird verzichtet, da sowohl die Ziele als auch deren Gewichte durch Fachbereiche – also Experten – festgelegt wurden. Das klingt für die öffentliche Hand besonders fragwürdig, fordert es doch, dass inhaltliche Experten Zielgewichtungen vornehmen. Das ist allerdings die originäre Aufgabe der legitimierten Vertreter der öffentlichen Hand. Daran zeigt sich ein grundsätzliches Missverständnis gegenüber Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, die weniger als unterstützende Methoden bei Entscheidungsproblemen angesehen werden. Vielmehr verkommt die Entscheidung zu einem rein technischen Problem, das durch Experten zu lösen ist. Einen ähnlichen Schluss legt auch die Empfehlung von Kosten-Nutzen-Analysen nahe. Das ist grundlegend falsch, denn die Entscheidung benötigt die Festlegung von Zielen, die sich in ihrer Gesamtheit eben nicht rational begründen lassen; sie sind der Maßstab für Rationalität. Die Aufgabe der Zielfestlegung kann also nicht (vollständig) delegiert werden.

Wert legt die Arbeitsanleitung auf das Verhältnis der Nutzwertanalyse zur Kapitalwertrechnung. Zunächst ist festzustellen, dass die Ergebnisse der Nutzwertanalyse nicht mit denen der Kapitalwertrechnung verrechnet werden dürfen. Stattdessen sind die Ergebnisse beider Ansätze in einer „beschreibenden Begründung“ zusammenzufassen, bei der die „monetäre Bewertung in einem angemessenen Verhältnis zur qualitativen Bewertung steht“. Andere Arbeitsanleitungen der Länder weichen hier ab und sehen mit der Nutzen-Kosten-Bewertung die Integration finanzieller Ziele in die Nutzwertanalyse vor.<sup>1</sup> Außerdem erschwert die Arbeitsanleitung die allgemeine Anforderung an Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, stets die wirtschaftlichste Alternative zu identifizieren,<sup>2</sup> da diese Trennung uneindeutige Entscheidungsvorschläge zur Folge hat, was nicht nur der späteren Nachvollziehbarkeit schadet.

---

<sup>1</sup> Vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] 17 f., vgl. auch Ministerium der Finanzen des Landes Nordrhein-Westfalen [Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen] 57 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 14.

Insgesamt zeigt sich an den Ausführungen der Arbeitsanleitung, dass eine praktisch durchgeführte Nutzwertanalyse aufgrund der teilweise unzureichenden Vorgaben kaum angegriffen werden kann. Vielmehr sind nur offensichtliche Fehler oder Manipulationen kritisierbar.<sup>1</sup> Dem wird Rechnung getragen, indem das Verhältnis der Nutzwertanalyse zur Kapitalwertmethode geschwächt wird, was eine entscheidungsorientierte Gestaltung der Nutzwertanalyse erschwert. Andere Methoden des Multiattribute Decision Making sind nur implizit angesprochen. Fast überbetont laufen viele Ausführungen auf Dominanzanalysen hinaus. Allerdings werden diese bei öffentlichen Investitionen nur in sehr seltenen Ausnahmefällen eine Entscheidung allein begründen. Zudem wird die Definition von Mindestzielen oder unabdingbaren (nichtmonetären) Zielen gefordert, die sich sinnvoll mit einem disjunktiven Verfahren berücksichtigen lassen. Die Multiattribute Utility Theory lässt sich als Konzept auffassen, ein wohlbegründetes Nutzwertverfahren zu empfehlen. Nutzwertverfahren sind als Kontinuum aufzufassen,<sup>2</sup> für die es einen entscheidungslogischen Ablauf zu erarbeiten gilt.

### **c) Grundmodell eines entscheidungsorientierten Nutzwertanalyse-Prozesses**

Die Nutzwertanalyse basiert auf dem Konzept der Wertfunktion, genauer additiver Wertfunktionen.<sup>3</sup> Sie ordnet also jedem Ergebnis einer Alternative einen Wert in Form einer Zahl zu, die dann die Präferenzen des Entscheidungsträgers wiedergeben.<sup>4</sup> Das allgemeine Schema zur Herleitung einer Wertfunktion konkretisiert sich für die Nutzwertanalyse dann wie folgt. Für jedes Ziel wird eine partielle Wertfunktion – hier Punktwertfunktion – definiert. Diese partiellen Wertfunktionen überführen die Zielerträge in Funktionswerte – hier Punktwerte – und eine Wertfunktion aggregiert diese zu einer Zahl – hier die Nutzenfunktion zu Nutzwerten. Im Fall der Nutz-

---

<sup>1</sup> Vgl. z. B. den Präsident des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] 80, der eine Nutzwertanalyse kritisiert, weil der „Akzeptanz der Beteiligten“ überragende Bedeutung beigegeben wurde.

<sup>2</sup> Vgl. Lillich [Nutzwertverfahren] 67.

<sup>3</sup> Vgl. Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 133.

<sup>4</sup> Vgl. Habenicht/Scheubrein [Mehrzielentscheidungen] 218 f.

wertanalyse ist eine additive Wertfunktion typisch.<sup>1</sup> Dazu werden zielspezifische Gewichtungsfaktoren genutzt, die zunächst mit den Teilnutzwerten multipliziert und dann zu einem Wert – hier dem Nutzwert – aufaddiert werden. Am resultierenden Nutzwert richtet sich dann die Entscheidung aus.

Nach diesem Schema werden nur Höhen- und Artenpräferenzen betrachtet. Risikopräferenzen bleiben ausgeblendet und auf Zeitpräferenzen wird an anderer Stelle eingegangen. Dabei arbeitet die Nutzwertanalyse grundsätzlich sukzessive, berücksichtigt also zunächst die Höhenpräferenzen in Form von Teilnutzenfunktionen und dann die Artenpräferenzen in Form von Zielgewichten.<sup>2</sup> Die sukzessive Vorgehensweise ist der Kern der entscheidungstheoretischen Bedenken am Konzept von additiven Wertfunktionen<sup>3</sup> und damit auch der Nutzwertanalyse<sup>4</sup>. Das sukzessive Abarbeiten der Präferenzarten erfordert, dass diese unabhängig voneinander sind. Das kann regelmäßig nicht angenommen werden (z. B. wird das Ziel Sicherheit an Bedeutung zunehmen, wenn die prognostizierten Konsequenzen einiger Alternativen relevante Gefahren für das eigene Leben aufweisen, verglichen mit der Entscheidungssituation, wenn keine Alternative mit dieser Gefahr existiert). Allerdings kann zumindest für einen gewissen Bereich oder ein Intervall angenommen werden, dass sich die Präferenzarten unabhängig verhalten.<sup>5</sup> Wichtig dafür ist die Begrenzung der zulässigen Alternativen durch die Definition unabdingbarer oder Mindest-/Höchst-Ziele (z. B. also keine Alternative zuzulassen, die das eigene Leben in Gefahr bringt).<sup>6</sup>

Dennoch muss im Modellierungsprozess der Nutzwertanalyse darauf geachtet werden, dass die Zielpräferenzen nicht in Unkenntnis der Höhenpräferenzen formuliert werden,<sup>7</sup> die Zielgewichte also nicht unabhängig von der Teilnutzwertfunktion festgelegt werden. Hier zeigt sich bereits im Verfah-

---

<sup>1</sup> Vgl. Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 163.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 17.

<sup>3</sup> Vgl. auch im Weiteren Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 156 ff., Bamberg/Coenenberg/Krapp [Entscheidungslehre] 47, Lillich [Nutzwertverfahren] 112.

<sup>4</sup> Vgl. Schneeweiß [Planung] 148.

<sup>5</sup> Vgl. Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 137, die anmerken, dass die Präferenzunabhängigkeit mit zunehmender Größe des Merkmalsintervall eher abzulehnen ist.

<sup>6</sup> Vgl. Bamberg/Coenenberg/Krapp [Entscheidungslehre] 47.

<sup>7</sup> Vgl. Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 159, die deshalb das Direct-Ratio-Verfahren zur Bestimmung der Zielgewichte unter Vorbehalt setzen.

rensablauf, dass die Teilnutzwertfunktionen am besten gemeinsam, mindestens aber vor den Zielgewichten bestimmt werden sollten.<sup>1</sup>

Grundsätzlich lässt sich das Vorgehen der Nutzwertanalyse in mehrere Verfahrensschritte untergliedern, die nachfolgend in Abb. C-6 dargestellt sind. Die einzelnen Teilschritte orientieren sich an den Phasen des Planungsprozesses, die grau hinterlegten Schritte sind spezifisch für eine Nutzwertanalyse. Es zeigt sich, welche Phasen sukzessive und in welchen Phasen ein simultanes Voranschreiten sinnvoll ist. Angedeutet ist ebenso, wann Ziele (frühestens) gewichtet werden, je nachdem, ob pragmatisch (sobald die Ziele feststehen), entscheidungsorientiert (sobald die Höhenpräferenzen bekannt sind) oder entsprechend der Multiattribute Utility Theory (d. h. simultan) vorgegangen wird. Nachdem das Entscheidungsproblem grob umrissen ist, müssen die Ziele gebildet sowie die Alternativen ermittelt werden.

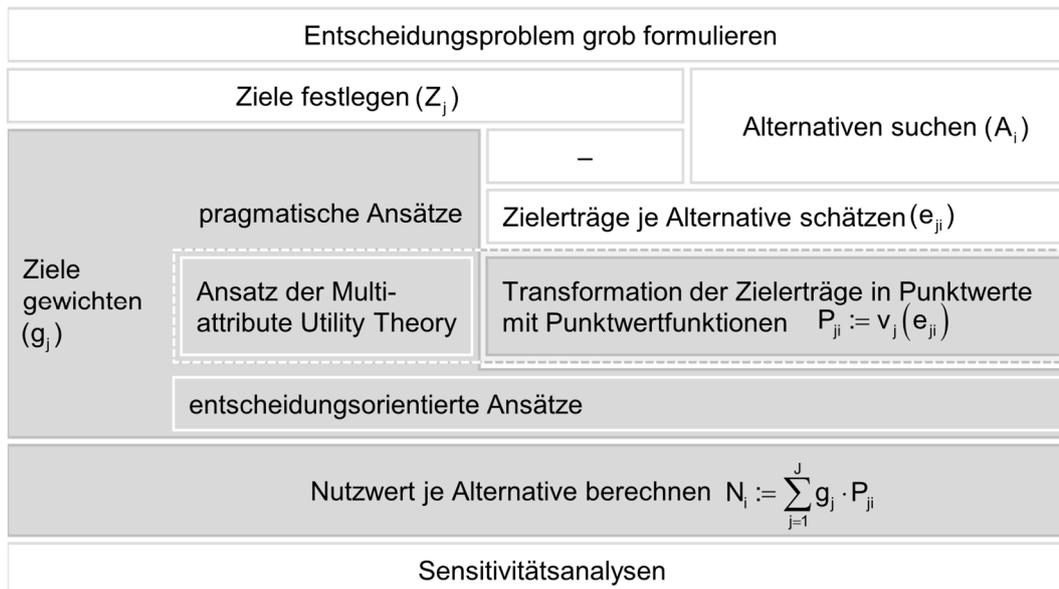


Abb. C-6: Teilschritte der Nutzwertanalyse (vgl. leicht abgeändert Troßmann [Investition] 21)

<sup>1</sup> Ein Indiz zeigt der typische Ablauf der Nutzwertanalyse in der Literatur zur Entscheidungstheorie, vgl. Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 138 ff., Schneeweiß [Planung] 121 f., Klein/Scholl [Entscheidung] 371 ff., Zimmermann/Gutsche [Multi-Criteria] 63 ff.; ganz anders stellt sich dieses Ablaufschema in der investitionsrechnerischen Literatur dar, die zu Teilen das Problem verkennt: vgl. Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 151 f., Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 313 ff.; anders Götze [Investitionsrechnung] 219; besonders passend hingegen vgl. auch im Weiteren Troßmann [Investition] 21.

Die Zielbildung richtet sich nach dem üblichen Ablauf des Planungsprozesses. Gleichzeitig sind die Alternativen zu suchen. Das bietet sich an, denn es ist zu erwarten, dass neue Alternativen bisher unberücksichtigte Ziele berühren. Neben den bisher genannten Anforderungen kardinaler Präferenzen sowie überschneidungsfreier Ziele müssen die Präferenzen wie auch Ziele des Entscheidungsträgers unabhängig sein. Die Präferenzunabhängigkeit fordert nicht nur, dass die Höhe des Zielertrags keinen Einfluss auf dessen eigenes Zielgewicht nimmt, sondern auch, dass dieses Zielgewicht nicht von den Zielerträgen anderer Ziele beeinflusst wird.<sup>1</sup> Diese Forderung ist dem analytischen Vorgehen der Nutzwertanalyse immanent, das auf die Zerlegung der Ziele angelegt ist. Solche Interdependenzen lassen sich auf zwei Arten lösen.<sup>2</sup> Entweder die von Abhängigkeiten betroffenen Ziele müssen (wieder) zusammengefasst werden,<sup>3</sup> da über ihre Verwirklichung nicht getrennt entschieden werden kann. Oder die Abhängigkeiten werden explizit berücksichtigt (z. B. bei gemeinsamen Finanzierungsgrenzen in der simultanen Finanz- und Investitionsprogrammplanung).

Die Schritte aus Abb. C-6 verdeutlicht das Fallbeispiel der öffentlichen Investition in das kommunale Freibad.<sup>4</sup> Die öffentliche Daseinsvorsorge verlangt, Kapazitäten für Schul-Schwimm-Unterricht bereitzustellen. Dieses unabdingbare Ziel ist nur zu erfüllen, wenn das Freibad fortbesteht, eine Desinvestition kommt daher nicht in Betracht. Abb. C-7 zeigt die kommunalen Skalenziele und deren Messung durch Kennzahlen.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Bamberg/Coenenberg/Krapp [Entscheidungslehre] 46, deren Beispiel sich eher auf abhängige Ziele und weniger auf abhängige Präferenzen bezieht.

<sup>2</sup> Zu sachlichen Gründen für Interdependenzen vgl. Troßmann [Controlling] 23 ff.

<sup>3</sup> Vgl. Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 153; das Zusammenfassen erfordert dann oftmals ein Zerlegen in mehrere Unterziele des neuen kombinierten Oberziels vgl. Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 137 f.

<sup>4</sup> Das begleitende Fallbeispiel zielt auf die kommunale Ebene ab. Bisher wurde festgestellt, dass Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nur für Bund und Länder vorgeschrieben sind. Nichtsdestotrotz gibt es vergleichbare Regelungen auch für die Kommunen und sinnvoll wäre eine entsprechende Vorgehensweise allemal. Hier nutzt die überschaubarere Situation der Kommune, um die Grundkonzepte zu erläutern, wohlwissend, dass die Vorgaben zu Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen sich unmittelbar nur auf Bund und Länder beziehen.

<sup>5</sup> Ziele sind nach den drei Dimensionen Zielinhalt, Zielausmaß und Zeitbezug festzulegen, vgl. Troßmann [Investition] 16.

Zielart ( $Z_j$ )	verbale Zielformulierung...	... gemessen durch die Kennzahl
$Z_1$	<b>Gesundheits</b> verbesserung durch Bewegung und Sport erhöhen	zusätzliche Bewegungsstunden je Besuch und Angebotsart $\times$ Besucheranzahl pro Jahr $\div$ 52 Wochen
$Z_2$	<b>Naherholungswert</b> der Kommune erhöhen	Indexgröße anhand einer Notenskala (sehr gut bis ungenügend)
$Z_3$	direkte negative <b>Klimawirkung</b> minimieren	direkte CO <sub>2</sub> -Emissionen in Tonnen pro Jahr
$Z_4$	Potential für <b>Vereinsaktivitäten</b> maximieren	maximale wöchentliche Anzahl von Zeitfenstern für Vereinsaktivitäten
$Z_5$	<b>Besucherpotential</b> maximieren	maximale Anzahl von Besuchern pro Tag
$Z_6$	<b>Eintrittspreise</b> bei gegebenem Kostendeckungsgrad minimieren	einfacher Eintrittspreis für Erwachsene

Abb. C-7: Operationalisierte Skalenziele der Kommune im Fallbeispiel<sup>1</sup>

Drei Investitionsalternativen sind zu berücksichtigen und manche Ausprägungen sind erklärungsbedürftig. So führt die Generalsanierung des Freibads für die Kommune zur Aufrechterhaltung des Status quo ( $A_1$ ). Im Vergleich dazu erhöht der Umbau des Freibads in ein neues, überregional bekanntes Erlebnisbad ( $A_2$ ) zwar das Potential mehr Besucher aufzunehmen, allerlei Attraktionen verbessern den Erholungswert und der grundlegende Umbau macht die Verwendung klimafreundlicher Technik möglich. Dadurch müssen allerdings auch die durchschnittlichen Eintrittspreise steigen – was die Kommune für sozial benachteiligte Besucher als Nachteil empfindet – und die Ausrichtung auf Erholung hat zur Folge, dass sich die Besucher durchschnittlich weniger bewegen, im Vergleich zum eher sportlich angelegten ursprünglichen Freibad. Entsprechend entgegengesetzt verhält sich die Alternative der Generalsanierung des Freibads sowie die Alternative der Generalsanierung des Freibades und der zusätzliche Neubau eines Hallenbads ( $A_3$ ). Die nachfolgende Abb. C-8 gibt die geschätzten bzw. prognostizierten Zielerträge  $e_{ji}$  der Alternativen  $i$  je Zielart  $j$  wieder.

<sup>1</sup> Diese Ziele lehnen sich eine Veröffentlichung des Deutschen Städte- und Gemeindebundes e. V. (vgl. [Freibäder]) an.

Wirkung je Alternative i...	Freibad	Erlebnisbad	Frei- u. Hallenbad
... und Ziel j	(A <sub>1</sub> )	(A <sub>2</sub> )	(A <sub>3</sub> )
Gesundheit (Z <sub>1</sub> )	35.000 Std.	78.750 Std.	75.000 Std.
Naherholung (Z <sub>2</sub> )	befriedigend	sehr gut	befriedigend
Klimawirkung (Z <sub>3</sub> )	100 t	20 t	110 t
Vereinsaktivitäten (Z <sub>4</sub> )	20 Zeitfenster	35 Zeitfenster	40 Zeitfenster
Besucherpotential (Z <sub>5</sub> )	3.500 Besucher	7.500 Besucher	3.700 Besucher
Eintrittspreise (Z <sub>6</sub> )	4€/Eintritt	6€/Eintritt	3,5€/Eintritt

Abb. C-8: Zielwirkungen der Alternativen im kommunalen Fallbeispiel

Um die unterschiedlichen Zielausprägungen in eine einheitliche Dimension zu überführen, nutzen Punktwertfunktionen gemäß Abb. C-8, die den Nutzen des Entscheidungsträgers in einer reellen Zahl auf einer gleichbleibenden Skala, hier zwischen 0 und 10, angeben (C.3). Dazu werden diskrete und kontinuierliche Punktwertfunktionen unterschieden.<sup>1</sup> Diskrete Punktwertfunktionen für kontinuierliche Zielerträge sind eher ungeeignet, denn dann ergeben sich möglicherweise unpassende Sprünge in den Höhenpräferenzen bei nur geringen Veränderungen der Zielerträge. In abschließenden Sensitivitätsanalysen müssten diese besonders untersucht werden.

$$P_{ji} := v_j(e_{ji}) \text{ wobei } P_{ji} \in [0,10] \quad (\text{C.3})$$

Insbesondere drei Ansätze zur Bestimmung von Punktwertfunktionen können unterschieden werden.<sup>2</sup> Die methodisch einfachste und für den Entscheidungsträger schwierigste ist das Direct-Rating. Dieses sieht vor, dass die Alternativen nach dem zu bewertenden Ziel geordnet werden und der Entscheidungsträger die Stützpunkte der Punktwertfunktion direkt angibt. Das entspricht einem wenig geordneten und weitestgehend freihändigen Vorgehen. Alternativ könnte die Vorgabe der Punktwerte auch direkt erfolgen, was bei Zielkriterien nicht kontinuierlicher Ausprägung kaum auf eine

<sup>1</sup> Vgl. Dreyer [Nutzwertanalyse] 60 ff., Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 159 ff.; der dort unterschiedene Fall stückweise-konstanter Teilnutzenfunktionen entspricht einem speziellen Funktionstypus kontinuierlicher Teilnutzenfunktionen. Er ist aber nicht stetig, weshalb hier die Bezeichnung „kontinuierliche“ Teilnutzenfunktionen gewählt wurde.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 117 ff., wobei diese stets von kontinuierlichen Zielkriterienausprägungen ausgehen. Zu einem Überblick Farquhar/Keller [Measurement].

andere Weise möglich ist.<sup>1</sup> Im Fallbeispiel<sup>2</sup> werden die Erträge zum Ziel Naherholung ( $Z_2$ ) direkt als (subjektiv) bewertete Größe gemessen. Hier muss das Direct-Rating angewandt werden. Zusätzlich sieht der Entscheidungsträger vor, dass die Äquidistanz zwischen den Ausprägungen für ihn gleich wichtig ist, was auch als Equal-Spacing bezeichnet wird.<sup>3</sup> Er besetzt die Ausprägungen ungenügend (6), mangelhaft (5), ausreichend (4), befriedigen (3), gut (2) und sehr gut (1) in dieser Reihenfolge mit den Punktwerten 0, 2, 4, 6, 8 und 10. Der Entscheidungsträger kann sich auch Zwischenwerte vorstellen, weshalb für die Punktwertfunktion  $v_2$  eine lineare Verknüpfung dieser Stützpunkte vorgenommen wurde.

Davon abzugrenzen sind die beiden folgenden Indifferenzmethoden. Die Methode gleicher Wertdifferenzen teilt den Wertebereich der Punktwertfunktion in mehrere gleiche Intervalle auf und sucht für die entsprechenden Grenzwerte korrespondierende Zielerträge. Das soll am Ziel Klimawirkung ( $Z_3$ ) näher betrachtet werden. Der Wertebereich der drei Alternativen erstreckt sich von  $e_{3i}^+ = 20$  t bis  $e_{3i}^- = 110$  t CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die schlechteste Ausprägung wird mit einem Punktwert von  $v_3(110) = 0$  festgelegt. Davon ausgehend ist eine Veränderung festzulegen, die den Ausgangspunkt weiterer Vergleiche bildet. Diese Veränderung soll auf ca. ein Drittel des Wertebereichs, also 30 t, festgelegt werden. Sie entspricht einer Reduzierung von 110 t auf 80 t und führt zu einer (nicht normierten) Änderung von  $\Delta v_3 = v_3(80) = 1$ . Ausgehend von 80 t bewertet der Entscheidungsträger die Reduzierung auf 55 t als genauso bedeutend, wie die Veränderung von 110 t auf 80 t. Damit steht ein zweiter Stützpunkt mit  $v_3(55) = 2$  fest, da  $\Delta v_3 = 1 = v_3(80)$  gilt. In dieser Art werden zwei weitere Stützpunkte  $v_3(35) = 3$  und  $v_3(20) = 4$  identifiziert. Aus der Multiplikation mit 10 und der Division mit dem größten so vergebenen Punktwert (hier 4) resultieren Punktwerte zu den festgelegten Zielerträgen zwischen 0 und 10.

---

<sup>1</sup> Vgl. Klein/Scholl [Entscheidung] 377 ff.

<sup>2</sup> Die Ergebnisse in Form der Punktwertfunktionen mit Graphen sowie die angesprochenen Stützpunkte sind in Abb. C-9 für alle Ziele zusammengetragen.

<sup>3</sup> Vgl. Lillich [Nutzwertverfahren] 54.

Die Halbierungsmethode hingegen sucht intervallweise die Zielerträge, für die der Entscheidungsträger den Punktwert in der Mitte zwischen den zwei annähernden Zielerträgen, für die die Höhenpräferenzen in Form von Punktwerten bekannt sind, einschätzt. Als Ausgangspunkt müssen die Zielerträge mit minimalem und maximalem Punktwert festgelegt werden. Am Ziel Besucherpotential ( $Z_5$ ) soll der Ansatz deutlich werden. Der Entscheidungsträger legt  $v_5(1.000) = 0$  und  $v_5(7.500) = 10$  fest. Zwar enthält keine der Alternativen die besagte Untergrenze von 1.000 Besuchern, das ist für die Formulierung der Punktwertfunktionen nicht störend und vereinfacht die Integration weiterer – bisher unberücksichtigter – Alternativen.<sup>1</sup> Als Ausprägung mit einem Punktwert genau zwischen dieser Unter- und Obergrenze identifiziert der Entscheidungsträger 3.500 Besucher, also  $v_5(3.500) = 5$ . Für das Intervall von  $v_5 = 0$  bis  $v_5 = 5$  sieht er keinen Grund, es weiter zu untergliedern. Die Punktwertfunktion nimmt für den Entscheidungsträger im Intervall zwischen  $v_5 = 5$  bis  $v_5 = 10$  bei 5.000 Besuchern einen Punktwert zwischen beiden Intervallgrenzen ein. Es gilt also  $v_5(5.000) = 7,5$ . Zwischen den so identifizierten Stützpunkten der Punktwertfunktion nimmt er eine lineare Verknüpfung an und formuliert  $v_5$ .

Entscheidungslogisch lassen sich Indifferenzmethoden zur Bestimmung von Präferenzrelationen (bisher Höhen-, im weiteren Verlauf auch Zielarten- und Zeitpräferenzen) empfehlen, da sie dem Entscheidungsträger helfen, seine Präferenzen zu fassen. Sie scheinen zwar aufwendiger, legen allerdings nur offen, welche Abwägungsprozesse der Entscheidungsträger beim scheinbar einfacheren Direct-Ratio-Verfahren oder der direkten Vorgabe von Präferenzrelationen selbst und ohne Unterstützung erbringen muss.<sup>2</sup> Die ungeordnete Einigung eines Entscheidungsgremiums der öffentlichen Hand auf eine bestimmte Präferenzrelation verstärkt diese Probleme noch. Gerade für Gremienentscheidungen lassen sich Indifferenzmethoden einsetzen. Dazu bildet das Gremium mit einer einfachen Mehrheitsabstimmung unter den Mitgliedern entsprechende Indifferenzurteile jeweils zweier Alter-

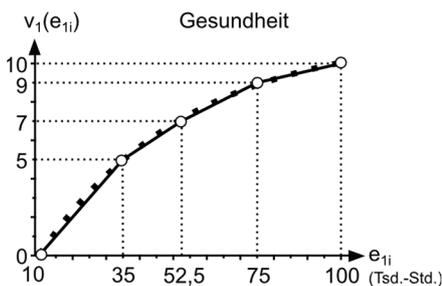
---

<sup>1</sup> Vgl. Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 120 f. und 131.

<sup>2</sup> Vgl. Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 122 f.

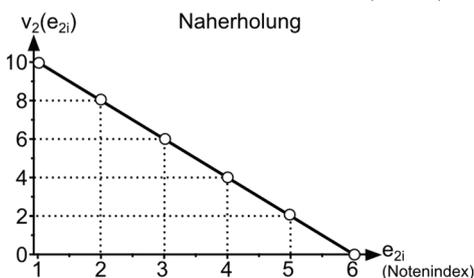
nativen.<sup>1</sup> Diese lassen sich wie die Indifferenzurteile eines einzelnen Entscheidungsträgers behandeln. Das entspricht auch der Anforderung, Gremienentscheidungen möglichst in mehrere Entscheidungen über jeweils nur zwei Alternativen mit einfacher Mehrheitsabstimmung zu zerlegen.<sup>2</sup> Im Weiteren ist bei Präferenzurteilen des Entscheidungsträgers, davon auszugehen, dass die Präferenzurteile wie oben beschrieben aus einer Mehrheitsabstimmung eines Entscheidungsgremiums resultieren.

Abb. C-9 fasst die so als Punktwertfunktionen formulierten Höhenpräferenzen zusammen. Dargestellt ist jeweils eine abschnittsweise lineare Punktwertfunktion  $v_j$  sowie eine mit Hilfe nichtlinearer Regressionsanalysen festgelegte differenzierbare Punktwertfunktion  $\hat{v}_j$ . So soll untersucht werden, ob abschnittsweise lineare Funktionstypen ausreichend genau sind.

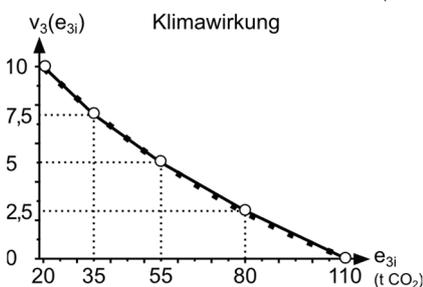


$$v_1(e_{1i}) = \begin{cases} 0 & \text{für } e_{1i} \leq 10 \\ (e_{1i} - 10) \div 5 & \text{für } 10 < e_{1i} \leq 35 \\ 5 + (e_{1i} - 35) \div 8,75 & \text{für } 35 < e_{1i} \leq 52,5 \\ 7 + (e_{1i} - 52,5) \div 11,25 & \text{für } 52,5 < e_{1i} \leq 75 \\ 9 + (e_{1i} - 75) \div 25 & \text{für } 75 < e_{1i} \leq 100 \\ 10 & \text{für } e_{1i} > 100 \end{cases}$$

$$\hat{v}_1(e_{1i}) = 11,6 \cdot \left(1 - e^{-0,02231 \cdot (e_{1i} - 10)}\right)$$



$$v_2(e_{2i}) = 12 - 2 \cdot e_{2i} \quad \text{für } e_{2i} \in [1, 6]$$



$$v_3(e_{3i}) = \begin{cases} 0 & \text{für } e_{3i} > 110 \\ 2,5 - (e_{3i} - 80) \div 12 & \text{für } 80 < e_{3i} \leq 110 \\ 5 - (e_{3i} - 55) \div 10 & \text{für } 55 < e_{3i} \leq 80 \\ 7,5 - (e_{3i} - 35) \div 8 & \text{für } 35 < e_{3i} \leq 55 \\ 10 - (e_{3i} - 20) \div 6 & \text{für } 20 < e_{3i} \leq 35 \\ 10 & \text{für } e_{3i} \leq 20 \end{cases}$$

$$\hat{v}_3(e_{3i}) = 20,26 \cdot e^{-0,01013 \cdot e_{3i}} - 6,606$$

<sup>1</sup> Vgl. zur Bildung von Indifferenzurteilen im Gemeinderat, also einem kommunalen Entscheidungsgremium, per Mehrheitsabstimmung Moll [Budgetierung] 90 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Kapitel B.III.2.b insbesondere S. 38.

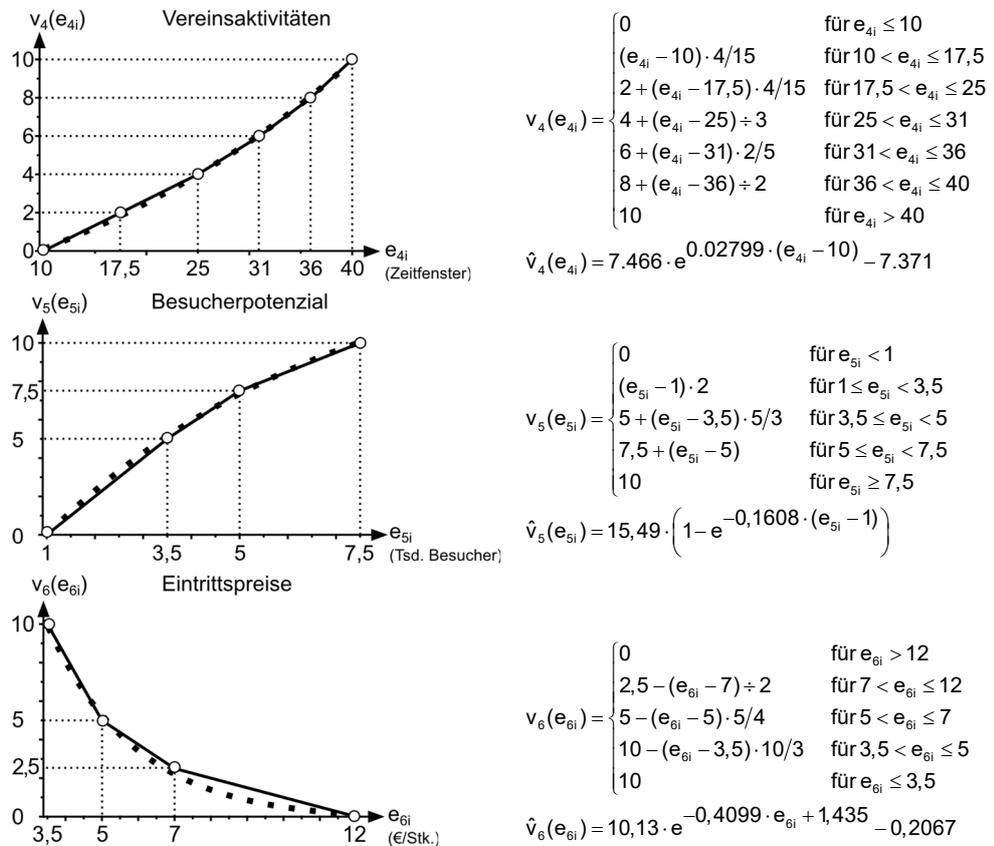


Abb. C-9: Partielle Wertfunktion  $v_j$  (linear) und  $\hat{v}$  (differenzierbar)

Um Zielgewichte festzulegen, existieren viele Verfahren, wobei sich wiederum zwei grundsätzliche Klassen unterscheiden lassen. In der Entscheidungstheorie werden zur Gewinnung von Gewichtungsfaktoren meist Verfahren empfohlen, die die Zielerträge der Alternativen mitberücksichtigen. Fasst man die Nutzwertanalyse als Punktwertverfahren oder Scoring-Verfahren auf, dann eröffnet sich eine Vielzahl weiterer Möglichkeiten.<sup>1</sup> Diese pragmatischen Ansätze sind mehr oder weniger gut begründet, beziehen in jedem Fall die Zielerträge der Alternativen nicht in die Bestimmung der Zielgewichte mit ein und gehen daher mit besagten Problemen einher.

<sup>1</sup> Vgl. (kritisch) zur freihändigen Vorgabe mit dem Direct-Ratio-Verfahren Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 145 f.; vgl. zu einzelnen pragmatischen Methoden Schierenbeck/Wöhle [Grundzüge] 193 ff. und zur Präferenzmatrix, vgl. Kühnapfel [Nutzwertanalysen] 14 ff. zur Paarvergleichsmethode; als pragmatisch aufzufassen, wäre auch die vorgeschlagene Verwendung von Paarvergleichsmatrizen des Analytical Hierarchy Prozess, z. B. Götze [Investitionsrechnung] 194, Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 174.

Zu den Indifferenzmethoden bzw. entscheidungsorientierten Ansätzen<sup>1</sup> zählt das Trade-off-Verfahren. Demnach benötigt es  $J - 1$  Gleichungen – wobei  $J$  für die Anzahl der Ziele steht – für die gilt, dass je zwei Alternativenpaare, die sich nur in zwei Attributen unterscheiden, als gleichwertig eingeschätzt werden. Aufgrund der Normierung – d. h. die Summe aller Gewichte ergibt 100 % – lässt sich das Gleichungssystem eindeutig lösen und für jedes Ziel ein Gewicht bestimmen. Das Swing-Verfahren hingegen basiert auf künstlichen Alternativen. Ausgehend von einer Alternative, die jedes Ziel möglichst schlecht erfüllt, werden in absteigender Reihenfolge sukzessive alle Ziele maximal erhöht und relativ zum ersten dieser Durchgänge bewertet. Da nur ein Ziel auf seine höchste Ausprägung erhöht wird und direkt eine Bewertung gegenüber der schlechtesten denkbaren Alternative erfolgt, können diese normierten Bewertungen direkt als Gewichte genutzt werden.

Das Trade-Off-Verfahren soll exemplarisch dargestellt werden. Verglichen werden zunächst die Ziele Gesundheit ( $Z_1$ ) und Naherholung ( $Z_2$ ). Dazu gibt der Entscheidungsträger ein Präferenzurteil zum Nutzwert  $N_{\hat{i}} := u_{\hat{i}}(e_{j\hat{i}})$  zweier künstlicher Alternativen  $\hat{i}$  ab. Hier basiert der Vergleich auf den Zielerträgen der Alternativen  $A_2$  und  $A_3$ . Die übrigen Zielerträge unterscheiden sich nicht. In diesem Fall zieht der Entscheidungsträger den Umbau des Freibads ( $\hat{i} = 1$ ), der Generalsanierung des Freibads sowie dem Neubau des Hallenbads ( $\hat{i} = 2$ ) vor, was (C.4) formal wiedergibt.

$$u_1(78.750 \text{ Std., gut, *, *, *, *}) \succ u_2(75.000 \text{ Std., befriedigend, *, *, *, *}) \quad (\text{C.4})$$

Naheliegender wird nun der besser variierbare Zielertrag von Ziel 1 so verändert, dass Alternative 3 im Vergleich zu Alternative 2 attraktiver wird. Z. B. verringern sich die Bewegungsstunden auf 65.000 Stunden, was noch nicht für eine Veränderung des Präferenzurteils ausreicht. Eine weitere Verringerung der Bewegungsstunden auf 55.000 Stunden führt zu einer Umkehr der Präferenz, eine erneute Erhöhung auf 60.500 Stunden zum gesuchten Indifferenzurteil (C.5).

---

<sup>1</sup> Vgl. im Weiteren Habenicht/Scheubrein [Mehrzielentscheidungen] 221, genauer Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 140 ff., Klein/Scholl [Entscheidung] 375 ff.

$$u_1(60.500 \text{ Std., gut, *, *, *, *}) \sim u_2(75.000 \text{ Std., befriedigend, *, *, *, *}) \quad (\text{C.5})$$

Das Indifferenzurteil (C.5) lässt sich auch als Gleichung auffassen. Da die übrigen Ziele ( $j = 3$  bis  $6$ ) für beide Alternativen gleich gut erfüllt werden, können diese unberücksichtigt bleiben, sie ließen sich durch Subtraktion auf beiden Seiten der Gleichung immer eliminieren. (C.6) zeigt die ursprüngliche Gleichung sowie ihre Form nach einigen Umstellungen.

$$\begin{aligned} g_1 \cdot v_1(60.500) + g_2 \cdot v_2(\text{gut}) &= g_1 \cdot v_1(75.000) + g_2 \cdot v_2(\text{befr.}) \\ g_1 \cdot 7,7111 + g_2 \cdot 8 &= g_1 \cdot 9 + g_2 \cdot v_2 6 \\ g_1 - \frac{45}{29} \cdot g_2 &= 0 \quad (1) \end{aligned} \quad (\text{C.6})$$

Für die restlichen vier Indifferenzurteile vergleicht der Entscheidungsträger die Ziele Naherholung und Eintrittspreise ( $j = 2, 6$ ), Klimawirkung und Eintrittspreise ( $j = 3, 6$ ), Vereinsaktivitäten und Besucherpotential ( $j = 4, 5$ ) sowie Besucherpotential und Eintrittspreise ( $j = 5, 6$ ). (C.7) zeigt die entsprechenden Indifferenzurteile.

$$\begin{aligned} u_1(*, \text{gut}, *, *, *, 3, 9) \sim u_2(*, \text{befr.}, *, *, *, 3, 5) & \quad g_2 - 2/3 \cdot g_6 = 0 \quad (2) \\ u_1(*, *, 75, *, *, 4) \sim u_2(*, *, 20, *, *, 6) & \quad g_6 - 18/11 \cdot g_3 = 0 \quad (3) \\ u_1(*, *, *, 30, 5500, *) \sim u_2(*, *, *, 40, 3700, *) & \rightarrow g_4 - 8/13 \cdot g_5 = 0 \quad (4) \\ u_1(*, *, *, *, 7500, 4, 5) \sim u_2(*, *, *, *, 3700, 3, 5) & \quad g_5 - 5/7 \cdot g_6 = 0 \quad (5) \end{aligned} \quad (\text{C.7})$$

Zusammen mit der Normierungsgleichung ergibt sich ein Gleichungssystem mit sechs Gleichungen und sechs Unbekannten, das sich offensichtlich lösen lässt. Die resultierenden Gewichtungsfaktoren finden sich in Abb. C-10. Mit den Punktwertfunktionen in Abb. C-9 lassen sich die Zielerträge je Alternative und Ziel aus Abb. C-8 in die Punktwerte  $P_{ji}$  umrechnen. Die Nutzenfunktion  $u$  aus (C.8) fasst die Ergebnisse je Alternative  $i$  in einem Nutzwert  $N_i$  zusammen.

$$N_i := u(e_{i1}, \dots, e_{ji}, \dots, e_{jI}) = \sum_{j=1}^J g_j \cdot P_{ji} \quad \text{mit } P_{ji} := v_j(e_{ji}) \quad (\text{C.8})$$

Abb. C-10 zeigt die Ergebnisse der Nutzwertanalyse im Fallbeispiel.

Alternative $A_i$		Freibad $A_1$		Erlebnisbad $A_2$		Frei- u. Hallenbad $A_3$	
Skalenziele $Z_j$	Gewichte $g_j$	Punkt- wert $P_{j1}$	Teil- nutz- wert $g_j \cdot P_{j1}$	Punkt- wert $P_{j2}$	Teil- nutz- wert $g_j \cdot P_{j2}$	Punkt- wert $P_{j3}$	Teil- nutz- wert $g_j \cdot P_{j3}$
Gesundheit ( $Z_1$ )	22,9 %	5	1,15	9,15	2,10	9	2,06
Naherholung ( $Z_2$ )	14,8 %	6	0,89	10	1,48	6	0,89
Klimawirkung ( $Z_3$ )	14,5 %	0,83	0,12	10	1,45	0	0,00
Vereinsaktivitäten ( $Z_4$ )	9,7 %	2,67	0,26	7,6	0,74	10	0,97
Besucherpotential ( $Z_5$ )	15,8 %	5	0,79	10	1,58	5,33	0,84
Eintrittspreise ( $Z_6$ )	22,2 %	8,33	1,85	3,75	0,83	10	2,22
<b>Nutzenpunktwert <math>N_i</math></b>		<b>5,05</b>		<b>8,19</b>		<b>6,99</b>	

Abb. C-10: Berechnung von Nutzwerten  
im kommunalen Fallbeispiel mit drei Alternativen<sup>1</sup>

Demnach legen die Ergebnisse als Präferenzfolge  $A_1 < A_3 < A_2$  nahe. Dabei ist zu beachten, dass die finanziellen Ziele bisher unberücksichtigt geblieben sind. Neben der finanziellen Zielwirkung berücksichtigt der dargestellte nutzwertanalytische Ansatz in keiner Weise die mehrperiodigen Zielwirkungen öffentlicher Investitionen. Daher soll eine dynamischen Nutzwertanalyse entwickelt werden, als Muster können hierzu die investitionsrechnerischen Ansätze dienen, die es nachfolgend zu betrachten gilt.

## 2. Zur Messung der Kosten öffentlicher Investitionen

### a) Geeignete Investitionsrechenverfahren bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen

Investitionsrechenverfahren dienen der Entscheidung über Investitionen. Die Entscheidungssituationen von Investitionen kennzeichnet in erster Linie eine beachtliche zeitliche Verteilung der Zahlungskonsequenzen. Sie fassen dazu die Vielfalt der Zahlungskonsequenzen einer Investition zusammen.<sup>2</sup> Dabei sind Investitionsrechenverfahren nicht auf einen bestimmten

<sup>1</sup> Mit kontinuierlichen Punktwertfunktionen ergeben sich nur sehr geringe Abweichungen zwischen -1,2% und 1,7% ( $N_1 \approx 4,99$ ,  $N_2 \approx 8,24$  und  $N_3 \approx 7,11$ ). Daher scheint es angemessen, im Weiteren abschnittsweise lineare Punktwertfunktionen zu verwenden.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Troßmann [Investition] 25.

Typus des zeitlichen Verlaufs der Zahlungen beschränkt.<sup>1</sup> Sie scheinen also prinzipiell für öffentliche Investitionen passend; welche Methoden (wann) zur Bewertung öffentlicher Investitionen geeignet, welche Aspekte aufgrund der Mehrzielorientierung der öffentlichen Hand zu bedenken und wie die Vorgaben aus den Arbeitsanleitungen einzuschätzen sind, soll nachfolgend betrachtet werden.

Die wichtigste Vertreterin dynamischer Investitionsrechenverfahren ist die Kapitalwertmethode. Im Grundmodell dient sie für isolierte Projektentscheidungen, d. h. für Ja/Nein- bzw. Auswahlentscheidungen bei unabhängigen Investitionsprojekten. Die Kapitalwertrechnung lässt sich leicht anhand der Kapitalwertformel (C.9) beschreiben. Das einzelne Investitionsprojekt wird durch projektbezogene Zahlungsüberschüsse  $z_{it}$  je Periode  $t$  modelliert, die jeweils in den Zähler eingehen. Einzubeziehen sind solche Positionen, die durch die Entscheidung für das konkrete Investitionsprojekt ausgelöst werden. Die Höhe der anzusetzenden Position richtet sich nach den resultierenden Ein- und Auszahlungen. Der Zahlungsüberschuss pro Periode kann auch als Differenz ertragsgleicher Einnahmen und aufwandsgleicher Ausgaben bezeichnet werden.<sup>2</sup> Bei der Modellierung der Zahlungsströme werden alle Zahlungen innerhalb einer Periode so behandelt, als wären sie zum gleichen Zeitpunkt (typischerweise z. B. am Ende der Periode) fällig geworden.

Da sich die periodisch zusammengefassten Zahlungsüberschüsse auf unterschiedliche Zeitpunkte beziehen, führt eine einfache Summenbildung offensichtlich zu stark verzerrten Ergebnissen. So würde jede Geldanlage positiv und jeder Kredit negativ bewertet. Grundlegend für die Kapitalwertrechnung ist das Diskontieren der periodenindividuellen Zahlungsüberschüsse von Investitionsprojekt  $i$   $z_{it}$  zu Zeitwerten mit dem Kalkulationszinssatz  $p$

---

<sup>1</sup> So unterscheiden Kruschwitz und Lorenz beispielsweise nach der Richtung des Vorzeichenwechsels in Investitionen (von negativ zu positiv) und Finanzierung (von positiv zu negativ). Sie verweisen aber zugleich darauf, dass die Verfahren der Investitionsrechnung unverändert anwendbar bleiben, sofern sie überhaupt geeignet sind, vgl. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 3 f., auch Troßmann [Investition] 5 ff.; bei manchen Zahlungsströmen – insbesondere von solchen öffentlicher Projekte – müssen allerdings methodische Anpassungen vorgenommen werden, was in Kapitel D und E zu betrachten ist.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 30 f.

bzw. dem Aufzinsungsfaktor  $q$ , repräsentiert durch den Nenner in Formel (C.9). Die resultierenden Barwerte zu den einzelnen Zahlungsüberschüssen beziehen sich alle auf die Periode 0 und lassen sich daher zum Kapitalwert  $K_i$  des Investitionsprojekts  $i$  aufsummieren. Der Kalkulationszinssatz bildet die finanzielle Nullalternative im Modell ab.<sup>1</sup> Der Kapitalwert ist der Betrag, der aufgrund einer Investition zusätzlich zu Beginn entnommen werden kann, ohne sich im Vergleich zur finanziellen Nullalternative schlechter zu stellen. Ist er positiv, dann ist das Investitionsprojekt vorteilhaft gegenüber der finanziellen Nullalternative.<sup>2</sup> Stehen mehrere sich gegenseitig ausschließende Alternativen zur Wahl, ist dasjenige Investitionsprojekt zu wählen, das den höchsten Kapitalwert liefert.

$$K_i = z_{0i} + \sum_{t=1}^T \frac{z_{ti}}{q^t} \text{ wobei } q = 1 + \frac{p}{100} \quad (\text{C.9})$$

In der Literatur finden sich allerlei Prämissen des Grundmodells der Kapitalwertrechnung.<sup>3</sup> Am umfassendsten ist die Forderung nach einem vollständigen und unbeschränkten Kapitalmarkt.<sup>4</sup> D. h. für den Entscheidungsträger entsprechen sich Soll- und Habenzinssatz und er hat keine Finanzierungsbeschränkung, kann also unbegrenzt Gelder aufnehmen und anlegen. Zwar ist das Grundmodell der Kapitalwertmethode dann problemadäquat, aber nicht realitätsnahe, da diese Annahmen praktisch nie beobachtbar sind. Auch ihr heuristischer Wert ist zweifelhaft, da der Kalkulationszinssatz großen Einfluss auf die Ergebnisse der Kapitalwertrechnung hat.

Es können auch weniger restriktive Annahmen für die Verwendung des Grundmodells getroffen werden. Die finanzielle Nullalternative wird durch die Finanzierungsstruktur des Entscheidungsträgers bestimmt, also durch die zur Verfügung stehenden Finanzierungsgeschäfte. Im Grundmodell befindet sich der Investor in einer sehr ausgeprägten Geldnehmer- oder Geld-

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Troßmann [Investition] 33 ff.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Troßmann [Investition] 26 f.

<sup>3</sup> Vgl. Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 64 ff., Bieg/Kussmaul/Waschbusch [Investition] 102, kritischer hier Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 58.

<sup>4</sup> Vgl. auch im Weiteren Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 41 ff., die in vollständig und unbeschränkt differenzieren. Zusätzlich wird die Erwartung konstanter Zinssätze nötig, ansonsten ist das Grundmodell, um periodenindividuelle Verzinsung zu erweitern.

geber-Situation. Der Investor nutzt also dasselbe Finanzierungsgeschäft, um alle Auszahlungen zu finanzieren und alle Einzahlungen anzulegen.<sup>1</sup> Es ist zu erwarten, dass diese Finanzierungssituation – wenngleich nicht häufig – auch für die öffentliche Hand zu beobachten ist; dann ist das Grundmodell der Kapitalwertmethode geeignet und andere aufwendigere Methoden sind nicht erforderlich. Bei einigen öffentlichen Investitionen mag das der Fall sein; desto größer der Finanzbedarf, desto eher ist das Grundmodell der Kapitalwertmethode ungeeignet bzw. nicht problemadäquat.

Die Beurteilung, wann welche Form der Kapitalwertmethode angemessen ist, hängt maßgeblich von der Finanzierungssituation ab. Erwartet der Entscheidungsträger lediglich in der Zukunft veränderliche Zinssätze, z. B. weil sich die Konditionen verändern oder die Finanzierungsgrenze des ursprünglich verwendeten Finanzierungsgeschäfts erreicht wird und sich – zum Periodenende – ein anderes anschließt, muss das Grundmodell der Kapitalwertmethode um periodenindividuelle Verzinsung erweitert werden.<sup>2</sup> Mit weiter zunehmendem Finanzbedarf der öffentlichen Investition, sind weitere Finanzierungsgeschäfte zunehmend zu nutzen und andere Methoden werden erforderlich. Dann ist zu unterscheiden, ob die Finanzierungssituation einer Art Kontokorrentkonto gleicht oder ob die Struktur der verwendeten Finanzierungsgeschäfte eher beliebig ist. Erstere Finanzierungssituation kennzeichnet mehrere begrenzt gültige Finanzierungsgeschäfte, über deren Umfang zu jedem Zeitpunkt – im Modell reicht periodisch aus – disponiert werden kann. Dann ist die Methode der begrenzt gültigen Regelfinanzierung geeignet, um entscheidungsorientierte Kapitalwerte zu berechnen.<sup>3</sup> Sind Dispositionen auch über mehrperiodige Finanzierungsgeschäfte beachtenswert – und davon ist auch für die öffentliche Hand meistens auszugehen – kommen nur Ansätze in Frage, die die Finanzierungsgeschäfte explizit abbilden, so deren Gültigkeitsgrenzen berücksichtigen können und anstreben, die Zahlungswirkungen in den einzelnen Perioden zielentsprechend auszugleichen. Dazu sind Ansätze von Grob<sup>4</sup> mit vollständigen Fi-

---

<sup>1</sup> Vgl. Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 359, Troßmann [Investition] 32 f.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 118 f.

<sup>3</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 122 ff.

<sup>4</sup> Vgl. Grob [Investitionsrechnung] 104 ff.

nanzplänen ebenso wie von Troßmann<sup>1</sup> mit der Marktzinsmethode entwickelt worden. Bevor einer dieser Ansätze eingehend dargestellt wird, ist zunächst zu überprüfen, ob weitere Investitionsmodelle für öffentliche Investitionen geeignet sind. Einen Überblick über häufige Arten von Investitionsrechenverfahren gibt Abb. C-11.

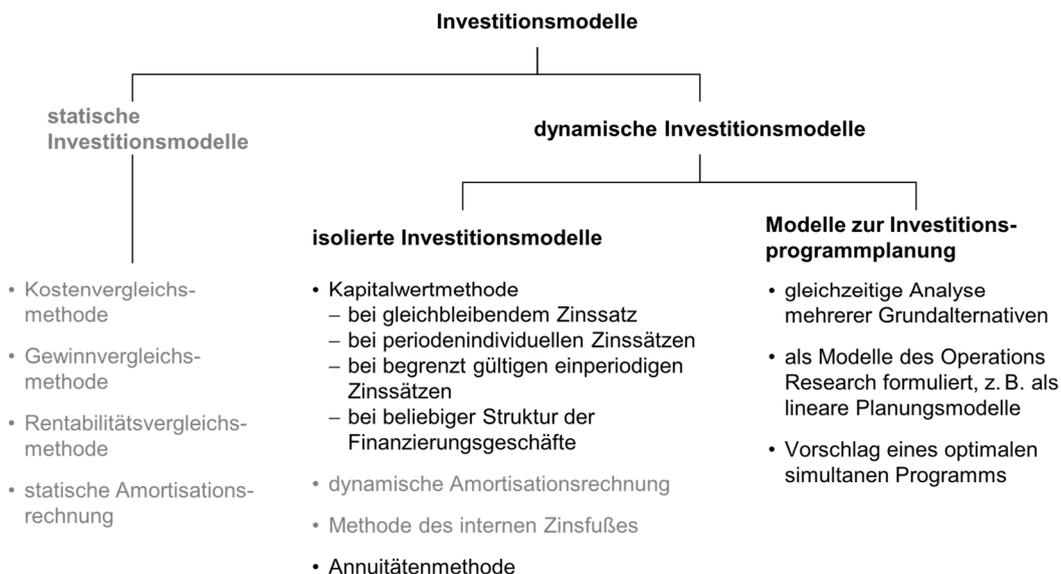


Abb. C-11: Arten von Investitionsrechnungen (vgl. Troßmann [Investition] 31 leicht abgeändert)

Bei der Kapitalwertmethode standen bisher isolierte Investitionsmodelle im Vordergrund. Dazu zählen auch prinzipiell ungeeignete Methoden, wie die der statischen Investitionsmodelle sowie die (dynamische) Methode des internen Zinsfußes und der dynamischen Amortisationsrechnung.

Statische Modelle versuchen aus dem Zahlungsstrom eine einfache Durchschnittsgröße zu ermitteln und wollen so eine Vergleichbarkeit verschiedener Alternativen erreichen. Die zeitliche Verteilung wird bei der einfachen Durchschnittsbildung nicht berücksichtigt, weshalb diese Verfahren in der Literatur für Entscheidungen über mehrperiodige Investitionen heute grundsätzlich abgelehnt werden.<sup>2</sup> Die dynamische Amortisationsmethode sucht den Break-Even-Zeitpunkt, ab wann eine Investition ihre Anfangsauszahl-

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 157 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 41, auch Troßmann [Investition] 83 ff.

lung amortisiert. Davon abgesehen, dass eine Investition sich immer dann am schnellsten amortisiert, wenn sie nicht durchgeführt wird, muss besonders kritisch betrachtet werden, dass der Verlauf des Zahlungsstroms nach der Amortisation oftmals nicht mehr berücksichtigt wird. Allgemein könnte ein typischer Lebenszyklus zum Ende eines Investitionsprojekts zu sinkenden Einzahlungen und damit auch zu negativen Zahlungsüberschüssen führen. Ob sich die Investition insgesamt trotzdem lohnt, bleibt dann unberücksichtigt. Allgemein können mit solchen Break-Even-Analysen keine Auswahl- und nur bedingt Ja/Nein-Entscheidungen getroffen werden.

Ebenfalls als Break-Even-Analyse ist die Methode des internen Zinsfußes anzusehen. Der interne Zinsfuß stellt die Nullstelle(n) der Kapitalwertfunktion dar, also der Abbildung des Kapitalwerts einer Investition in Abhängigkeit vom Kalkulationszinssatz. Als Rentabilitäts- oder Renditekennzahl genießt sie in der betrieblichen Praxis großen Zuspruch. Der interne Zinsfuß ist aber auch keine Rendite<sup>1</sup> und kann auch im typischen Anwendungsfeld von Renditen über deren generelles Maß hinaus zu Fehlentscheidungen führen, was folgendes Beispiel verdeutlicht: Ein Investor hat 100 Euro in Periode 0 zur Verfügung. Er kann aus zwei wiederholbaren Investitionsalternativen mit den Zahlungsströmen aus Abb. C-12 wählen.

Periode	Zahlungsüberschüsse zu Alternative I (in €)	Zahlungsüberschüsse zu Alternative II (in €)
0	-100	-10
1	1	1
2	20	12
3	130	1

Abb. C-12: Beispiel zur Kritik am internen Zinsfuß

Es soll ein Kalkulationszinssatz in Höhe von 2 % p. a. gelten. Alternative I kann einmalig durchgeführt werden und liefert einen Kapitalwert von 42 Euro, Alternative II kann bis zu zehn Mal durchgeführt werden und liefert insgesamt einen Kapitalwert von 35 Euro. Demnach wäre Alternative I vor Alternative II zu wählen und steht der Rangfolge nach dem internen Zinsfuß mit 16 % für Alternative I und mit 18 % für Alternative II entgegen.

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 101.

Die Verwendung des internen Zinsfußes als Entscheidungsregel ist, vor allem bei Auswahlentscheidungen, abzulehnen.<sup>1</sup> Die Analyse der zugrundeliegenden Kapitalwertfunktion (in Abhängigkeit vom Zinssatz) kann hingegen wertvolle Informationen liefern und in einfachen Fällen auch für Ja/Nein-Entscheidungen herangezogen werden. Das erklärt nicht die praktische Beliebtheit dieser Methode, sondern vielmehr die vorgetäuschte Berücksichtigung des „Kapitaleinsatzes“. Diese unterliegt der Annahme, das „Kapital“ sei knapp und mehrere Investitionsalternativen konkurrieren darum. Abgesehen von der Herausforderung, diesen „Kapitaleinsatz“ zu bestimmen,<sup>2</sup> wird das „Knapsackproblem“ – ausgelöst dadurch, dass Investitionen regelmäßig nur ganz oder gar nicht durchgeführt werden können –<sup>3</sup> verkannt. Steht als Entscheidungsproblem weniger die Entscheidung über ein Investitionsprojekt im Vordergrund, sondern vielmehr die Frage, wie sich ein knappes Finanzbudget möglichst zielentsprechend ausnutzen lässt, muss auf Modelle zur Investitionsprogrammplanung übergegangen werden. Modelle zur Investitionsprogrammplanung befassen sich mit der Planung mehrerer, sich gegenseitig nicht ausschließender Investitionsalternativen gleichzeitig. Im Zuge dessen werden in der Literatur sukzessive und simultane Planungsansätze unterschieden. Dies bezieht sich in erster Linie auf die Abstimmung von Teilplänen verschiedener Sachbereiche.<sup>4</sup> Bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der öffentlichen Hand sind neben isolierten Entscheidungen vor allem solche Entscheidungen relevant, bei denen Interdependenzen der einzelnen Investitionsprojekte durch finanzielle Restriktionen zu beachten sind. Geeignet dazu sind simultane Investitions- und Finanzplanungsmodelle. Diese Arbeit betrachtet Investitionen, weshalb Modelle zur (reinen) Finanzplanung, z. B. mit graphenorientierten Netzwerkmodellen wie von Troßmann entwickelt,<sup>5</sup> unberücksichtigt bleiben.

---

<sup>1</sup> Vgl. z. B. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 87 ff., Troßmann [Investition] 98 ff.

<sup>2</sup> Die Baldwin-Rendite unternimmt einen solchen Versuch, vgl. hierzu Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 97, Hering [Investitionstheorie] 131 ff., vgl. ursprünglich Baldwin [Investment].

<sup>3</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 210.

<sup>4</sup> Vgl. auch im Weiteren Bieg/Kußmaul/Waschbusch [Investition] 218.

<sup>5</sup> Vgl. Troßmann [Netzwerke] 19 ff.

Investitionsprogrammplanungsmodelle zur simultanen Abstimmung von Investitions- und Finanzplänen nutzen Verfahren des Operation Research. „Kleinere“ Planungsprobleme, also solche mit eher geringer Anzahl von Investitionsprogrammalternativen und wenig detaillierter Beschreibung der Finanzierungssituation, lassen sich oftmals durch vollständige Enumeration in Entscheidungsbäumen oder mit der dynamischen Planungsrechnung abbilden und lösen. Mit zunehmendem Detaillierungsgrad der Finanzierungssituation – vor allem also durch die Erfassung verschiedener Finanzierungsgeschäfte – zeigt die lineare Planungsrechnung mit entsprechenden Optimierungsansätzen, wie dem Simplexalgorithmus, ihre Vorzüge. Werden Rentabilitätsvergleiche zur Abstimmung von Investitions- und Finanzplan<sup>1</sup> abgelehnt, vor allem wegen des „Knapsackproblems“,<sup>2</sup> müssen andere Methoden hier konsequenterweise besser geeignet sein. Investitionsprojekte sind regelmäßig nur einmalig durchführbar, fast immer unteilbar – im Gegensatz zu Finanzprojekten – und teilweise an spezifische Finanzprojekte geknüpft, z. B. bei öffentlichen Investitionsförderungen. In den Modellen kann dies durch ganzzahlige Entscheidungsvariablen berücksichtigt werden. Dann aber gestaltet sich die Lösung der resultierenden Modelle schwieriger.

Unberücksichtigt blieb bisher die Annuitätenmethode, da sie einen methodischen Sonderfall darstellt. Im Grundmodell mit konstanten Zinssätzen sowie im erweiterten Grundmodell mit periodenindividuellen Zinssätzen lässt sich die Annuität durch die Multiplikation des Annuitätenfaktors mit dem Kapitalwert berechnen. Der Annuitätenfaktor über eine bestimmte Laufzeit bei gegebenen periodenindividuellen Zinssätzen  $p_t$  ist dabei unabhängig vom Investitionsprojekt, wie (C.10) zeigt.

$$\text{Annuitätenfaktor} = \frac{1}{\sum_{t=1}^T \frac{1}{\prod_{t'=1}^t q_{t'}}} \quad (\text{C.10})$$

---

<sup>1</sup> Ein solcher Vorschlag ist der sogenannte Dean-Ansatz, vgl. z. B. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 214, Hering [Investitionstheorie] 144, vgl. ursprünglich Dean [Budgeting] 62 ff.

<sup>2</sup> Zur weiteren Kritik vgl. Troßmann [Investition] 210.

Durch eine solche Rechenoperation kann sich keine Entscheidungsempfehlung verändern. Dieser Effekt ist im Weitesten Sinne als Fisher-Separation bekannt. Demnach kann die zeitliche Konsumpräferenz des Entscheidungsträgers unberücksichtigt bleiben, wenn er ausreichend große Finanzierungsmöglichkeiten bei periodeneinheitlichen Zinssätzen hat.<sup>1</sup> Zeitpräferenzen spielen dann also keine Rolle. Wenn innerhalb einer Periode mehrere Zinssätze gelten, weil Grenzen der Finanzierungsgeschäfte relevant werden, gilt die Fisher-Separation nicht.<sup>2</sup> Entsprechend kann bei der Annuitätenmethode nicht mehr von einer veränderten Methode gesprochen werden, sondern vielmehr gibt die Wahl des Entscheidungskriteriums die Zeitpräferenzen des Entscheidungsträgers wieder. Prinzipiell ließe sich jede Form des Zahlungsstroms als Kriterium nutzen, sofern entweder genau eine Periode aufgeführt ist, die flexibel Überschüsse und Fehlbeträge aufnimmt und daher maximiert werden kann (z. B. ein Kapitalwert, ggf. unter der Nebenbedingung eines bestimmten Entnahmestroms). Oder es nehmen mehrere Perioden flexibel Überschüsse und Fehlbeträge auf, aber in einem festgelegten Verhältnis (z. B. eine Annuität unter der Nebenbedingung eines bestimmten Entnahmestroms). In der Literatur wurde dies unter dem Begriff der Zielzahlungsreihe diskutiert.<sup>3</sup> Zwar gehen z. B. Kruschwitz und Fischer davon aus, dass es aufgrund eines „falschen“ Entscheidungskriteriums kaum zu Fehlentscheidungen kommen sollte.<sup>4</sup> Inwieweit die Argumentation übertragbar ist, wenn die Ergebnisse in einen Mehrzielansatz übernommen werden, ist jedoch fraglich. In jedem Fall sollten die methodischen Ansätze so gestaltet sein, dass sie dem Entscheidungsträger nicht vorschreiben, welches Entscheidungskriterium er zu verwenden hat.

---

<sup>1</sup> Vgl. Fisher [Interest] 36 ff., wobei dieser die Forderung dann im vollkommenen Kapitalmarkt erfüllt sieht.

<sup>2</sup> Vgl. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 66 f., Kruschwitz [Diskussionspapier] 5 f., Schneider [Investition] 80 f.

<sup>3</sup> Vgl. Drukarczyk [Entscheidungsrechnung] 25 ff.

<sup>4</sup> Vgl. Kruschwitz/Fischer [Konflikte] 782.

### **b) Analyse der Vorgaben an die Kapitalwertmethode bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

Die Vorgaben an Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen beziehen sich ganz überwiegend – wenn nicht sogar ausschließlich – auf isolierte Entscheidungen über öffentliche Investitionen. Das ist vermutlich eine weniger bewusste Einschränkung als vielmehr einem Mangel an Entscheidungsorientierung geschuldet. Für isolierte Entscheidungen bleibt nach den bisherigen Überlegungen vor allem die Vorgaben an die Kapitalwertmethode zu betrachten. Hierzu bietet es sich an, auch die Beispielrechnungen der Arbeitsanleitung des Bundesministeriums der Finanzen näher zu beleuchten.

Neben den sehr allgemeinen Ausführungen zum Grundmodell der Kapitalwertrechnung fällt das „komplexe“ Beispiel mit Zinssätzen der Zinsstrukturkurve auf, insbesondere der Umgang mit diesen.<sup>1</sup> So ist dies in erster Linie auf einen Sonderfall der zugrunde liegenden Finanzierungsgeschäfte zurückzuführen. Auf Bundesebene soll der Diskontierungsfaktor aus der Zinsstrukturkurve abgeleitet werden. Bei periodenweise unterschiedlichen Zinssätzen wäre eine Berechnung des Kapitalwerts mit periodenindividuellen Zinssätzen zu erwarten.<sup>2</sup> Der Abzinsungsfaktor einer bestimmten Periode  $t$  ergibt sich allgemein nach der Rechenvorschrift (C.11), während im Beispiel der Arbeitsanleitung Vorschrift (C.12) gilt.

$$AZF_t = \frac{1}{q_t} = \frac{1}{\left(1 + \frac{p_1}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{p_2}{100}\right) \cdot \dots \cdot \left(1 + \frac{p_t}{100}\right)} \quad (\text{C.11})$$

$$AZF_t = \frac{1}{q_t} = \frac{1}{\left(1 + \frac{p_t}{100}\right)^t} \quad (\text{C.12})$$

Die Zinssätze der Zinsstrukturkurve basieren auf Nullkuponanleihen, also endfälligen Kassageschäften ohne Zwischenzinszahlungen, während die periodenindividuelle Verzinsung üblicherweise Terminzinssätze für jeweils einperiodige Finanzierungsgeschäfte annimmt. In beiden Fällen wird der jeweils zugrunde liegende nominale Jahreszinssatz angegeben. Die Defini-

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 18.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 113.

tion der Zinssätze aus der Zinsstrukturkurve weicht doch erheblich von der für periodenindividuelle Zinssätze üblichen ab, was nicht zu vernachlässigende Auswirkung auf die Berechnung der Abzinsungsfaktoren und damit auf die Barwerte sowie die Zielgröße des Kapitalwerts hat. Ansonsten finden sich in der Arbeitsanleitung lediglich Beispiele für die Umrechnung von Kapitalwerten zu Annuitäten, allerdings nur für den Fall eines konstanten Zinses.

Viele Vorgaben zur Anwendung der Kapitalwertmethode beziehen sich auf den Diskontierungszinssatz und damit auf den Nenner der Kapitalwertformel. Der Zähler enthält die projektspezifischen Zahlungsüberschüsse und diese können am besten von der dezentralen Einheit prognostiziert werden. Mehr als allgemeine Hinweise können hierzu nicht erwartet werden. Anders stellt es sich für den Kalkulationszinssatz im Nenner dar. Die Arbeitsanleitung regelt, dass aus der Zinsstrukturkurve „die Zinssätze für gleiche Laufzeiten und Stichtage immer dann zugrunde gelegt werden, wenn es sich um finanziell bedeutsame und längerfristige Maßnahmen handelt, für die Handlungsalternativen mit einem wesentlichen privaten Finanzierungsanteil infrage kommen.“<sup>1</sup> Diese Zinssätze der Zinsstrukturkurve basieren auf börsennotierten Bundeswertpapieren der Bundesbank. Für finanzwirksame Maßnahmen, auf die eines dieser Kriterien nicht zutrifft, kann der im Rundschreiben des Bundesfinanzministeriums angegebene (konstante) Durchschnittszinssatz (z. B. 0,8 % p. a. aus dem Jahr 2022) verwendet werden.<sup>2</sup>

Kritik kommt hier vom Bundesrechnungshof.<sup>3</sup> Dieser weist einerseits darauf hin, dass die verwendeten Zinssätze der Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen vor den Entscheidungen oftmals nicht aktualisiert wurden. Die Notwendigkeit zur Aktualisierung ergibt sich bei einer entscheidungsorientierten Vorrechnung nur eingeschränkt, da die tatsächliche Finanzierungssituation zu verwenden bzw. auf den Investitionszeitraum zu prognostizieren ist. Andererseits stellt der Bundesrechnungshof fest, dass fehlerhaft zwischen dem konstanten Durchschnittszinssatz und den (periodenindividuellen) Zinssät-

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 7.

<sup>2</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Rundschreiben] 3.

<sup>3</sup> Vgl. Präsident des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] 34 ff.

zen der Zinsstrukturkurve gewählt wird. Das lässt sich damit erklären, dass die verantwortlichen Stellen versuchen, ihre Investitionen „besser“ darzustellen, indem jeweils der Ansatz gewählt wird, der einen höheren Kapitalwert ausweist. Daher hat der Bundesrechnungshof drei Kriterien der Arbeitsanleitung konkretisiert.<sup>1</sup> Sie werden hier nicht näher betrachtet, denn aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist es kaum mühevoller die Kapitalwertmethode statt mit einem konstanten Zinssatz, mit – wie oben gezeigt leicht abgewandelten – periodenindividuellen Zinssätzen durchzuführen. Dies erhöht die Komplexität des Modells nicht. Für beide Ansätze ist äußerst fraglich, ob sie die Entscheidungssituation überhaupt adäquat berücksichtigen. Das erfordert den entscheidungslogischen Gehalt der Zinssätze aus der Zinsstrukturkurve für die öffentliche Hand zu betrachten.

Die Zinssätze der Zinsstrukturkurve werden durch die Bundesbank tagesaktuell veröffentlicht.<sup>2</sup> Dazu schätzt die Bundesbank die Parameter  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \tau_1$  und  $\tau_2$  des zugrunde liegenden Nelson/Siegel/Svensson-Modells. Durch Einsetzen in folgende Formel (C.13) lassen sich dann die entsprechend (diskreten) laufzeitabhängigen Zinssätze berechnen:

$$y_0(t) = \beta_0 + \beta_1 \left( \frac{1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}}}{\frac{t}{\tau_1}} \right) + \beta_2 \left( \frac{1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}}}{\frac{t}{\tau_1}} - e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right) + \beta_3 \left( \frac{1 - e^{-\frac{t}{\tau_2}}}{\frac{t}{\tau_2}} - e^{-\frac{t}{\tau_2}} \right) \quad (\text{C.13})$$

Das Nelson/Siegel/Svensson-Modell dient der parametrischen nichtlinearen Regressionsanalyse börsennotierter – und damit handelbarer – Bundeswertpapiere. Es sucht einen möglichst passenden funktionalen Zusammenhang zwischen der Laufzeit und den Effektivzinssätzen, basierend auf bestehenden Bundeswertpapieren.<sup>3</sup> Als Effektivzinssatz – teilweise auch als Rendite bezeichnet – ist hierbei der interne Zinsfuß eines Bundeswertpapiers unter Berücksichtigung seines tagesaktuellen Preises – auch als Kurs bezeichnet – zu verstehen.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Vgl. Präsident des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] 36 f.

<sup>2</sup> Vgl. zu den tagesaktuellen Werten Deutsche Bundesbank [Zinsstruktur].

<sup>3</sup> Vgl. auch im Weiteren Deutsche Bundesbank [Schätzung] 64 ff.

<sup>4</sup> Vgl. Reese/Wiese [Basiszins] 41.

Die Zinssätze der Zinsstrukturkurve finden unter anderem als risikolose Rendite im Capital Asset Pricing Modell Verwendung,<sup>1</sup> welches insgesamt für (mehrperiodige) Investitionsentscheidungen nicht geeignet ist.<sup>2</sup> Sie haben den Charakter eines marktorientierten Durchschnittszinssatzes auf Basis handelbarer – bereits vertraglich vereinbarter und ausgegebener – Bundeswertpapiere. Damit verstoßen sie zunächst gegen das Marginalprinzip des entscheidungsorientierten Rechnungswesens, da demnach Grenzzinssätze anzuwenden wären.<sup>3</sup> Statt bereits verwendete Bundeswertpapiere zu verwenden, sind die entsprechenden Konditionen zukünftiger Finanzierungsgeschäfte zu prognostizieren. Außerdem enthalten sie keine Informationen darüber, in welchem Umfang die Mittel bereits Verwendung finden. Hinzu tritt, dass viele Finanzierungsgeschäfte – unter anderem einfache Kredit- oder Anlagegeschäfte – unberücksichtigt bleiben. Damit sind die Zinssätze der Zinsstrukturkurve grundsätzlich nicht entscheidungslogisch fundiert.

Alternativ könnten die Zinssätze der Zinsstrukturkurve als eine Prognose verstanden werden, die die Kosten einer weiteren Verschuldung des Bundes angeben. Blohm/Lüder/Schaefer sehen deren Verwendung als vertretbar an, nutzen dazu die – eher nicht vertretbare – Annahme unbeschränkter finanzieller Ressourcen.<sup>4</sup> Da die Effektivverzinsung die Kurse, also Marktpreise mitberücksichtigt, ist diese Vermutung zwar nicht ganz unplausibel, allerdings ist das Konzept nichtsdestotrotz unvollständig. In das Modell gehen Geldanlagen ebenso wenig ein wie Bankkredite. Bei der Verwendung der Zinsen aus der Zinsstrukturkurve wird dann aber implizit angenommen, dass sich Soll- und Habenzins entsprechen. Dem könnte nur entgegengehalten werden, dass die Kreditnehmerposition so ausgeprägt ist, dass auch große durch die Investitionsprojekte ausgelöste Zahlungsbewegungen an der Position nichts verändern, also nicht dazu führen, dass andere oder neue Finanzierungsmöglichkeiten genutzt werden.

---

<sup>1</sup> Vgl. Drukarczyk/Schüler [Unternehmensbewertung] 245 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 374.

<sup>3</sup> Vgl. Troßmann/Baumeister [Rechnungswesen] 35 ff.

<sup>4</sup> Vgl. Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 178.

Wäre es trotz aller Bedenken als vertretbar einzustufen, die Zinssätze der Zinsstrukturkurve für Entscheidungsrechnungen innerhalb von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen auf Bundesebene anzuwenden, ist dies für Länder und Kommunen wiederum fraglich. Die Basis für die Schätzung der Zinssätze aus der Zinsstrukturkurve sind ausschließlich Geschäfte des Bundes. Für die Länder existieren zwar ähnliche Wertpapiere wie z. B. Baden-Württemberg-Land-Anleihen. Allerdings fehlt es hier schon an einer institutionellen Berechnung einer Landes-Zinsstrukturkurve bzw. an den entsprechenden Parametern zu deren Schätzung, was eher ein praktisches Hindernis ist. Eine ähnliche Bonität des Bundes und des betrachteten Bundeslands könnte die Verwendung der Bundes-Zinsstrukturkurve eben noch rechtfertigen. Das gilt aber in jedem Fall nicht für alle Länder gleichermaßen. Kommunen hingegen finanzieren sich überwiegend bei Kreditinstituten, sind in Teilen erheblich verschuldet und weisen sehr unterschiedliche Bonitäten auf. Die Kritik, die auf Bundesebene ausreicht, den Ansatz mehr als in Frage zu stellen, verschärft sich auf Landesebene und spätestens für Kommunen ist die Verwendung der Zinsstrukturkurve prinzipiell abzulehnen. Es lässt sich also festhalten: Je tiefer die gebietskörperschaftliche Ebene der bewertenden Einheit, desto unpassender ist die Verwendung der – allgemein unpassenden – Zinssätze der Zinsstrukturkurve als Kalkulationszinssatz.

Für finanzwirksame Maßnahmen mit nicht zu vernachlässigender gesamtgesellschaftlicher Wirkung öffnet die Arbeitsanleitung die Möglichkeit auch gesonderte Zinssätze zu verwenden.<sup>1</sup> Im Lichte dessen ist anzunehmen, dass die oben geschilderten Regelungen selbst auf Bundesebene eher als Mindestanforderungen anzusehen sind. Entscheidungsorientierte Zinssätze oder besser, eine entscheidungsorientierte Berücksichtigung der Finanzierungssituation ist damit sicherlich begründbar.

Teilweise weichen die Bundesländer von den dargestellten Regelungen des Bundes bei Investitionsrechenverfahren ab, was für Bayern, Baden-Württemberg, Hessen, Sachsen und Thüringen in jedem Fall nicht gilt. Sie ver-

---

<sup>1</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 18.

zichten auf eigene Arbeitsanleitungen und verweisen stattdessen auf die Ausführung des Bundes. Das muss an einigen Stellen, wie z. B. bei der Verwendung der Zinssätze der Zinsstrukturkurve, zu mehr oder weniger großen Missverständnissen führen, denn die Arbeitsanleitung des Bundesministeriums der Finanzen hat eben den Bund vor Augen und nicht die Länder. Abb. C-13 gibt für die Arbeitsanleitungen der übrigen Bundesländer bei typischen Stolpersteinen der Kapitalwertrechnung an, ob diese aus betriebswirtschaftlicher Perspektive zutreffend (grüner Haken), nicht falsch (schwarzer Kreis) oder fehlerhaft bzw. unvollständig (rotes Kreuz) dargestellt sowie, wenn sie nicht thematisiert (schwarzer Strich) wurden.

Es fällt auf, dass die Länder mit eigenen Arbeitsanleitungen statische Investitionsrechenverfahren anerkennen. Teilweise werden diese so ausführlich dargestellt, dass der Eindruck erweckt wird, sie seien der Kapitalwertmethode gleichzusetzen,<sup>1</sup> was aus wissenschaftlicher Sicht falsch wäre. Zudem wird undifferenziert empfohlen, bei der Bewertung mehrerer Investitionsprojekte mit unterschiedlicher Laufzeit nicht das Kapitalwertkriterium zu verwenden, sondern laufzeitäquivalente Annuitäten zu vergleichen. Das ist nur akzeptabel, wenn die einzelnen Investitionen (unendlich oft) wiederholbar sind, die Annahme der unendlichen identischen Investitionskette<sup>2</sup> zumindest hinreichend erfüllt ist. Dieses Konstrukt ist in vielen Fällen aber nicht unproblematisch und das Kapitalwertkriterium erfasst das absolute und nicht relative Ziel – namentlich möglichst viel und nicht möglichst viel pro Periode – besser. Vermutlich haben die Landes-Arbeitsanleitungen diese Regelung aus der vor 2013 gültigen Fassung der Arbeitsanleitung des Bundesministeriums der Finanzen entnommen. Im letzten Jahrzehnt scheint sich auf dem Gebiet der Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen wenig geändert zu haben.

---

<sup>1</sup> Das gilt wohl auch für die ressortübergreifenden Leitfäden und Arbeitsanleitungen des Bundes, vgl. Knaack [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] 135.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 384.

Aspekte Investitionsrechnerischer Modelle	vorgeschlagene Modelle		Aspekte dynamischer Verfahren			
	statische Verfahren	dynamische Verfahren	Disponibilitätsprinzip	unterschiedliche Laufzeiten der Investitionen	Nebenaspekte im Zinssatz	Risiko
<b>Bundesland</b> (konkrete Rechtsquelle)						
Mecklenburg-Vorpommern (Anlage "Arbeitsanleitung Einführung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen" zu VV-LHO MV zu § 7)	Kostenvergleichsrechnung	Kapitalwert- und Annuitätenmethode bei vorgegebenem konstantem Zins	○	✗	✗	-
Hamburg (Anlage 1 "Arbeitsanleitung Einführung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen" zu VV-LHO HH zu § 7)	Kostenvergleichsrechnung	Kapitalwert- und Annuitätenmethode bei vorgegebenem konstantem Zins	○	✗	✗	-
Bremen (Anleitung für die Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für einzelwirtschaftliche Verfahren in der bremischen Verwaltung" Anlage 1 zu VV-LHO HB zu § 7)	Kostenvergleichs- u. Rentabilitätsvergleichsrechnung	Kapitalwertmethode bei konstantem Zins	✗	-	-	-
Brandenburg (Anlage 1 "Arbeitsanleitung Einführung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen" zu Nr. 2.5 VV-LHO BB zu § 7)	Kostenvergleichsrechnung	Kapitalwertmethode bei vorgegebenem konstantem Zins	✓	-	-	✓
Niedersachsen (Anlage "Hinweise zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen" zu Nr. 3.1.4 VV-LHO NI zu § 7)	Kostenvergleichsrechnung	Kapitalwert- und Annuitätenmethode bei vorgegebenem konstantem Zins	○	✗	✗	-
Berlin (vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen])	Kostenvergleichs- u. Amortisationsrechnung	Kapitalwert- und Annuitätenmethode bei vorgegebenem konstantem Zins	○	✗	-	-
Nordrhein-Westfalen (Vgl. Ministerium der Finanzen des Landes Nordrhein-Westfalen [Leitfaden])	Kostenvergleichsrechnung	Kapitalwertmethode bei vorgegebenem konstantem Zins	✗	✓	✓	-
Rheinland-Pfalz (Anlage "Erläuterungen zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen" zur Nr. 3.1.4 VV-LHO RP zu § 7)	Kostenvergleichsrechnung	Kapitalwert- und Annuitätenmethode bei vorgegebenem konstantem Zins	○	✗	✗	-
Sachsen-Anhalt (Vgl. Ministerium der Finanzen des Landes Sachsen-Anhalt [Arbeitsanleitung] )	Kostenvergleichsrechnung	Kapitalwert- und Annuitätenmethode bei vorgegebenem konstantem Zins	○	✗	✗	-

Abb. C-13: Überblick ausgewählter investitionsrechnerischer Aspekte aus den Arbeitsanleitungen der Länder für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen

Zuletzt fallen typische Nebenaspekte, die im Zins erfasst werden auf. Z. B. sollen pauschale Inflationsraten zukünftige Preissteigerungen berücksichtigen, was entscheidungslogisch abzulehnen ist.<sup>1</sup> Die Preissteigerung ist bei der Prognose der Bestandteile der Zahlungsüberschüsse zu erfassen und kann dort spezifisch eingebracht werden. Die Verwendung einer pauschalen Inflationsrate ist dann nicht nur überflüssig, sie würde auch zu Fehlern führen. Ähnliches gilt für die Berücksichtigung des Investitionsrisikos, als einfacher Aufschlag im Zins.<sup>2</sup> Zumindest in diese Richtung finden sich keine fehlerhaften Hinweise.

Insgesamt sind die Vorgaben an die investitionsrechnerische Methodik aus den Arbeitsanleitungen der Länder aus betriebswirtschaftlicher Sicht als veraltet einzuschätzen. Viele der aufgezeigten Probleme sind längst geklärt. Die Vorgaben stehen zum Teil im Gegensatz zu denen des Bundesministeriums der Finanzen, die selbst nur eingeschränkt hilfreich sind. Auch hier werden betriebswirtschaftliche Fachbegriffe untypisch verwendet (z. B. die Risikoverteilung), die entsprechenden Methoden teilweise unzureichend und ungenau dargelegt und als „Auffangmethode“ wird die kaum beschriebene – und daher wohl von Externen durchzuführende – Kosten-Nutzen-Analyse empfohlen. Die Arbeitsanleitung(en) erfordern eine grundlegende Überarbeitung,<sup>3</sup> z. B. eine abgestufte Vorgabe geeigneter Ansätze zur Kapitalwertmethode in Abhängigkeit der vorherrschenden Finanzierungssituation. Dazu zählen auch Ansätze, die mit mehrperiodigen Finanzierungsgeschäften arbeiten können, wie z. B. die Marktzinsmethode nach Troßmann, die es auf die Erfordernisse öffentlicher Investitionen anzupassen gilt. Um die knappe finanzielle Ausstattung der öffentlichen Hand in den Vordergrund der Untersuchung zu stellen, soll versucht werden, einen Ansatz zu etablieren, um das Instrument der simultanen Investitions- und Finanzplanung für öffentliche Investitionsprojekte verfügbar zu machen. Vorher soll die für öffentliche Investitionen mit gesamtwirtschaftlicher Wirkung vorgesehene Kosten-Nutzen-Analyse eingeordnet und bewertet werden.

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Troßmann [Investition] 107 ff.

<sup>2</sup> Vgl. z. B. Biergans [Investitionsrechnung] 252 ff., Troßmann [Investition] 107 ff., Grob [Investitionsrechnung] 85 f., Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 227 ff.

<sup>3</sup> Vgl. zur unverändert gültigen Kritik Knaack [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] 134 ff.

### **III. Der monetäre Ansatz der Kosten-Nutzen-Analyse als Sonderfall**

#### **1. Methodische Komponenten von Kosten-Nutzen-Analysen**

Die eher volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse unterscheidet sich sehr von den betriebswirtschaftlichen Instrumenten der Investitionsrechnung bzw. der Nutzwertanalyse. Ganz entgegen der vielleicht erwarteten Abwägung von Kosten und Nutzen unterschiedlicher Dimensionen, arbeitet sie nur mit Geldeinheiten und stellt dabei sowohl auf finanzielle Größen wie auch auf monetär bewertete Größen ab, ohne diese gesondert zu behandeln. Zum Einsatz soll sie dann kommen, wenn eine gesamtgesellschaftliche Wirkung der öffentlichen Investition nicht vernachlässigbar ist. Das ist zunächst erstaunlich, würde man erwarten, dass sich die methodischen Vorgaben eher an den verfolgten Zielen ausrichten, wobei nicht einzusehen ist, weshalb auf gesamtgesellschaftlicher Ebene die relevanten Ziele ausschließlich monetärer Dimension sein sollten.

Um die Methodik von Kosten-Nutzen-Analysen weiterhin beurteilen zu können, werden zunächst deren grundlegende Annahmen überblicksartig erarbeitet. Dabei lässt sich die Methodik in zwei Varianten, die klassische Kosten-Nutzen-Analyse sowie die erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse einteilen. Die wichtigsten Rahmenbedingungen fasst Abb. C-14 zusammen.

Die Kosten-Nutzen-Analyse geht bei der Bewertung der Alternativen von den Nutzenveränderungen der einzelnen betroffenen Individuen aus und aggregiert die Ergebnisse über die gesamte Volkswirtschaft zu einer Wohlfahrtsänderung. Als Bewertungsmaßstab für negative Wirkungen dient das Opportunitätskostenprinzip.<sup>1</sup> Anzusetzen ist also nicht die tatsächliche Zahlung, sondern vielmehr der entgangene Nutzen der (bestmöglichen) alternativen Mittelverwendung.

---

<sup>1</sup> Vgl. Hanusch [Nutzen-Kosten-Analyse] 2.

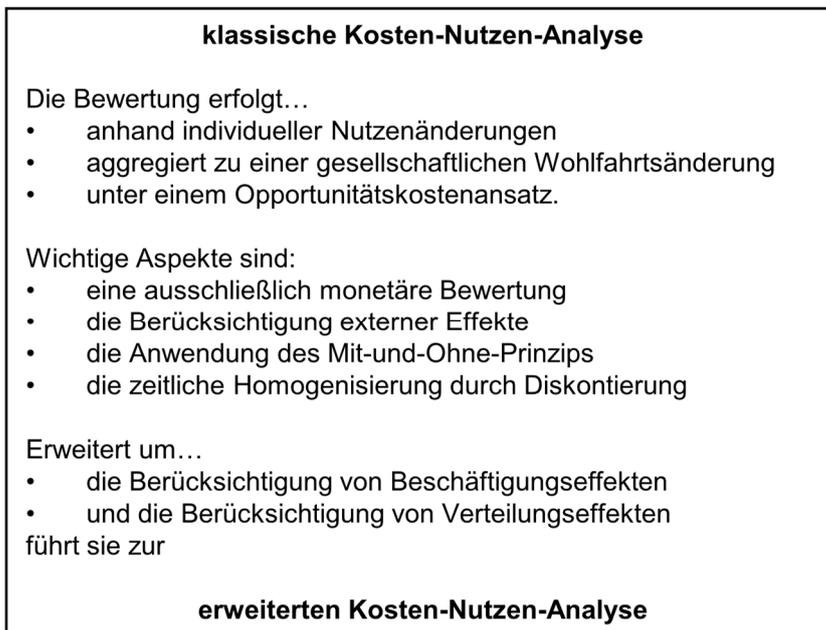


Abb. C-14: Rahmenbedingungen der Kosten-Nutzen-Analyse (vgl. auch im Weiteren Westermann [Kosten-Nutzen-Analyse] 5 ff. sowie Hanusch [Kosten-Nutzen-Analyse] 141 ff.)

Die Kosten-Nutzen-Analyse zielt dabei darauf ab, diejenige Alternative zu identifizieren, die den Gesamtnutzen der Volkswirtschaft – also die Wohlfahrt – maximiert. Typischerweise wird als Nebenbedingung ein gewisser Gleichgewichtszustand gefordert, der sich im volkswirtschaftlichen Pareto-Optimum – d. h. niemand kann bessergestellt werden, ohne einen anderen schlechter zu stellen – ausdrückt. Diesen Gleichgewichtszustand zu fordern, ist für Auswahlentscheidungen eher unpassend. Es würde den Alternativenraum regelmäßig sehr stark einschränken und in vielen Fällen wäre keine Alternative mehr zulässig. Daher wird typischerweise das sogenannte Kaldor-Hicks-Kriterium verwendet, d. h. eine Alternative ist auch dann vorteilhaft, wenn die Gewinner bei vollständiger Entschädigung der Verlierer noch immer profitieren.<sup>1</sup> Zur Anwendung dieses Kriteriums und um ein sinnvolles Verfahren überhaupt zu ermöglichen, benötigt es ein kardinalskaliertes Kriterium zur Messung von Nutzen und Kosten. Aus diesem Grund werden nur Wirkungen der Alternativen berücksichtigt, die sich – mit einem angemessenen Aufwand – monetär messen lassen. Nicht monetär messbare

<sup>1</sup> Vgl. Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 176, Hanusch [Kosten-Nutzen-Analyse] 19.

Wirkungen – oder solche, bei denen der Aufwand zur monetären Messung als zu groß eingeschätzt wird – werden als intangible Effekte innerhalb der Rechnung ausgeblendet und lediglich zusätzlich zur Kosten-Nutzen-Analyse aufgeführt.<sup>1</sup>

Ging es bisher um die Dimension der zu erfassenden Wirkungen sowie deren Höhe, sind bei der Frage nach der grundsätzlichen Ansetzbarkeit einer Position vor allem zwei Aspekte zu beachten. Zur vollständigen Erfassung der Wohlfahrt in der Kosten-Nutzen-Analyse gehört die Integration von externen Effekten. D.h. solche Wirkungen auf den Nutzen oder die Kosten anderer, die den Entscheidungsträger nicht direkt betreffen und die er typischerweise bei seinen Entscheidungen nicht berücksichtigen würde. Im Kern bildet die Berücksichtigung externer Effekte einen der wichtigsten Unterschiede zur (einzelwirtschaftlichen) Investitionsrechnung,<sup>2</sup> die bei entscheidungsorientierter Ausgestaltung nur auf Zahlungsgrößen beim Entscheidungsträger abstellt.

Des Weiteren wendet die Kosten-Nutzen-Analyse das Mit-und-Ohne-Prinzip an.<sup>3</sup> Aus dem entscheidungsorientierten Rechnungswesen ist dieses als Disponibilitätsprinzip bekannt. Bei der Analyse dürfen nur solche Positionen Berücksichtigung finden, die – im Sinne des Identitätsprinzips –<sup>4</sup> auf die zu bewertende Entscheidung zurückzuführen sind und die nicht auch ohne diese Entscheidung eingetreten wären.

Der Nutzen sowie die Kosten werden monetär gemessen und entsprechend der dynamischen Investitionsrechnung periodenweise unterschieden. Um der Dynamik Rechnung zu tragen, nutzt die Kosten-Nutzen-Analyse ebenfalls das Konzept der Diskontierung. Im Saldo ergeben sich zunächst monetäre Nettonutzenzeitwerte, die durch Diskontieren zeitlich zu einem Nettonutzenbarwert oder Kapitalwert aggregiert werden. Dieser dient direkt als eindeutiges Entscheidungskriterium. Da den veranschlagten monetären Größen eine Finanzierungssituation fehlt, kann der Kalkulationszinssatz

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Westermann [Kosten-Nutzen-Analyse] 7 f.

<sup>2</sup> Vgl. Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 176 f.

<sup>3</sup> Vgl. Hanusch [Kosten-Nutzen-Analyse] 5.

<sup>4</sup> Vgl. Troßmann/Baumeister [Rechnungswesen] 29, Riebel [Einzelkostenrechnung] 76.

nicht wie bei Investitionsrechnungen üblich, abgeleitet werden; in vielen Fällen wird hier niemals Geld fließen. Daher soll eine sogenannte soziale Zeitpräferenzrate bzw. soziale Opportunitätskostenrate verwendet werden. Dass deren Bestimmung recht schwierig ist, wenn nicht unmöglich,<sup>1</sup> liegt auf der Hand. Daher wird auch vorgeschlagen, zur Verzinsung einen risikolosen Zinssatz auf Basis langfristiger Staatsanleihen zu verwenden.<sup>2</sup>

Es zeigen sich mehrere Probleme der klassischen Kosten-Nutzen-Analyse unter den aufgezeigten Rahmenbedingungen: Der Opportunitätskostenansatz hat unter anderem zur Folge, dass die Beschäftigung von bisher nicht beschäftigten Arbeitskräften durch eine finanzwirksame Maßnahme in der Kosten-Nutzen-Analyse mit Kosten von null anzusetzen ist.<sup>3</sup> Der Opportunitätskostenansatz kann gesellschaftlich nur bei Vollbeschäftigung akzeptiert werden. Für einige öffentliche Investitionen wird aber die Beschäftigung von Arbeitskräften ohne bestehendes Beschäftigungsverhältnis einen wichtigen Teil der verfolgten Ziele ausmachen, wobei obige Vorgehensweise nicht zufriedenstellen kann, wenngleich die Voraussetzung der Vollbeschäftigung dann auch nicht erfüllt ist. Diesem ersten Problem versucht die erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse durch die Berücksichtigung von Beschäftigungseffekten zu begegnen.<sup>4</sup> Abgesehen von allerlei Einzelfragen schreibt sie zusätzlichen Arbeitskräften, die ohne das zu bewertende Projekt ohne Beschäftigung wären, einen Wert für deren Freizeit – im Sinne von Nicht-Arbeitszeit – zu. Dieser kann dann nach dem Opportunitätskostenprinzip angesetzt werden.

Als problematisch ist zweitens die Folge der Verwendung des Kaldor-Hicks-Kriteriums zu sehen. Situationen, in denen nur sehr wenige Gewinner sehr stark profitieren und die vielen Verlierer betragsmäßig entschädigen könnten, wobei ihnen dennoch ein Überschuss bleibt, werden insgesamt als Wohlfahrtsgewinn beurteilt.<sup>5</sup> Hier wird dann teilweise argumentiert, dass

---

<sup>1</sup> Vgl. Mühlenkamp [Kosten-Nutzen-Analyse] 184 ff., vgl. auch Kirsch/Rürup [Diskontierung] 432 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Hanusch [Kosten-Nutzen-Analyse] 110, eine Begründung findet sich in Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 178.

<sup>3</sup> Vgl. Westermann [Kosten-Nutzen-Analyse] 6 f.

<sup>4</sup> Vgl. auch im Weiteren Hanusch [Kosten-Nutzen-Analyse] 141 ff.

<sup>5</sup> Vgl. Westermann [Kosten-Nutzen-Analyse] 7.

eine Umverteilung durch eine Steuer geschehen könnte. Die Einführung dieser Steuer müsste dann auch ernsthaft beabsichtigt sein, was zumindest fraglich scheint. Diese Bewertung ist offenkundig gesellschaftlich wenig akzeptabel. Dem soll durch die Berücksichtigung von Verteilungseffekten Rechnung getragen werden.<sup>1</sup> Im Kern wird ein Verteilungsgewicht eingeführt, das den sozialen Grenznutzen des Einkommens je Haushalt beschreibt. Statt die individuellen Konsumänderungen unverändert auf die gesamte Gesellschaft zu übertragen, wird nun das Produkt aus Verteilungsgewicht und Konsumänderung je Haushalt über die gesamte Gesellschaft summiert.

## **2. Entscheidungslogische Beurteilung von Kosten-Nutzen-Analysen**

Die Kosten-Nutzen-Analyse versucht verschiedene Alternativen zu bewerten und so eine Entscheidung zwischen den verschiedenen Alternativen zu ermöglichen. Üblicherweise lässt sich eine solche Entscheidung nur mit Hilfe von Zielen beurteilen. Ziele oder vielmehr ein Zielsystem ist neben den eigentlichen Zielgrößen durch verschiedene Präferenzrelationen gekennzeichnet, wobei allgemein Höhen-, Arten-, Zeit- und Risikopräferenzen unterschieden werden.<sup>2</sup> Nachfolgende Untersuchung zeigt, wie die Kosten-Nutzen-Analyse die verschiedenen Präferenzarten berücksichtigt, was eine Beurteilung der gesamten Methode ermöglicht. Risikopräferenzen bleiben bei dieser Untersuchung außen vor, da auch nicht von konzeptionellem Einfluss auf das Grundmodell auszugehen ist.

Höhenpräferenzen des Entscheidungsträgers berücksichtigt die Kosten-Nutzen-Analyse höchstens indirekt. Als Zielgröße eines nicht näher beschriebenen Entscheidungsträgers dient die gesamtgesellschaftliche Wohlfahrt. Gemessen wird sie monetär, d. h. in Geldeinheiten. Eine spezielle Formulierung von Höhenpräferenzen benötigt die Methode nicht. Es wird ein wohlfahrtstheoretisch begründeter gesamtwirtschaftlicher Kapitalwert für jede Alternative berechnet, der direkt als Entscheidungsgröße dient.<sup>3</sup> Damit

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Hanusch [Kosten-Nutzen-Analyse] 153 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Bamberg/Coenenberg/Krapp [Entscheidungslehre] 27 ff.

<sup>3</sup> Vgl. auch im Weiteren Rürup [Nutzwertanalyse] 109.

liegt im Übrigen kein Mehrzielproblem vor, was die verfahrenstechnischen Herausforderungen von der Abstimmung verschiedener Zielpräferenzen hin zur Messung der monetären Größen verschiebt. Festzuhalten ist außerdem, dass der Entscheidungsträger – den es in jedem Fall gibt, der in der Kosten-Nutzen-Analyse allerdings nicht adressiert wird – seine Höhenpräferenzen kaum in das Modell einbringen kann. Zwar wurde vorangegangen dargestellt, wie z. B. Verteilungseffekte berücksichtigt werden können. Hier gibt es die Möglichkeit, durch die Festlegung der Verteilungsgewichte die eigenen Präferenzen einzubringen. Solche Möglichkeiten sind insgesamt stark begrenzt.

Die Zeitpräferenzen werden innerhalb der Kosten-Nutzen-Analyse wie im Grundmodell der Investitionsrechnung umgesetzt. Die entsprechenden Voraussetzungen sind keinesfalls erfüllt. Der Diskontierungszinssatz vertritt in der Investitionsrechnung die finanzielle Nullalternative. Daher sind auch nur Ein- und Auszahlungen zu berücksichtigen, denn nur diese wirken sich auf die Finanzierungssituation aus. Die monetären Zeitwerte der Kosten-Nutzen-Analyse haben zwar die gleiche Dimension, sind weitestgehend aber nicht zahlungsrelevant.<sup>1</sup> Rechnerisch stellt dies keine Veränderung dar. Allerdings verändert sich die Aussagekraft der Ergebnisse. Ohne die Festlegung eines „Kalkulationszinssatzes“ zu problematisieren, wird klar, dass ein so berechneter Kapitalwert nicht mehr in gewohnter Weise zu interpretieren ist. Dieser Betrag kann nicht entnommen werden, denn es ist unklar, ob die ihm zugrunde liegenden Größen überhaupt und wenn ja in welcher Höhe fließen.

Ein intuitiver Beispielfall wäre die Bewertung der Zeitersparnis von Fahrgästen bei der Erweiterung einer Eisenbahnstrecke zur Verkürzung der Fahrzeiten der verkehrenden Bahnlinien.<sup>2</sup> Diese Investition geht offensichtlich mit gewissen Auszahlungen für den Bau und Betrieb sowie mit Einzahlungen durch den Absatz der Leistung einher. In der Kosten-Nutzen-Analyse werden diesen Zahlungen nun noch weitere Kosten sowie Nutzen zugeordnet, die hierzu monetarisiert – also monetär bewertet – werden. Typisch

---

<sup>1</sup> Vgl. Westermann [Kosten-Nutzen-Analyse] 9.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 178.

wäre hierzu eine monetäre Bewertung der eingesparten Fahrzeit mit den jeweiligen Lohnsätzen der Fahrgäste. Abgesehen von Messproblemen, fällt auf, dass die eingesparte Fahrzeit nur in seltenen Fällen als Arbeitszeit genutzt werden wird. Vielmehr ist davon auszugehen, dass diese zusätzliche Freizeit generiert. Ohne das grundsätzliche Vorgehen in Zweifel zu ziehen, kann die errechnete monetäre Größe nicht zahlungswirksam sein.

Das Diskontieren in der Kosten-Nutzen-Analyse muss also als Berücksichtigung der Zeitpräferenz angesehen werden und nicht wie bisher gewohnt als die Berücksichtigung der finanziellen Nullalternative. Ein besonderes Problem ist darin zu sehen, diese zusätzlich für alle betroffenen Individuen zu aggregieren. Die alternativ vorgeschlagene Verwendung des risikolosen Zinssatzes erscheint eher willkürlich. Die Wirkung des Diskontierungsfaktors auf den Kapitalwert ist als erheblich einzuschätzen, was die Aussagekraft der Ergebnisse aus Kosten-Nutzen-Analysen zusätzlich relativiert.

Am deutlichsten treten konzeptionelle Besonderheiten bei der Berücksichtigung der Artenpräferenzen hervor. Hier bietet sich dem Entscheidungsträger kaum eine Möglichkeit, eigene Vorstellungen einzubringen. Der Entscheidungsträger kann also nicht eigene Präferenzen in der Form Ziel A ist wichtiger als Ziel B einbringen, weil versucht wird, alle Elemente der Rechnung monetär zu messen. Daher sind die Ergebnisse einer Kosten-Nutzen-Analyse weitestgehend unabhängig vom Entscheidungsträger. Diese Eigenschaft wird von ihren Vertretern als besonders wichtiges Merkmal bei der Bewertung öffentlicher Investitionen angesehen.<sup>1</sup> Es drängt sich die Frage auf, wie die Kosten-Nutzen-Analyse dem Entscheidungsträger – als demokratisch legitimiertem Parlamentarier, als Amtsträger oder dergleichen – helfen soll, wenn sie dessen Präferenzen nicht berücksichtigt. Um mit der Komplexität der Interessenabwägung in demokratischen Systemen umzugehen, sind fast immer – mehr oder weniger ausgeprägte – parlamentarische Systeme etabliert worden. Die politischen Vertreter bilden das Zielsystem der Gesellschaft ab und im Zuge demokratischer Wahlen wird dieses für die öffentliche Hand regelmäßig neu justiert. Die Konsequenzen zeigen

---

<sup>1</sup> Vgl. Mühlenkamp [Sektor] 189.

sich bei der Betrachtung eines Grenzfalles. Nach einer Wahl verändern sich die politischen Machtverhältnisse grundlegend, beispielsweise könnte umweltbezogenen Zielen ein deutlich größeres Gewicht beigemessen werden. Dann wäre zu erwarten, dass die aktuell laufenden Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen neu justiert und die zur Diskussion stehenden Projekte entsprechend den neuen Präferenzen ausgewählt werden, die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen also veränderte Ergebnisse zeigen.

Es erscheint unplausibel, dass die Entscheidungen der öffentlichen Hand vor einer solchen Wahl, denen danach entsprechen. Auch wenn diese Wahlen auf den ersten Blick nur personelle Konsequenzen haben. Die angedeutete naturgesetzliche Begründung der Ergebnisse sind schon dem Grunde nach in sozioökonomischen Systemen anzuzweifeln. Jede Theorie kämpft bei deren Anwendung mit Problemen und vor allem mit Messproblemen. Die Menge der Messprobleme bei Kosten-Nutzen-Analysen ist allerdings besonders groß<sup>1</sup> und lässt viele theoretisch wohlbegründet erscheinende Ansätze ins Leere laufen.

Insgesamt besitzt die Kosten-Nutzen-Analyse auch Stärken. Sie legt für jede Alternative einen Wert in Geldeinheiten fest und ermöglicht dann nicht nur Auswahlentscheidungen zwischen den Alternativen, sondern auch Ja-Nein-Entscheidungen. Letzteres immer dann, wenn der „Kapitalwert“ einer Alternative kleiner als null ist. Probleme bereiten neben der Messbarkeit der Eingangsdaten vor allem solche Merkmale der Alternativen, die sich monetär nicht bemessen lassen und die außerhalb der Kosten-Nutzen-Analyse aufgeführt werden müssen.<sup>2</sup> Dann ähnelt sie der Bewertung von Alternativen anhand einzelwirtschaftlicher Verfahren, hier also der Investitionsrechnung. Um die monetär nicht messbaren Ziele zu erfassen, braucht es regelmäßig einen anderen methodischen Ansatz, z. B. die Nutzwertanalyse, wie sie auch die Arbeitsanleitung vorsieht. Es stellen sich dann ähnliche Probleme wie in einzelwirtschaftlichen Fällen. Für einen Mehrzielansatz, der statt einen investitionsrechnerisch bestimmten Kapitalwert den Wohlfahrtsge Gewinn einer Kosten-Nutzen-Analyse enthält, ist es viel schwieriger deren Vo-

---

<sup>1</sup> Vgl. Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 180.

<sup>2</sup> Vgl. Rürup [Nutzwertanalyse] 109.

raussetzungen, z. B. der Präferenzunabhängigkeit für die Nutzwertanalyse, zu erfüllen. Der Wert in Geldeinheiten entspricht nicht nur den aggregierten Zahlungskonsequenzen, sondern durch die monetäre Bewertung werden auch andere Zielwirkungen erfasst. Dann wäre besser auf betriebswirtschaftliche Methoden zurückzugreifen – wie der Nutzwertanalyse –, die für Entscheidungen entwickelt wurden und, die die einzelnen Komponenten einer Entscheidung trennen, um die notwendigen Werturteile offenzulegen.<sup>1</sup>

### **3. Zur Verbindlichkeit von Kosten-Nutzen-Analysen in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

Der ganz überwiegende Teil der (juristischen) Literatur, die Verwaltungsrichtlinien (im Sinne von wenig verbindlichen Vorgaben für die Verwaltung, wie z. B. die Arbeitsanleitungen) und die Verwaltungsvorschriften legen nahe, für „...Maßnahmen, die nicht zu vernachlässigende gesamtwirtschaftliche Auswirkungen haben, ...“ Kosten-Nutzen-Analysen durchzuführen.<sup>2</sup> Einige Gründe sprechen dagegen.

Die juristische Literatur beschränkt sich überwiegend auf die Darstellung der angesprochenen Verfahren. Inhaltliche Kritik oder Wertung kann hier auch nicht erwartet werden, schließlich geht es um Kernfragen der Wirtschaftswissenschaften. Hier zeigt sich aber ein differenziertes Bild. Volkswirtschaftlich geprägte Vertreter neigen dazu einzelwirtschaftliche Verfahren – allen voran die Nutzwertanalyse – abzulehnen,<sup>3</sup> während betriebswirtschaftliche Autoren die Vorzüge entscheidungsorientierter Rechnungen wie der Investitionsrechnung in den Vordergrund stellen und das Anwendungsgebiet von Kosten-Nutzen-Analysen auf sehr spezielle Fälle einschränken.<sup>4</sup>

Übergeordnetes Ziel aller Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen ist eine wirtschaftliche, d. h. zielorientierte Investitionspolitik der öffentlichen Hand zu sichern. In den Normen wird berücksichtigt, dass unterschiedliche Entscheidungssituationen unterschiedliche Methoden erfordern. Mit den Empfehlun-

---

<sup>1</sup> Vgl. auch in diese Richtung Rürup [Nutzwertanalyse] 112.

<sup>2</sup> Vgl. beispielsweise Nr. 2.3.3 VV zu § 7 BHO.

<sup>3</sup> Vgl. z. B. Mühlenkamp [Sektor] 161 ff.

<sup>4</sup> Vgl. z. B. Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 178 ff.

gen zu gesamtwirtschaftlichen Verfahren erkennt der Normgeber an, dass für eine bestimmte Klasse finanzwirksamer Maßnahmen, einzelwirtschaftliche Verfahren – in ihrer klassischen Form – nicht ausreichen. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass sie nur die Sphäre des Entscheidungsträgers berücksichtigen.

Naturgemäß stellen Investitionsrechenverfahren nur auf Zahlungsströme beim Entscheidungsträger ab, andere Wirkungen der zu bewertenden Investition bleiben unberücksichtigt. Diese unberücksichtigten Wirkungen als externe Effekte zu bezeichnen ist verfehlt. Für die öffentliche Hand als Vertreterin der Öffentlichkeit bzw. der Allgemeinheit sind diese in der Regel internalisiert, sie haben lediglich keine oder unzureichende finanzielle Konsequenzen. Vorstellbar wäre nur, dass die Entscheidung über ein bestimmtes Projekt einer unpassenden gebietskörperschaftlichen Ebene zugeordnet ist. Z. B. wären positive externe Effekte bei einer Entscheidung der Stadt Stuttgart über das Bahnprojekt Stuttgart 21 zu erwarten, da nicht nur die Kommune profitiert (im Gegenteil trägt sie vielmehr die Hauptlast der nicht-finanziellen Kosten, z. B. die negativen Auswirkungen jahrelanger Bauarbeiten), sondern auch die gesamte Region, gebietskörperschaftlich betrachtet, das gesamte Bundesland. Offenkundig würde die Entscheidung über ein Projekt auf kommunaler Ebene wohl zu einem anderen Ergebnis führen als auf höheren gebietskörperschaftlichen Ebenen. Statt nun die Berücksichtigung externer Effekte zu fordern, sollte die Entscheidung besser auf die korrekte gebietskörperschaftliche Ebene gebracht werden.

Gesamtwirtschaftliche Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen versuchen externe Effekte dennoch zu berücksichtigen. Die Kosten-Nutzen-Analyse im Speziellen, greift hierzu auf eine monetäre Bewertung zurück. Auch wenn dieses Vorgehen einige Vorteile bietet, ist es zunächst verwunderlich. Das ursprüngliche Problem externer Effekte ist, dass sie eben keinen Marktpreis besitzen und demnach nicht unmittelbar monetär messbar sind.<sup>1</sup> Dabei drängt sich der Gedanke auf, diese Effekte nicht monetär zu messen, sondern auf andere Verfahren, wie z. B. die Nutzwertanalyse, zurückzugreifen.

---

<sup>1</sup> Vgl. Müller-Hedrich/Schünemann/Zdrowomyslaw [Investitionsmanagement] 248.

Gegen Kosten-Nutzen-Analysen sprechen neben inhaltlichen auch ganz praktische Aspekte. Grundsätzlich ist festzustellen, dass Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der öffentlichen Hand sowohl in deren Menge als auch in deren Qualität nicht in ausreichendem Maße Anwendung finden.<sup>1</sup> Die Gründe hierzu können vielfältig sein, die Hürden der Kosten-Nutzen-Analyse könnten wesentlich dazu beitragen. Die Methode ist von Laien kaum anzuwenden. Das unterscheidet sie nur wenig von den Verfahren, die als einzelwirtschaftlich bezeichnet werden. Allerdings schließt sie den Laien auch weitestgehend aus, denn die verfahrensimmanenten Fiktionen sind nur bedingt kommunizierbar. Die Nutzwertanalyse weist hierbei echte Vorteile auf und bietet einen universell verständlichen Rahmen für einzelne, teils nicht triviale Komponenten.<sup>2</sup> Zudem ließen sich externe Effekte mit der Nutzwertanalyse bewerten, ohne auf eine monetäre Bewertung ausweichen zu müssen. Insgesamt sollten die als einzelwirtschaftliche Verfahren bezeichneten Methoden auch als gesamtwirtschaftliche Verfahren anwendbar sein.<sup>3</sup> Die Abkehr von Kosten-Nutzen-Analysen könnte nicht nur eine qualitative Verbesserung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur Folge haben, sie könnte auch deren Quantität positiv beeinflussen und so dem Oberziel der Wirtschaftlichkeit der öffentlichen Hand insgesamt dienen.

Rechtlich wäre dann zu prüfen, ob die strenge Auslegung der Verwaltungsvorgaben, also der Vorgaben aus Verwaltungsvorschriften und Arbeitsanleitungen, dem Oberziel der Wirtschaftlichkeit der öffentlichen Hand nicht sogar schaden. Eine solche Prüfung soll an dieser Stelle nicht erfolgen. Es soll lediglich darauf hingewiesen werden, dass gewichtige Gründe gegen den Einsatz der Kosten-Nutzen-Analyse sprechen. Wichtig für die Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei zu erwartenden gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen ist die Berücksichtigung externer Effekte.<sup>4</sup> Dann lässt sich wohl auch im Sinne des Normgebers auf Kosten-Nutzen-Analysen verzichten. Ein solcher Ansatz soll für die zu entwickelnden Me-

---

<sup>1</sup> Vgl. den Präsident des Bundesrechnungshofes [Anforderungen] 5.

<sup>2</sup> Die verbesserte Nachvollziehbarkeit betonend vgl. auch Strebel [Scoring] 2186.

<sup>3</sup> Vgl. Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 179 f.

<sup>4</sup> Vgl. zur Berücksichtigung sogenannter trägerexterner Effekte Lüder/Dubber [Hallenbad] 360, vgl. auch Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 37 f.

thoden bzw. die Modifikation bestehender „einzelwirtschaftlicher“ Verfahren zugrunde gelegt werden. Dabei finden die externen Effekte in einem nutzwertanalytischen statt einem monetären Ansatz Berücksichtigung.

Insgesamt sollte eine entscheidungslogische Methodik bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nicht nur geboten, sondern auch möglich sein. Eine entsprechende Umsetzung nehmen sich die weiteren Ausführungen vor. Die verschiedenen Entscheidungssituationen der öffentlichen Hand,<sup>1</sup> die für sich genommen allgemeingültig sind und in keiner Weise typisch für die öffentliche Hand, kennzeichnen den weiteren Aufbau: Kapitel D beschäftigt sich mit isolierten Projektentscheidungen über öffentliche Investitionen, genauer mit Ja/Nein- und Auswahl-Entscheidungen. Die Methoden der Nutzwertanalyse und der Investitionsrechnung sind entsprechend der vorangegangenen Untersuchung anzupassen. Zur Lösung des Entscheidungsmodells müssen die investitionsrechnerischen Ergebnisse in angepasster Form in den nutzwertanalytischen Mehrzielansatz integriert werden.

Demgegenüber stehen simultane Investitionsprogrammentscheidungen in Kapitel E. Die Entscheidungsalternativen bestehen also in Form von Investitionsprogrammen, die sich aus mehreren Investitionsprojekten zusammensetzen können. Dann spricht man von (Investitions-)Programmentscheidungen.<sup>2</sup> Zur Modellierung dient eine angepasste Nutzwertanalyse sowie typische lineare Programmplanungsmodelle. Mit der Nutzwertanalyse soll ein Nutzenpunktwert je Investitionsprojekt als Zielkoeffizient festgelegt werden. Insgesamt ist dann der Gesamtnutzenpunktwert des Investitionsprogramms zu maximieren. Um eine inhaltlich zutreffende Summenbildung zu ermöglichen, müssen diese Zielkoeffizienten mindestens kardinalskaliert sein. Zur Lösung nutzen die üblichen Ansätze der linearen Optimierung (unter Nebenbedingungen), wie sie für simultane Investitionsmodelle empfohlen werden. Daher interessiert besonders die Überführung der konkreten Entscheidungsprobleme in die Struktur linearer Planungsmodelle.

---

<sup>1</sup> Vgl. ursprünglich Hax [Investitionstheorie] 10, auch im Weiteren Troßmann [Investition] 26 ff., Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 18 f., Bieg/Kußmaul/Waschbusch [Investition] 35 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 27, Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 5.

## **D. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei Entscheidungen der öffentlichen Hand über alternative Investitionsprojekte**

### **I. Entscheidungsorientierte Bewertung des Nutzens öffentlicher Investitionsprojekte**

#### **1. Zur Relevanz einer dynamischen Nutzwertanalyse für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der öffentlichen Hand**

Im Grundmodell der Nutzwertanalyse zur Erfassung der nichtfinanziellen Ziele blieb im Gegensatz zur Erfassung finanzieller Ziele mit der Kapitalwertrechnung die zeitliche Struktur der Zielwirkungen unbeachtet. Implizit wurde davon ausgegangen, dass die gesamte nichtfinanzielle Zielwirkung der öffentlichen Investitionen sofort eintritt. Das scheint im Angesicht dessen, dass sich die finanziellen Konsequenzen öffentlicher Investitionen über einen langen Zeitraum erstrecken, äußerst unplausibel. Alternativ könnten die zeitlich nicht differenzierten Ziererträge der Nutzwertanalyse als zukünftige Durchschnittswerte im Planungszeitraum aufgefasst werden, die dann direkt bewertet werden. Für finanzielle Zielwirkungen entspricht das einem statischen Ansatz, der aus guten Gründen für Entscheidungsrechnungen abgelehnt wird.<sup>1</sup> Für nichtfinanzielle Zielwirkungen ist ebenfalls davon auszugehen, dass die zeitliche Struktur der Ziererträge relevant ist und im Entscheidungsmodell differenziert Berücksichtigung finden muss.

Die zeitliche Struktur verschiedener Zielwirkungen adäquat zu erfassen, scheint gerade für die öffentliche Hand von besonderer Bedeutung. Wie bereits mehrfach dargestellt, muss sie mehrere und vor allem nichtfinanzielle Ziele berücksichtigen. Neben Höhen- und Zielartenpräferenzen ist es also erforderlich, Zeitpräferenzen zu berücksichtigen bzw. zu formulieren.<sup>2</sup> In der wissenschaftlichen Literatur wird die Modellierung von Zeitpräferenzen umfassend diskutiert.<sup>3</sup> In erster Linie beziehen sich die Überlegungen auf den Fall, dass nur ein Ziel verfolgt wird, oder unterschiedliche Zielarten gleich-

---

<sup>1</sup> Zur Ablehnung statischer Investitionsrechenverfahren z. B. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 28 ff., Troßmann [Investition] 79 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Bamberg/Coenenberg/Krapp [Entscheidungslehre] 28.

<sup>3</sup> Vgl. für einen Überblick Frederick/Loewenstein/O'Donoghue [Discounting] 355 ff.

behandelt werden. Für eine differenzierte Analyse sind allerdings die Zeitpräferenzen je Zielart zu unterscheiden.

Der Literatur, die die Nutzwertanalyse als Projektrechnung auffasst und sie thematisch eher neben Verfahren der Investitionsrechnung aufführt, fehlt es hier überwiegend an Konzepten.<sup>1</sup> Oftmals werden nichtfinanzielle Zielwirkungen bei Investitionen vielmehr als Nebenwirkung angesehen. Für öffentliche Investitionen wurde bereits deutlich, dass nichtfinanzielle Zielwirkungen regelmäßig den weitüberwiegenden Teil aller positiven Zielwirkungen ausmachen. Nur konsequent ist es daher, die nichtfinanziellen Zielwirkungen periodisch differenziert zu betrachten. Da nichtfinanzielle Ziele methodisch mit der Nutzwertanalyse berücksichtigt werden, lässt sich die Verwendung einer dynamischen Nutzwertanalyse für die öffentliche Hand bei öffentlichen Investitionen fordern. Das bedarf zunächst eines Modells, um Zeitpräferenzen überhaupt adäquat im Mehrzielfall zu berücksichtigen.

## **2. Der allgemeine Fall intertemporaler Entscheidungen**

Die Grundstruktur zur Messung bzw. Prognose zeitlich differenzierter Zielerträge liefert die Investitionsrechnung mit der Struktur von Zahlungsströmen. Der Planungszeitraum wird in Perioden (z. B. Jahre) untergliedert. Innerhalb einer Periode bleibt die zeitliche Struktur unberücksichtigt, wie bei der Kapitalwertmethode. Die gesamte Zielwirkung einer Periode tritt dann annahmegemäß zum Ende einer jeden Periode ein.

Fallen die für eine Entscheidung relevanten Zielerträge zu unterschiedlichen Zeitpunkten an, lässt sich diese Entscheidungssituation als eine solche unter mehrfacher Zielsetzung auffassen.<sup>2</sup> In der Literatur wird diese Entscheidungssituation auch als intertemporale Entscheidung bezeichnet. Die Punktwertfunktion zu Ziel  $j$  ( $v_j$ ) gibt zu dem Zielertrag von Projekt  $i$  bei

---

<sup>1</sup> Die Literatur zur öffentlichen Betriebswirtschaftslehre berücksichtigt im Zeitablauf veränderliche Zielerträge in der Nutzwertanalyse oftmals nicht, vgl. z. B. Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 150 ff., Ossadnik [Investitionsrechnungsverfahren] 140 ff., Brenzke [Wirtschaftlichkeitsrechnung] 104 ff.; ebenso die controllingorientierte Literatur, die üblicherweise als Projektrechnungen eher Investitionsrechnungen vor Augen hat, vgl. Götze [Investitionsrechnung] 185 ff., Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 307 ff.; selten finden sich Ansätze wie z. B. bei Troßmann [Investition] 17 ff., der ein Diskontierungsmodell vorschlägt.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 340, Dyckhoff [Zeitpräferenz] 994, Ahlbrecht/Weber [intertemporal] 537 f.

Ziel  $j$  ( $e_{ji}$ ) den entsprechenden Punktwert an. Die bisherige Nutzwertfunktion ( $u$ ) verknüpft additiv das Produkt aus Zielartgewicht je Ziel  $j$  ( $g_j$ ) mit dem entsprechenden Punktwert eines Projekts  $i$  bei Ziel  $j$ . Diesen Punktwert weist die Punktwertfunktion  $v_j(e_{ji})$  dem Zilertrag von Investition  $i$  bei Zielart  $j$  ( $e_{ji}$ ) zu. Die additive Nutzenfunktion lässt sich, wie in (D.1) dargestellt, zu einer intertemporalen Nutzwertfunktion umdeuten. Offensichtlich wird damit der Zilertrag einer bestimmten Periode  $t$  als ein Ziel  $j$  aus mehreren aufgefasst.

$$u(e_{ji}) = \sum_{j=1}^J g_j \cdot v_j(e_{ji}) \rightarrow u(e_{ti}) = \sum_{t=0}^T g_t \cdot v_t(e_{ti}) \quad (\text{D.1})$$

Dieses Modell gilt dann nur für eine Zielart und müsste für den Fall mehrerer Zielarten zu (D.2) ergänzt werden.

$$u(e_{tji}) = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^J g_{tj} \cdot v_{tj}(e_{tji}) \quad (\text{D.2})$$

Die hier dargestellte intertemporale Nutzwertfunktion zeigt einerseits, dass für jedes Ziel  $j$  eine eigene Punktwertfunktion je Periode  $t$  ( $v_{tj}$ ) und ein eigener Gewichtungsfaktor je Periode  $t$  ( $g_{tj}$ ) bestimmt werden müsste. Alternativ ließe sich die Entscheidungssituation so auffassen, dass insgesamt  $M$  Ziele verfolgt werden.  $M$  steht dann für die Gesamtzahl an Zielkombinationen aus den Perioden  $t$  ( $t \in 0, 1, 2, \dots, T$ ) und den Zielen  $j$  ( $j \in 1, 2, \dots, J$ ) es gilt also  $M := J \cdot (T + 1)$ . Demnach würde sich (D.2) wieder zur Ausgangsüberlegung von (D.1) vereinfachen, jede Kombination aus Periode  $t$  und Ziel  $j$  führt dann zu einem eigens zu berücksichtigenden Ziel.

Insgesamt wäre diese Situation genauso zu handhaben wie im Grundmodell der Nutzwertanalyse. Zunächst wären  $J \cdot (T + 1)$ , im Fallbeispiel aus Kapitel C.II.1.c also 36, Punktwertfunktionen zu schätzen. Die Punktwertfunktion misst die relevanten Zilerträge in einer einheitlichen Skala von 0 bis 10 und differenziert dabei in erster Linie nur, wie die Punktwerte über das zu betrachtende Zilertragsintervall aufzuteilen sind. Es soll davon ausgegangen werden, dass diese Punktwertfunktionen über die Zeit stabil bleiben, was mindestens voraussetzt, dass das Intervall der Punktwertfunktion den Großteil der Zilerträge differenziert bewertet. Das reduziert die Anzahl

der Punktwertfunktionen auf  $J$ , hier also sechs. Es sei also angenommen, dass die Höhenpräferenzen über die Zeit konstant bleiben.

Nur, um die Gewichtungsfaktoren festzulegen, wären bei den sechs Zielen im Fallbeispiel ( $J = 6$ ) und einem angenommenen Planungshorizont bis Periode fünf ( $T = 5$ ), insgesamt mindestens 35 Indifferenzurteile nötig, da für diese Anzahl allgemein gilt  $J \cdot (T + 1) - 1$ . Verallgemeinert erhält man für die Zielgewichte dann die Matrix aus (D.3), wobei die Spaltensummen die impliziten Gewichte der Zielarten und die Zeilensummen die impliziten Gewichte der Perioden angeben. Basierend auf dieser Darstellung soll nun angenommen werden, dass die Zielartgewichte  $g_j$  global festgelegt werden können. Dann ist nur noch zu bestimmen, wie sich deren Wirkung über die Zeit zusammensetzt. Alternativ bliebe, dieselbe Annahme für die Zeitgewichte  $g_t$  zu treffen, was wenig plausibel erscheint, oder alle Gewichtungsfaktoren der Matrix zu schätzen, was äußerst aufwendig und unübersichtlich ist.<sup>1</sup>

$t$	$Z_j$	1	...	$j$	...	$J$	$g_t$	
0	⎛	$g_{10}$	...	$g_{j0}$	...	$g_{J0}$	⎞	$g_0$
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮
$t$	⎛	$g_{1t}$	...	$g_{jt}$	...	$g_{Jt}$	⎞	$g_t$
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮
$T$	⎛	$g_{1T}$	...	$g_{jT}$	...	$g_{JT}$	⎞	$g_T$
$g_j$		$g_1$	...	$g_j$	...	$g_J$		1

(D.3)

Um die weiteren Überlegungen nachvollziehbarer zu gestalten, soll die beschriebene Berücksichtigung der zeitlichen Struktur der Zielerträge als zusätzliche Ebene in einem hierarchischen Zielsystem aufgefasst werden. Abb. D-1 zeigt eine solche Zielhierarchie. Die oberste Ebene repräsentiert den Nutzwert  $N_i$ , welcher sich aus den Teilnutzwerten je Zielart auf der zwei-

<sup>1</sup> Anders, vgl. Witte [dynamische Nutzwertanalyse] 490 ff. der vielmehr periodenindividuelle Punktwertfunktionen und periodenindividuelle Zielartpräferenzen vorschlägt, was bei größeren Zielsystemen schnell sehr unübersichtlich wird. Einen Vorschlag, die erforderlichen Informationen zu ermitteln bleibt der Ansatz daher schuldig.

ten Ebene zusammensetzt (im Fallbeispiel sind es  $J = 6$ ). Der Teilnutzwert eines Ziels  $j$  ergibt sich aus dem Produkt von Zielartgewicht  $g_j$  und dem zielartindividuellen Punkt(kapital)wert  $P_{ji}^{KW}$ . Durch die Berücksichtigung der zeitlichen Struktur kann sich jede Zielart in  $T + 1$  Periodenziele differenzieren. Wie angenommen, werden die Gewichtungsfaktoren  $g_j$  direkt bestimmt. Die Berücksichtigung von zielindividuellen Zeitpräferenzen  $g_{jt}$  stellt dar, wie sich die einzelnen Gewichtungsfaktoren auf die verschiedenen Perioden aufteilen.

Barnutzwert für Alternative  $i$

$$N_i = \sum_{j=1}^J g_j \cdot P_{ji}^{KW}$$

Ziel  $j$  mit zielindividuellem Punktwert (Kapitalwert)

$$P_{ji}^{KW} = \sum_{t=0}^T g_{tj} \cdot P_{tji}^{ZW} = \sum_{t=0}^T P_{tji}^{BW}$$

Periode  $t$  mit periodenindividuellem Punktwert (Zeitwert)

$$P_{tji}^{ZW} = v_j(e_{tji})$$

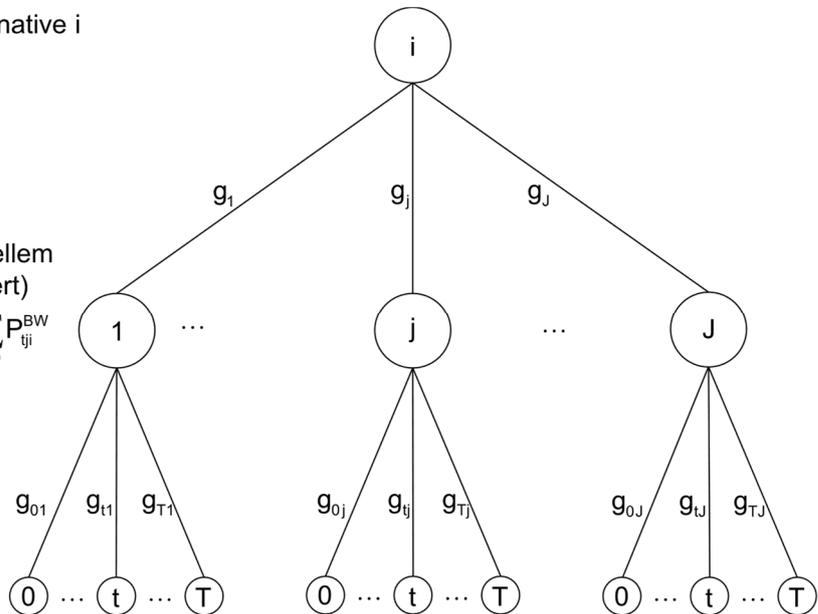


Abb. D-1: Zielhierarchie zur Berücksichtigung von Zeitpräferenzen

Für hierarchische Zielsysteme sind entscheidungslogische Ansätze zur Festlegung der Zielgewichte im Allgemeinen nur eingeschränkt verwendbar.<sup>1</sup> In der Regel wird ein Oberziel durch mehrere Unterziele konkretisiert, da sich das entsprechende Oberziel allein nicht operationalisieren lässt.<sup>2</sup> Gleiches gilt, wenn ein Oberziel durch mehrere Kennzahlen – die als Unterziele aufzufassen sind – operationalisiert wird. Dann lässt sich das Oberziel allein nicht messen und über Indifferenzurteile auch keine Gewichtungsfaktoren festlegen. Es bleiben nur pragmatische Ansätze zur Zielgewichtung.

<sup>1</sup> Vgl. zur Bestimmung von Zielgewichten Kapitel C.II.1.c, insbesondere Abb. C-6.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 70, insbesondere zur Kritik an der direkten Vorgabe von Gewichtungsfaktoren 156 ff. und 159.

Übertragen auf den Fall der Berücksichtigung von Zeitpräferenzen, ist das Ziel allerdings messbar, lediglich durch mehrere periodenindividuelle Ausprägungen. Dann lassen sich die Artenpräferenzen  $g_j$  wie gewohnt erfassen. Es ist einfach davon auszugehen, dass bei den Präferenzurteilen Zielerträge im selben Zeitpunkt verglichen werden. Diese Modellerweiterung fügt sich nahtlos in den nutzwertanalytischen Ansatz ein und geht daher auch mit der Annahme einher, dass Zeit- und Zielgewichte vollständig unabhängig sind. Die Zeitpräferenz ist dann über die periodenindividuellen Zeitgewichte je Ziel  $g_{tj}$  zu erfassen. Führt man den Begriff der Diskontierung ein, ergibt sich der perioden- und zielartindividuelle Diskontfaktor  $1/q_{tj}$  für  $t \geq 1$  gemäß (D.4).

$$\frac{1}{q_{tj}} = \frac{g_{tj-1}}{g_{tj}} \quad (\text{D.4})$$

Zudem sollen die zielindividuellen Punktwerte vergleichbar bleiben, weshalb (D.5) gelten muss. Es sind nicht nur die Zielgewichte  $g_j$  zu normieren, sondern auch die periodenindividuellen Zeitgewichte je Ziel  $g_{tj}$ .

$$\sum_{t=0}^T g_{tj} = 1 \quad \text{für } j = 1, 2, \dots, J \quad (\text{D.5})$$

Die Schätzung von Zeitpräferenzen kann nun entweder direkt über die Anwendung von Indifferenzmethoden auf die periodenindividuellen Gewichtungsfaktoren je Ziel erfolgen. Wie für den Umgang mit Zeitpräferenzen üblich, nicht zuletzt aufgrund ihrer Verbreitung durch die Kapitalwertmethode, kann auch auf Diskontfunktionen zurückgegriffen werden. Werden Verfahren zur Schätzung von Diskontfaktoren bzw. Diskontierungsfunktionen – wie sie im nächsten Kapitel dargestellt sind – genutzt, kann der Zusammenhang zwischen Diskontfaktoren und periodenindividuellen Zielgewichten als Gleichungssystem aufgefasst werden. Die periodenindividuellen Zielgewichte lassen sich dann mit Hilfe von Methoden der linearen Algebra sehr einfach berechnen, wie es (D.6) zeigt.

$$\begin{aligned}
 & \begin{aligned}
 & 1/q_{1j} \cdot g_{0j} - g_{1j} = 0 \\
 & \quad \quad \quad \vdots \\
 & 1/q_{tj} \cdot g_{t-1,j} - g_{tj} = 0 \\
 & \quad \quad \quad \vdots \\
 & 1/q_{Tj} \cdot g_{T-1,j} - g_{Tj} = 0 \\
 & g_{0j} + \dots + g_{Tj} = 1
 \end{aligned}
 & \Leftrightarrow \underbrace{\begin{pmatrix} 1/q_{1j} & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/q_{tj} & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/q_{Tj} & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}}_{\mathbf{DF}_j} \cdot \underbrace{\begin{pmatrix} g_{0j} \\ g_{1j} \\ \vdots \\ g_{tj} \\ \vdots \\ g_{Tj} \end{pmatrix}}_{\bar{g}_j} = \underbrace{\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}}_{\bar{z}}
 \end{aligned} \tag{D.6}$$

$$\Leftrightarrow \bar{g}_j = \mathbf{DF}_j^{-1} \cdot \bar{z}$$

Auch ein Ansatz mit Abzinsungsfaktoren führt zu diesen Ergebnissen.

$$g_{tj} = \frac{AFZ_{tj}}{\sum_{t=0}^T AZF_{tj}} \tag{D.7}$$

Werden die Zeitgewichtungsfaktoren direkt über Indifferenzurteile geschätzt, müssen allgemein  $J \cdot T$  Diskontfaktoren, im Fallbeispiel mit sechs Zielen und einem angenommenen Planungshorizont von fünf Jahren also 30 Diskontfaktoren, geschätzt werden. Anders verhält es sich, wenn die Diskontfaktoren der einzelnen Ziele funktional beschrieben werden und sich diese Funktionen mit wenigen Parametern festlegen lassen. Dann reduziert sich die Anzahl von Indifferenzurteilen deutlich. Bei gut gewählten Parametern lässt sich der Aufwand zur Datenerfassung des Modells deutlich verringern, ohne besondere negative Auswirkungen auf die Genauigkeit der Ergebnisse befürchten zu müssen. Auf diese Ansätze zielen die Ausführungen des nachfolgenden Kapitels.

Zuletzt werden einige grundsätzliche Eigenschaften dieses Modells betrachtet. Es gilt die Annahme, dass je Ziel eigenständig entschieden werden kann, wie die Zeitpräferenzen gemessen werden, ob sie also direkt und äußerst flexibel aus Indifferenzurteilen folgen oder eher grob funktional beschrieben werden. Des Weiteren bietet sich die Möglichkeit, Zielerträge, die keinen konkreten Zeitbezug haben, ebenfalls abzubilden. Für solche Ziele ist dann eben keine dritte Ebene nach der Hierarchie aus Abb. D-1 vorzusehen. Mit diesem Aufbau lassen sich dann auch Entscheidungssituationen abbilden, die Ziele enthalten, für die externe (zeitliche) Austauschraten vor-

zufinden sind, über welche die periodenindividuellen Zielerträge aus deren Zeitwert in einen Barwert überführt und so vergleichbar gemacht werden können (z. B. finanzielle Ziele in Form eines Kapitalwerts).<sup>1</sup>

### 3. Zur Modellierung von Zeitpräferenzen der öffentlichen Hand

Zur Modellierung von Zeitpräferenzen innerhalb von Nutzenfunktionen wird überwiegend auf allgemeine Diskontierungsmodelle zurückgegriffen.<sup>2</sup> Die Ansätze beziehen sich üblicherweise nicht auf Mehrzielentscheidungen.<sup>3</sup> Sie werden hier, wie oben beschrieben, je Ziel angewandt. Im Grundsatz sind dabei zwei Formen zu unterscheiden. Ein Ansatz lehnt sich an die bekannte Form der Diskontierung aus dem Grundmodell der Kapitalwertrechnung an und wird kurz als Diskontierungsmodell bezeichnet.<sup>4</sup> Als zweiter Ansatz gilt die hyperbolische Diskontierung aus der deskriptiven Entscheidungstheorie.<sup>5</sup> Durch die Vorgabe weniger Parameter wird der Diskontfaktor funktional so beschrieben, dass er, verglichen mit dem (konstanten) Diskontierungsmodell, in der nahen und der fernen Zukunft unterschiedlich groß ist. Offensichtlich sind solche Überlegungen nur dann notwendig, wenn sich der Entscheidungsträger nicht in der Lage sieht – oder es nicht für nötig hält –, Präferenzurteile abzugeben, die direkt auf periodenindividuelle Diskontfaktoren schließen lassen. Periodenindividuelle Diskontfaktoren lassen eine beliebige Struktur der Zeitpräferenzen zu.

Die vereinfachte Berechnung der kumulierten Wirkung der Diskontfaktoren (nachfolgend bezeichnet als Abzinsungsfaktor)<sup>6</sup> auf einen periodenindividuellen Zielertrag eines Ziels beim Übergang vom allgemeinen Modell zum Diskontierungsmodell (mit konstanter Diskontrate) stellt (D.8) formal dar. Um die Präferenzen des Entscheidungsträgers zutreffend zu erfassen,

---

<sup>1</sup> Vgl. zur Unterscheidung externer Austauschraten und interner Zeitpräferenzen Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 359.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 346.

<sup>3</sup> Vgl. Dyckhoff [Zeitpräferenz] 993.

<sup>4</sup> Ursprünglich geht diese wohl auf Böhm-Bawerk [Kapitalzins] 248 ff. zurück.

<sup>5</sup> Vgl. Harvey [Value] 1123 ff.

<sup>6</sup> Wenngleich die Analogie zur Investitionsrechnung nicht ganz passend ist, zeigt der so berechnete Faktor die Wirkung eines Abzinsungsfaktors. Er gibt den Wert eines zukünftigen Punktwerts in Höhe von 1, eines Zielertrages in  $t'$  im Zeitpunkt der Entscheidung ( $t = 0$ ) an.

muss für diese Stationarität gelten.<sup>1</sup> D. h. die reine Verschiebung der Zielerträge zweier Alternativen um eine feste Anzahl von Perioden, darf nicht zu einer Änderung der Präferenzen führen.<sup>2</sup> Die plausible Annahme von Ungeduld hätte dann zur Folge, dass gilt  $q > 1$ . Da der Diskontfaktor konstant ist, gilt (D.8).

$$azf_{ij} = \prod_{m=1}^t \frac{1}{q_{mj}} \rightarrow azf_{ij}^{DM} = \prod_{m=1}^t \frac{1}{q_j} = \frac{1}{q_j^t} \quad (D.8)$$

Hat sich der Entscheidungsträger auf dieses Modell festgelegt, lässt sich der Diskontfaktor recht einfach ermitteln. Dazu wird eine Indifferenzaussage zwischen zwei in der Höhe unterschiedlichen Zielerträgen gleicher Zielart zu unterschiedlichen Zeitpunkten  $\hat{t}$  und  $t$  (wobei  $\hat{t} < t$ ) gesucht. Gemäß (D.9) lässt sich dann der Diskontfaktor von Ziel  $j$  leicht berechnen.

$$u(e_{\hat{t}j}) \sim u(e_{tj}) \rightarrow \frac{1}{q_j^t} \cdot v_j(e_{tj}) = \frac{1}{q_j^{\hat{t}}} \cdot v_j(e_{\hat{t}j}) \rightarrow \frac{1}{q_j} = \sqrt[t-\hat{t}]{\frac{v_j(e_{tj})}{v_j(e_{\hat{t}j})}} \quad (D.9)$$

Die hyperbolische Diskontierung geht ursprünglich auf Harvey zurück,<sup>3</sup> der zunächst den formalen Zusammenhang nach (D.10) vorgeschlagen hat.<sup>4</sup> So kann eine starke Veränderung der Zielerträge in naher Zukunft vorgenommen werden, während solche in ferner Zukunft dann eine relativ schwache Änderung erfahren. Dazu ist anzunehmen, dass der Abstand zwischen zwei Perioden im Laufe der Zeit unwichtiger oder kürzer wahrgenommen wird.<sup>5</sup>

$$azf_{ij}^{hyp} = \frac{1}{(1+t)^r} \quad (D.10)$$

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 347 ff., Dyckhoff [Zeitpräferenz] 1001 f.

<sup>2</sup> Vgl. Hempelmann/Lürwer/Brackschulze [Zeitpräferenz] 382.

<sup>3</sup> Vgl. Harvey [Value] 1123 ff., Harvey [Utility] 645 ff.

<sup>4</sup> Von einem Diskontfaktor im engeren Sinn kann streng genommen nicht gesprochen werden, denn der übliche Zusammenhang zwischen der Diskontrate  $r$ , verstanden als die Zinsrate  $i$ , und  $q$  als Diskontfaktor mit  $q = 1+i$  besteht nicht.

<sup>5</sup> Vgl. Hempelmann/Lürwer/Brackschulze [Zeitpräferenz] 385, zu einigen axiomatischen Voraussetzungen der Verwendung von hyperbolischen Diskontierungsmodellen Ahlbrecht/Weber [intertemporal] 555 ff.

Die implizite periodenindividuelle Diskontrate  $i$  dieses Modells, also die prozentuale Veränderung, strebt im Zeitablauf gegen 0, der periodenindividuelle Diskontfaktor also gegen 1, der resultierende Abzinsungsfaktor nähert sich einem unteren Grenzwert an.

Akzeptiert der Entscheidungsträger das hyperbolische Diskontierungsmodell, kann der Wert  $r$  durch die Methode der Halbwertperiode bestimmt werden. Dazu wird ein Zilertrag  $e_{0ji}$  in Periode 0 gesucht, der genau zwischen null und einem zweiten Zilertrag  $\hat{e}_{0ji}$  in Periode 0 eingeschätzt wird (1), ähnlich wie bei der Halbierungsmethode. Daraufhin wird der Zilertrag  $\hat{e}_{0ji}$  aus Periode 0 in Periode  $\hat{t}$  verschoben, sodass der Entscheidungsträger sich indifferent zwischen dem Zilertrag  $e_{0ji}$  in Periode 0 und  $\hat{e}_{\hat{t}ji}$  in Periode  $\hat{t}$  fühlt (2). Aus diesen beiden Indifferenzurteilen (D.11) folgen zwei Gleichungen, die eine sehr einfache Lösung für  $r$  gemäß (D.12) nahelegen.<sup>1</sup>

$$\begin{aligned} (1) \quad 2 \cdot v_j(e_{0ji}) &\sim v_j(\hat{e}_{0ji}) \rightarrow 2 \cdot v_j(e_{0ji}) = v_j(\hat{e}_{0ji}) \\ (2) \quad v_j(e_{0ji}) &\sim v_j(\hat{e}_{\hat{t}ji}) \rightarrow v_j(e_{0ji}) = \frac{1}{(1+\hat{t})^r} \cdot v_j(\hat{e}_{0ji}) \end{aligned} \quad (D.11)$$

$$r = \frac{\log 2}{\log(1+\hat{t})} \quad (D.12)$$

In der deskriptiven Entscheidungstheorie werden zur hyperbolischen Diskontierung auch Modelle der Form (D.13) vorgeschlagen. Die Funktion weist ganz ähnliche Eigenschaften auf wie (D.12), ist insgesamt aber flexibler.<sup>2</sup> Hier müssen zwei Parameter geschätzt werden, die im Übrigen beide keinen intuitiven Einfluss auf den Graphen haben. Daher lassen sich auch kaum Fragetechniken entwerfen, die es zulassen auf die beiden Parameter zu schließen. Das Modell dient dann vielmehr als Basis einer Regressionsanalyse, für die einige Punkte, d. h. Diskontfaktoren, bekannt sein müssten.

$$azf_{jt} = \frac{1}{(1 + \alpha \cdot t)^{\frac{\beta}{\alpha}}} \quad (D.13)$$

Zuletzt zeigen quasi-hyperbolische Diskontierungsfunktionen interessante Eigenschaften, vor allem, da sie die Gegenwartspräferenz bzw. die starke

<sup>1</sup> Vgl. Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 351 f.

<sup>2</sup> Vgl. Loewenstein/Prelec [Intertemporal] 580, von Nitzsch [Entscheidungslehre] 140.

Präferenz für Zielserträge vor oder nach einem bestimmten Zeitpunkt berücksichtigen.<sup>1</sup> Dazu werden zwei (oder mehr)<sup>2</sup> Zeiträume unterschieden, für die unterschiedliche Diskontfaktoren gelten. Typisch ist den ersten Zeitraum auf Periode 0 zu beschränken, ab Periode 1 einen wie oben beschriebenen Diskontfaktor zu verwenden und den Übergang vom ersten zum zweiten Zeitraum mit einem Abschlag in Höhe von  $\beta < 1$  zu versehen. Dieser „Sprung“ ließe sich auch an jedem anderen Zeitpunkt  $\hat{t}$  unterbringen, wenn der Abzinsungsfaktor abschnittsweise als (D.14) definiert wird.<sup>3</sup>

$$azf_{jt}^{ghDM} = \begin{cases} \frac{1}{q_j^t} & \text{für } t \leq \hat{t} \\ \beta_j \cdot \frac{1}{q_j^t} & \text{für } t > \hat{t} \end{cases} \quad (D.14)$$

In der Literatur zur deskriptiven Entscheidungslehre wird für Zeitpräferenzen zudem gefordert,<sup>4</sup> auch Zielsertragssequenzen<sup>5</sup> bzw. Verteilungseffekte<sup>6</sup> zu berücksichtigen. D. h. der Nutzen der Zielserträge einer Periode  $t$  hängt (auch) von der Verteilung der Zielserträge aus anderen Perioden ab. Beispielsweise wird vom Entscheidungsträger ein gleichbleibender Strom, ein steigender oder ein fallender Trend präferiert. Vorstellbar ist, dass sich diese Präferenz sowohl auf das einzelne Ziel wie auch die periodenindividuellen Teilnutzwerte bezieht. Für isolierte Projektentscheidungen kann davon ausgegangen werden, dass sich diese Präferenz auch adäquat als ein oder mehrere explizite Ziele erfassen lassen, immerhin hängt bei Projektentscheidungen diese Verteilung nur vom Investitionsprojekt ab. Die Verteilung der Zielserträge bzw. der periodenindividuellen Teilnutzwerte werden dann explizit berücksichtigt, statt sie als Zeitpräferenz zu modellieren.

---

<sup>1</sup> Vgl. zu einem Verfahren Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 354.

<sup>2</sup> Vgl. von Nitzsch [Entscheidungslehre] 144, Berns/Laibson/Loewenstein [Choice] 483.

<sup>3</sup> Vgl. Frederick/Loewenstein/O'Donoghue [Discounting] 366, Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 353 f.; die zweite Forderung nach der Berücksichtigung von Vor- oder Nachfreude bzw. Leid, soll ausgeblendet werden. Für Entscheidungsrechnungen scheint es fraglich, zu versuchen sämtliche empirisch beobachtbare Anomalien (vgl. z. B. Hempelmann/Lürwer/Brackschulze [Zeitpräferenz] 383 f.) im Entscheidungsverhalten von Menschen bei Entscheidungsrechnungen zu berücksichtigen.

<sup>4</sup> Vgl. auch im Weiteren von Nitzsch [Entscheidungslehre] 142 und 144 f.

<sup>5</sup> Vgl. auch im Weiteren Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 343 f.

<sup>6</sup> Vgl. Dyckhoff [Zeitpräferenz] 1003.

Statt barwertiger Nutzwerte können selbstverständlich auch andere Zielgrößen verwendet werden (z. B. der endwertige Nutzen). Dazu ist wie aus den investitionsrechnerischen Verfahren bekannt vorzugehen. Den Ausgangspunkt bilden die ermittelten Diskontraten bzw. Abzinsungsfaktoren. Da je Zielart eigene Zeitpräferenzen unterschieden werden, ist es durchaus möglich, dass unterschiedliche Zielgrößen, zu unterschiedlichen Entscheidungsempfehlungen kommen.

Nachfolgend soll die Verwendung der Modellierungstechnik einer dynamischen Nutzwertanalyse anhand des bisherigen Fallbeispiels verdeutlicht werden. Dazu ist es nötig, das Fallbeispiel zu spezifizieren. Wie sich zeigt, wird allein durch die Berücksichtigung der zeitlichen Struktur nichtfinanzieller Zielerträge die Analyse deutlich differenzierter. Vor der Prognose periodenindividueller Zielerträge, werden die sechs Ziele aus dem Fallbeispiel zunächst hinsichtlich ihrer zeitlichen Struktur näher erläutert.

Zunächst sind auch die drei Alternativen gemäß Abb. D-2 zu konkretisieren. Die Generalsanierung des Freibades ( $A_1$ ) kann während eines Schließzeitraums erledigt werden, weshalb hier mit keinen Verzögerungen oder Einschränkungen durch den Bau zu rechnen ist. Der Umbau des Freibades zu einem Erlebnisbad ( $A_2$ ) wird zwei Schließzeiträume benötigen und in der ersten Freibadsaison zu Einschränkungen der Zielerträge des Freibads durch den Bau führen. Der Neubau des Hallenbads ( $A_3$ ) wird voraussichtlich ein Jahr in Anspruch nehmen, währenddem keine Zielerträge zu erwarten sind. Insgesamt fällt auf, dass sich die drei Alternativen in Periode 0 nur geringfügig unterscheiden, da sie meist auf den Zielerträgen des Status quo – also des Freibades – aufbauen. Zwar lässt sich in Periode 0 ein finanzieller Abfluss identifizieren. Dabei wird in der Investitionsrechnung – wie auch hier – in der Regel angenommen, dass alle Zahlungen am Ende der jeweiligen Periode anfallen. Entsprechend fallen die positiven Wirkungen der Investitionen überwiegend mit einem zeitlichen Verzug über die erste Periode an und werden als einmalige Wirkung zum Ende von Periode 1 erfasst. Eine Ausnahme bilden die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu Ziel 3, die aufgrund des Baube-

gins im Schließzeitraum, teilweise auch vor  $t = 0$  anfallen und daher in Periode 0 zu berücksichtigen sind.

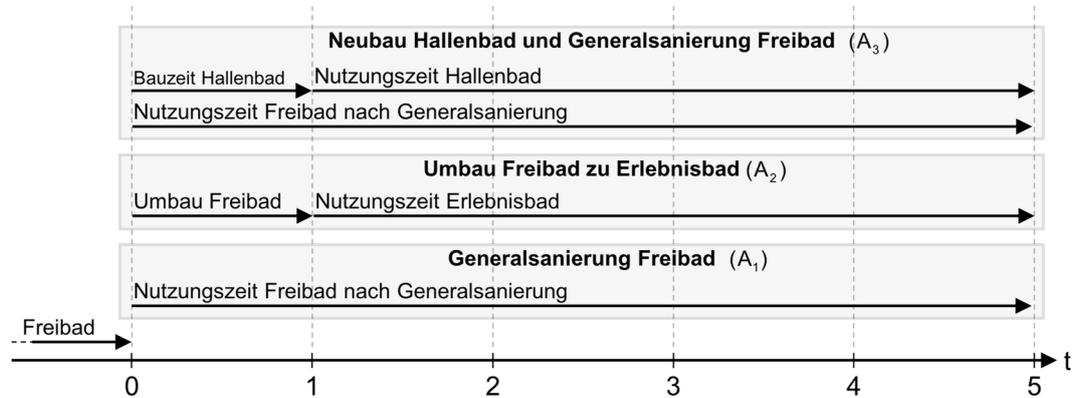


Abb. D-2: Zeitliche Struktur der drei Alternativen im Fallbeispiel

Die konkretisierten Alternativen verändern die Entwicklung der Zielerträge je Zielart wie folgt: Das Ziel der Gesundheitsverbesserung ( $Z_1$ ) wird gemessen durch zusätzliche Bewegungsstunden. Die prognostizierten Zielerträge beginnen in der Periode, in der die jeweilige Alternative fertiggestellt ist und die Nachfrage ein stabiles Niveau erreicht hat. Für das Erlebnisbad (Alternative 2) und für das Hallenbad in Alternative 3 wird davon ausgegangen, dass dieses Niveau in der Periode 2 nach der Eröffnung erreicht ist. Gleichzeitig nehmen die zusätzlichen Bewegungsstunden ab, da mit einem allgemeinen Trend zu mehr Bewegung gerechnet wird. Je Alternative geht man daher von verschiedenen jährlichen Schrumpfungsraten  $w_j^-$  ab Periode 2 aus. Für das Ziel einer möglichst niedrigen Klimawirkung ( $Z_3$ ), gemessen durch  $\text{CO}_2$ -Emissionen pro Jahr, beziehen sich die bisherigen Prognosen lediglich auf Emissionen im regulären Betrieb, blenden allerdings die Emissionen in der Bauzeit aus. Für das Ziel, die Eintrittspreise zu minimieren ( $Z_6$ ), wird prognostiziert, dass die geplanten Eintrittspreise ab Periode 3 jährlich mit  $w_6 = 0,05$  wachsen. Die Zielerträge für die übrigen Ziele 2, 4 und 5 werden ebenfalls erst ab der Eröffnung der jeweiligen Einrichtung realisiert. Abb. D-3 stellt die Zielerträge der drei Alternativen für einen Planungszeitraum bis  $t = 2$  im Einzelnen dar und fasst die Entwicklung danach bis  $t = 5$  zusammen.

periodenindividuelle Zielerträge je Alternative i, Ziel j und Periode t ( $e_{tji}$ )				
Ziel j	Periode t	Freibad (A <sub>1</sub> )	Erlebnisbad (A <sub>2</sub> )	Frei- u. Hallenbad (A <sub>3</sub> )
1	0	35.000 Std.	35.000 Std.	35.000 Std.
	1	35.000 Std.	20.000 Std.	35.000 Std.
	2	35.000 Std.	78.750 Std.	75.000 Std.
	jährl. Schrumpfungsrate bis t = 5	$w_{11} = 0,05$	$w_{12} = 0,1$	$w_{13} = 0,04$
2	0	befr.	befr.	befr.
	1	befr.	ausr.	befr.
	ab t = 2	befr.	sehr gut	befr.
3	0	120 t	130 t	120 t
	1	120 t	180 t	200 t
	ab t = 2	100 t	20 t	110 t
4	0	20 Zeitfenster	20 Zeitfenster	20 Zeitfenster
	1	20 Zeitfenster	10 Zeitfenster	20 Zeitfenster
	ab t = 2	20 Zeitfenster	35 Zeitfenster	40 Zeitfenster
5	0	3.500 Besucher	3.500 Besucher	3.500 Besucher
	1	3.500 Besucher	1.500 Besucher	3.500 Besucher
	ab t = 2	3.500 Besucher	7.500 Besucher	3.700 Besucher
6	0	4 €/Eintritt	4 €/Eintritt	4 €/Eintritt
	1	4 €/Eintritt	4 €/Eintritt	4 €/Eintritt
	2	4,5 €/Eintritt	6 €/Eintritt	3,5 €/Eintritt
	jährl. Wachstumsrate bis t = 5		$w_{6i} = 0,05$	

Abb. D-3: Zeitlich differenzierte Zielerträge der Alternativen im Fallbeispiel je Zielart

Die einzelne Alternative kann offensichtlich mit einer Zielertragsmatrix beschrieben werden, wenn die Zeilen die Zielerträge nach Perioden und die Spalten die Zielerträge nach Zielarten differenzieren. (D.15) zeigt diese für die Generalsanierung des Freibads (A<sub>1</sub>).

$$\mathbf{z}_1 = \begin{pmatrix} 35.000 & \text{befr.} & 120 & 20 & 3.500 & 4 \\ 35.000 & \text{befr.} & 120 & 20 & 3.500 & 4 \\ 35.000 & \text{befr.} & 100 & 20 & 3.500 & 4,5 \\ 33.333 & \text{befr.} & 100 & 20 & 3.500 & 4,73 \\ 31.746 & \text{befr.} & 100 & 20 & 3.500 & 4,96 \\ 30.234 & \text{befr.} & 100 & 20 & 3.500 & 5,21 \end{pmatrix} \quad (\text{D.15})$$

Die veränderten Zielerträge machen es nötig, die Punktwertfunktionen erneut in den Blick zu nehmen. Vor allem dort, wo die Zielerträge außerhalb der Intervallgrenzen  $[0; 10]$  nicht mehr differenziert werden. Dementsprechend soll davon ausgegangen werden, dass der Entscheidungsträger für  $Z_3$  (die negative Klimawirkung gemessen in Tonnen  $\text{CO}_2$  pro Jahr) die abweichende Punktwertfunktion  $v_3$  gemäß (D.16) bestimmt hat.

$$v_3(e_{3i}) = \begin{cases} 0 & \text{für } e_{3i} > 200 \\ 2,5 - (e_{3i} - 140) \div 24 & \text{für } 140 < e_{3i} \leq 200 \\ 5 - (e_{3i} - 90) \div 20 & \text{für } 90 < e_{3i} \leq 140 \\ 7,5 - (e_{3i} - 50) \div 16 & \text{für } 50 < e_{3i} \leq 90 \\ 10 - (e_{3i} - 20) \div 12 & \text{für } 20 < e_{3i} \leq 50 \\ 10 & \text{für } e_{3i} \leq 20 \end{cases} \quad (\text{D.16})$$

Nun sind die Zeitpräferenzen zu modellieren. Dabei kann auf den oben dargestellten Aufbau zurückgegriffen werden. Angenommen werden soll daher, dass sich die Zielartenpräferenzen global schätzen lassen und dasselbe Ausmaß wie bisher im Fallbeispiel annehmen. Für das Fallbeispiel soll davon ausgegangen werden, dass die zielindividuellen Zeitpräferenzen grundsätzlich nach dem Diskontierungsmodell berücksichtigt werden. Davon ausgenommen geht der Entscheidungsträger davon aus, dass die zukünftigen Zielerträge von  $Z_3$ , die Minimierung von  $\text{CO}_2$ -Emissionen pro Jahr, besser mit einem hyperbolischen Modell erfasst werden, vor allem, um die ferne Zukunft nicht zu sehr „abzuwerten“. Für  $Z_5$  geht der Entscheidungsträger von einem Abschlag aller Zielerträge nach Periode 1 aus. Eine Begründung könnte sein, dass der kommunale Entscheidungsträger sich bis zu diesem Zeitpunkt besonders verpflichtet fühlt, da Wahlversprechen aus dem letzten Wahlkampf gewisse Zielerträge innerhalb der laufenden Wahlperiode nahelegen und in Periode 1 erneute Wahlen anstehen. Abb. D-4 stellt die (konstanten) Diskontfaktoren der Ziele 1, 2, 4 und 6 sowie die Indifferenzurteile dar, auf denen sie basieren. Für Ziel 3 ist der Faktor  $r$  des hyperbolischen Diskontierungsmodells angegeben sowie die begründenden Indifferenzaussagen nach der Methode der Halbwertperiode. Für Ziel 5 ist der (konstante) Diskontfaktor und der Faktor  $\beta$  angegeben sowie die beiden zugrunde liegenden Indifferenzaussagen.

Ziel j	Indifferenzaussage aus Vergleich e in t und e' in t' $u(v_j(e_{tj})) \sim u(v_j(\hat{e}_{tj}))$	Punktwert		Diskontfaktor $q_j, r_j$ oder $\beta_j$
		$v_j(e_{tj})$	$v_j(\hat{e}_{tj})$	
1	$u(v_1(35.000, *, *, *, *, *)) \sim u(v_1(*, 37.000, *, *, *, *))$	5,00	5,23	$q_1 \approx \frac{5,23}{5} = 1,046$
2	$u(v_2(\text{ausr.}, *, *, *, *, *)) \sim u(v_2(*, *, *, *, *, \text{befr.}))$	4,00	6,00	$q_2 = \sqrt[5]{\frac{6}{4}} \approx 1,085$
3	$2 \cdot u(v_3(140, *, *, *, *, *)) \sim u(v_3(90, *, *, *, *, *))$ $u(v_3(140, *, *, *, *, *)) \sim u(v_3(*, *, *, *, *, 90))$	-	-	$r_3 = \frac{\log 2}{\log(1+5)} \approx 0,387$
4	$u(v_4(30, *, *, *, *, *)) \sim u(v_4(*, *, *, *, 32, *, *))$	5,66	6,40	$q_4 = \sqrt[3]{\frac{6,4}{5,66}} \approx 1,041$
5	$u(v_5(3500, *, *, *, *, *)) \sim u(v_5(*, 7500, *, *, *, *))$	10,00	5,00	$\beta_5 = \frac{10}{5 \cdot q_5} \approx 1,936$
	$u(v_5(*, 3500, *, *, *, *)) \sim u(v_5(*, *, *, *, 3700, *, *))$	5,00	5,33	$q_5 = \sqrt{\frac{5,33}{5}} \approx 1,033$
6	$u(v_6(4, *, *, *, *, *)) \sim u(v_6(*, *, *, *, *, 3,5))$	8,33	10,00	$q_6 = \sqrt[5]{\frac{10}{8,33}} \approx 1,037$

Abb. D-4: Bestimmung von Zeitpräferenzen als Diskontfunktoren aus Indifferenzurteilen im kommunalen Fallbeispiel<sup>1</sup>

Durch insgesamt acht Indifferenzurteile lassen sich die über die Zeit unterschiedlichen Zielerträge recht differenziert erfassen. Ebenso wie das Einholen zusätzlicher Informationen lassen sich die anschließenden Rechnungen vom Entscheidungsträger delegieren. Für sie ergibt sich der Ansatz aus der Entscheidungslogik und erfordert keine Entscheidungen an sich.

Die Diskontfaktoren je Ziel werden in periodenindividuelle Zeitgewichte umgerechnet. Die Gewichtung soll ermöglichen, dass der resultierende Punktwert je Ziel wie üblich zwischen 0 und 10 liegt, weshalb die Gewichtungsfaktoren normiert werden. Abb. D-5 stellt die entsprechenden Berechnungen der Gewichtungsfaktoren  $g_{t_3}$  für Ziel 3 nach dem vereinfachten Ansatz von (D.7) und der Formel zur Berechnung der Abzinsungsfaktoren bei hyperbolischer Diskontierung (D.10) dar. Die übrigen Gewichtungsfaktoren berechnen sich entsprechend.

<sup>1</sup> Entgegen der Darstellung in Formel (C.4) werden die Zielerträge der Ziele, die nicht Teil des Vergleichs sind, als gleichwertig angesehen. Platzhalter nehmen nur die für den Vergleich irrelevanten Perioden innerhalb der zielindividuellen Punktwertfunktion ein, um zu verdeutlichen, welche Perioden Teil des Vergleichs sind. Es wird von konstanten Punktwertfunktionen über die Zeit ausgegangen.

Periode	Abzinsungs-faktoren	Gewichtungs-faktoren
t	$azf_{t3}$	$g_{t3} = azf_{t3} \div \sum_{t=0}^5 azf_{t3}$
0	1	0,2475
1	0,7648	0,1893
2	0,6538	0,1618
3	0,5849	0,1448
4	0,5365	0,1328
5	0,5	0,1238
Summe	4,04	1

Abb. D-5: Berechnung periodenindividueller Gewichtungsfaktoren zur Berücksichtigung der Zeitpräferenz bei Ziel 3 (Klimawirkung)

Diese Gewichtungsfaktoren sind nur dann verwendbar, wenn der Planungshorizont festgelegt ist. Sie müssen sich über alle Alternativen entsprechen und einen Planungshorizont umfassen, der alle Zielwirkungen aller Projekte erfasst. Zwar ermöglichen die Diskontierungsvorschriften auch die Berechnung von Abzinsungsfaktoren für Perioden außerhalb des Planungszeitraums. Nach diesem Ansatz verändern – bzw. verringern – sich dann alle bisherigen Gewichtungsfaktoren. Alternativ könnten die Gewichtungsfaktoren auch mit einem Referenzzeitpunkt  $t = b$  bestimmt werden, der hier z. B. auf  $g_{t3} = 1$  festgelegt wird. Sie drücken dann die Zeitpräferenz von Zielerträgen einer Periode a im Vergleich zur Referenzperiode b aus. Legt man  $b = 0$  fest, wären also die Abzinsungsfaktoren unverändert verwendbar. Dann kann der gesamte Nutzwert einer Alternative aber nicht nur Werte zwischen 0 und 10 annehmen, sondern alle Werte zwischen 0 und dem Produkt aus der Summe der Abzinsungsfaktoren und dem maximalen Punktwert in Höhe von 10, hier also 49,46. Das schadet der Interpretierbarkeit des Nutzwerts. Einerseits ist ein solcher Wertebereich der Nutzwertfunktion untypisch und andererseits wird diese Veränderung wohl kaum bedacht, wenn sich der Planungshorizont verändert.

Im Gegensatz zur Kapitalwertmethode beziehen sich die angegebenen Diskontfaktoren nun nicht auf die Zielerträge, sondern vielmehr auf den Nutzen bzw. den in Punktwerten gemessenen Nutzen. Die Punktwertfunktionen sind keine konstant-linearen Funktionen durch den Ursprung und daher ist

eine lineare Transformation nicht möglich. Statt also die Zieelerträge zu diskontieren, müssen zunächst die periodenindividuellen Punktwerte als Zeitwerte je Ziel bestimmt werden, was der Berücksichtigung der Höhenpräferenz entspricht. Daraufhin erfolgt die Umrechnung in zielindividuelle Punktkapitalwerte mithilfe der aus den Diskontfaktoren abgeleiteten ziel- und periodenindividuellen Gewichtungsfaktoren. Das entspricht der Berücksichtigung der Zeitpräferenz. Abb. D-6 zeigt die Berechnung des Punktkapitalwerts für die Zieelerträge von Investitionsprojekt 1 bei Ziel 3.

Periode	Gewichtungsfaktoren	Punktwerte (Zeitwert)	Punktwerte (Barwertbeitrag)
t	$g_{t3}$	$v_3(e_{t31})$	$g_{t3} \cdot v_3(e_{t31})$
0	0,2475	3,5	0,8663
1	0,1893	3,5	0,6626
2	0,1618	4,5	0,7282
3	0,1448	4,5	0,6515
4	0,1328	4,5	0,5976
5	0,1238	4,5	0,5569
Punktkapitalwert $P_{ji}^{BW} = \sum_{t=0}^T g_{t3} \cdot v_{t3}(e_{t31})$			<b>4,0632</b>

Abb. D-6: Berechnung des zielindividuellen Punktbarwerts für Ziel 3 (Klimawirkung) von Investitionsprojekt 1 (Generalsanierung des Freibads)

Das ist nun für sämtliche Zieelerträge aus den übrigen Zielen 1, 2, 4, 5 und 6 anzuwenden und führt insgesamt zu je einem Punktkapitalwert je Ziel und Alternative. Mit diesem lässt sich ebenso wie im Grundmodell umgehen. Zuletzt werden die Artenpräferenzen eingebracht, über entsprechende Gewichtungsfaktoren  $g_j$ , um die Punktkapitalwerte in Teilnutzwerte umzurechnen und sie schließlich durch eine einfache Summenbildung zum Nutzwert je Alternative zusammenzuführen. Abb. D-7 weist sowohl die Zielgewichte<sup>1</sup>  $g_j$  als auch die Punktkapitalwerte  $P_{ji}^{KW}$  und Teilnutzwerte  $N_{ji}$  je Alternative  $i$  und Ziel  $j$  aus und zeigt die Nutzwerte  $N_i$  je Alternative  $i$ .

<sup>1</sup> Die Zielgewichte basieren auf denen des Grundmodells. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden diese trotz der veränderten Punktwertfunktion für Ziel 3 nicht angepasst. Prinzipiell wäre dies allerdings erforderlich, zumindest müsste das entsprechende Indifferenzurteil zur Bestimmung der Zielgewichte überdacht werden.

Alternative $A_i$		Freibad ( $A_1$ )		Erlebnisbad ( $A_2$ )		Frei- u. Hallenbad ( $A_3$ )	
Skalen- ziele $Z_j$	Gewichte $g_j$	Punkt- kapital- wert $P_{j1}^{KW}$	Teil- nutz- wert $g_j \cdot P_{j1}^{KW}$	Punkt- kapital- wert $P_{j2}^{KW}$	Teil- nutz- wert $g_j \cdot P_{j2}^{KW}$	Punkt- kapital- wert $P_{j3}^{KW}$	Teil- nutz- wert $g_j \cdot P_{j3}^{KW}$
Gesundheit ( $Z_1$ )	22,9 %	4,70	1,08	6,64	1,52	7,32	1,68
Naherholung ( $Z_2$ )	14,8 %	6,00	0,89	8,07	1,19	6,00	0,89
Klimawirkung ( $Z_3$ )	14,5 %	<b>4,06</b>	0,59	6,53	0,95	3,12	0,45
Vereinsaktivitäten ( $Z_4$ )	9,7 %	2,67	0,26	5,35	0,52	7,35	0,72
Besucherpotential ( $Z_5$ )	15,8 %	5,00	0,79	7,16	1,13	5,18	0,82
Eintrittspreise ( $Z_6$ )	22,2 %	6,61	1,46	5,03	1,12	8,84	1,96
<b>Nutzwert <math>N_i</math></b>		<b>5,07</b>		<b>6,44</b>		<b>6,52</b>	

Abb. D-7: Berechnung dynamischer Nutzwerte im kommunalen Fallbeispiel mit drei Alternativen

Deutlich zeigt sich im Fallbeispiel, dass sich nun die Rangfolge aus dem Grundmodell mit  $A_2 \succ A_3 \succ A_1$  zu  $A_3 \succ A_2 \succ A_1$  verändert hat. Das resultiert aus verschiedenen Effekten, hat aber in erster Linie damit zu tun, dass die Bauzeit des Erlebnisbades ( $A_2$ ) erst verspätet zu positiven Rückflüssen im Sinne verbesserter Zilerträge im Vergleich zu den anderen Alternativen führt. Das Fallbeispiel zeigt deutlich, dass es insbesondere dann wichtig ist, die zeitliche Struktur der Zielwirkungen präzise zu erfassen.

Im Übrigen ist der vorgestellte Ansatz ein streng sukzessiver. Im ersten Schritt werden Höhenpräferenzen, danach Zeitpräferenzen und zuletzt Artenpräferenzen in das Modell integriert, wobei diese Reihenfolge entscheidungslogisch nicht zwingend, aber typisch und in diesem Aufbau notwendig ist.<sup>1</sup> Im Gegensatz zu eher simultan angelegten Ansätzen wie solche der Multiattribute Utility Theory, gilt auch hier die vorgebrachte Kritik, dass die Präferenzarten unabhängig voneinander in das Modell eingehen. Große Vorteile bei der Analyse der Entscheidungssituationen stehen dem gegenüber. Durch die grundsätzliche Ausrichtung an Präferenz- und Indifferenzurteilen enthält das Modell an den Schnittstellen der Präferenzarten jeweils koordinierende Elemente, die eine Abstimmung ermöglichen.

<sup>1</sup> Vgl. zu einer ähnlichen Reihenfolge Troßmann [Investition] 17 ff., der allerdings noch Risikopräferenzen mitberücksichtigt.

## **II. Entscheidungslogische Bewertung der Kosten öffentlicher Investitionsprojekte**

### **1. Zum Grundproblem der Bewertung öffentlicher Investitionen mit der Marktzinsmethode**

Für die Kapitalwertrechnung ist der Kalkulationszinssatz von zentraler Bedeutung.<sup>1</sup> Ihre Ergebnisse hängen sehr stark von ihm ab, wie sich an fast beliebigen Kapitalwertfunktionen zeigen lässt.<sup>2</sup> Da der Kalkulationszinssatz die finanzielle Nullalternative repräsentiert,<sup>3</sup> muss sich eine angemessene Methode an der Finanzierungssituation der öffentlichen Hand ausrichten.

Auf kommunaler Ebene überwiegt für die öffentliche Hand der langfristige Bankkredit in Form von Raten- oder Festkrediten,<sup>4</sup> in Teilen auch Kredite mit Ansparplänen, z. B. Bausparpläne. Mit der Größe und vor allem der Bekanntheit der Gebietskörperschaft kommen zunehmend Inhaberschuldverschreibungen – oftmals auch als Staatsanleihen bezeichnet – hinzu. Aus Sicht der öffentlichen Hand lassen sich diese in der Regel wie einfache Kredite auffassen, ihre Handelbarkeit macht sie aus Sicht der Gläubiger attraktiv und begründet von diesen einige Überlegungen, die für die öffentliche Hand als Emittenten von nachrangigem Interesse sind. Die Fristen liegen üblicherweise zwischen einem und 30 Jahren.<sup>5</sup> Gemein ist diesen Finanzierungsgeschäften, dass sich die Entscheidung über deren Durchführung auf mehrere Perioden auswirken kann und dass ihr Volumen begrenzt ist.

Für eine realitätsnahe Berücksichtigung der Finanzierungssituation der öffentlichen Hand sind demnach auch mehrperiodige Finanzierungsgeschäfte zu betrachten. Um diese für isolierte Projektentscheidungen überhaupt handhabbar zu machen, benötigt es ein Modell, das die Entscheidungsgrößen aller Perioden gleichzeitig verändern kann.<sup>6</sup> Mit der ursprünglich auf

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 113, Troßmann/Baumeister [Rechnungswesen] 222, Götze [Investitionsrechnung] 90.

<sup>2</sup> Für ein besonders prägnantes Beispiel bei einer Auswahlentscheidung siehe Troßmann [Investition] 106.

<sup>3</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 33 und 65, Troßmann/Baumeister [Rechnungswesen] 32 und 216.

<sup>4</sup> Vgl. Kirchhoff/Müller-Godeffroy [Finanzierungsmodelle] 41 ff.

<sup>5</sup> Vgl. Rohloff [Finanzierung] 66 ff., insbesondere 75.

<sup>6</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 124.

Schierenbeck und Mitarbeiter zurückgehenden Marktzinsmethode besteht ein Ansatz,<sup>1</sup> der von Troßmann deutlich weiterentwickelt wurde.<sup>2</sup>

Die Marktzinsmethode baut auf der Idee auf, eine Zusammenstellung mehrerer Finanzierungsgeschäfte explizit zu modellieren und so zu verändern, dass ein beliebiger Zahlungsstrom genau zielentsprechend ausgeglichen wird, im Kapitalwertkalkül also die gesamte Zahlungswirkung auf Periode 0 übertragen wird. Dazu bedient sich die Methode der Eigenschaft von Finanzierungsgeschäften, zumindest in einem festgelegten Gültigkeitsbereich, linear veränderlich zu sein. Die Konditionen (z. B. der geltende Zinssatz) dieser Finanzierungsgeschäfte bildet sie dann als normierte Zahlungsströme ab. Für den resultierenden Gleichungsansatz werden ebenso viele (linear unabhängige) Finanzierungsgeschäfte benötigt, wie Laufzeitperioden des zu bewertenden Investitionsprojekts. Üblich ist es, die Finanzierungssituation zunächst in Abzinsungsfaktoren zusammenzufassen.<sup>3</sup>

Ein Beispiel zeigt den Ansatz. Die öffentliche Hand sieht zur Finanzierung eines Projekts mit einer Laufzeit von fünf Jahren einen endfälligen Kaskakredit, mit periodischen Zwischenzinszahlungen über fünf Jahre zu 2,5% p. a. vor. Dieser Kredit findet sich in der zweiten Spalte des nachfolgenden Gleichungssystems in Abb. D-8 sowie vier weitere Finanzierungsgeschäfte. Das Gleichungssystem soll eine Einzahlung in Höhe von einem Euro in Periode 5 durch Veränderung der Finanzierungsgeschäfte  $k$  sowie einer Zahlung in Jahr 0 ausgleichen. Die Variable  $x_{kt}$  gibt die Veränderung des Finanzierungsgeschäfts  $k$  an, um eine Einzahlung in Höhe von einem Euro in Periode 5 durch eine Auszahlung  $-azf_t$  auszugleichen, also dem Abzinsungsfaktor.

---

<sup>1</sup> Vgl. Schierenbeck [Bankmanagement] 51 ff., Schierenbeck/Rolfes [Margenkalkulation] und Schierenbeck/Marusev [Margenkalkulation].

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 138 ff.

<sup>3</sup> Diese werden auch Zerobond-Abzinsungsfaktoren genannt, da sie dem Kaufpreis eines Zerobonds mit dem Endwert von einem Euro entsprechen (vgl. Troßmann [Investition] 144). Auf diese besondere Bezeichnung soll auch im Weiteren verzichtet werden.

t \ k	1	2	3	4	5	Zeile
0	$1 \cdot x_{15}$				$-azf_5 = 0$	(1)
1	$-0,025 \cdot x_{15}$	$1 \cdot x_{25}$			$= 0$	(2)
2	$-0,025 \cdot x_{15}$	$-1,03 \cdot x_{25}$	$-1 \cdot x_{35}$		$= 0$	(3)
3	$-0,025 \cdot x_{15}$		$1,01 \cdot x_{35}$	$-1 \cdot x_{45}$	$= 0$	(4)
4	$-0,025 \cdot x_{15}$			$1,015 \cdot x_{45}$	$-1 \cdot x_{55}$	$= 0$
5	$-1,025 \cdot x_{15}$				$1,02 \cdot x_{55}$	$1 = 0$

Abb. D-8: Gleichungssystem zum Auffinden des Abzinsungsfaktors für Periode 5

Je Abzinsungsfaktor wäre ein Gleichungssystem dieser Art für je eine Einzahlung in den übrigen Perioden  $0 < t$  zu lösen. (D.17) zeigt einen gemeinsamen Ansatz für alle Abzinsungsfaktoren. **E** steht dort für die Einheitsmatrix, die daraus resultiert, dass für jeden Abzinsungsfaktor eine Spalte zu unterscheiden ist und die auszugleichende Einzahlung in jeder Periode und damit in jeder Zeile genau einmal auftritt. Fasst man die Zahlungskoeffizienten  $z_{tk}$  in Periode  $t > 0$  als Rückzahlungen auf, so lässt sich die Matrix **A** als die Matrix der Rückzahlungskoeffizienten bezeichnen. Matrix **X** soll hier die Veränderungsbedarfe der Finanzierungsgeschäfte angeben.

$$\underbrace{\begin{pmatrix} -0,025 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -0,025 & -1,03 & -1 & 0 & 0 \\ -0,025 & 0 & 1,01 & -1 & 0 \\ -0,025 & 0 & 0 & 1,015 & -1 \\ -1,025 & 0 & 0 & 0 & 1,02 \end{pmatrix}}_{\mathbf{A}} \cdot \underbrace{\begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} & x_{15} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} & x_{25} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & x_{34} & x_{35} \\ x_{41} & x_{42} & x_{43} & x_{44} & x_{45} \\ x_{51} & x_{52} & x_{53} & x_{54} & x_{55} \end{pmatrix}}_{\mathbf{X}} + \mathbf{E} = 0 \quad (\text{D.17})$$

In Matrizenschreibweise lässt sich (D.17) nach **X** zu (D.18) umstellen.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{A} \cdot \mathbf{X} + \mathbf{E} &= 0 \\
 \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{A} \cdot \mathbf{X} + \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{E} &= 0 \\
 \mathbf{X} &= -\mathbf{A}^{-1}
 \end{aligned} \quad (\text{D.18})$$

Die Zahlungskoeffizienten der Periode 0 aus Zeile (1) in Abb. D-8 stellt der Barzahlungsvektor  $\bar{a}_0$  in Formel (D.19) dar.

$$\bar{a}_0 = (z_{01} \cdots z_{0k} \cdots z_{0K}) = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0) \quad (\text{D.19})$$

Aus dem Zusammenhang der ersten Zeile von Abb. D-8 folgt mit Formel (D.18) und (D.19) für die Abzinsungsfaktoren (D.20).

$$\begin{aligned}\bar{a}_0 \cdot \mathbf{X} - \overline{azf} &= 0 \\ \overline{azf} &= \bar{a}_0 \cdot \mathbf{X} \\ \overline{azf} &= \bar{a}_0 \cdot -\mathbf{A}^{-1}\end{aligned}\tag{D.20}$$

Für jede Finanzierungssituation können auf diesem Weg also Abzinsungsfaktoren berechnet und bei Bedarf in periodenindividuelle Zinssätze umgerechnet werden.<sup>1</sup> Mit diesen lässt sich die Kapitalwertrechnung wie gewohnt durchführen. Sind mehr (linear unabhängige) Finanzierungsgeschäfte zu berücksichtigen als für die Bewertung mindestens nötig, muss die finanzielle Nullalternative durch eine verallgemeinerte Standardfinanzierung zunächst eindeutig festgelegt werden.<sup>2</sup> Die Finanzierungssituation wird mit dem Substitutionsprozess aus Abb. D-9 so verändert, dass durch eine reine Umschuldung keine Besserstellung mehr zu erreichen ist.<sup>3</sup>

Nachdem eine beliebige Standardfinanzierung festgelegt wurde (Schritt 1) und für diese nach obigem Ansatz Abzinsungsfaktoren berechnet wurden (Schritt 2), lassen sich mit diesen die übrigen Finanzierungsgeschäfte analog zum Vorgehen bei Investitionsprojekten bewerten. Der normierte Substitutionsgewinn bezeichnet den resultierenden Kapitalwert eines so bewerteten normierten Finanzierungsgeschäfts (Schritt 3). Er zeigt an, ob der Umfang eines Finanzierungsgeschäfts erhöht oder verringert werden muss, um einen zusätzlichen Gewinn durch Umschuldung zu erzielen. Nun kann zielgerichtet ein nicht in der Standardfinanzierung enthaltenes Finanzierungsgeschäft ausgewählt (Schritt 4) und entsprechend dem normierten Substitutionsgewinn verändert werden. Da die Finanzierungsgeschäfte nur begrenzt gültig sind, muss der maximale Substitutionsumfang (Schritt 5) gesucht werden. Hierzu dient das Konzept der Substitutionsrelation.<sup>4</sup>  $S$  wird als die Menge der Finanzierungsgeschäfte der Standardfinanzierung und  $\bar{S}$

---

<sup>1</sup> Vgl. zu sogenannten impliziten Zinssätzen Troßmann [Investition] 154 f.

<sup>2</sup> Vgl. zu diesem Konzept Troßmann [Investition] 175 ff.

<sup>3</sup> Vgl. Hartmann-Wendels/Gumm-Heußel [Lärm] 1288 f., Troßmann [Investition] 167 f.

<sup>4</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 176 f.

als die Menge der Finanzierungsgeschäfte, die nicht in der Standardfinanzierung vertreten sind, definiert.

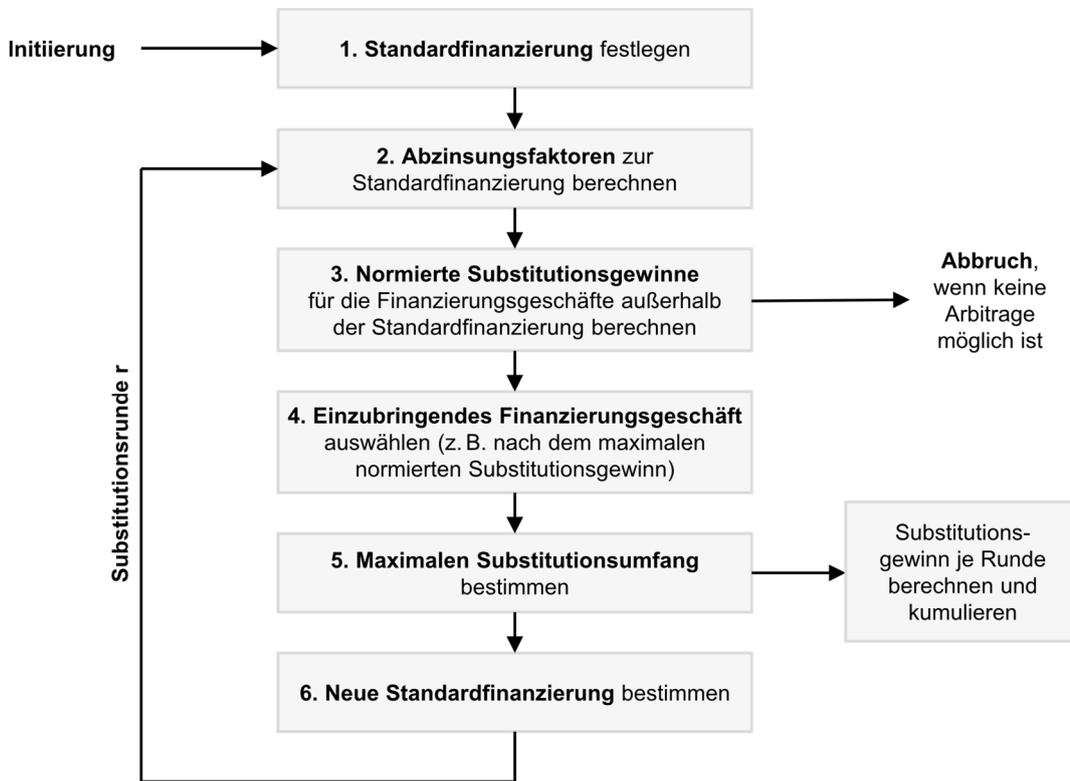


Abb. D-9: Ablauf des Substitutionsprozesses

Bringt man das Finanzgeschäft  $v$  ( $v \in \bar{S}$ ) in  $S$  mit den normierten Zahlungsstrom  $\bar{z}_v$  ein (für  $0 < t$ ), so gibt die Substitutionsrelation  $\bar{c}_v$  in (D.21) an, wie die Finanzierungsgeschäfte  $s$  der Standardfinanzierung zu verändern sind, wenn das neue Finanzierungsgeschäft  $v$  um eine Einheit erhöht wird.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{A} \cdot \bar{x}_S + \bar{z}_v \cdot x_v &= 0 \\
 \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{A} \cdot \bar{x}_S + \mathbf{A}^{-1} \cdot \bar{z}_v \cdot x_v &= 0 \\
 \bar{x}_S &= -\underbrace{\mathbf{A}^{-1} \cdot \bar{z}_v}_{\bar{c}_v} \cdot x_v \\
 \bar{x}_S &= \bar{c}_v \cdot x_v
 \end{aligned} \tag{D.21}$$

Mit der Substitutionsrelation lässt sich der maximale Substitutionsumfang bestimmen. Steht dieser fest, kann auch der Substitutionsgewinn der Runde berechnet werden. Je nachdem, ob das einzubringende oder ein Finanzierungsgeschäft aus der Standardfinanzierung bis an seine Gültigkeitsgrenze erhöht wird, bleibt die Zusammensetzung der Standardfinanzierung gleich

oder das neue Finanzierungsgeschäft  $v$  ersetzt das knappe Finanzierungsgeschäft in der Standardfinanzierung. Damit ist die neue Standardfinanzierung bekannt (Schritt 6) und die nächste Substitutionsrunde kann angestoßen werden. Die verallgemeinerte Standardfinanzierung ist gefunden, wenn kein Finanzgeschäft mehr so verändert werden kann, dass sich ein Substitutionsgewinn realisieren lässt. Der gesamte Umschuldungsgewinn ergibt sich als Summe aller Substitutionsgewinne. Er lässt sich nur durch Umschuldung realisieren, ist keinem Investitionsprojekt zuzurechnen und daher für Projektentscheidung auch nicht weiter von Interesse.

Die weiteren Überlegungen soll das Fallbeispiel verdeutlichen. Nun sind die finanziellen Zielwirkungen der drei Investitionsalternativen zu betrachten, also die notwendige Generalsanierung des einzigen kommunalen Freibades ( $A_1$ ), dem Umbau des Freibades zu einem Erlebnisbad mit überregionalem Einzugsgebiet ( $A_2$ ) und die Generalsanierung des Freibades und dem Neubau eines Hallenbades ( $A_3$ ). Offensichtlich ist ein beträchtlicher Teil des Nutzens öffentlicher Bäder nichtfinanziell wirksam, die Bereitstellungsausgaben allerdings durchaus.<sup>1</sup> Daher ist dieses Beispiel auch typisch für öffentliche Investitionsprojekte. Die nachfolgend in Abb. D-10 dargestellten Zahlungen  $z_{it}^1$  der drei öffentlichen Investitionen  $i$  in den Perioden  $t$  enthalten in erster Linie Ausgaben, die durch die üblicherweise geringen Einnahmen gemindert wurden. Der nichtfinanzielle Nutzen der öffentlichen Investitionsprojekte bleibt unberücksichtigt. Wenngleich nicht unbedingt realitätsnahe, werden nur Alternativen berücksichtigt, die in Periode 5 eine Veräußerung zum Ziel haben. Die positiven Zahlungen in der letzten Periode resultieren aus diesem Liquidationserlös.<sup>2</sup>

Die zusammengefasste Finanzierungssituation zeigt Abb. D-11. Zur Finanzierung sieht die Gemeinde vor allem einperiodige Termingeschäfte vor. Zur Geldanlage beginnend in den Perioden 0, 1 und 2 zu je 1 % p. a., in Periode 3 zu 1,5 % p. a. und in Periode 4 zu 2 % p. a. Die Konditionen der einperio-

---

<sup>1</sup> Das würde den erheblichen Fehlbetrag einer inhaltlich ähnlichen Fallstudie erklären, vgl. Lüder/Dubber [Hallenbad] 374 f.

<sup>2</sup> Kapitel D.II.4 betrachtet, wie sehr langfristig wirkende Alternativen adäquat berücksichtigt werden, wenn sie Zielerträge liefern, die weit über den detaillierten Planungshorizont der Marktzinsmethode hinausgehen.

digen Kredite beginnend in den Perioden 0 bis 4 belaufen sich auf 2 % p. a., 3 % p. a., 3,75 % p. a., 4 % p. a. und 4,25 % p. a. Hinzu kommen drei mehrperiodige Finanzierungsgeschäfte: Ein endfälliger Kassakredit über fünf Perioden beginnend in Periode 0, mit periodischen Zwischenzinszahlungen zu 2,5 % p. a. und einem Gesamtvolumen von 3.000.000 Euro. Außerdem ein Bausparkredit mit einer Ansparphase in den Perioden 0 bis 2 zu 1,5 % p. a., einer beitragsfreien Periode 2 und der Darlehensauszahlung in Periode 3 mit höchstens 1.000.000 Euro. 40 % der Auszahlungssumme muss in Periode 2 vorhanden sein. In den Perioden 4 und 5 muss das verbleibende Darlehen mit Zinsen zu 4,5 % p. a. getilgt werden. Zuletzt besteht noch ein Annuitätendarlehen mit einer Laufzeit von Periode 1 bis 4 zu 3,5 % p. a. und einem Gesamtvolumen von höchstens 3.000.000 Euro.

Periode	Zahlungsüberschüsse (Zeitwert) zur Alternative i		
	Freibad $A_1$	Erlebnisbad $A_2$	Freibad und Hallenbad $A_3$
t	$Z_{t1}^I$	$Z_{t2}^I$	$Z_{t3}^I$
0	-1.500.000€	-3.100.000€	-2.100.000€
1	-100.000€	-1.500.000€	-900.000€
2	-80.000€	100.000€	-120.000€
3	-150.000€	110.000€	-180.000€
4	-100.000€	120.000€	-120.000€
5	1.500.000€	4.000.000€	2.000.000€

Abb. D-10: Zahlungsüberschüsse zu den Alternativen des kommunalen Fallbeispiels

Die Kommune rechnet mit (projektunabhängigen) Auszahlungen aus bestehenden Kredit- und Anlagegeschäften in Höhe von 1.000.000 Euro in Periode 0, welche durch den Kassakredit bedient werden sollen. Hinzu kommt eine Auszahlung in Höhe von 1.500.000 Euro in Periode 1, für die das Annuitätendarlehen genutzt werden soll. In Periode 2 wird eine Einzahlung in Höhe von 3.000.000 Euro erwartet, die zu Teilen die vorangegangenen Auszahlungen ausgleicht. Der verbleibende Saldo wird jeweils eine Periode angelegt. So erklären sich auch die entsprechenden Ober- und Untergrenzen. Die erste Zinszahlung aus dem Kassakredit 11 in Periode 1 in Höhe

von 25.000 Euro wird erneut kreditfinanziert durch die Erhöhung des entsprechenden einperiodigen Kredits 7. In Periode 2 werden die Einzahlungen in Höhe von 3.000.000 Euro, abzüglich 25.750 Euro Zins- und Tilgungszahlungen aus dem Kredit 7, weiterer Zinszahlungen in Höhe von 25.000 Euro aus dem Kassakredit 11 sowie der ersten Annuität des Annuitätenkredits 13 in Höhe von 535.401 Euro angelegt. Anlage 3 steigt um  $3.000.000\text{€} + 25.750\text{€} - 25.000\text{€} - 535.401\text{€} = 2.412.894\text{ Euro}$ . Die übrigen Grenzen der Finanzierungsgeschäfte berechnen sich entsprechend.

Periode	normierter Zahlungsstrom von Finanzierungsgeschäft k						
	k = 1	k = 2	k = 3	k = 4	k = 5	k = 6	k = 7
t	$z_{t1}^F \cdot x_1^F$	$z_{t2}^F \cdot x_2^F$	$z_{t3}^F \cdot x_3^F$	$z_{t4}^F \cdot x_4^F$	$z_{t5}^F \cdot x_5^F$	$z_{t6}^F \cdot x_6^F$	$z_{t7}^F \cdot x_7^F$
0	$-1 \cdot x_1^F$					$1 \cdot x_6^F$	
1	$1,01 \cdot x_1^F$	$-1 \cdot x_2^F$				$-1,02 \cdot x_6^F$	$1 \cdot x_7^F$
2		$1,01 \cdot x_2^F$	$-1 \cdot x_3^F$				$-1,03 \cdot x_7^F$
3			$1,01 \cdot x_3^F$	$-1 \cdot x_4^F$			
4				$1,015 \cdot x_4^F$	$-1 \cdot x_5^F$		
5					$1,02 \cdot x_5^F$		
Gültigkeitsgrenzen des Finanzierungsgeschäfts k ( $U_k^F \leq x_k^F \leq O_k^F$ )							
$U_k^F$	0	0	-2.413.849	-1.877.586	-1.345.348	0	-25.000
$O_k^F$	3 Mio.	3 Mio.	586.151	1.122.414	1.654.652	2 Mio.	2.975.000

Periode	normierter Zahlungsstrom von Finanzierungsgeschäft k					
	k = 8	k = 9	k = 10	k = 11	k = 12	k = 13
t	$z_{t8}^F \cdot x_8^F$	$z_{t9}^F \cdot x_9^F$	$z_{t10}^F \cdot x_{10}^F$	$z_{t11}^F \cdot x_{11}^F$	$z_{t12}^F \cdot x_{12}^F$	$z_{t13}^F \cdot x_{13}^F$
0				$1 \cdot x_{11}^F$	$-0,1985 \cdot x_{12}^F$	
1				$-0,025 \cdot x_{11}^F$	$-0,1985 \cdot x_{12}^F$	$1 \cdot x_{13}^F$
2	$1 \cdot x_8^F$			$-0,025 \cdot x_{11}^F$	0	$-0,3569 \cdot x_{13}^F$
3	$-1,0375 \cdot x_8^F$	$1 \cdot x_9^F$		$-0,025 \cdot x_{11}^F$	$1 \cdot x_{12}^F$	$-0,3569 \cdot x_{13}^F$
4		$-1,04 \cdot x_9^F$	$1 \cdot x_{10}^F$	$-0,025 \cdot x_{11}^F$	$-0,3139 \cdot x_{12}^F$	$-0,3569 \cdot x_{13}^F$
5			$-1,0425 \cdot x_{10}^F$	$-1,025 \cdot x_{11}^F$	$-0,3139 \cdot x_{12}^F$	
Gültigkeitsgrenzen des Finanzierungsgeschäfts k ( $U_k^F \leq x_k^F \leq O_k^F$ )						
$U_k^F$	0	0	0	-1 Mio.	0	-1,5 Mio.
$O_k^F$	2 Mio.	2 Mio.	2 Mio.	2 Mio.	1 Mio.	1,5 Mio.

Abb. D-11: Finanzierungssituation der Kommune im Fallbeispiel

Ausgehend von der Standardfinanzierung in Abb. D-8, mit den Finanzierungsgeschäften 3, 4, 5, 7 und 11, zeigt sich im Substitutionsprozess, dass die Nutzung der mehrperiodigen Finanzgeschäfte zum Ausgleich der vor-

disponierten Zahlungen finanziell unvorteilhaft ist. Besser wäre es, die einperiodigen Finanzierungsgeschäfte zu verwenden. Abb. D-12 zeigt nach zwei Substitutionsrunden ein Umschuldungsgewinn von 68.823 Euro.

	Veränderung der Finanzierungsgeschäfte aus der Standardfinanzierung (k)					neues Geschäft (v)	Substituti- onsgewinn (g.)
k / i	3	4	5	7	11	6	Substituti- onsrunde 1
$\bar{x}_s, x_v$	-1.029.388	-1.014.682	-1.004.902	1.023.678	-1.000.000	1.028.115	
$\bar{a}_0, z_{v0}$	0	0	0	0	1	1	28.115 Euro
k / i	3	4	5	6	7	13	Substituti- onsrunde 2
$\bar{x}_s, x_v$	-1.052.367	-527.489	0	40.708	1.541.522	-1.500.000	
$\bar{a}_0, z_{v0}$	0	0	0	1	0	0	40.708 Euro
<b>Kapitalwert des Umschuldungsgewinns</b>							<b>68.823 Euro</b>

Abb. D-12: : Berechnung des Umschuldungsgewinns

Die verallgemeinerte Standardfinanzierung setzt sich schließlich aus den einperiodigen Finanzierungsgeschäften 3, 4, 5, 6 und 7 zusammen.<sup>1</sup> Abb. D-13 zeigt die impliziten Terminzinssätze<sup>2</sup>, Abzinsungsfaktoren und die resultierenden Kapitalwerte der Investitionsprojekte.

Periode	Abzin- sungs- faktor	impliziter Termin- zinssatz	barwertige Zahlungsüberschüsse der Alternativen		
			Freibad A <sub>1</sub>	Erlebnisbad A <sub>2</sub>	Freibad und Hallenbad A <sub>3</sub>
t	azf <sub>t</sub>	p <sub>t</sub> <sup>*</sup>	azf <sub>t</sub> · z <sub>t1</sub> <sup>l</sup>	azf <sub>t</sub> · z <sub>t2</sub> <sup>l</sup>	azf <sub>t</sub> · z <sub>t3</sub> <sup>l</sup>
0	1	-	-1.500.000 €	-3.100.000 €	-2.100.000 €
1	0,9804	2%	-98.039 €	-1.470.588 €	-882.353 €
2	0,9518	3%	-76.147 €	95.184 €	-114.220 €
3	0,9424	1%	-141.362 €	103.665 €	-169.634 €
4	0,9285	1,5%	-92.849 €	111.418 €	-111.418 €
5	0,9103	2%	1.365.420 €	3.641.120 €	1.820.560 €
Kapitalwert von Alternative i			-542.977 €	-619.201 €	-1.557.066 €

Abb. D-13: Implizite Terminzinssätze zur Berechnung von Kapitalwerten der Investitionsprojekte im kommunalen Fallbeispiel

<sup>1</sup> Zum ausführlichen Rechenweg siehe Anhang I.1.

<sup>2</sup> Vgl. zu dem Konzept, implizite Terminzinssätze aus den Abzinsungsfaktoren abzuleiten Troßmann [Investition] 154 f.

Da die Finanzierungsgeschäfte der zugrunde liegenden Standardfinanzierung nur in begrenztem Volumen gültig sind, bleibt noch zu prüfen, ob dieser Kapitalwert umsetzbar ist. Dazu nutzt das Konzept der Substitutionsrelation. Sie zeigt, wie die Finanzierungsgeschäfte der Menge S (also der Menge der Finanzierungsgeschäfte der Standardfinanzierung) zu verändern sind, um einen beliebigen Zahlungsstrom mit der (verallgemeinerten) Standardfinanzierung umzusetzen. Formal zeigt (D.22) die Berechnung des Änderungsbedarfs der Finanzierungsgeschäfte  $\bar{x}_S$  zur Umsetzung des Kapitalwerts einer Investition.<sup>1</sup>

$$\bar{x}_S = -\mathbf{A}^{-1} \cdot \bar{z}_i \text{ wobei } \bar{z}_i^T = (z_{i1}^I \dots z_{it}^I \dots z_{iT}^I) \quad (\text{D.22})$$

Abb. D-14 zeigt die notwendigen Veränderungen der Finanzierungsgeschäfte im Fallbeispiel zu Investition 1 und gibt an, ob diese nach den neuen Gültigkeitsgrenzen realisierbar sind. Sie erlauben keine ausreichende Veränderung, um den zuvor ausgewiesenen Kapitalwert umzusetzen. Ausgehend von einer Kapitalwertrechnung basierend auf impliziten Terminzinssätzen liegt es nahe, ein Vorgehen entsprechend der begrenzt gültigen Regelfinanzierung anzustreben, um eine Anschlussfinanzierung zu finden bzw. festzulegen. Hierbei wird mit unterschiedlichen periodenindividuellen Zinssätzen gearbeitet, die jeweils nur begrenzt gültig sind.<sup>2</sup>

Finanz- geschäft k	Gültigkeitsgrenzen von Finanzgeschäft k		Änderung von Finanzgeschäft k $\bar{x}_k = -\mathbf{A}^{-1} \cdot \bar{z}_1^I$	Engpass
	$U_k^F$	$O_k^F$		
3	-332.094€	2.667.906€	-1.188.449	Ja
4	-335.415€	2.664.585€	-1.350.333	Ja
5	-340.447€	2.659.553€	-1.470.588	Ja
6	-1.068.823€	931.177€	957.023	Ja
7	-2.590.200€	409.800€	1.076.164	Ja

Abb. D-14: Notwendige Veränderungen der Finanzierungsgeschäfte aus der verallgemeinerten Standardfinanzierung zur Umsetzung des Kapitalwerts von Investitionsprojekt A<sub>1</sub>

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 157 f.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 185.

Die Finanzierungsgeschäfte aus der Standardfinanzierung erlauben keine ausreichende Veränderung, um den zuvor ausgewiesenen Kapitalwert umzusetzen. Ausgehend von einer Kapitalwertrechnung basierend auf impliziten Terminzinssätzen liegt es nahe, ein Vorgehen entsprechend der begrenzt gültigen Regelfinanzierung anzustreben, um eine Anschlussfinanzierung zu finden bzw. festzulegen.

Ob dieser Ansatz fruchtbar sein kann, soll mit der Substitutionsrelation untersucht werden. Es sei  $\mathbf{A}$  die Matrix der Rückzahlungskoeffizienten einer beliebigen Standardfinanzierung. Zu dieser Standardfinanzierung ist der Vektor der Abzinsungsfaktoren  $\overline{\mathbf{a}}\mathbf{z}$  ebenso wie die impliziten Terminzinssätze  $p_t^*$  für  $t = 1, 2, \dots, T$  bekannt.  $\overline{\mathbf{t}}\mathbf{z}_t$  gibt die normierte Zahlungsreihe zum Terminzinssatz  $p_t^*$  ab Periode  $t - 1$  an. Die Substitutionsrelation  $\overline{\mathbf{c}}_t = -\mathbf{A}^{-1} \cdot \overline{\mathbf{t}}\mathbf{z}_t$  zeigt, wie die Finanzierungsgeschäfte der Standardfinanzierung zu verändern wären, wenn das implizite Termingeschäft  $\overline{\mathbf{t}}\mathbf{z}_t$  um eine Einheit erhöht wird. Dieses Vorgehen ist nun für jeden Terminzinssatz zu wiederholen. Da je Periode genau ein Terminzinssatz existiert, lässt sich der gesamte Ansatz über alle Perioden auch mit Matrizen als (D.23) formulieren.

$$\mathbf{C} = (\overline{\mathbf{c}}_1 \ \dots \ \overline{\mathbf{c}}_t \ \dots \ \overline{\mathbf{c}}_T); \mathbf{TZ} = (\overline{\mathbf{t}}\mathbf{z}_1 \ \dots \ \overline{\mathbf{t}}\mathbf{z}_t \ \dots \ \overline{\mathbf{t}}\mathbf{z}_T) \quad (\text{D.23})$$

$$\mathbf{C} = -\mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{TZ}$$

Damit einem Terminzinssatz genau eine Gültigkeitsgrenze zugeordnet werden kann, darf nur die Diagonale der Matrix der Substitutionsrelationen Werte ungleich null besitzen. Eine spezielle Form der geforderten Matrix ist die Einheitsmatrix. Vereinfachend soll daher (D.24) gefordert werden.

$$\mathbf{C} \stackrel{!}{=} \mathbf{E} \quad (\text{D.24})$$

Aus dem Zusammenhang  $\mathbf{C} = -\mathbf{A}_s^{-1} \cdot \mathbf{TZ}$  in (D.23) ist ersichtlich, dass die Forderung aus (D.24) nur erfüllt sein kann, wenn  $\mathbf{A} = \mathbf{TZ}$  gilt. Ohne nun das Vorzeichen näher zu interpretieren, fällt auf, dass den impliziten Terminzinssätzen nur dann eine Gültigkeitsgrenze zugeordnet werden kann, wenn die Standardfinanzierung nur einperiodige Termingeschäfte enthält. Existieren keine mehrperiodigen Finanzierungsgeschäfte außerhalb der Standardfinanzierung, wäre die Marktzinsmethode aber auch nicht erforderlich. An-

gemessen wäre dann insbesondere eine Kapitalwertrechnung mit begrenzt gültiger Regelfinanzierung, sofern die verbliebenen einperiodigen Finanzierungsgeschäfte einen begrenzten Umfang besitzen.

Es ist festzuhalten, dass sich mit der verallgemeinerten Marktzinsmethode auf dem naheliegenden Weg der Nutzung von impliziten Terminzinssätzen in einer Kapitalwertrechnung mit begrenzt gültiger Regelfinanzierung keine Bewertung eines Investitionsprojekts erreichen lässt. Das gilt zumindest, wenn das Investitionsprojekt die Gültigkeitsgrenzen der verallgemeinerten Standardfinanzierung ausschöpft, was sich aber ebenfalls nach dem angesprochenen Konzept nicht in jedem Fall überprüfen lässt. Es soll nachfolgend ein Weg beschrieben werden, um auch im Falle einer erschöpften (verallgemeinerten) Standardfinanzierung eine Bewertung zu erreichen, schließlich stehen weitere Finanzierungsgeschäfte bereit. Dabei spielen die Eigenschaften öffentlicher Investitionen eine wichtige Rolle.

## **2. Der Bewertungsprozess öffentlicher Investitionen mit der Marktzinsmethode**

Ein möglicher Ansatz wäre, das Investitionsprojekt wie ein Finanzierungsgeschäft zu behandeln, es über den Substitutionsprozess in die Standardfinanzierung einzubringen und sukzessive durchzuführen. Vor allem für öffentliche Investitionen ist der Substitutionsprozess aber unpassend. Es ist damit zu rechnen, dass sie häufig keinen positiven Kapitalwert erreichen.<sup>1</sup> In zwei Fällen ist der negative Kapitalwert eines Zahlungsstrom direkt zu erkennen, ohne dass es dazu einer weitergehenden Rechnung bedarf. In Fall (1) sind alle Zahlungsüberschüsse negativ.<sup>2</sup> Dann ist es unter keiner

---

<sup>1</sup> Offenbar geht davon auch das Bundesministerium der Finanzen aus, vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 17, vgl. z. B. Moll [Budgetierung] 147, wohl auch Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 11, Neumann-Szyszka/Pfahler [Investitionsprozesse] 118 ff.

<sup>2</sup> Dass es sich dann um eine Investition handelt, lässt die hier vertretene allgemeine Investitionsdefinition grundsätzlich zu. Die engere Definition von Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 3 fordert einen Vorzeichenwechsel und legt einen anderen Schluss nahe. In dieser Arbeit spielt das aber keine Rolle, da die Verfahren anwendbar bleiben, es soll eben der absolute finanzielle Zielertrag der öffentlichen Investition berechnet werden. Dass dieser Wert negativ sein kann, ist dem Umstand geschuldet, dass der Nutzen der Investition nicht oder nicht vollständig finanziell messbar ist.

Bedingung möglich, dass ein positiver Kapitalwert resultiert.<sup>1</sup> Für den allgemeineren Fall (2) einer Normalinvestition mit einer Anfangsauszahlung<sup>2</sup> und negativem Saldo bei einfacher Summenbildung aller Zahlungsüberschüsse, kann der Kapitalwert nicht positiv werden, sofern kein Zinssatz aus der Finanzierungssituation negativ ist, was ebenfalls äußerst selten zu beobachten sein sollte.<sup>3</sup>

In diesen sowie allen Fällen, in denen die Investition finanziell nachteilig gegenüber den verfügbaren Finanzierungsgeschäften ist, lässt sich der Substitutionsprozess nicht ohne Weiteres anwenden. Er sucht bei der Anschlussfinanzierung stets nach einer Kapitalwertverbesserung, die bei öffentlichen Investitionen oftmals nicht in deren Durchführung zu finden ist.

Einen Lösungsansatz zeigt der iterative Ablauf des Substitutionsprozesses in zwei Schritten: Er beginnt damit, ein Finanz- oder Investitionsprojekt auszuwählen, das durch die Veränderung der Finanzierungsgeschäfte der Standardfinanzierung zielentsprechend entweder erhöht oder verringert wird. Mit Hilfe der Substitutionsrelation und unter Berücksichtigung der Gültigkeitsgrenzen der Finanz- oder Investitionsprojekte lassen sich die möglichen Veränderungen und neuen Gültigkeitsgrenzen berechnen. Der iterative Ablauf hängt maßgeblich davon ab, welche Ziele verfolgt werden. Ein Ansatz wäre, die verfolgten Ziele sukzessive abzuarbeiten: Im ersten Schritt soll erreicht werden, dass das Investitionsprojekt durchgeführt wird. Im nächsten Schritt bleibt das Investitionsprojekt ausgeblendet und durch Umschuldung sind alle Arbitragemöglichkeiten aus der neuen Finanzierungssituation aufzulösen.

Am Fallbeispiel der Generalsanierung des Freibades ( $A_1$ ) soll der Ansatz konkretisiert werden. Abb. D-15 zeigt die normierten Zahlungsüberschüsse aus dem Projekt  $A_1$ . Dazu wurde jede Position durch den Betrag der Anfangsauszahlung dividiert und die Obergrenze entsprechend multipliziert.

---

<sup>1</sup> Unplausible, rein rechnerische Lösungen, z. B. mit  $p < -100\%$ , bleiben unberücksichtigt.

<sup>2</sup> Vgl. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 93, wonach die periodischen Zahlungsüberschüsse einer Normalinvestition mit einer Auszahlung beginnen und genau einen Vorzeichenwechsel haben.

<sup>3</sup> Diese Argumentation wird in Kapitel E.II.3 nochmals deutlich detaillierter aufgegriffen.

So lassen sich die Ergebnisse leichter darstellen. Teilweise Investitionen sind zwar nicht sinnvoll, schließlich lässt sich das Freibad kaum teilweise generalisieren. Als Zwischenergebnis sind sie allerdings problemadäquat, wenn die Investition zuletzt vollständig durchgeführt wird. Die Investition wird wie ein Finanzierungsgeschäft behandelt, einzubringen ist nun also  $v = i = 1$ . Abb. D-16 zeigt die erste Bewertungsrunde und weist den Substitutionsumfang sowie die Grenzen der neuen Standardfinanzierung nach der Substitution aus.

Periode	Zahlungsüberschüsse	normierte Zahlungsüberschüsse
t	$Z_{-t}^I$	$Z_{-t}^{I, norm}$
0	-1.500.000 €	-1
1	-100.000 €	-0,0667
2	-80.000 €	-0,0533
3	-150.000 €	-0,1
4	-100.000 €	-0,0667
5	1.500.000 €	1
Untergrenze $U_i^I$	0	0
Obergrenze $O_i^I$	1	1.500.000

Abb. D-15: Normierte Zahlungsreihe für Investitionsprojekt  $A_1$

Der negative Substitutionsgewinn  $g_r$  der ersten Bewertungsrunde ( $r = 1$ ) errechnet sich gemäß (D.25) als Produkt aus dem Barzahlungsvektor  $\vec{a}_0$  und dem Vektor  $\vec{x}_s$ , der die Veränderungen der Finanzierungsgeschäfte der Standardfinanzierung zeigt, ergänzt um das Produkt aus Barzahlungskoeffizienten des einzubringenden Finanzierungsgeschäfts  $v$  und dessen Veränderung  $x_v$ .

$$\begin{aligned}
 g_1 &= \vec{a}_0 \cdot \vec{x}_s + z_{v0} \cdot x_v \\
 &= (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0) \cdot \begin{pmatrix} 221.554 \\ 249.136 \\ -275.130 \\ -312.607 \\ -340.447 \end{pmatrix} + (-1) \cdot 347.255 \quad (D.25) \\
 &= -125.701 \text{ €}
 \end{aligned}$$

**Bewertungsrunde 1: Erhöhung des Investitionsprojekts i = 1.**

gesucht: Substitutionsprogramm  $x_1^I$  und  $\bar{x}_s = (x_6^F, x_7^F, x_3^F, x_4^F, x_5^F)$  mit maximalem  $x_1^I$  und

$A_s \cdot \bar{x}_s + \bar{z}_1^I \cdot x_1^I = 0$  sowie  $x_k^F \in [U_k^F; O_k^F]$  und  $x_i^I \in [U_i^I; O_i^I]$ .

**Bestimmung der Substitutionsrelation**

$\bar{x}_s = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_1^I \cdot x_1^I$  und  $\bar{c}_1^I = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_1^I$

$$\bar{x}_s = - \begin{pmatrix} -1,02 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1,03 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,01 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1,015 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1,02 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} -0,0667 \\ -0,0533 \\ -0,1 \\ -0,0667 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot x_1^I = \begin{pmatrix} 0,6380 \\ 0,7174 \\ -0,7923 \\ -0,9002 \\ -0,9804 \end{pmatrix} \cdot x_1^I$$

**Bestimmung des Substitutionsumfangs**

Finanzierungs- geschäft / Investitions- projekt		Untergrenze	Faktor bei Erhöhung von $x_1^I$ um 1	Obergrenze	mögliche Veränderung $x_v$ für $\uparrow x_1^I; (0 \leq x_1^I)$
k bzw. i		$U_k^F$ bzw. $U_i^I$	$c_{s1}$	$O_k^F$ bzw. $O_i^I$	$x_{s1}^{I,max}$
s	k = 6	-1.068.823	0,6380	931.177	1.459.489
	k = 7	-2.590.200	0,7174	409.800	571.196
	k = 3	-332.094	-0,7923	2.667.906	419.153
	k = 4	-335.415	-0,9002	2.664.585	372.592
	k = 5	-340.447	-0,9804	2.659.553	347.255
v	i = 1	0	1	1.500.000	1.500.000

**Maximale Substitution**

Erhöhung des Investitionsprojekts i = 1  
um  $x_1^I = \min |x_{s1}^{I,max}| \approx 347.255$ ; dadurch  
wird u. a. k = 5 ersetzt.

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} x_6^F \\ x_7^F \\ x_3^F \\ x_4^F \\ x_5^F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 221.554 \\ 249.136 \\ -275.130 \\ -312.607 \\ -340.447 \end{pmatrix}$$

$$x_v = x_1^I = 347.255$$

**Bestimmung der neuen Standardfinanzierung**

Neue Standardfinanzierung: k = 6, 7, 3, 4 und i = 1

Finanzierungs- geschäft / Investitionsprojekt	Veränderung der Geschäfte	neue Untergrenze	neue Obergrenze
k bzw. i	$x_v \cdot c_{s1}$	$U_k^F$ bzw. $U_i^I$	$O_k^F$ bzw. $O_i^I$
i = 1	347.255	-347.255	1.152.745
k = 6	221.554	-1.290.378	709.622
k = 7	249.136	-2.839.336	160.664
k = 3	-275.130	-56.964	2.943.036
k = 4	-312.607	-22.808	2.977.192
k = 5	-340.447	0	3.000.000

Abb. D-16: Erste Bewertungsrunde des Investitionsprojekts i = 1 mit der verallgemeinerten Standardfinanzierung

Damit ist die erste Bewertungsrunde abgeschlossen und die neue Standardfinanzierung steht mit den Finanzierungsgeschäften 14, 6, 7, 3 und 4 fest. Das Investitionsprojekt  $i = 1$  wird bisher nur zu 23,15% durchgeführt, was nicht zulässig ist; daher muss es weiter erhöht werden. Um nun ein Finanzierungsgeschäft zu finden, das eine weitere (anteilige) Erhöhung des Investitionsprojekts bewirkt, nutzt das Konzept der Substitutionsrelation. Die Menge  $\bar{S}$  setzt sich aus den Finanzierungsgeschäften 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12 und 13 zusammen, die nicht in der Standardfinanzierung vertreten sind. Entsprechend berechnet sich die Matrix der Substitutionsrelationen für die Menge  $\bar{S}$  nach (D.26).

$$\mathbf{C} = -\mathbf{A}_S^{-1} \cdot \mathbf{A}_{\bar{S}} \quad (\text{D.26})$$

Das Ergebnis von (D.26) geht in Abb. D-17 ein.

Finanzierungs- geschäft			Substitutionsrelation der Standardfinanzierung ( $k \in S$ ) beim Einbringen von $k$ ( $k \in \bar{S}$ )				
			$k = 1$	$k = 2$	$k = 5$	$k = 8$	$k = 9$
Standard- finanzierung	$i = 1$	(1)	0	0	-1,02	0	0
	$k = 6$	(2)	0,9902	-0,0190	-0,6508	-0,0259	-0,0232
	$k = 7$	(3)	0	0,9806	-0,7318	-0,0264	-0,0237
	$k = 3$	(4)	0	0	0,8081	1,0272	0,0244
	$k = 4$	(5)	0	0	0,9182	0	1,0246
$\uparrow x_1^I$ durch ... $x_k^F$	(6)		$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
möglich?	(7)		NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN
Rangfolge	(8)		-	-	-	-	-

Finanzierungs- geschäft			Substitutionsrelation der Standardfinanzierung ( $k \in S$ ) beim Einbringen von $k$ ( $k \in \bar{S}$ )			
			$k = 10$	$k = 11$	$k = 12$	$k = 13$
Standard- finanzierung	$i = 1$	(1)	1,0425	1,0250	0,3139	0
	$k = 6$	(2)	0,6446	-0,3741	0,3708	-0,0271
	$k = 7$	(3)	0,7270	-0,2883	0,5977	-1,0277
	$k = 3$	(4)	-0,8045	0,2173	-0,6324	0,7016
	$k = 4$	(5)	-0,9167	0,0920	0,3299	0,3517
$\uparrow x_1^I$ durch ... $x_k^F$	(6)		$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
möglich?	(7)		JA	JA	JA	NEIN
Rangfolge	(8)		1	2	3	-

Abb. D-17: Matrix  $\mathbf{C}$  der Substitutionsrelationen

Zeilenweise zeigt die Matrix  $\mathbf{C}$  an, wie die (Finanzierungs-)Geschäfte der Standardfinanzierung zu verändern sind, abhängig davon, welches der übrigen Finanzierungsgeschäfte aus der Menge  $\bar{S}$  spaltenweise betrachtet wird. Zeile (1) gibt an, wie eine Erhöhung eines der Finanzierungsgeschäfte aus der Menge  $\bar{S}$  das Investitionsprojekt  $i = 1$  anteilig verändert.<sup>1</sup>

Aus der Menge der Finanzierungsgeschäfte, die sich in Richtung einer Erhöhung des Investitionsprojekts verändern lassen, also 10, 11 und 12, lässt sich durch eine Erhöhung von Finanzierungsgeschäft 10 die stärkste einheitsweise Erhöhung des Investitionsprojekts  $i = 1$  erzielen. Daraufhin folgt eine Bewertungsrunde nach dem Muster von Abb. D-16. Dieser Prozess wird iterativ wiederholt, bis das Investitionsprojekt vollständig durchgeführt wird, was im Fallbeispiel fünf Bewertungsrunden benötigt. Die Standardfinanzierung enthält dann die Finanzierungsgeschäfte 6, 8, 9, 10 und 13.

Wie bereits angedeutet, stellt dieser Ansatz nicht sicher, dass die resultierende Standardfinanzierung arbitragefrei ist. D. h. durch das Einbringen des Investitionsprojekts wurde die Finanzierungssituation so verändert, dass Arbitrage möglich ist. Dieser Effekt ist nur auf das eingebrachte Investitionsprojekt zurückzuführen und daher auch nur diesem zuzurechnen. Um die Arbitragemöglichkeiten aufzulösen, nutzt der Substitutionsprozess. Dieser ist darauf ausgerichtet, die Inkonsistenzen der Finanzierungssituation iterativ aufzulösen. Die entsprechenden Iterationen werden als Verbesserungsrounden bezeichnet. Im Unterschied zu Substitutionsrounden berücksichtigen sie bei der Suche nach Arbitragemöglichkeiten nur die Finanzierungsgeschäfte und nicht das Investitionsprojekt. Der gesamte Bewertungsprozess setzt sich aus Bewertungsrunden und anschließenden Verbesserungsrounden zusammen, wobei diese für den laufenden Rundenindex  $r$  nicht unterschieden werden. Der Ansatz entspricht dem Substitutionsprozess und soll nur zusammengefasst am Fallbeispiel dargestellt werden.<sup>2</sup> Hierzu zeigt Abb. D-18 die jeweils gültige Standardfinanzierung zu Beginn der neuen Runde, den maximal möglichen Substitutionsumfang und den Substitutionsgewinn je Runde sowie deren Summe als Kapitalwert der Investition.

---

<sup>1</sup> Die Zeilen (1) bis (4) sind nur zur besseren Nachvollziehbarkeit aufgeführt.

<sup>2</sup> Zum ausführlichen Rechenweg siehe Anhang I.2.

	Veränderung der Geschäfte aus der Standardfinanzierung (k / i)					neues Geschäft (v)	Substituti- ongewinn (g.)
k / i	6	7	3	4	5	i = 1	Bewertungs- runde 1
$\bar{x}_s, x_v$	221.554	249.136	-275.130	-312.607	-340.447	347.255	
$\bar{a}_0, z_{v0}$	1	0	0	0	0	-1	-125.701 Euro
k / i	i = 1	6	7	3	4	10	Bewertungs- runde 2
$\bar{x}_s, x_v$	25.937	16.039	18.088	-20.014	-22.808	24.879	
$\bar{a}_0, z_{v0}$	-1	1	0	0	0	0	-9.898 Euro
k / i	i = 1	6	7	3	10	9	Bewertungs- runde 3
$\bar{x}_s, x_v$	49.218	29.455	33.325	-36.950	47.212	42.241	
$\bar{a}_0, z_{v0}$	-1	1	0	0	0	0	-19.764 Euro
k / i	i = 1	6	7	9	10	8	Bewertungs- runde 4
$\bar{x}_s, x_v$	166.095	96.253	109.251	142.548	159.323	121.387	
$\bar{a}_0, z_{v0}$	-1	1	0	0	0	0	-69.842 Euro
k / i	i = 1	6	8	9	10	13	Bewertungs- runde 5
$\bar{x}_s, x_v$	911.495	527.211	262.246	576.862	874.335	598.521	
$\bar{a}_0, z_{v0}$	-1	1	0	0	0	0	-384.284 Euro
k / i	6	8	9	10	13	11	Verbesser- ungsrunde 6
$\bar{x}_s, x_v$	-602.175	-197.935	-403.293	-617.360	-598.521	627.900	
$\bar{a}_0, z_{v0}$	1	0	0	0	0	1	25.725 Euro
k / i	6	8	9	10	11	7	Verbesser- ungsrunde 7
$\bar{x}_s, x_v$	-186.112	-185.697	-187.818	-190.487	193.739	-184.991	
$\bar{a}_0, z_{v0}$	1	0	0	0	1	0	7.627 Euro
k / i	6	7	9	10	11	3	Verbesser- ungsrunde 8
$\bar{x}_s, x_v$	-173.363	-172.432	-170.541	-172.965	175.918	173.207	
$\bar{a}_0, z_{v0}$	1	0	0	0	1	0	2.555 Euro
<b>Kapitalwert</b>							<b>-573.582 Euro</b>

Abb. D-18: Ergebnisse des Bewertungsprozesses im kommunalen Fallbeispiel zur Bewertung von Investitionsprojekt 1<sup>1</sup>

Der Kapitalwert des Investitionsprojekts ergibt sich als Summe der Substitutionsgewinne der Bewertungs- und Verbesserungsrounden. Eine Trennung beider Effekte wäre falsch.<sup>2</sup> Das ist streng vom Substitutionsprozess abzugrenzen, der die Arbitragemöglichkeiten aufdeckt, die ohnehin in der Finanzierungssituation stecken und keine Investition erfordert. Den Ablauf des Bewertungsprozesses fasst Abb. D-19 zusammen.

<sup>1</sup> Zur einfacheren Lesbarkeit wurde darauf verzichtet, den Index k für die Finanzierungsgeschäfte aufzuführen.

<sup>2</sup> Ganz im Sinne der ebenfalls unzulässigen Trennung in einen Fristentransformations- und einen Konditionenerfolg, vgl. dazu Troßmann [Investition] 163 ff.

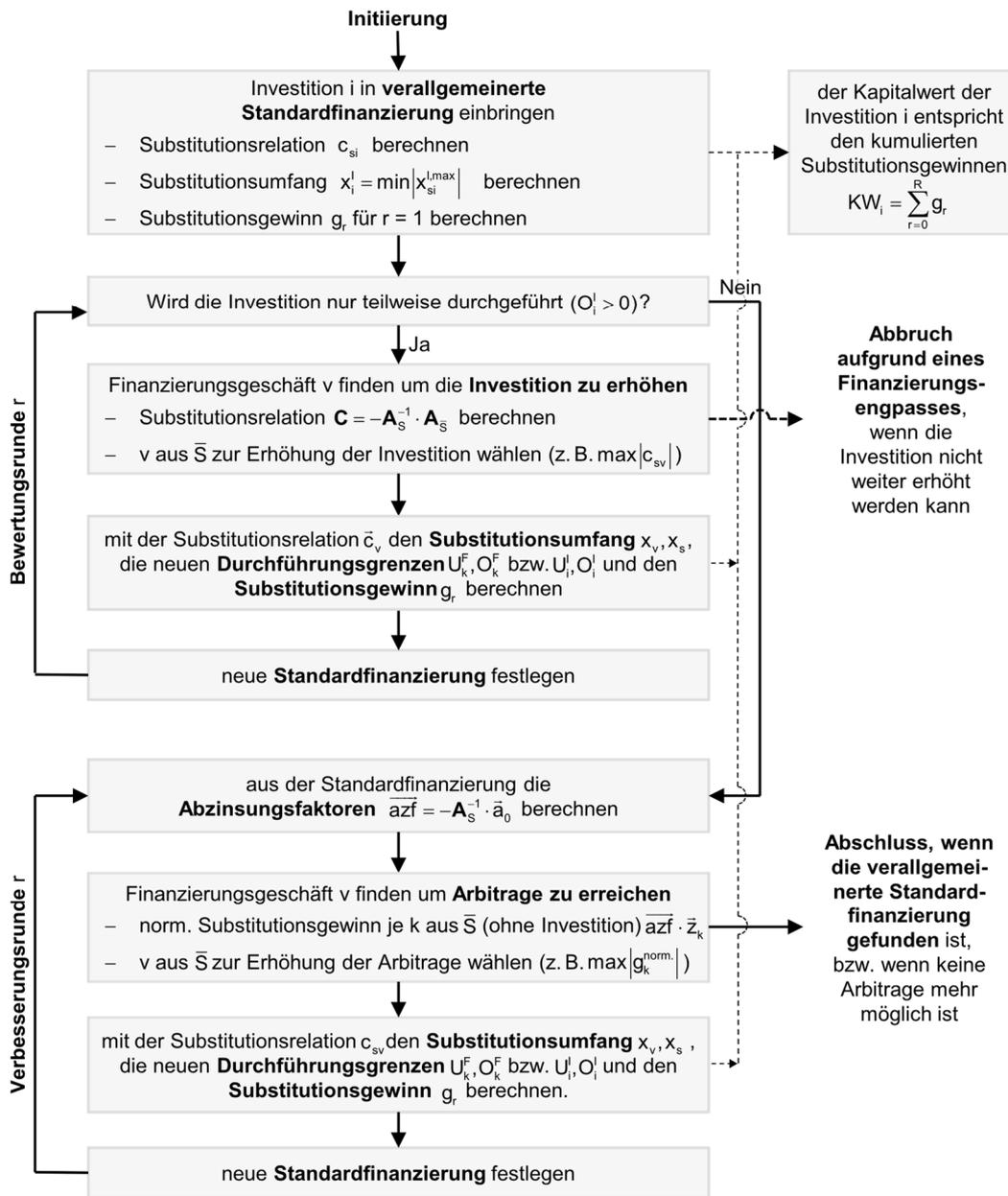


Abb. D-19: Verallgemeinerter Ablauf des Bewertungsprozesses

Die Kapitalwerte nach diesem Bewertungsprozess zeigt Abb. D-20 für die drei Investitionsprojekte im Fallbeispiel und vergleicht sie mit den Kapitalwerten der drei Investitionen anhand der verallgemeinerten Standardfinanzierung aus Abb. D-13, also ohne Berücksichtigung der Gültigkeitsgrenzen der Finanzierungsgeschäfte der Standardfinanzierung.

Kapitalwert ...	... der Investition in ein ...		
	Freibad $A_1$	Erlebnisbad $A_2$	Freibad und Hallenbad $A_3$
... mit der verallgemeinerten Standardfinanzierung	-542.977 €	-619.201 €	-1.557.066 €
... nach dem Bewertungsprozess zur Marktzinsmethode	-573.582 €	-744.391 €	-1.601.131 €

Abb. D-20: Vergleich unterschiedlich fundierter Kapitalwerte für die drei öffentlichen Investitionen des kommunalen Fallbeispiels

Zumindest in diesem konkreten Fallbeispiel zeigen sich erhebliche Veränderungen der Kapitalwerte, insbesondere für Alternative 2, durch die entscheidungslogische Berücksichtigung der begrenzten Gültigkeit der Finanzierungsgeschäfte mit dem Bewertungsprozess. Zwar verändert sich dadurch nicht die Rangfolge der Projekte, allerdings betreffen sie die Alternativen unterschiedlich, was vor allem bei der Weiterverwendung der Ergebnisse relevant wird. Wichtiger scheint darauf hinzuweisen, dass die Kapitalwerte der Investitionen so nachvollziehbarer werden, da sie vollständig kompatibel mit dem Ansatz der Marktzinsmethode sind.

Prinzipiell ließe sich diese Problemstellung auch mit den wesentlich allgemeineren Ansätzen der linearen Planung lösen.<sup>1</sup> Was die Genauigkeit der Ergebnisse sowie die methodischen Voraussetzungen anbelangt, ähnelt die Marktzinsmethode der linearen Programmierung, teilweise ist sie den verfügbaren Lösungsalgorithmen sogar überlegen.<sup>2</sup> Von Vorteil für die lineare Programmierung sind die ausgereiften informationstechnischen Systeme und die darauf aufsetzenden Modelle. Diese erlauben die Modellgrenzen weiter zu verschieben, weiteren Problembeschreibungen zu genügen und damit näher an die Realität heranzurücken bzw. noch häufiger zu beobachtende Entscheidungssituationen adäquat und praktikabel anzugehen. Diese Vorteile zeigen sich tendenziell eher bei der Bewertung von Investiti-

<sup>1</sup> Vgl. Kallabis [Produktentscheidungen] 74.

<sup>2</sup> Insbesondere dann, wenn die in einer linearen Planungsrechnung modellierten Probleme degenerieren, vgl. allgemein zur Degeneration Gal [Programming]. Für praktische Problemstellungen ist die Degeneration eher die Regel, vgl. Dantzig/Tharpa [Programming] 97. Dann ist der typischerweise verwendete Simplexalgorithmus, wenn überhaupt nur modifiziert verwendbar. Die Marktzinsmethode bleibt uneingeschränkt anwendbar.

onsprogrammen als bei Projektentscheidungen. Sie stützen sich in erster Linie auf eine reine informationstechnologische Verarbeitung, was technisch nicht zu kritisieren ist. Zwischenschritte der Problemlösung sind dann aber kaum mehr zu interpretieren und der Entscheidungsträger kann den Prozess der Entscheidungsunterstützung nur schwerlich nachvollziehen. Zudem lässt die Struktur linearer Planungsmodelle weniger Rückschlüsse auf das ursprüngliche Problem zu, was ebenfalls die Interpretation beeinträchtigt. Das löst mindestens psychologische Widerstände gegenüber den ausgewiesenen Lösungen aus.<sup>1</sup>

Die Marktzinsmethode ist rechnerisch etwas umfangreicher, das liegt in erster Linie daran, dass sie informationstechnisch (noch) nicht automatisiert wurde. Allerdings legt sie die einzelnen Zwischenschritte der Lösungsfindung offen und ermöglicht so einem breiteren Spektrum von Entscheidungsträgern das Zustandekommen der Ergebnisse in beliebiger Detailliertheit nachzuvollziehen. Dementsprechend ist sie nachvollziehbarer als Modelle der linearen Planungsrechnung, während sie gleichzeitig für Projektentscheidungen problemadäquat ist. Da die Nachvollziehbarkeit für Entscheidungen der öffentlichen Hand besonders wichtig erscheint, ist die Marktzinsmethode zur Berechnung entscheidungsorientierter Kapitalwerte bei isolierten Projektentscheidungen – unter den genannten Anforderungen der Finanzierungssituation – der öffentlichen Hand mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen angemessen.

### **3. Berücksichtigung alternativer Zielgrößen der öffentlichen Hand mit der Marktzinsmethode**

Das bisher formulierte Konzept der Marktzinsmethode basiert auf dem Kapitalwertkalkül. Es geht davon aus, dass die öffentliche Hand den gesamten negativen Projektüberschuss im Zeitpunkt 0 einzahlen möchte. Das ist gerade für die öffentliche Hand wenig plausibel und womöglich auch für die Entscheidungsträger nur schwer vorstellbar, sind sie doch das Denken in regelmäßigen Haushalten gewohnt. Neben dem Kapitalwertkriterium kann

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Netzwerke] 84, der im übrigen Probleme der linearen Planung darin sieht, wenn Datenänderungen im Modell untersucht werden.

der Entscheidungsträger auch andere Entscheidungsgrößen nutzen. So kann der Zahlungsüberschuss einer beliebigen anderen Periode, z. B. der Endwert also im Zeitpunkt  $T$ , oder ein Zahlungsstrom, der sich konstant oder nach einem bestimmten Muster entwickelt, herangezogen werden.<sup>1</sup> Gerade für die öffentliche Hand scheint die klassische Annuität eine besonders in den Blick zu nehmende Entscheidungsgröße, da so die häufig negativen finanziellen Zielwirkungen gleichmäßig über den Planungshorizont verteilt werden. Die Wirkung auf ein Haushaltsjahr lässt sich dann womöglich besser beurteilen als das eine Entscheidungsgröße zulässt, die die gesamte Wirkung in einem Zeitpunkt zusammenfasst. Dazu muss das Modell der Marktzinsmethode geringfügig erweitert werden.

Als Ausgangspunkt dient erneut die Standardfinanzierung aus Abb. D-8. Statt die Einzahlung von einem Euro in Periode  $t$ , durch eine Auszahlung in Periode  $0$  auszugleichen, soll diese nun durch einen Zahlungsstrom mehrerer periodenbezogener Zahlungen ausgeglichen werden. Diese Ausgleichszahlungen in den Perioden  $t^*$  ( $t^* \in \{0, 1, \dots, T\}$ ) zum Ausgleich einer Einzahlung in Höhe von einem Euro in Periode  $t$  soll nachfolgend mit  $a_{t^*,t}$  und die Summe der periodenbezogenen Ausgleichszahlungen als  $a_t$  bezeichnet werden. Es gilt also (D.27).<sup>2</sup>

$$a_t = \sum_{t^*=0}^T a_{t^*,t} \quad (\text{D.27})$$

Um das Verhältnis der Ausgleichszahlungen zueinander zu beschreiben, werden periodenbezogene Koeffizienten  $\beta_{t^*}$  ( $0 \leq \beta_{t^*} \leq 1$ ) nach (D.28) definiert und im Weiteren als Verteilungsgewichte bezeichnet.

$$\sum_{t^*=0}^T \beta_{t^*} \cdot a_t \rightarrow \beta_{t^*} = \frac{a_{t^*,t}}{a_t} \quad \text{für } t^* = 0, 1, \dots, T \quad (\text{D.28})$$

Aus (D.27) und (D.28) ist zudem (D.29) zu fordern.

$$\sum_{t^*=0}^T \beta_{t^*} \stackrel{!}{=} 1 \quad (\text{D.29})$$

---

<sup>1</sup> Vgl. z. B. Schneider [Investition] 65.

<sup>2</sup> Die Formulierung der periodenindividuellen Entnahmen lehnt sich an Kallabis [Produktentscheidungen] 146 f. an.

Das somit zu formulierende Gleichungssystem zeigt Abb. D-21.

t \ k	1	2	3	4	5	Zeile
0	$1 \cdot x_{15}$				$-\beta_0 \cdot a_5 = 0$	(1)
1	$-0,025 \cdot x_{15}$	$1 \cdot x_{25}$			$-\beta_1 \cdot a_5 = 0$	(2)
2	$-0,025 \cdot x_{15}$	$-1,02 \cdot x_{25}$	$-1 \cdot x_{35}$		$-\beta_2 \cdot a_5 = 0$	(3)
3	$-0,025 \cdot x_{15}$		$1,01 \cdot x_{35}$	$-1 \cdot x_{45}$	$-\beta_3 \cdot a_5 = 0$	(4)
4	$-0,025 \cdot x_{15}$			$1,015 \cdot x_{45}$	$-1 \cdot x_{55}$	$-\beta_4 \cdot a_5 = 0$
5	$-1,025 \cdot x_{15}$				$-1,02 \cdot x_{55}$	$-\beta_5 \cdot a_5 = -1$

Abb. D-21: Gleichungssystem zum Ausgleich einer Einzahlung in Periode  $t = 5$  durch einen Zahlungsstrom

Die Matrix **B** sei als die Matrix der Zahlungskoeffizienten definiert. Nun erfassen die Matrizen alle Perioden, schließen also auch Periode 0 ein. Durch die zusätzliche Spalte  $\beta_t \cdot a_t$  bleibt die Matrix weiterhin quadratisch. Da obiger Ansatz wiederum für Einzahlungen in Höhe von einem Euro in den Perioden 0, 1, 2, ..., T durchzuführen ist, lässt sich (D.30) formulieren.

$$\underbrace{\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\beta_0 \\ -0,025 & 1 & 0 & 0 & 0 & -\beta_1 \\ -0,025 & -1,03 & -1 & 0 & 0 & -\beta_2 \\ -0,025 & 0 & 1,01 & -1 & 0 & -\beta_3 \\ -0,025 & 0 & 0 & 1,015 & -1 & -\beta_4 \\ -1,025 & 0 & 0 & 0 & 1,02 & -\beta_5 \end{pmatrix}}_{\mathbf{B}} \cdot \underbrace{\begin{pmatrix} x_{10} & x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} & x_{15} \\ x_{20} & x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} & x_{25} \\ x_{30} & x_{31} & x_{32} & x_{33} & x_{34} & x_{35} \\ x_{40} & x_{41} & x_{42} & x_{43} & x_{44} & x_{45} \\ x_{50} & x_{51} & x_{52} & x_{53} & x_{54} & x_{55} \\ a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 \end{pmatrix}}_{\mathbf{X}} = -\mathbf{E} \quad (\text{D.30})$$

In Matrixschreibweise lässt sich (D.30) nach **X** zu (D.31) umstellen.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{B} \cdot \mathbf{X} &= -\mathbf{E} \\
 \mathbf{B}^{-1} \cdot \mathbf{B} \cdot \mathbf{X} &= \mathbf{B}^{-1} \cdot -\mathbf{E} \\
 \mathbf{X} &= -\mathbf{B}^{-1}
 \end{aligned} \quad (\text{D.31})$$

Nach diesem verallgemeinerten Ansatz der Marktzinsmethode verändert sich die Darstellung der Ergebnisse. Die Definition der Verteilungsgewichte ist dabei entscheidend. Legt man wie bisher als Zielgröße das Kapitalwertkriterium zugrunde, wären die Verteilungsgewichte mit  $\beta_0 = 1$  und  $\beta_{t^*} = 0$  für  $t^* > 0$  festzulegen. Die letzte Zeile der Matrix **X** enthält dann genau die pe-

riodenindividuellen Abzinsungsfaktoren. Gilt als Zielgröße der Endwert, wären die Verteilungsgewichte mit  $\beta_T = 1$  und  $\beta_{t^*} = 0$  für  $t^* < T$  festzulegen. Die letzte Zeile der Matrix  $\mathbf{X}$  gibt dann die Aufzinsungsfaktoren wieder. Für eine klassische Annuität sind die Verteilungsgewichte mit  $\beta_0 = 0$  und  $\beta_{t^*} = 1/T$  für  $t^* > 0$  festzulegen.  $a_t \cdot 1/T$  gibt den Beitrag einer Zahlung von einem Euro in Periode  $t$  zur Annuität an.

Zu einem Zielzahlungsstrom nach einem beliebigen, aber zulässigen Muster, gibt  $a_t$  den Faktor an, mit dem eine Zahlung in Periode  $t$  in die Basis des Zielzahlungsstroms eingeht. Diese Zielzahlungsstrombasis lässt sich wie folgt auffassen: Im Produkt mit den periodenindividuellen Verteilungskoeffizienten<sup>1</sup> ergibt sich der Zielzahlungsstrom, entsprechend der gewünschten Verteilung gemäß der Definition der Verteilungsgewichte.

Anhand des Fallbeispiels soll der Ansatz verdeutlicht werden. Die öffentliche Hand verfolgt das Ziel, eine maximale Annuität über die Laufzeit der drei öffentlichen Projekte zu erzielen. Vor der Bewertung der öffentlichen Projekte ist zunächst die eindeutige finanzielle Nullalternative in Form der verallgemeinerten Standardfinanzierung festzulegen. Auch hierbei soll als finanzielle Zielgröße die Annuität angewandt werden. Als Standardfinanzierung nutzt die Zusammenstellung der Finanzierungsgeschäfte  $k = 3, 4, 5, 7$  und  $11$ . Die Berechnung von Abzinsungsfaktoren entfällt, zur Berechnung normierter Substitutionsgewinne (in Form einer Annuität) dient allein die (negative) Inverse der Matrix  $\mathbf{B}$ , die (D.32) zeigt.

$$\underbrace{\begin{pmatrix} x_{10} & x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} & x_{15} \\ x_{20} & x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} & x_{25} \\ x_{30} & x_{31} & x_{32} & x_{33} & x_{34} & x_{35} \\ x_{40} & x_{41} & x_{42} & x_{43} & x_{44} & x_{45} \\ x_{50} & x_{51} & x_{52} & x_{53} & x_{54} & x_{55} \\ a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 \end{pmatrix}}_{\mathbf{X}} = \underbrace{\begin{pmatrix} -0,392 & 0,608 & 0,590 & -0,41 & -0,4 & -0,392 \\ -0,589 & 0,406 & 0,394 & 0,390 & -0,60 & -0,589 \\ -0,791 & 0,204 & 0,198 & 0,196 & 0,193 & -0,791 \\ 0,193 & -0,79 & 0,202 & 0,2 & 0,197 & 0,193 \\ -1,0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1,091 & 1,040 & 1,010 & 1,0 & 0,985 & 0,966 \end{pmatrix}}_{-\mathbf{B}^{-1}} \quad (\text{D.32})$$

Um die Vorteilhaftigkeit eines Finanzierungsgeschäfts  $k$  aus der Menge  $\bar{S}$  einzuschätzen, nutzt dessen Zielzahlungsstrombasis  $a_k$ . Dazu kann gemäß

<sup>1</sup> Bei dieser Formulierung wird deutlich, dass auch von Verteilungsgewicht gesprochen werden könnte.

(D.33) die letzte Zeile der Matrix  $-\mathbf{B}^{-1}$  mit der normierten Zahlungsreihe  $\bar{z}_k^F$  multipliziert werden. Im Produkt mit den Verteilungsgewichten ergibt sich der Zielzahlungsstrom  $\bar{z}_k^*$ , hier als Annuität.

$$a_k = \sum_{t=0}^T a_t \cdot z_{tk} \text{ oder } a_k = \bar{a} \cdot \bar{z}_k \text{ bzw. } \bar{z}_k^* = \bar{\beta}_{t^*} \cdot a_k \quad (\text{D.33})$$

(D.34) zeigt die Bewertung von Finanzierungsgeschäft 6 im Fallbeispiel.

$$a_6 \approx 1,0906 \cdot 1 + 1,04 \cdot (-1,02) = 0,0298$$

$$\bar{z}_6^* = \begin{pmatrix} 0 \\ 0,2 \\ 0,2 \\ 0,2 \\ 0,2 \\ 0,2 \end{pmatrix} \cdot 0,0298 \approx \begin{pmatrix} 0 \\ 0,006 \\ 0,006 \\ 0,006 \\ 0,006 \\ 0,006 \end{pmatrix} \quad (\text{D.34})$$

Wird Finanzierungsgeschäft 6 um einen Euro erhöht, kann zusätzlich eine Annuität in Höhe von rund 0,6 Cent entnommen werden. Abb. D-22 zeigt den Ansatz für alle Finanzierungsgeschäfte aus der Menge  $\bar{S}$ .<sup>1</sup>

Periode t	Zeitwerte der Zahlungen der Finanzierungsgeschäfte k (k ∈ S̄)							
	k = 1	k = 2	k = 6	k = 8	k = 9	k = 10	k = 12	k = 13
	$\bar{z}_1$	$\bar{z}_2$	$\bar{z}_6$	$\bar{z}_8$	$\bar{z}_9$	$\bar{z}_{10}$	$\bar{z}_{12}$	$\bar{z}_{13}$
0	-1	0	1	0	0	0	-0,1985	0
1	1,01	-1	-1,02	0	0	0	-0,1985	1
2	0	1,01	0	1	0	0	0	-0,3569
3	0	0	0	-1,0375	1	0	1	-0,3569
4	0	0	0	0	-1,04	1	-0,3139	-0,3569
5	0	0	0	0	0	-1,0425	-0,3139	0
normierte Zielzahlungsstrombasis (a <sub>k</sub> ) und Annuität (a <sub>k</sub> /T) der Finanzierungsgeschäfte k								
	k = 1	k = 2	k = 6	k = 8	k = 9	k = 10	k = 12	k = 13
a <sub>k</sub> = $\bar{a} \cdot \bar{z}_k$	-0,0402	-0,0202	0,0298	-0,0275	-0,0246	-0,0217	-0,0356	-0,0288
Annuität a <sub>k</sub> /T	-0,0080	-0,0040	0,0060	-0,0055	-0,0049	-0,0043	-0,0071	-0,0058
Ist Arbitrage durch eine ...	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓
... möglich?	NEIN	NEIN	JA	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	JA
Rangfolge	-	-	1	-	-	-	-	2

Abb. D-22: Identifikation von Arbitrage mit der Zielgröße einer Annuität

<sup>1</sup> Wurde der Zielzahlungsstrom nicht als Kapitalwert, Endwert oder Annuität definiert, dann kann die finanzielle Zielgröße nicht in einer Zahl ausgedrückt werden. Um dennoch eine Rangfolge der finanziellen Vorteilhaftigkeit der Finanzierungsgeschäfte festzulegen, bietet es sich an, die Zielzahlungsstrombasis a zu verwenden.

Gemäß Abb. D-22 ist also  $v = 6$  einzubringen, denn dieses Finanzierungsgeschäft bietet den größten normierten Substitutionsgewinn (in Form einer Annuität). Bisher ließen sich durch geschickt gewählte Annuitätenfaktoren die relevanten Werte auch im Kapitalwertkalkül berechnen. Um den Substitutionsumfang festlegen zu können, muss zusätzlich bekannt sein, wie die Finanzierungsgeschäfte der Standardfinanzierung zu verändern sind, um das (neu-)formulierte finanzielle Ziel mit dem einzubringenden Finanzierungsgeschäft umzusetzen. Dazu diene das Konzept der Substitutionsrelation. (D.35) zeigt die Ähnlichkeit mit dem bisherigen Kapitalwertkalkül der Marktzinsmethode; demgegenüber werden nun alle Perioden (auch  $t = 0$ ) erfasst.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{B} \cdot \bar{x}_S + \bar{z}_v \cdot x_v &= 0 \\
 \mathbf{B}^{-1} \cdot \mathbf{B} \cdot \bar{x}_S + \mathbf{B}^{-1} \cdot \bar{z}_v \cdot x_v &= 0 \\
 \bar{x}_S + \mathbf{B}^{-1} \cdot \bar{z}_v \cdot x_v &= 0 \\
 \bar{x}_S = \underbrace{-\mathbf{B}^{-1} \cdot \bar{z}_v}_{\bar{c}_v^*} \cdot x_v &= 0
 \end{aligned}
 \tag{D.35}$$

Mit Blick auf die Zusammensetzung der Matrix  $-\mathbf{B}^{-1}$  in (D.32) fällt auf, dass zeilenweise die Veränderungen der Finanzierungsgeschäfte aufgrund der Zahlungsreihe  $\bar{z}_v$  angegeben werden. Die quadratische Matrix  $\mathbf{B}$  – ebenso wie die Inverse – hat stets die Dimension  $(T + 1) \times (T + 1)$ . Lediglich die letzte Zeile bildet mit  $a_v$  den Einfluss auf die Zielzahlungsstrombasis ab. Die Substitutionsrelation  $\bar{c}_v^*$  findet sich demnach in den Zeilen 1 bis  $T$ , was sich als Gleichung (D.36) formulieren lässt.

$$\bar{c}_v^* = -\mathbf{B}^{-1} \cdot \bar{z}_v = \begin{pmatrix} \bar{c}_v \\ a_v \end{pmatrix}
 \tag{D.36}$$

Mit diesen Überlegungen lässt sich wie gewohnt der maximale Substitutionsumfang bestimmen. Abb. D-23 zeigt dies exemplarisch in Anlehnung an Abb. D-16.

**Substitutionsrunde 1: Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts k = 6.**

gesucht: Substitutionsprogramm  $x_6^F$  und  $\bar{x}_S = (x_3^F, x_4^F, x_5^F, x_7^F, x_{11}^F)$  mit maximalem  $x_6$  und

$B_S \cdot \bar{x}_S + \bar{z}_6 \cdot x_6^F = 0$  sowie  $x_k^F \in [U_k^F; O_k^F]$ .

**Bestimmung der Substitutionsrelation**

$\bar{x}_S = -B_S^{-1} \cdot \bar{z}_6 \cdot x_6^F$  und  $\bar{c}_6^* = -B_S^{-1} \cdot \bar{z}_6$

$$\bar{x}_S = - \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -0,025 & -0,2 \\ -1 & 0 & 0 & -1,03 & -0,025 & -0,2 \\ 1,01 & -1 & 0 & 0 & -0,025 & -0,2 \\ 0 & 1,015 & -1 & 0 & -0,025 & -0,2 \\ 0 & 0 & 1,02 & 0 & -1,025 & -0,2 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 1 \\ -1,02 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x_6^F = \begin{pmatrix} -1,0120 \\ -1,003 \\ -0,9991 \\ 1,001 \\ -1 \\ 0,0298 \end{pmatrix} \cdot x_6^F$$

**Bestimmung des Substitutionsumfangs**

Finanzierungsgeschäft	Untergrenze	Faktor bei Erhöhung von $x_6^F$ um 1	Obergrenze	mögliche Veränderung $x_v$ für $\hat{=} x_6^F; (0 \leq x_6^F)$
k	$U_k^F$	$c_{s6}$	$O_k^F$	$x_{s6}^{F,max}$
3	-2.413.849	-1,012	586.151	2.385.323
4	-1.877.586	-1,003	1.122.414	1.871.889
5	-1.345.348	-0,9991	1.654.652	1.346.622
7	-25.000	1,001	2.975.000	2.972.132
11	-1.000.000	-1	2.000.000	1.000.000
$a_6$	-	0,029825	-	-
6	0	1	2.000.000	2.000.000

**Maximale Substitution**

Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts

$k = 6$  um  $x_6^F = \min |x_{s6}^{F,max}| = 1.000.000$ ;

dadurch wird u. a.  $k = 11$  ersetzt.

$$\bar{x}_S = \begin{pmatrix} x_3^F \\ x_4^F \\ x_5^F \\ x_7^F \\ x_{11}^F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1.011.959 \\ -1.003.043 \\ -999.054 \\ 1.000.965 \\ -1.000.000 \end{pmatrix}$$

$$x_v = x_6^F = -1.000.000$$

**Bestimmung der neuen Standardfinanzierung**

Neue Standardfinanzierung:  $k = 3, 4, 5, 6, 7$

Finanzierungsgeschäft	Veränderung der Finanzierungsgeschäfte	neue Untergrenze	neue Obergrenze
k	$x_v \cdot c_{s6}$	$U_k^F$	$O_k^F$
3	-1.011.959	-1.401.890	1.598.110
4	-1.003.043	-874.543	2.125.457
5	-999.054	-346.294	2.653.706
6	1.000.000	-1.000.000	1.000.000
7	1.000.965	-1.025.965	1.974.035
11	-1.000.000	0	3.000.000

Abb. D-23: Erste Substitutionsrunde zum Auffinden einer verallgemeinerten Standardfinanzierung mit einer Annuität als Zielgröße

Das Produkt aus Substitutionsumfang  $x_6 = 1.000.000$  und dem Einfluss  $a_6 \approx 0,029825$  je eingesetztem Euro auf die Zielzahlungsstrombasis ergibt einen Substitutionsgewinn dieser ersten Substitutionsrunde in Höhe von 29.825 Euro, was einer Annuität von  $29.825/5 = 5.965$  Euro entspricht. Auch die neue Standardfinanzierung steht fest, die den Ausgangspunkt für die nächste Substitutionsrunde bildet. Es zeigt sich, dass der Ablauf des Substitutionsprozesses unabhängig von der finanziellen Zielgröße ist.

Nach der zweiten Substitutionsrunde gibt es keine weiteren Arbitragemöglichkeiten mehr.<sup>1</sup> Abb. D-24 zeigt einen maximalen Umschuldungsgewinn in Form einer Annuität in Höhe von 14.601 Euro nach insgesamt zwei Substitutionsrunden.

Veränderung der Finanzierungsgeschäfte aus der Standardfinanzierung						neues Geschäft	Substituti- onsgewinn (Annuität)
(k)						(v)	(g.)
k / i	3	4	5	7	11	13	Substituti- onsrunde 1
$\bar{x}_s, x_v$	-1.011.959	-1.003.043	-999.054	1.000.965	-1.000.000	1.000.000	
$a_6/5$	Einfluss auf die Zielzahlungsstrombasis ÷ Laufzeit					0,005965	5.965 Euro
k / i	3	4	5	6	7	13	Substituti- onsrunde 2
$\bar{x}_s, x_v$	-1.027.131	-510.638	8.467	0	1.508.637	-1.500.000	
$a_{13}/5$	Einfluss auf die Zielzahlungsstrombasis ÷ Laufzeit					-0,005757	8.636 Euro
<b>Annuität des Umschuldungsgewinns 14.601 Euro</b>							

Abb. D-24: : Berechnung des Umschuldungsgewinns  
in Form einer Annuität

Die verallgemeinerte Standardfinanzierung setzt sich aus den Finanzierungsgeschäften 3, 4, 5, 6 und 7 zusammen und entspricht damit der verallgemeinerten Standardfinanzierung im Kapitalwertkalkül, wenngleich die Finanzierungsgeschäfte in anderem Umfang genutzt werden. Daher erstaunt es auch nicht, dass sich unter Verwendung der Ergebnisse aus dem Kapitalwertkalkül dieselbe Annuität errechnen ließe.

Da sich für den Substitutionsprozess keine Auswirkungen durch die veränderte Zielgröße ergeben, sind diese auch für den Bewertungsprozess nicht zu erwarten. Dieser greift auf dieselben Elemente wie der Substitutionspro-

<sup>1</sup> Zum ausführlichen Rechenweg siehe Anhang I.3.

zess zurück und erschließt sich dann entsprechend. Die einzelnen Berechnungsschritte werden daher bei der Bewertung der Investitionsalternativen aus dem Fallbeispiel nicht dargestellt. Abb. D-25 stellt die Annuitäten für die Investitionsalternativen  $A_1$ ,  $A_2$  und  $A_3$  den Kapitalwerten nach dem Konzept der Marktzinsmethode gegenüber.

	... Investitionsprojekt ...		
	Generalsanierung Freibad $A_1$	Umbau zum Erlebnisbad $A_2$	Generalsanierung u. Neubau Hallenbad $A_3$
Kapitalwert nach dem Bewertungsprozess zum ...	-573.582 €	-744.391 €	-1.601.131 €
Annuität nach dem Bewertungsprozess zum ...	-122.496 €	-162.369 €	-343.689 €

Abb. D-25: Vergleich der drei öffentlichen Investitionen im Fallbeispiel anhand entscheidungslogisch fundierter Kapitalwerte und Annuitäten

Die Marktzinsmethode kann auch Verteilungspräferenzen und damit verschiedene Ergebnisgrößen berücksichtigen. Insgesamt stellt sie einen Ansatz dar, der auch mit mehrperiodigen Finanzierungsgeschäften bei Investitionsprojektrechnungen arbeiten kann. Damit existieren für unterschiedliche Entscheidungssituationen der öffentlichen Hand bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen jeweils angemessene Methoden in Form verschiedener Investitionsmodelle. Die Marktzinsmethode bietet einen sehr allgemeinen Ansatz, der womöglich nicht immer erforderlich ist. Für die Bewertung der finanziellen Zielwirkungen stehen damit adäquate Methoden bereit, die insbesondere mehrperiodigen Investitionen Rechnung tragen. Nachfolgend ist zu betrachten, wie sich Alternativen mit sehr langfristigen Zielwirkungen angemessen berücksichtigen lassen. Offensichtlich ist der Planungshorizont differenzierter Rechnungen, wie sie die Marktzinsmethode ermöglicht, nicht unbegrenzt auszuweiten.

#### **4. Zur Berücksichtigung von Alternativen mit sehr langfristiger Zielwirkung**

Nicht jede öffentliche Investition ist automatisch mit langfristigen Zielwirkungen verbunden. Allerdings ist anzunehmen, dass besonders „wichtige“ In-

vestitionen, z. B. Investitionen in die Infrastruktur, oftmals sehr langfristigen Charakter haben.<sup>1</sup> Sie zeigen sich aber auch bei der typischen Nutzungsdauer öffentlicher Bäder.<sup>2</sup> Die Frage, ob öffentliche Bäder zu Infrastrukturinvestitionen zu zählen sind – vermutlich sind sie das –<sup>3</sup>, spielt eine nachgeordnete Rolle. Vielmehr sind deren sehr langfristige Zielwirkungen in den Blick zu nehmen.

Über die oftmals angenommene Nutzungsdauer von 20 Jahren oder mehr, lässt sich die Informationsdichte aus dem Konzept der Marktzinsmethode kaum festlegen. Sollte es dennoch möglich sein, die Voraussetzungen für die Anwendung der Marktzinsmethode auch bei einem sehr langfristigen Planungshorizont zu erfüllen,<sup>4</sup> bleibt sie unverändert anwendbar und die nachfolgenden Überlegungen sind überflüssig. Um ansonsten den Planungszeitraum differenziert zu behandeln, könnte in einen Detailplanungszeitraum und einen Grobplanungszeitraum unterschieden werden, die unterschiedlich detaillierte Informationen, insbesondere zur Finanzierungssituation enthalten. Der unterschiedliche Informationsbedarf erfordert dann auch eine methodisch differenzierte Behandlung.<sup>5</sup> Es wäre z. B. denkbar, im Detailplanungszeitraum mit der Marktzinsmethode die Finanzierungssituation sehr differenziert zu berücksichtigen, während im Grobplanungszeitraum auf andere isolierte Investitionsmodelle, wie z. B. das Diskontieren mit gleichbleibenden Zinssätzen übergegangen wird.

Soll eine Zahl die finanziellen Zielerträge einer öffentlichen Investition zusammenfassen, bietet sich als Ergebnisgröße der Endwert im Detailplanungszeitraum an. An diesem Schnittpunkt lassen sich die Ergebnisse zweier unterschiedlicher Investitionsmodelle ohne weitere Annahmen aggregieren. Abb. D-26 verdeutlicht den Ansatz.

---

<sup>1</sup> Vgl. z. B. Frey [Infrastruktur] 30, Neumann-Szyszka/Pfahler [Investitionsprozesse] 106.

<sup>2</sup> Lüder/Dubber ([Hallenbad] 365) nehmen eine Nutzungsdauer von 20 Jahren an.

<sup>3</sup> Vgl. zu möglichen Merkmalen von Infrastrukturinvestitionen Frey [Infrastruktur] 1, 26 ff.

<sup>4</sup> Es müssen mindestens ebenso viele linear unabhängige Finanzierungsgeschäfte wie Laufzeitperioden existieren und in jeder Laufzeitperiode muss mindestens ein Finanzierungsgeschäft eine Zahlungswirkung besitzen, vgl. zum Teil Troßmann [Investition] 157.

<sup>5</sup> Die Argumentation ähnelt dem begrenzten Planungshorizont bei Investitionsprogrammplanungsmodellen, vgl. z. B. Troßmann [Investition] 221 f., Hax [Investitionstheorie] 91 ff.

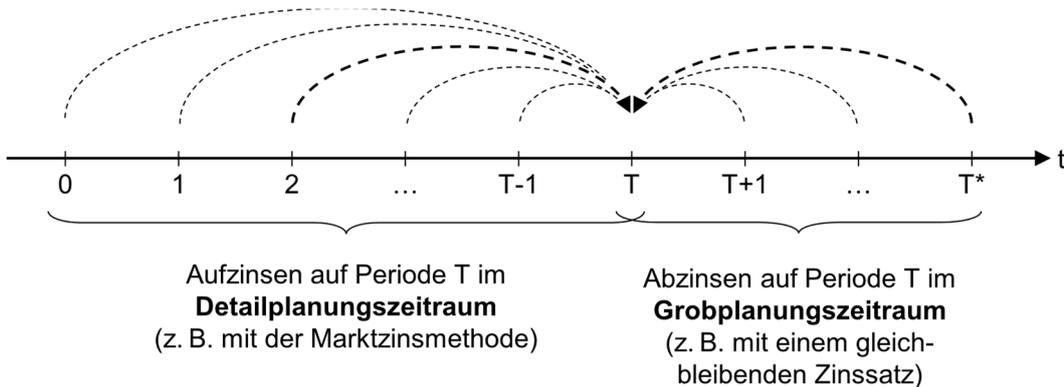


Abb. D-26: Endwert-Bewertung langfristiger öffentlicher Investitionen

Dazu sei angenommen, der Detailplanungszeitraum umfasst die Perioden 0 bis T, der Grobplanungszeitraum beginnt entsprechend in T und endet in  $T^*$ , wobei  $T < T^*$ . Nach den bisherigen Ausführungen nutzt die verallgemeinerte Marktzinsmethode, um den Endwert (in Periode T) aller Zahlungen bis einschließlich T einer beliebigen Investition zu berechnen. Zu diesem Endwert ist die Summe der auf die Periode T abdiskontierten Zahlungen ab  $T+1$  (Endkapitalwerte) der Investition hinzuzurechnen. Der so errechnete Endwert kann statt dem Kapitalwert weiterverwendet werden.

Störend an diesem Ansatz wirken Finanzierungsgeschäfte, die im Detailplanungszeitraum beginnen und erst im Grobplanungszeitraum enden. Hier bietet sich für Zahlungen nach dem Ende des Detailplanungszeitraums das Konzept der Endkapitalwerte an, wie es schon für ähnlich gelagerte Probleme simultaner Investitionsmodelle entwickelt wurde.<sup>1</sup>

Ein über den Planungshorizont der Marktzinsmethode hinausreichendes Finanzierungsgeschäft zu berücksichtigen, erfordert eine differenzierte Vorgehensweise. Im Fallbeispiel soll bei einem Detailplanungszeitraum über fünf Perioden eine Inhaberschuldverschreibung (Finanzierungsgeschäft 5) mit einer Laufzeit von 10 Jahren, beginnend in Periode 2 und einem Zinssatz in Höhe von 4,5% p. a. berücksichtigt werden. Als gleichbleibender Zinssatz im Grobplanungszeitraum nach Periode 4 soll 5% p. a. angenommen werden. Abb. D-27 zeigt die Berechnung des Endkapitalwerts in Periode 4 der Zahlungen ab Periode 5 sowie den aggregierten Zahlungsstrom.

<sup>1</sup> Vgl. z. B. Hax [Investitionstheorie] 91, Troßmann [Investition] 221.

verkürzter tatsächlicher Zahlungsstrom		verkürzter, da aggregierter Zahlungsstrom	
Periode	normierte Zahlungen	Periode	normierte Zahlungen
t	$Z_{t5}^F$	t	$Z_{t5}^F$
0	0	0	0
1	0	1	0
2	1	2	1
3	-0,045	3	-0,045
4	-0,045	4	-1,01268
5	-0,045		
6	-0,045		
7	-0,045		
8	-0,045		
9	-0,045		
10	-0,045		
11	-0,045		
12	-1,045		

$$= \sum_{t=5}^{12} Z_{tk}^F \cdot \frac{1}{1,045^{t-4}}$$

$$= -0,96768$$

Abb. D-27: Berechnung eines auf den Detailplanungshorizont verkürzten Zahlungsstroms mit dem Konzept von Endkapitalwerten

Zusätzlich soll die Finanzierungssituation, bestehend aus den Finanzierungsgeschäften 1 bis 4, dargestellt in Abb. D-28, gelten. Es soll für jedes Finanzierungsgeschäft 1 bis 5 eine Untergrenze der Durchführungshäufigkeit von -1.000 Euro und eine Obergrenze von 1.000 Euro gelten.

Periode	normierter Zahlungsstrom von Finanzierungsgeschäft k			
	k = 1	k = 2	k = 3	k = 4
t	$Z_{1t}^F \cdot x_1^F$	$Z_{2t}^F \cdot x_2^F$	$Z_{3t}^F \cdot x_3^F$	$Z_{4t}^F \cdot x_4^F$
0	$1 \cdot x_1^F$	$1 \cdot x_2^F$		$1 \cdot x_4^F$
1	$-1,01 \cdot x_1^F$	$-0,02 \cdot x_2^F$	$-1 \cdot x_3^F$	$-0,04 \cdot x_4^F$
2		$-1,02 \cdot x_2^F$	$0,03 \cdot x_3^F$	$-0,04 \cdot x_4^F$
3			$1,03 \cdot x_3^F$	$-0,04 \cdot x_4^F$
4				$-1,04 \cdot x_4^F$
Gültigkeitsgrenzen des Finanzierungsgeschäfts $k (U_k^F \leq x_k^F \leq O_k^F)$				
$U_k^F$	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
$O_k^F$	1.000	1.000	1.000	1.000

Abb. D-28: Finanzierungssituation zum Beispiel

Die Standardfinanzierung setzt sich aus den Finanzierungsgeschäften 1 bis 4 zusammen. Es ist nun zu entscheiden, ob das langfristige Finanzierungs-

geschäft 5 erhöht oder verringert werden soll. Das entspricht der Suche nach der verallgemeinerten Standardfinanzierung und kann schrittweise nach Abb. D-9 angegangen werden. Im vorliegenden Endwertmodell zeigt (D.37) die Matrix der Zahlungskoeffizienten der Finanzierungsgeschäfte der Standardfinanzierung (Schritt 1) sowie in der letzten Spalte die Verteilungsgewichte für das Endwertmodell. Die letzte Zeile von (D.38) gibt die gesuchten Aufzinsungsfaktoren an (Schritt 2).

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1,01 & -0,02 & -1 & -0,04 & 0 \\ 0 & -1,02 & 0,03 & -0,04 & 0 \\ 0 & 0 & 1,03 & -0,04 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1,04 & -1 \end{pmatrix} \quad (\text{D.37})$$

$$-\mathbf{B}^{-1} = \begin{pmatrix} 0,08738 & 1,07662 & 0,06456 & 1,04338 & 0 \\ 0,04304 & 0,04261 & 1,02175 & 0,01161 & 0 \\ -0,04390 & -0,04347 & -0,04219 & -1,01184 & 0 \\ -1,13042 & -1,11923 & -1,08631 & -1,05499 & 0 \\ 1,17564 & 1,16400 & 1,12976 & 1,09719 & 1 \end{pmatrix} \quad (\text{D.38})$$

Abb. D-29 zeigt die Bewertung des Finanzierungsgeschäfts 5 mit den vorangehend errechneten Aufzinsungsfaktoren (Schritt 3). Der Endwert verbessert sich um 6,77 Cent, wenn Finanzierungsgeschäft 5 um einen Euro erhöht wird. Hierbei ist das Finanzierungsgeschäft 5 mit seinem aggregierten Zahlungsstrom zu nutzen, da nur so das gesamte Finanzierungsgeschäft bewertet werden kann und ersichtlich wird, ob sich eine Erhöhung angesichts des langfristigen Zinssatzes lohnt.

Periode t	Aufzinsungsfaktor	normierte Zahlungen (Zeitwert) $Z_{tk}^F$	normierte Zahlungen (Barwert) $Z_{tk}^{F,BW}$
0	1,17564	0	0
1	1,164	0	0
2	1,12976	1	1,12976
3	1,09719	-0,045	-0,04937
4	1	-1,01268	-1,01268
normierter Endwert			0,06771

Abb. D-29: Berechnung des normierten Endwerts eines langfristigen Finanzierungsgeschäfts

Nun ist der maximale Substitutionsumfang zu bestimmen (Schritt 5, Schritt 4 erübrigt sich bei nur einem einzubringenden Finanzierungsgeschäft). Hierbei muss Finanzierungsgeschäft 5 mit seinem tatsächlichen Zahlungsstrom in den Substitutionsprozess eingebracht werden, denn die Bewertung mit Endkapitalwerten ist im Detailplanungszeitraum nicht zahlungsrelevant, ansonsten würden Zahlungen ausgeglichen, die vielmehr als Bewertung anzusehen sind und die in dieser Form vermutlich nicht eintreten. Mit (D.36) lässt sich, wie es (D.39) zeigt, die Substitutionsrelation  $c_{s5}$  sowie der Einfluss einer Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts 5 auf den Endwert  $a_5$  berechnen.

$$\begin{pmatrix} \bar{c}_5 \\ a_5 \end{pmatrix} = -\mathbf{B}^{-1} \cdot \bar{z}_5^F = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1,01 & -0,02 & -1 & -0,04 & 0 \\ 0 & -1,02 & 0,03 & -0,04 & 0 \\ 0 & 0 & 1,03 & -0,04 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1,04 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -0,045 \\ -0,045 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,01761 \\ 1,02123 \\ 0,00335 \\ -1,03884 \\ 1,03539 \end{pmatrix} \quad (\text{D.39})$$

Abb. D-30 identifiziert Finanzierungsgeschäft 4 als Engpass. Finanzierungsgeschäft 5 kann im Umfang von 962,62 Euro erhöht werden und verdrängt dann Finanzierungsgeschäft 4 aus der Standardfinanzierung.

Finanzierungs-geschäft	Unter-grenze	Faktor bei Erhöhung von $x_5^F$ um 1	Ober-grenze	mögliche Veränderung für $\uparrow x_5^F$ ( $0 \leq x_5^F$ )
k	$U_k^F$	$c_{s5}$	$O_k^F$	$x_{s5}^{F,max}$
1	-1.000	0,01761	1.000	56.797
2	-1.000	1,02123	1.000	979,21
3	-1.000	0,00335	1.000	298.848
4	-1.000	-1,03884	1.000	962,62
$a_5$	-	0,01761	-	-

Abb. D-30: Berechnung des normierten Endwerts eines langfristigen Finanzierungsgeschäfts

Die neue Standardfinanzierung zu bestimmen, ist trivial. Interessanter ist die Frage, welcher Erfolg mit dieser Substitution verbunden ist. Einerseits gibt  $a_5 = 1,03539$  an, welcher zusätzliche Endwert durch die Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts 5 um einen Euro erzielt wird. Im Produkt mit dem Substitutionsumfang ergibt sich ein (vorläufiger) Substitutionserfolg in Höhe

von  $1,03539 \cdot 962,62 = 996,68$  Euro. Dieser sehr hohe zusätzliche Endwert verwundert wenig, wenn berücksichtigt wird, dass ein Kredit (Finanzierungsgeschäft 4), der im Detailplanungszeitraum beginnt und endet, durch einen Kredit ersetzt wird (Finanzierungsgeschäft 5), dessen Rückzahlung sowie der Großteil der Zinszahlungen außerhalb des Planungszeitraums liegen und daher unberücksichtigt bleiben. Die Zahlungswirkungen im Grobplanungszeitraum berücksichtigt der normierte Endkapitalwert. Um diesen ist der vorübergehende Substitutionserfolg zu kürzen. Abb. D-31 fasst die Rechnung zusammen und zeigt den Substitutionserfolg. Dieser ist nicht mehr als Zahlungsgröße aufzufassen, sondern vielmehr als Endvermögen, da er zumindest teilweise in Finanzierungsgeschäft 5 gebunden ist und sich erst im Grobplanungszeitraum in Zahlungen niederschlägt.

Endwert im Detailplanungszeitraum	$1,03539 \cdot 962,62 = 996,68$ Euro
Endkapitalwert aus Grobplanungszeitraum	$-0,96768 \cdot 962,62 = -931,51$ Euro
<b>Substitutionsgewinn als Endkapitalwert</b>	<b>65,17 Euro</b>

Abb. D-31: Zur Identifikation des Endwerts einer langfristigen öffentlichen Investition

Nicht nur wenn langfristige öffentliche Investitionen differenziert bewertet werden, muss auch in Betracht gezogen werden, dass gerade für die öffentliche Hand über sehr langfristige Finanzierungsgeschäfte zu disponieren ist. Obiger Ansatz zeigt, wie sich dieser Anspruch prinzipiell mit der Marktzinsmethodik vereinbaren ließe. Für weniger allgemeine isolierte Bewertungsmodelle lässt sich die Unterscheidung eines Detail- und eines Grobplanungszeitraums prinzipiell übertragen und ist womöglich weniger aufwendig umsetzbar. Im Konzept der Marktzinsmethode bleibend, müsste auch der Ablauf im Bewertungsprozess entsprechend angepasst werden. Besonderheiten im Unterschied zum obigen Substitutionsprozess sind kaum zu erwarten und werden daher nicht näher betrachtet.

Langfristige öffentliche Investitionen zeigen konsequenterweise auch langfristige nichtfinanzielle Zilerträge. Der Umfang des Planungshorizonts löst in der dynamischen Nutzwertanalyse keine besonderen Schwierigkeiten aus. Nachfolgend ist vielmehr zu betrachten, ob die bisher unterschiedenen

finanziellen und nichtfinanziellen Bewertungsmethoden, wie oftmals empfohlen getrennt „berichtet“ werden, oder eher ein gemeinsamer Ansatz problemadäquat wäre.

### **III. Zu den Schwächen der getrennten Bewertung von Kosten und Nutzen bei isolierten Projektentscheidungen der öffentlichen Hand**

#### **1. Probleme aus der getrennten Bewertung finanzieller und nichtfinanzieller Zielwirkungen**

Die vorangegangenen Ausführungen zielten darauf ab, das finanzielle Ziel einer öffentlichen Investition getrennt von den nichtfinanziellen Zielen zu bewerten. Das ist nicht intuitiv, denn die Nutzwertanalyse ist darauf ausgerichtet, mehrere Ziele in einem Ansatz zu berücksichtigen, sie ist prinzipiell nicht auf nichtfinanzielle Ziele beschränkt. Dennoch ist der Ansatz in der Literatur nicht untypisch. Dabei wird z. B. angeführt, dass die Berücksichtigung finanzieller Ziele in der Nutzwertanalyse die Voraussetzungen der Präferenzunabhängigkeit bzw. der überschneidungsfreien Zielformulierung verletzt, da die Ein- und Auszahlungen eines Investitionsprojekts von verschiedenen Faktoren und damit vermeintlich auch von den Erträgen anderer Ziele, die in der Nutzwertanalyse ebenfalls explizit abgebildet werden, abhängt.<sup>1</sup> Behält man diese Trennung bei, kann in der Regel kein Entscheidungsvorschlag empfohlen werden.<sup>2</sup> Das verlagert das Problem auf den Entscheidungsträger und hilft ihm dabei aus methodischer Sicht auch nicht. Neben der Herausforderung, die verschiedenen Zielwirkungen überhaupt zu messen und zu aggregieren, scheint die Abwägung finanzieller gegenüber nichtfinanzieller Ziele ein Kernproblem öffentlicher Investitionen zu sein.

Nur geringfügig weniger rigorose Auffassungen sehen zur Entscheidungsunterstützung grafische Ansätze vor,<sup>3</sup> wie sie auch im Leitfaden zu Wirt-

---

<sup>1</sup> Vgl. Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 152, Götze [Investitionsrechnung] 194, Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 313.

<sup>2</sup> Vgl. Götze [Investitionsrechnung] 185, Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 150 ff.

<sup>3</sup> Vgl. zu einem solchen Ansatz Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 329, wobei die Nutzwerte dort als rein ordinale Daten interpretiert werden, was der entscheidungslo-

schaftlichkeitsuntersuchungen bei Bauprojekten des Finanzministeriums Thüringen empfohlen werden.<sup>1</sup> Einen intuitiven Ansatz bildet ein Kapital-Nutzwertdiagramm. Dort werden die finanziellen Zielerträge als Kapitalwert auf der Ordinate und die nichtfinanziellen Zielerträge als Nutzwert auf der Abszisse eines Schaubilds abgetragen. Teilweise wird vorgeschlagen, vergleichbar zur Portfolio-Analyse,<sup>2</sup> den Ergebnisbereich in vier Quadranten zu untergliedern, für die sich dann heuristische Aussagen festlegen lassen.<sup>3</sup> Mit Hilfe dieser Darstellung zeigt sich, ob Alternativen dominiert werden (tendenziell im III. Quadranten) bzw. ob eine Alternative dominant ist (tendenziell im I. Quadranten). Letzteres wäre für die Entscheidungssituation ein Glücksfall, da sich weitere Überlegungen erübrigen, wenn keine Alternative existiert, die einen höheren Kapitalwert oder einen höheren Nutzwert liefert. Im Falle öffentlicher Investitionen wird sich eine dominante Alternative dieser Art bei Projektentscheidungen nur äußerst selten zeigen. Vielmehr ist davon auszugehen, dass sich die allermeisten Alternativen entlang der Winkelhalbierenden finden, denn geringere Kapitalwerte – aufgrund höherer Ausgaben – führen tendenziell zu höherem Nutzen und damit zu höheren Nutzwerten. Zudem kommt die Herausforderung entsprechende Grenzwerte festzulegen, da die Ergebnisse des Konzepts erheblich von diesen Grenzwerten abhängen.

Abb. D-32 zeigt ein solches Kapital-Nutzwertdiagramm für die drei Investitionsalternativen des Fallbeispiels. Die Quadranten wurden wie folgt festgelegt: In der Dimension Kapitalwert nutzt als Grenzwert die Hälfte der akzeptierten Kapitalwertausgaben. Akzeptiert werden Kapitalwertausgaben bis 2 Mio. Euro, der Grenzwert der Vierfeldermatrix entspricht -1 Mio. Euro.<sup>4</sup> In der Dimension Nutzwert wurde ein Nutzwert in Höhe von fünf als Grenzwert festgelegt. Demnach wäre Alternative 1 oder 2 zu wählen, da sie sich im

---

gischen Basis der Nutzwertanalyse entgegensteht. Zudem wird zur grafischen Darstellung das Equal-Spacing unterstellt. Vgl. in ähnlicher Art und Weise Zangemeister [Wirtschaftlichkeitsanalyse] 126, der allerdings verschiedene Nutzwertdimensionen gegenüberstellt.

<sup>1</sup> Vgl. Finanzministerium des Landes Thüringen [Leitfaden] 18.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Controlling] 93 ff., Baum/Coenenberg/Günther [Controlling] 216.

<sup>3</sup> Vgl. Jacobs/Dürr [Entwurf] 172 ff., auch Meynerts [Fabrikplanung] 184 f., Ministerium der Finanzen des Landes Thüringen [Leitfaden] 18.

<sup>4</sup> Zur Bestimmung der maximalen Kapitalwertausgaben vgl. Kapitel D.IV.2.

II. Quadranten befindet. Die Dominanzaussage trifft allerdings nur gegenüber Alternativen im III. Quadranten zu, und Alternative 3 befindet sich im IV. Quadranten. Auch im direkten Vergleich lässt sich keine eindeutige Dominanzbeziehung finden; anders ausgedrückt, sind alle Alternativen effizient.<sup>1</sup> Nichtsdestotrotz ist kaum von der Hand zu weisen, dass Alternative 3 kaum mehr nutzt, dafür deutlich mehr kostet, weshalb die Überlegung nahe liegt, sofern dem finanziellen Ziel auch nur ein geringer Wert beigemessen wird, Alternative 3 zu verwerfen.

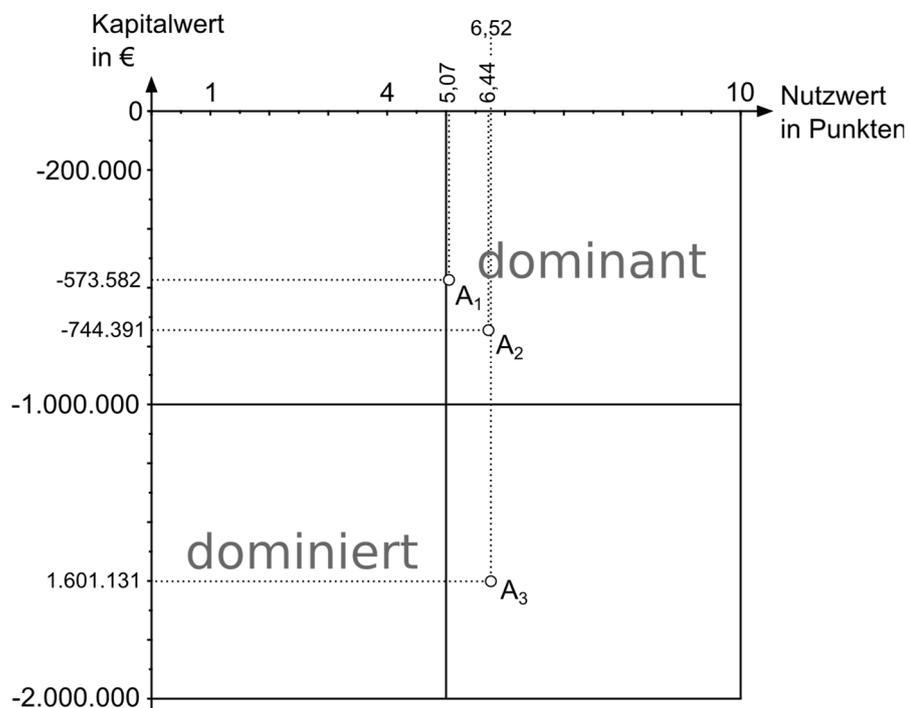


Abb. D-32: Ein Kapital-Nutzwertdiagramm für das kommunale Fallbeispiel

Der Aufbau des Kapital-Nutzwertdiagramms ergänzt um Grenzwerte, lässt sich auch als Vierfeldermatrix beschreiben. In der Betriebswirtschaftslehre ist diese als Portfoliomatrix bekannt und in der Praxis sehr verbreitet. Ihre Beliebtheit schöpft sie dabei vor allem aus zwei Eigenschaften:<sup>2</sup> In ihrer klassischen Definition lässt sie durch geschickt gewählte Kennzahlen einen Vergleich äußerst unterschiedlicher Objekte zu.<sup>3</sup> Diese Funktion kann sie

<sup>1</sup> Vgl. zum Effizienzbegriff z. B. Dinkelbach/Kleine [Elemente] 38 ff.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Troßmann [Controlling] 91 ff. hier insbesondere 94.

<sup>3</sup> Ursprünglich geht diese auf die sogenannte BCG Matrix, eine Entwicklung der Boston Consulting Group zurück, vgl. Hedley [Portfolio] 9 ff.

hier nicht übernehmen, da die Kennzahlen (Nutzwerte und Kapitalwerte je Alternative) das nicht zulassen, zumindest nicht in dem Umfang wie das üblicherweise verwendete Marktwachstum und dem relativen Marktanteil. Für das Konzept bedeutend, ist für die abgegrenzten Felder jeweils eine Normstrategie zu entwickeln, die dann eine starke Verkürzung des Planungsprozesses zulässt. Normstrategien sind eher heuristische Methoden und damit passt der Ansatz nicht recht zu den bisherigen Modellen. Sie versuchen möglichst präzise die finanziellen und nichtfinanziellen Wirkungen der Alternativen zu messen. Es ist unpassend, deren Ergebnisse nur für die Einteilung in vier (bzw. zwei) Gruppen zu nutzen.

Ein zweiter Aspekt ist davon losgelöst zu problematisieren. Die Felder sind durch Grenzwerte zu definieren und diese Grenzwerte müssen festgelegt werden, wozu es einer Entscheidung bedarf. Die Unterscheidung in „groß“ und „klein“ hängt nicht allein von der relativen Position einer Alternative ab und ist daher kein Rechenergebnis, sondern bedarf einer expliziten Abwägung.<sup>1</sup> So wurde für die Portfoliomatrix gezeigt, dass durch eine Veränderung der Grenzwerte die Positionen der betrachteten Objekte beliebigen Feldern zuordenbar sind.<sup>2</sup> Die Festlegung dieser Grenzwerte wird typischerweise kaum thematisiert und stellt sich einerseits als besonders wichtig und andererseits als schwerlich begründbar dar.<sup>3</sup>

Ohne dass für das finanzielle Ziel des Kapitalwerts bereits Höhen- und im Verhältnis zu nichtfinanziellen Zielen Artenpräferenzen definiert wurden, enthält die grafische Darstellung bereits Annahmen über diese Präferenzen. Für die Höhenpräferenz des Kapitalwerts könnte eine nichtlineare Punktwertfunktion angenommen werden, was sich in einer nichtlinearen Skala der Ordinate im Kapital-Nutzwertdiagramm widerspiegeln und die Punkte der drei Alternativen vertikal annähern oder entfernen würde. Die Artenpräferenzen lassen sich über das Verhältnis der betrachteten Wertebereiche erfassen. Soll z. B. die nichtfinanzielle Wirkung der Alternativen

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Controlling] 94 f.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Wissensbasis] 145.

<sup>3</sup> Vgl. für einige Ansätze im Marktwachstums-/Marktanteil-Portfolio Grenzwerte festzulegen Fischer/Möller/Schultze [Controlling] 174.

im Vergleich zur finanziellen Wirkung als wichtiger dargestellt werden, so wäre der betrachtete Ausschnitt des Wertebereichs der Nutzwerte zu verkleinern und dann über die Abszisse zu strecken. So würden sich die Punkte der Alternativen horizontal voneinander entfernen. Damit wird deutlich, dass die grafische Darstellung eines Kapital-Nutzwertdiagramms stets Präferenzaussagen enthält. Diese sind nicht in gewohnter Weise erarbeitet und auch nicht explizit formuliert, was einen erheblichen Nachteil gegenüber eines konsequenten Mehrzielansatzes für alle Ziele darstellt.

Wie sich zeigt, ist die auf den ersten Blick elegant erscheinende grafische Lösung weniger hilfreich als erhofft. Die Kategorisierung von Alternativen nach der Art der Portfoliomatrix ist nicht problemadäquat. Um regelhaft und nicht willkürlich eine Entscheidung treffen zu können, bedarf es Überlegungen, welchen Nutzen verschiedene Kapitalwerte stiften und in welchem Verhältnis die nichtfinanziellen Zielwirkungen als Nutzwerte und die finanziellen Zielwirkungen als Kapitalwerte stehen. Bei diesen Abwägungen hilft die grafische Analyse wenig und nachvollziehbar sind sie ebenfalls kaum. Da also eine grafische „Lösung“ des Entscheidungsproblems ausscheidet, soll betrachtet werden, ob sich mit Kostenwirksamkeitsanalysen trotz getrennter Bewertungsansätze fundierte Entscheidungen treffen lassen können.

## **2. Probleme der Verhältnisbildung bei Kostenwirksamkeitsanalysen**

Ein naheliegendes Konzept zur Verknüpfung zweier unterschiedlicher Wertgrößen ist die Verhältnisbildung. Als betriebswirtschaftliches Muster kann dazu der relative Deckungsbeitrag je Engpasseinheit zur Produktionsprogrammoptimierung bei einem Engpass der Produktionsfaktoren genannt werden.<sup>1</sup> Die Kostenwirksamkeitsanalyse sieht in diesem Sinne als Entscheidungsgröße den Quotienten aus der (positiven) Wirkung in der Dimension Nutzwert und den Kosten in der Dimension Geldeinheiten vor.<sup>2</sup> Der finanzielle Engpass wird an späterer Stelle betrachtet.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann/Baumeister [Rechnungswesen] 113 f.

<sup>2</sup> Jede Form der Kostenwirksamkeitsanalyse nutzt den Aufbau in (D.43). Es gilt zu beachten, dass dabei der Nenner nicht den Wert 0 annehmen darf.

<sup>3</sup> Vgl. Kapitel E.

Wirkung in Nutzwerten  
Kosten in Euro

(D.40)

In der Literatur existieren einige abweichende Berechnungsvorschriften. Oftmals lehnen sie sich an eine strenge Trennung von „Kosten“ (als negative Wirkungen) und „Nutzen“ (als positive Wirkungen) an, die dann in ein Verhältnis gesetzt werden. Die Kosten werden im Sinne der negativen finanziellen Wirkung – so ist das Verfahren definiert –<sup>1</sup> entsprechend nur finanziell gemessen. Der Nutzen hingegen setzt sich aus der positiven finanziellen Wirkung sowie der positiven wie auch negativen nichtfinanziellen Wirkung zusammen, wozu oftmals ein Nutzwertansatz vorgeschlagen wird. Offensichtlich wird also ein Teil der finanziellen Wirkung doch in der Nutzwertanalyse erfasst, auch wenn dieser bei öffentlichen Investitionen vergleichsweise klein ausfallen wird.<sup>2</sup> Es scheint wenig hilfreich für eine Investition positive und negative Zahlungskonsequenzen unterschiedlich zu behandeln. Für die Erfassung der positiven finanziellen Wirkung in einem Nutzwertansatz müssen zudem mindestens Höhen- und Artenpräferenzen modelliert werden. Nicht erst, wenn die Höhenpräferenzen als nichtkonstant lineare Punktwertfunktionen definiert werden, ergeben sich Verzerrungen. Die Bewertung des positiven und des negativen Effekts führt in der Summe zu einem anderen Punktwert als die Bewertung des finanziellen Saldo. Ein solcher Ansatz ist ebenso abzulehnen.

Nun ist es nicht zwingend, dass sich die Kostennutzenanalyse derart stoisch an dem Begriff der „Kosten“ ausrichtet, also im Nenner lediglich Auszahlungen berücksichtigt. Vielmehr gehen manche Stimmen den naheliegenden Weg und definieren einen Quotienten aus nichtfinanzieller und finanzieller Zielwirkung.<sup>3</sup> Für Entscheidungssituationen, in denen die zeitli-

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Ossadnik [Investitionsrechnungsverfahren] 156 f.

<sup>2</sup> Vgl. Müller-Hedrich/Schünemann/Zdrowomyslaw [Investitionsmanagement] 253 f., wobei in Kostenwirksamkeitsanalysen teilweise die finanzielle Messung (also zahlungswirksamen Zielwirkungen) und die monetäre Bewertung (also in Geldeinheiten bewertete Zielwirkungen, die nicht zahlungswirksam sind) unterschieden werden. Typischerweise werden monetäre nicht zahlungswirksame Zielwirkungen unabhängig davon, ob sie positiv oder negativ sind, als Wirkung im Zähler erfasst.

<sup>3</sup> Vgl. Zangemeister [Wirtschaftlichkeitsanalyse] 27, Rinza/Schmitz [Nutzwert-Kosten-Analyse] 145 ff., Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 164 f.

che Struktur der Zielwirkungen beachtet werden soll, kann der Kostenwirksamkeitsquotient (KWQ) je Alternative  $i$  gemäß (D.41) berechnet werden.

$$\text{KWQ}_i = \frac{N_i}{-K_i} \quad (\text{D.41})$$

Für die Alternativen 1, 2 und 3 im Fallbeispiel ergeben sich die folgenden Kostenwirksamkeitsquotienten.

$$\begin{aligned} \text{KWQ}_1 &= \frac{5,07 \text{ Punkte}}{573.582 \text{ €}} \approx 8,84 \cdot 10^{-6} \\ \text{KWQ}_2 &= \frac{6,44 \text{ Punkte}}{744.391 \text{ €}} \approx 8,65 \cdot 10^{-6} \\ \text{KWQ}_3 &= \frac{6,52 \text{ Punkte}}{1.601.131 \text{ €}} \approx 4,07 \cdot 10^{-6} \end{aligned} \quad (\text{D.42})$$

Der Kostenwirksamkeitsquotient z. B. für Alternative 1 gibt an, dass durch die Inkaufnahme einer Auszahlung in Periode 0 in Höhe von 1 Mio. Euro, ein um 8,84 Punkte höherer Nutzwert erzielt werden kann. Ein solcher Ansatz kann zu Recht kritisch gesehen werden. So führt Zangemeister an, dass bei dieser Verhältnisbildung über alle Alternativen entweder die Wirkung oder die Kosten konstant gehalten werden sollten, um entscheidungslogisch korrekte und vor allem stabile Präferenzaussagen zu erhalten.<sup>1</sup> Ansonsten müssen auch die Kosten mit dem Verfahren der Nutzwertanalyse bewertet und gewichtet werden.<sup>2</sup>

Nenner und Zähler von (D.41) lassen sich als zwei getrennte Ziele auffassen. Während der Zähler mit dem Nutzwert bereits die Höhenpräferenzen der integrierten Zielwirkungen enthält, müssen die Höhenpräferenzen des Kapitalwerts im Nenner berücksichtigt werden. Hier ließe sich wie üblich eine Punktwertfunktion verwenden, die allerdings nicht den Effekt des negativen Kapitalwerts bewertet, sondern vielmehr zeigt, welchen Nutzen es stiftet, wenn der entsprechende Kapitalwert nicht entgeht. Demnach führt ein höherer Kapitalwert zu einem niedrigeren Punktwert. Eine Punktwertfunktion, die einem guten Zielertrag einen niedrigeren Punktwert zuordnet,

---

<sup>1</sup> Vgl. Müller-Hedrich/Schünemann/Zdrowomyslaw [Investitionsmanagement] 254.

<sup>2</sup> Vgl. Zangemeister [Wirtschaftlichkeitsanalyse] 27, auch Müller-Hedrich/Schünemann/Zdrowomyslaw [Investitionsmanagement] 253 f.

soll mit  $\tilde{v}$  bezeichnet werden.<sup>1</sup> Die Artenpräferenzen sollen vereinfachend als Gewicht  $g$  die Präferenz nichtfinanzieller vor finanzieller Ziele berücksichtigen. Das so angepasste Kostenwirksamkeitsverhältnis (KWV) ergibt sich je Alternative  $i$  als (D.43) und gibt an, um welchen Faktor der Nutzen die Kosten übersteigt.

$$KWV_i = \frac{g \cdot N_i}{(1-g) \cdot \tilde{v}(K_i)} \quad (D.43)$$

Für Ja/Nein-Entscheidungen ließe sich dann mindestens ein Wert von eins fordern. Die Formel (D.43) lässt sich zu (D.44) umstellen, sodass deutlicher hervortritt, dass die Rangfolge über unterschiedliche Investitionen anhand des Kostenwirksamkeitsverhältnisses offensichtlich nicht vom Gewichtungsfaktor  $g$  abhängen kann, Zielartenpräferenzen also keinen Einfluss haben.<sup>2</sup> Die Reihenfolge und damit die Auswahlentscheidung ändert sich durch die Multiplikation mit einem festen Faktor nicht; eine Ja-/Nein-Entscheidung hingegen durchaus, wenn als Grenzwert ein Verhältnis von größer oder gleich z. B. eins gefordert wird.

$$KWV_i = \left( \frac{1}{g} - 1 \right)^{-1} \cdot \frac{N_i}{\tilde{v}(K_i)} \quad (D.44)$$

Der Einfluss der Höhenpräferenzen durch Punktwertfunktionen auf die Ergebnisse anhand des Kostenwirksamkeitsverhältnisses wird am begleitenden Fallbeispiel untersucht. Durch unterschiedliche Punktwertfunktionen lässt sich der Einfluss auf die empfohlene Rangfolge untersuchen. Dann zeigt sich auch, welche impliziten Präferenzen der Formel (D.43) zugrunde liegen. Dazu sind drei Fälle zu unterscheiden:

---

<sup>1</sup> Dieses Problem tritt auf, da positive Wirkungen, also höherer Nutzen und niedrigere Kosten gegenläufigen Einfluss auf das Kostenwirksamkeitsverhältnis hätten. Bei vielen veröffentlichten Kosten-Nutzen-Verhältnissen tritt dies nicht auf, vgl. z. B. Schaefer/Witte [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] 102. Sie basieren auf (monetären) Kosten-Nutzen-Analysen und orientieren sich an Formel (D.41), wobei der Nutzen monetär bewertet wird.

<sup>2</sup> Das trifft allerdings nur auf die Verhältniskennzahl des Kostenwirksamkeitsverhältnisses zu. Bei Entscheidungen anhand absoluter Nutzwerte, kann sich die Rangfolge durch die Veränderung der Gewichtung durchaus ändern.

- Fall 1 Höhen- und Artenpräferenzen werden nicht explizit formuliert. Das Kostenwirksamkeitsverhältnis entspricht dem Kostenwirksamkeitsquotienten.
- Fall 2 Als Höhenpräferenz gilt die lineare Punktwertfunktion zwischen den Punkten  $(-2.000.000|10)$  und  $(0|0)$ . Als Artenpräferenz gilt  $g = 0,6$ .
- Fall 3 Als Höhenpräferenz gilt eine abschnittsweise linearisierte, konvexe Punktwertfunktion, zwischen den Punkten  $(2.000.000|10)$  und  $(0|0)$ . Als Artenpräferenz gilt  $g = 0,6$ .

Die folgende Abb. D-33 zeigt die Punktwertfunktionen, die Punktwerte der Investitionen 1, 2 und 3 und gibt zuletzt deren Rangfolge basierend auf den resultierenden Kostenwirksamkeitsverhältnissen wieder. Der Kapitalwert der Investition wird in Mio. Euro angegeben.

	Fall 1	Fall 2	Fall 3
<b>Punktwertfunktion</b> $\tilde{v}(K_i)$	keine	$\tilde{v}(K_i) = -\frac{K_i}{2} \cdot 10$ $-2 \leq K_i \leq 0$	$\tilde{v}(K_i) =$ $\begin{cases} -8/3 \cdot K_i & -0,6 \leq K_i \leq 0 \\ -2 - 6 \cdot K_i & -2 \leq K_i < -0,6 \end{cases}$
<b>Kostenwirksamkeitsverhältnis</b> $KWV_i$	$KWV_1 = \frac{5,07 \text{ Punkte}}{573.582 \text{ €}} \approx 8,84 \cdot 10^{-6}$ $KWV_2 = \frac{6,44 \text{ Punkte}}{744.391 \text{ €}} \approx 8,65 \cdot 10^{-6}$ $KWV_3 = \frac{6,52 \text{ Punkte}}{1.601.131 \text{ €}} \approx 4,07 \cdot 10^{-6}$	$KWV_1 \approx \frac{0,6 \cdot 5,07}{0,4 \cdot 2,87} \approx 2,65$ $KWV_2 \approx \frac{0,6 \cdot 6,44}{0,4 \cdot 3,72} \approx 2,60$ $KWV_3 \approx \frac{0,6 \cdot 6,52}{0,4 \cdot 8,01} \approx 1,22$	$KWV_1 \approx \frac{0,6 \cdot 5,07}{0,4 \cdot 1,44} \approx 5,28$ $KWV_2 \approx \frac{0,6 \cdot 6,44}{0,4 \cdot 2,47} \approx 3,91$ $KWV_3 \approx \frac{0,6 \cdot 6,52}{0,4 \cdot 7,61} \approx 1,29$
<b>relatives Verhältnis</b> $\frac{KWV_i}{KWV_1}$	$\frac{KWV_1}{KWV_1} \approx \frac{8,84 \cdot 10^{-6}}{8,84 \cdot 10^{-6}} \approx 1,02$ $\frac{KWV_2}{KWV_1} \approx \frac{8,65 \cdot 10^{-6}}{8,84 \cdot 10^{-6}} \approx 2,13$ $\frac{KWV_3}{KWV_1} \approx \frac{4,07 \cdot 10^{-6}}{8,84 \cdot 10^{-6}} \approx 0,46$	$\frac{KWV_1}{KWV_1} = \frac{2,65}{2,60} \approx 1,02$ $\frac{KWV_2}{KWV_1} = \frac{2,60}{1,22} \approx 2,13$ $\frac{KWV_3}{KWV_1} = \frac{1,22}{2,65} \approx 0,46$	$\frac{KWV_1}{KWV_1} \approx \frac{5,28}{3,91} \approx 1,35$ $\frac{KWV_2}{KWV_1} \approx \frac{3,91}{1,29} \approx 3,03$ $\frac{KWV_3}{KWV_1} \approx \frac{1,29}{5,28} \approx 0,24$

Abb. D-33: Analyse der Wirkung verschiedener Punktwertfunktionen auf die Ergebnisse einer Kostenwirksamkeitsanalyse

Vergleicht man die Ergebnisse aus Fall 1 und Fall 2, so zeigt sich, dass sich zwar die Kostenwirksamkeitsverhältnisse deutlich verändern, ihr relatives Verhältnis zueinander bleibt unverändert. Hingegen zeigt sich beim Vergleich von Fall 2 und Fall 3 (ebenso beim Vergleich von Fall 1 und Fall 3), dass sich die relativen Verhältnisse deutlich verändert haben. Offensichtlich enthält auch Fall 1 eine implizite Höhenpräferenz des finanziellen Ziels: Sie

geht von einer konstant-linearen Punktwertfunktion aus, ein Euro stiftet demnach über den gesamten Definitionsbereich denselben Nutzen, unabhängig vom Ausgangspunkt. Das entspricht der Höhenpräferenz in Fall 2, weshalb die relativen Kostenwirksamkeitsverhältnisse, denen aus Fall 1 entsprechen. Diese Annahme kann nicht grundsätzlich als erfüllt angesehen werden, was gegen eine Kostenwirksamkeitsanalyse nach Fall 1 spricht und Zangemeister wohl zur obigen Aussage brachte.<sup>1</sup> Noch wichtiger ist, dass diese impliziten Präferenzen verborgen bleiben und die Kostenwirksamkeitsanalyse ein von individuellen Präferenzen des Entscheidungsträgers unabhängiges Urteil nur vortäuscht.

Adäquat lassen sich finanzielle und nichtfinanzielle Zielwirkungen in einem isolierten Ansatz nur simultan und explizit modelliert berücksichtigen. Vorher soll die eingangs aufgeworfene Frage erneut aufgegriffen werden: Die Kostenwirksamkeitsanalyse richtet sich vorzugsweise an solche Entscheidungssituationen, die knappe finanzielle Mittel unterstellt. Zumindest wirkt sie sich bei öffentlichen Investitionen so aus, wobei davon auszugehen ist, dass die finanziellen Konsequenzen einen negativen Saldo ausweisen. In Entscheidungssituationen, in denen knappe finanzielle Mittel im Vordergrund stehen, sind diese Engpässe explizit zu modellieren. Üblicherweise treten sie erst bei der Durchführung mehrerer Investitionen gleichzeitig auf. Zur Modellierung nutzen Ansätze der Programmplanung, allen voran der linearen Planungsrechnung. Entsprechende Entscheidungssituationen zeigt Hauptkapitel E.

#### **IV. Öffentliche Projektentscheidungen mit der dynamischen omnikriteriellen Nutzwertanalyse**

##### **1. Ansatz zur simultanen Berücksichtigung aller Ziele bei Auswahlentscheidungen der öffentlichen Hand**

Wie zuvor gezeigt, sind grafische Verfahren ebenso wie Verfahren der Verhältnisbildung zur Kombination finanzieller und nichtfinanzieller Konsequenzen öffentlicher Investitionen für Entscheidungen eher ungeeignet. Abseits

---

<sup>1</sup> Vgl. Zangemeister [Wirtschaftlichkeitsanalyse] 27.

dessen, existieren kaum mehr Ansätze zur Kombination.<sup>1</sup> Nicht allein deshalb ist die finanzielle Zielwirkung der öffentlichen Investition in die Nutzwertanalyse zu integrieren. Die besagten Probleme, insbesondere die implizit geltenden Präferenzurteile, lassen sich nur durch einen konsequenten Mehrzielansatz vermeiden. Die Integration aller Zielwirkungen in einen Mehrzielansatz stellt im Übrigen auch die Gleichbehandlung aller Ziele sicher. Dazu sind wiederum zwei Ansätze denkbar.

Der intuitive erste Ansatz integriert das finanzielle Ziel – hier die Maximierung des Kapitalwerts – als ein weiteres Ziel direkt in den nutzwertanalytischen Ansatz. Es bedarf dann der Definition von Höhenpräferenzen mit einer Punktwertfunktion, die sich mit den in Kapitel C.II.1.c dargestellten Methoden auffinden lässt. Insgesamt sind die finanziellen Mittel der öffentlichen Hand knapp, die Berücksichtigung des finanziellen Ziels in der Nutzwertanalyse spiegelt also die entgehenden Investitionsmöglichkeiten wider. Eine entsprechende Punktwertfunktion müsste daher einen konkaven Verlauf besitzen, da zunächst weniger attraktive Projekte verdrängt werden und mit zunehmendem finanziellen Mittelbedarf – in Form eines negativen Kapitalwerts – Projekte mit hohem Nutzen verdrängt werden, der entgehende Nutzen also zunimmt.<sup>2</sup>

Dieser erste Ansatz bedarf eines Indifferenzurteils zwischen mindestens einem der nichtfinanziellen Ziele und dem finanziellen Ziel, wobei die

---

<sup>1</sup> Vgl. Rinza/Schmitz [Nutzwert-Kosten-Analysen] 145 ff., die als Methode die Bestimmung des „kostenmäßigen Vorteils auf dem Markt“ nennen. Marktbezogen ist diese Methode allerdings nicht. Im Kosten-Wirkungs-Diagramm wird mit Hilfe einer nichtlinearen Regressionsanalyse eine „Kosten-Wirksamkeits-Funktion“ aus den bewerteten Investitionen geschätzt, die angeben soll, mit welchen Kosten am Markt entsprechender Nutzen bezogen werden kann. Tatsächlich gibt diese Funktion vielmehr an, mit welchen Kosten durchschnittlich welcher Nutzen erzielt werden kann. So wird der Kostenvorteil/-nachteil der einzelnen Alternativen errechnet, also die Abweichung zur „Kosten-Wirksamkeits-Funktion“ und diejenige mit der größten Abweichung ausgewählt. Offensichtlich bietet dieser zwar interessante Ansatz wegen seines Verstoßes gegen das Marginalprinzip Anlass zur Kritik. Da er zudem kaum verbreitet ist, soll er des Weiteren nicht gesondert betrachtet werden.

<sup>2</sup> Eine ganz ähnliche Argumentation findet sich bei Überlegungen zur Bestimmung einer Preisuntergrenze bei der betrieblichen Produktionsprogrammplanung, wenn mehrere Restriktionen (Interdependenzen) nicht erlauben, einen Bedarf durch einfache Maximierung zu decken, die Festlegung einer Politik also eine Optimierung erfordert. Eine zunehmende Abweichung vom optimalen Produktionsprogramm geht mit zunehmenden Opportunitätskosten einher, da zunächst versucht wird, wenig lohnende Produkte aufzugeben, um z. B. einen Zusatzauftrag zu erfüllen, vgl. Troßmann/Baumeister [Rechnungswesen] 119 ff.

Zielausprägungen sich nicht entsprechen dürfen. Die Methodik unterscheidet sich zum bisherigen Vorgehen nicht. Auch der zweite Ansatz benötigt die Definition einer Punktwertfunktion für das finanzielle Ziel der Maximierung des Kapitalwerts. Er verzichtet allerdings auf die Definition eines konkreten Indifferenzurteils für die Formulierung von Artenpräferenzen, sondern gibt vielmehr direkt den Gewichtungsfaktor des finanziellen Ziels vor. Dieser Vorgang kann auch als eine zweite Nutzwertanalyse aufgefasst werden, die sich nur darauf richtet, den bisherigen Nutzwert der nichtfinanziellen Ziele (in Punktwerten) und das finanzielle Ziel (in Euro) in einem Ansatz zu verbinden. Für die Berechnung eines in diesem Sinne omnikriteriellen Nutzwerts<sup>1</sup>  $N_i^{\text{omni}}$  zeigt (D.45) den formalen Ansatz.

$$\begin{aligned} N_i^{\text{omni}} &= g \cdot N_i^{\text{nfin}} + (1-g) \cdot v(K_i) \\ &= g \cdot N_i^{\text{nfin}} + (1-g) \cdot N_i^{\text{fin}} \end{aligned} \tag{D.45}$$

Offensichtlich fällt dem Entscheidungsträger hierbei die Formulierung von Artenpräferenzen, also die Vorgabe des Gewichtungsfaktors vergleichsweise leicht und auch die Wirkung auf die übrigen Gewichtungsfaktoren ist überschaubar. Diese reduzieren sich entsprechend ihres bestehenden Verhältnisses gleichmäßig. Die Substitutionsbeziehungen zwischen Zielausprägungen verschiedener Zielarten sind dann nur äußerst eingeschränkt nachvollziehbar und werden in vielen Fällen nicht bewusst. Dies kann zu Fehlentscheidungen führen, was wenig überraschend ist, verhält sich dies bei jeder Vorgabe von Gewichtungsfaktoren so, wenn nicht mit Indifferenzurteilen gearbeitet wird.<sup>2</sup>

Eine Besonderheit ergibt sich bei der Berücksichtigung der Zeitpräferenzen. Wird als Ergebnisgröße der Kapitalwert genutzt, sind Zeitpräferenzen auf Ebene der Punktwerte überflüssig, da die gesamte Zielwirkung in Periode 0 fällig wird. Aber auch wenn als Ergebnisgröße der Endwert einer Investition in einer bestimmten Periode  $t$  verwendet wird, muss nicht zwingend auf Zeit-

---

<sup>1</sup> Typischerweise wird die Nutzwertanalyse bei multikriteriellen Entscheidungsproblemen verwendet, wobei oftmals finanzielle Ziele nicht berücksichtigt werden. Das lateinische Präfix „omni“ steht für ganz, jeder, alles; die omnikriterielle Nutzwertanalyse umfasst demnach alle (verfolgten) Ziele, auch finanzielle Ziele.

<sup>2</sup> Vgl. zur Kritik am Direct-Ratio-Verfahren, das der direkten Vorgabe gleichkommt, Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 145 f. und 156 ff.

präferenzen zurückgegriffen werden. So ließe sich auch eine Punktwertfunktion definieren, die eben direkt angibt, welchen heutigen Nutzen der Entscheidungsträger der finanziellen Zielerfüllung in Periode  $t$  beimisst. Zeitpräferenzen müssen lediglich dann explizit definiert werden, wenn die Zielwirkung einer Zielart zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfällt. Gerade das vermeidet die Berechnung eines entscheidungsorientierten Kapitalwerts oder Endwerts. Eisenführ u. a. führen hierzu die begriffliche Unterscheidung in eine externe Austauschrate und eine interne Zeitpräferenz ein.<sup>1</sup> Als externe Austauschrate soll hier die Finanzierungssituation angesprochen sein, die es ermöglicht die Zielwirkungen über die Zeit zu verschieben. Die interne Zeitpräferenz stellt dann vielmehr die Präferenzen innerhalb eines Mehrzielmodells dar, die daraus resultieren, dass die zeitliche Struktur der Zielerträge Berücksichtigung findet.

Die diskrete Entscheidungssituation ändert sich durch die Existenz der Finanzierungsgeschäfte zu einer stetigen, denn es sind oftmals unbegrenzt viele Möglichkeiten denkbar, wie die einzelnen Investitionsalternativen zu finanzieren sind. Jede Möglichkeit kennzeichnet nach diesem Verständnis eine eigene Alternative. Basierend auf dieser Situation fordert Dyckhoff die Unterscheidung von drei Präferenzarten, um Zeitpräferenzen zu erfassen: Höhen-, Verteilungs- und (reine) Zeitpräferenz.<sup>2</sup> Verteilungspräferenzen geben an, welche Verteilung der Entscheidungsträger für die Zielerträge über den zeitlichen Verlauf anstrebt. Offensichtlich sind diese Präferenzen nicht ganz unabhängig, denn gewiss kann ein höherer oder frühzeitiger Zielertrag eine weniger gute Verteilung der Zielerträge kompensieren. Dies scheint einerseits schwierig zu erfassen und andererseits nicht kompatibel mit den additiven Wertfunktionen der Nutzwertanalyse.

Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass ein Entscheidungsträger seine Zeitpräferenz bei finanziellen Zielerträgen durch die Wahl der Ergebnisgröße, also die Aufteilung des Zielzahlungsstroms durch Verteilungsgewichte ausdrücken kann. Werden – wie hier – zur Messung nichtfinanzieller Ziele Punktwerte verwendet, scheint für finanzielle Ziele nur der Kapital-

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 339.

<sup>2</sup> Vgl. Dyckhoff [Zeitpräferenz] 990 ff.

wert als Ergebnisgröße sinnvoll. Soll als finanzielles Ziel eine Annuität oder ein Endwert verwendet werden, ist eine entsprechende Umrechnung der Punktbarwerte mit den zielindividuellen Zeitgewichtungsfaktoren möglich und geboten.

Übertragen auf das Fallbeispiel der Investition in das kommunale Freibad, stellt der Kapitalwert nun Ziel 7 dar. Zunächst wird eine Punktbarwertfunktion zur Umrechnung der Kapitalwerte in Punktwerte nötig. Abb. D-34 zeigt eine abschnittsweise lineare Punktbarwertfunktion  $v_7$ ,<sup>1</sup> wie sie mit der Methode gleicher Wertdifferenzen oder der Halbierungsmethode möglicherweise vom Entscheidungsträger festgelegt wurde.<sup>2</sup>

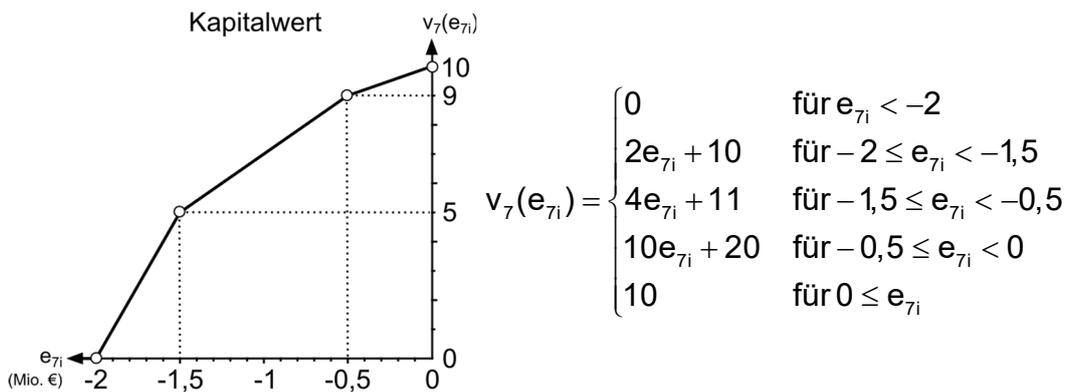


Abb. D-34: Abschnittsweise lineare partielle Wertfunktion  $v_7$  zum finanziellen Ziel der Kapitalwertmaximierung

Um neue Zielartenpräferenzen festzulegen, könnte ein Indifferenzurteil gebildet werden. Da über die Zeit konstante Punktbarwertfunktionen angenommen werden, kann der Vergleichszeitpunkt unberücksichtigt bleiben. Der Gewichtungsfaktor wird vereinfachend für das Ziel der Kapitalwertmaximierung auf  $g_7 = 0,4$  festgelegt.<sup>3</sup> Die Wirkung auf die Ergebnisse der resultierenden omnikriteriellen (dynamischen) Nutzwertanalyse zeigt Abb. D-35.

Investitionsprojekt	Freibad	Erlebnisbad	Frei- u. Hallenbad
---------------------	---------	-------------	--------------------

<sup>1</sup> Die unabhängige Variable  $e_7$  ist zur übersichtlichen Darstellung in Mio. € dimensioniert.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Kapitel C.II.1.c.

<sup>3</sup> Auf eine hohe Bedeutung finanzieller Ziele für die öffentliche Hand deutet auch die Arbeitsanleitung hin, vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 20 f., oder z. B. Moll [Budgetierung] 121, insbesondere 172.

(A <sub>i</sub> )		(A <sub>1</sub> )		(A <sub>2</sub> )		(A <sub>3</sub> )	
Skalenziele	Zielgewicht	Punktbarwert	Teilnutzwert	Punktbarwert	Teilnutzwert	Punktbarwert	Teilnutzwert
Z <sub>j</sub>	g <sub>j</sub>	P <sub>ij</sub> <sup>BW</sup>	g <sub>j</sub> · P <sub>ij</sub> <sup>BW</sup>	P <sub>2j</sub> <sup>BW</sup>	g <sub>j</sub> · P <sub>2j</sub> <sup>BW</sup>	P <sub>3j</sub> <sup>BW</sup>	g <sub>j</sub> · P <sub>3j</sub> <sup>BW</sup>
Gesundheit (Z <sub>1</sub> )	13,8 %	4,7	0,65	6,64	0,91	7,32	1,01
Naherholung (Z <sub>2</sub> )	8,9 %	6	0,53	8,07	0,72	6	0,53
Klimawirkung (Z <sub>3</sub> )	8,7 %	4,06	0,35	6,53	0,57	3,12	0,27
Vereinsaktivitäten (Z <sub>4</sub> )	5,8 %	2,67	0,16	5,35	0,31	7,35	0,43
Besucherpotential (Z <sub>5</sub> )	9,5 %	5	0,48	7,16	0,68	5,18	0,49
Eintrittspreise (Z <sub>6</sub> )	13,3 %	6,61	0,88	5,03	0,67	8,84	1,18
Kapitalwert (Z <sub>7</sub> )	40,0 %	8,71	3,48	8,02	3,21	3,99	1,60
<b>Nutzwert N<sub>i</sub><sup>omni</sup></b>		<b>6,53</b>		<b>7,07</b>		<b>5,51</b>	

Abb. D-35: Ergebnisse einer omnikriteriellen Nutzwertanalyse im kommunalen Fallbeispiel

Die Berücksichtigung des finanziellen Ziels in der Nutzwertanalyse ändert die Rangfolge von  $A_3 \succ A_2 \succ A_1$  zu  $A_2 \succ A_1 \succ A_3$ . Werden die Punktwertfunktionen akzeptiert, lässt sich durch die Variation des Gewichtungsfaktors des finanziellen Ziels untersuchen, wie stabil diese Rangfolge ist.<sup>1</sup>

Diese Gestaltung einer (alle Ziele) umfassenden dynamischen Nutzwertanalyse zeigt einen entscheidungslogischen Ansatz, der den besonderen Eigenschaften öffentlicher Investitionen ebenso wie den Anforderungen der öffentlichen Hand gerecht wird. Die bisherigen Entscheidungssituationen richteten sich auf die Auswahl einer möglichst zielentsprechenden Alternative. Solche Auswahlentscheidungen stellen andere Anforderungen an die Entscheidungsrechnung als Ja/Nein-Entscheidungen.<sup>2</sup> Diese zweite Form von Projektentscheidungen wird nachfolgend näher betrachtet.

## 2. Ja/Nein-Entscheidungen bei öffentlichen Investitionen

Eine Ja/Nein-Entscheidung benötigt ein Akzeptanzkriterium<sup>3</sup> oder mehrere Akzeptanzkriterien. Man definiert also ein unabdingbares Ziel je Zielart. Auch können unabdingbare Ziele mit Anspruchsniveaus erfasst werden,

<sup>1</sup> Vgl. Kapitel E.V.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 26 f.

<sup>3</sup> Vgl. Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 18.

die in der Auswahlentscheidung nicht weiter berücksichtigt werden.<sup>1</sup> Im Fallbeispiel könnte definiert werden, dass die durchschnittlichen Eintrittspreise in keiner Periode über 10 Euro/Eintritt liegen dürfen und gleichzeitig die periodischen CO<sub>2</sub>-Emissionen ab Periode 3 nie über 100 t liegen dürfen. Demnach wäre die Alternative 3 abzulehnen, da sie mit 110 t CO<sub>2</sub>-Emissionen in Periode 3 über diesem Grenzwert liegt.

Für finanzielle Zielerträge könnte z. B. gefordert werden, dass die Zahlungsüberschüsse in keiner Periode unter einen gewissen Wert fallen. Typischerweise legt man bei Kapitalwertrechnungen im Sinne der wertorientierten Steuerung einen Kapitalwert von größer (oder gleich) Null zugrunde.<sup>2</sup> Nur dann lässt sich eine Bewertungsvereinfachung nutzen, die sich auf die Identifikation des Vorzeichens des Kapitalwerts beschränkt.<sup>3</sup> Für die öffentliche Hand ist dieses Kriterium nicht unmittelbar passend, denn ein relevanter Teil der positiven Wirkung einer öffentlichen Investition ist nicht finanziell messbar. Daher ist davon auszugehen, dass auch ein negativer Kapitalwert, zumindest teilweise akzeptiert wird. Eine Möglichkeit für eine Ja/Nein-Entscheidung wäre, ein Anspruchsniveau für den Kapitalwert zu definieren, das dieser in jedem Fall zu übersteigen hat. Dieser Grenzkapitalwert kann dann auch negativ sein.

Dabei tritt die Frage der Finanzierbarkeit unmittelbar in den Vordergrund, gerade dann, wenn die öffentliche Hand Infrastrukturinvestitionen plant, die bereits als einzelnes Investitionsprojekt erhebliche Auswirkungen auf die finanzielle Situation erwarten lassen.<sup>4</sup> Das ist auch der Interpretation des Kapitalwerts geschuldet. Demnach ist der (positive) Kapitalwert eines Projekts der Betrag, der zu Beginn des Projekts zusätzlich entnommen werden kann, ohne dass man sich finanziell schlechter stellt, verglichen mit der Situation

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 24, was implizit auch recht häufig angewandt wird. Z. B. werden die installierten Geräte öffentlicher Schwimmbäder gewissen Sicherheitsstandards, wie der DIN EN 13451-1:2021-02 entsprechen müssen, ohne dass dieser Aspekt bewusst in das Kalkül der Entscheidungsfindung aufgenommen wird.

<sup>2</sup> Vgl. Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 63.

<sup>3</sup> Vgl. zu dieser Vereinfachung Troßmann [Investition] 26 f.

<sup>4</sup> Vgl. zu einem Definitionsversuch von Infrastrukturinvestitionen als „Groß- oder Megaprojekte“ Neumann-Szyszka/Pfahler [Investitionsprozesse] 106 f., vgl. auch Frey [Infrastruktur] 1, insb. 30.

ohne die Investition in das Projekt.<sup>1</sup> Ist der Kapitalwert positiv, wird das Ergebnis in den allermeisten Rechnungen einfach zur Kenntnis genommen. Den Kapitalwert tatsächlich zu entnehmen, wird üblicherweise nicht thematisiert, was auch nicht schädlich ist, denn zusätzliche Mittel können auch in die Kasse gelegt werden und erfordern nicht zwingend weitere Überlegungen. Anders verhält sich das bei einem negativen Kapitalwert. Dieser drückt aus, dass zu Beginn des Projekts ein Betrag zugezahlt werden muss, um zu erreichen, sich im Vergleich zur Nullalternative nicht schlechter zu stellen. Dies wirft die Frage auf, ob die Investition in das Projekt durch die Menge freier Finanzmittel überhaupt finanzierbar ist und wenn nicht, worauf verzichtet werden müsste, um sie finanzieren zu können.<sup>2</sup>

Üblicherweise wird neben der eigentlichen Bewertung des Investitionsprojekts die Finanzierbarkeit in einer gesonderten Rechnung geprüft. Das ist nicht zuletzt den Modellen geschuldet, die Finanzierungsgrenzen nicht mit ins Kalkül nehmen.<sup>3</sup> Die Finanzierungsgrenzen zu berücksichtigen ist aber gerade die Stärke der verallgemeinerten Marktzinsmethode. Nachfolgend soll betrachtet werden, wie sich mit der Marktzinsmethode prinzipiell überprüfen lässt, ob ein bestimmter Strom finanzieller Mittel ausreicht, um das zu bewertende Investitionsprojekt zu finanzieren. Fasst man diesen Strom freier finanzieller Mittel wie ein einzelnes Investitionsprojekt auf, lässt sich die Zahlungswirkung in einer Zahl – z. B. einem Grenzkapitalwert – zusammenfassen und ermöglicht einen Vergleich.

Geht man davon aus, dass die gesamte disponible Finanzierungssituation abgebildet wird, bleibt vor allem zu modellieren, mit welchen projektunabhängigen Zahlungen, die durch andere Entscheidungen vordisponiert sind, zu rechnen ist.<sup>4</sup> Diese werden als autonome Ausgaben bezeichnet.<sup>5</sup> Ein positiver Wert stellt also eine Aus- und ein negativen Wert eine Einzahlung dar.

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 37 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Moll [Budgetierung] 167 ff., der Desinvestitionsmodelle vorschlägt.

<sup>3</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 118.

<sup>4</sup> Vgl. Hax [Investitionstheorie] 86 f.

<sup>5</sup> Vgl. zu autonomen Ausgaben Troßmann [Investition] 219 f.

Übertragen auf den Fall isolierter Projektrechnungen, könnte der Strom autonomer Ausgaben auch als akzeptiertes jährliches Investitionsbudget aufgefasst werden. Statt also einen Grenzkapitalwert direkt zu schätzen, könnten vielmehr konstante oder periodenindividuelle akzeptierte Investitionsbudgets durch (negative)<sup>1</sup> autonome Ausgaben angegeben werden. Mithilfe des Bewertungsprozesses ließe sich daraus der gesuchte Grenzkapitalwert, als projektunabhängiger Kapitalwert der autonomen Ausgaben sowie eine neue Finanzierungssituation ermitteln. Übertragen auf das Fallbeispiel soll die Finanzierungssituation aus Abb. D-11 und die autonomen Ausgaben aus Abb. D-36, hier als akzeptierte Investitionsbudgets, angenommen werden. In Spalte (3) wurden diese auf einen Wert in Höhe von 1 in Periode 0 normiert.

Periode	Investitionsbudgets	normierte Investitionsbudgets
t	$d_t$	$d_t^{\text{norm}}$
0	-100.000 €	-1
1	-150.000 €	-1,5
2	-180.000 €	-1,8
3	-200.000 €	-2
4	-230.000 €	-2,3
5	-200.000 €	-2
Untergrenze $U_d$	0	0
Obergrenze $O_d$	1	100.000

Abb. D-36: Autonomer Zahlungsstrom sowie Normierung im kommunalen Fallbeispiel

Dieser autonome Zahlungsstrom wird mit dem Bewertungsprozess in die verallgemeinerte Standardfinanzierung eingebracht. Nach drei Bewertungs- und einer Verbesserungsrunde steht die neue Finanzierungssituation mit einem Grenzkapitalwert von 992.838 Euro fest. Die neue Standardfinanzierung setzt sich aus den Finanzierungsgeschäften 4, 5, 6 11 und 13 zusam-

<sup>1</sup> Negative autonome Ausgaben entsprechen Einnahmen. Gerade die öffentliche Hand rechnet vielmehr mit negativen autonomen Ausgaben und entsprechend negativen projektbezogenen Kapitalwerten. Das unterscheidet sie regelmäßig vom privaten Betrieb (allen voran privaten Unternehmen), die regelmäßig mit positiven Projektkapitalwerten rechnen, sich dafür über die Zeit autonomen Ausgaben gegenübersehen.

men. Die so entwickelte Finanzierungssituation mit neuen Ober- und Untergrenzen der Finanzierungsgeschäfte enthält die neue finanzielle Nullalternative. Der Vergleich mit dem Grenzkapitalwert zeigt, ob der Kapitalwert einer Investition mit den autonomen Ausgaben finanzierbar ist.<sup>1</sup> Demnach ist die Investition nicht abzulehnen, wenn der Saldo aus Grenzkapitalwert und Kapitalwert der Investition größer null ist. Abb. D-37 zeigt die neuen Kapitalwerte der drei Investitionsprojekte aus dem Fallbeispiel auf Basis der neuen Nullalternative und vergleicht sie mit dem Grenzkapitalwert (GK).<sup>2</sup> Demnach ist keine Investition abzulehnen.

Alternative (A <sub>i</sub> )	Freibad (A <sub>1</sub> )	Erlebnisbad (A <sub>2</sub> )	Frei- u. Hallenbad (A <sub>3</sub> )
Kapitalwert von Alternative i K <sub>i</sub>	-573.454 €	-764.468 €	-1.599.878 €
Zulässigkeit der Alternative i K <sub>i</sub> > GK	zulässig	zulässig	zulässig

Abb. D-37: Vergleich der Kapitalwerte für die drei öffentlichen Investitionen mit dem Grenzkapitalwert

Zuletzt können unabdingbare Ziele nicht nur auf Ebene der Ziele, sondern auch insgesamt auf Ebene des Nutzwerts definiert werden.<sup>3</sup> Kaum untersucht ist, wie ein solcher Grenznutzwert gefunden bzw. begründet werden könnte. Konsistent kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich dieser freihändig vorgeben ließe, während ansonsten die freihändige Vorgabe, z. B. bei der Bestimmung der Zielgewichte abgelehnt wird. Ein denkbarer Ansatz wäre die Definition einer Vergleichsalternative, die mit der Nutzwertanalyse bewertet wird und deren Nutzwert den Grenznutzwert für die Akzeptanz anderer Alternativen darstellt.

Prinzipiell scheint die Definition einer Vergleichsalternative dann überflüssig, wenn die Nutzwertanalyse nur die Zielerträge der Alternativen enthält,

<sup>1</sup> Grundsätzlich wäre zu dem Grenzkapitalwert noch der Umschuldungsgewinn aus Kapitel D.II.1 in Höhe von 68.823 Euro hinzuzurechnen, denn auch dieser steht zur Finanzierung von Investitionen zur Verfügung.

<sup>2</sup> Durch die Berücksichtigung der autonomen Ausgaben verändert sich die Finanzierungssituation, was sich in veränderten Kapitalwerten der Investitionen widerspiegelt. Das erklärt die Abweichung dieser Kapitalwerte von denen aus Kapitel D.II.2.

<sup>3</sup> Vgl. Götze [Investitionsrechnung] 196, Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 164 f.

die über diejenigen der Nullalternative hinausgehen. Der Nutzwert der Nullalternative und damit der Grenznutzwert wäre dann eben null. Hier tut sich eine Besonderheit der nutzwertanalytischen Vorgehensweise auf, die gut am Fallbeispiel der Investition in die Fortführungsalternative des kommunalen Freibads aufgedeckt werden kann. Die Generalsanierung des Freibades soll als Nullalternative definiert werden. Dann stellen sich für einige Ziele höhere Zielerträge, für andere Ziele geringere Zielerträge ein, was zudem davon abhängt, welche Periode betrachtet wird.

Ein entsprechender Ansatz für eine Nutzwertanalyse zu Ja/Nein-Entscheidungen müsste zunächst eine Nullalternative definieren. Dazu lässt sich ein impliziter und ein expliziter Ansatz unterscheiden. Für den impliziten Ansatz stellen die Zielerträge der Alternativen jeweils die Abweichungen zur Nullalternative dar, in positiver wie auch in negativer Richtung. Negative Abweichungen der Zielerträge einer Alternative gehen mit einem negativen Punktwert in die Nutzwertanalyse ein.<sup>1</sup> Anders formuliert, bildet die Nullalternative den Nullpunkt der Punktwertfunktion eines jeden Ziels. Dabei muss der Wertebereich der Punktwertfunktion über alle Ziele einheitlich sein, z. B. könnte er auf das Intervall  $[-5;5]$  festgelegt werden. Für diesen impliziten Ansatz gilt das Relevanzprinzip<sup>2</sup> auch gegenüber dem Vergleich mit der Nullalternative und nicht (nur) beim Vergleich zwischen den zur Auswahl stehenden Alternativen. Dann ließe sich der Nutzwert einer Alternative als Abweichung zur Nullalternative interpretieren, sodass in Abhängigkeit vom positiven oder negativen Vorzeichen eine Ja/Nein-Entscheidung getroffen werden kann.

Der zweite Ansatz lässt sich einfacher beschreiben, ist aber nicht in jedem Fall einfacher durchzuführen. Die Nullalternative wird bereits für die Auswahlentscheidung explizit als Alternative formuliert. Dann können alle Zielerträge wie gewohnt in additiv verknüpfter Weise und mit ausschließlich positiven Punktwerten erfasst werden. In der Konsequenz stellt die Auswahlentscheidung auch gleichzeitig die zu treffende Ja/Nein-Entscheidung

---

<sup>1</sup> Vgl. zu einem solchen Vorschlag auch im Weiteren Moll [Budgetierung] 171.

<sup>2</sup> So müssen nur die Positionen berücksichtigt werden, die sich bei den zur Wahl stehenden Alternativen unterscheiden, vgl. Troßmann/Baumeister [Rechnungswesen] 31 ff.

sicher. Das kann im Einzelfall schwierig sein, vor allem, wenn sich der Nutzen der Nullalternative nur mit Mühen bestimmen lässt, während die Abweichungen der Alternativen zur Nullalternative klar zu erkennen sind.

Im Fallbeispiel wird die Nullalternative (der Generalsanierung des Freibades) bisher explizit berücksichtigt. Ausgehend von konsistenten Bewertungen, müsste sich für eine implizite Bewertung der Zusammenhang in Abb. D-38 zeigen.

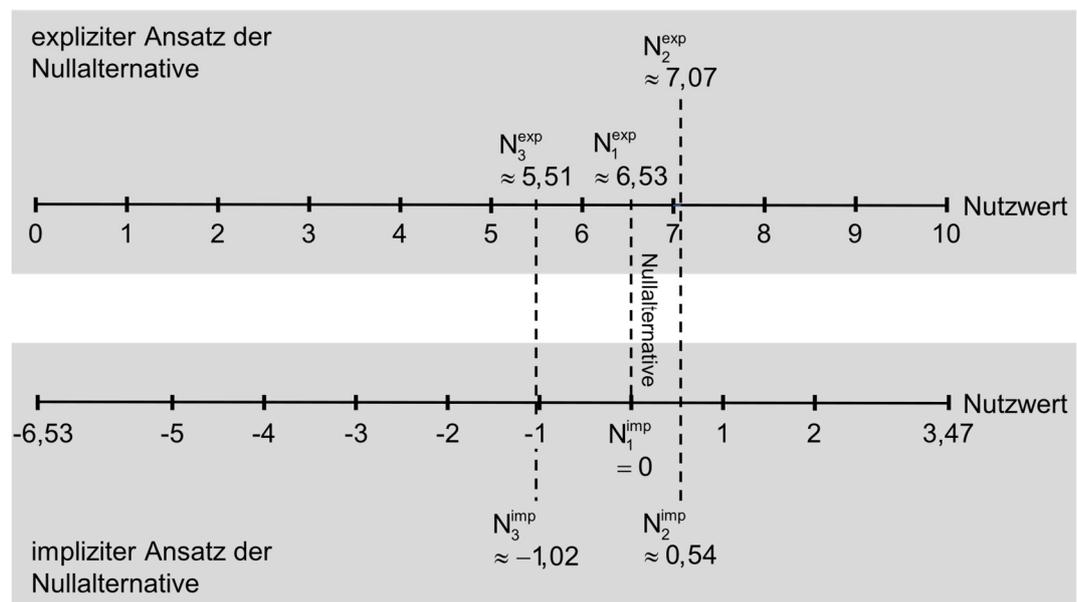


Abb. D-38: Vergleich zum impliziten und expliziten Ansatz der Nullalternative

### 3. Kombinierte Projektentscheidungen der öffentlichen Hand

Voranehend wurden die für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen vorgegebenen Methoden der Kapitalwertrechnung sowie der Nutzwertanalyse so gestaltet, dass sie grundlegend für Projektentscheidungen der öffentlichen Hand geeignet sein können. Entscheidungen können sich auch aus Ja-/Nein-Entscheidungen und Auswahlentscheidungen zusammensetzen.<sup>1</sup> Als allgemeiner Lösungsansatz dient die omnikriterielle (dynamische) Nutzwertanalyse (z. B. wenn die Auswahlentscheidung anhand finanzieller wie

<sup>1</sup> Vgl. z. B. Troßmann [Investition] 24.

auch mehrerer nichtfinanzieller Ziele getroffen wird). Diese kann dann unterbleiben, wenn sich die Auswahl- und die Ja/Nein-Entscheidung jeweils nur auf ein finanzielles Ziel oder mehrere nichtfinanzielle Ziele beziehen. Um diese Fälle abzugrenzen, werden die beiden Entscheidungssituationen nach der ausschließlichen Berücksichtigung von finanziellen und nichtfinanziellen Zielen differenziert. Abb. D-39 zeigt vier Kombinationsfälle.

		Auswahlentscheidung	
		ein finanzielles Ziel	mehrere nicht finanzielle Ziele
Ja/Nein-Entscheidung	ein finanzielles Ziel	Fall I ausschließlich finanzielle Ja/Nein- und Auswahlentscheidung	Fall II Vorauswahl mit finanzieller Ja/Nein-Entscheidung (z. B. Grenzkapitalwert); Auswahl nur anhand nichtfinanzieller Ziele
	mehrere nicht finanzielle Ziele	Fall III Vorauswahl mit nichtfinanzieller Ja/Nein-Entscheidung; Auswahl nur anhand finanzieller Ziele	Fall IV ausschließlich nichtfinanzielle Ja/Nein- und Auswahlentscheidung

Abb. D-39: Entscheidungssituationen für die keine umfassende Nutzwertanalyse nötig wird

Für Entscheidungssituationen nach Fall I ist davon auszugehen, dass sie für die öffentliche Hand eine vernachlässigbare Rolle spielen. Zumindest bei öffentlichen Investitionen sind sie nach deren typischen Eigenschaften nicht anwendbar bzw. vernachlässigen den – in der Regel nichtfinanziellen – Nutzen. Demgegenüber mögen Entscheidungssituationen nach Fall IV zwar denkbar und auch relevant sein; um Investitionen handelt es sich aber nicht, denn ihnen fehlt die „Umwandlung von Geld“, sie wären also nicht finanzwirksam.<sup>1</sup> Ansonsten ergibt sich eine Entscheidungssituation nach Fall I und IV nur dann, wenn sich die betrachteten Alternativen in den unberücksichtigten Zielen nicht unterscheiden.

<sup>1</sup> Vgl. zur Definition einer Investition Troßmann [Investition] 4.

Entscheidungssituationen nach Fall III entsprechen dem Minimalprinzip bzw. dem Sparsamkeitsprinzip. Für sie lassen sich die nichtfinanziellen Zielerträge mit Anspruchsniveaus als Mindestziele (oder unabdingbare Ziele) formulieren und als Ja/Nein-Entscheidung unpassende Alternativen vorab aussondern. Die übrigen Alternativen können dann anhand ihrer finanziellen Wirkung mit der Kapitalwertmethode bewertet werden. Vorstellbar ist auch der gegenüberliegende Fall II, der vielmehr dem Maximalprinzip entspricht. Die Entscheidungssituation erfolgt unter knapper finanzieller Ausstattung. Im zulässigen Rahmen soll versucht werden, einen maximalen Nutzen zu schöpfen. Die Kapitalwertmethode ermöglicht die finanzielle Ausstattung in einer Zahl – dem Grenzkapitalwert – zu erfassen und beim Vergleich mit dem Kapitalwert einer Alternative zu einer Ja/Nein-Entscheidung zu kommen. Die Auswahlentscheidung der zulässigen Alternativen kann dann unter Berücksichtigung ausschließlich nichtfinanzieller Ziele – bei mehreren Zielen zusammengefasst in einer Nutzwertanalyse – getroffen werden.

Häufig wird das Maximalprinzip nicht bei Projektentscheidungen zum Tragen kommen. Vielmehr wird das begrenzte Finanzbudget zunehmend wichtiger, desto mehr öffentliche Investitionen in Programmen zusammengestellt und über deren Durchführung gemeinsam entschieden wird. Für solche Programmentscheidungen über Investitionen hält die Betriebswirtschaftslehre Konzepte bereit, die als Investitionsprogrammplanung in der Literatur bekannt sind und die das nachfolgende Kapitel adressiert.



## **E. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei Entscheidungen der öffentlichen Hand über alternative Investitionsprogramme**

### **I. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen nach dem Maximalprinzip**

Bisher wurden Investitionsprojekte isoliert bewertet. Übergreifende Ziele, die durch eine Vielzahl von Investitionsprojekten erfüllt werden, lassen sich jedoch in isolierten Modellen nur hilfsweise erfassen. Zu denken wäre an Ziele wie CO<sub>2</sub>-Emissionen, der Verbrauch öffentlicher Flächen aber auch finanzielle Ziele. Im Weiteren wird das finanzielle Ziel als begrenzender Faktor aufgefasst, den es möglichst zielentsprechend auszunutzen gilt, wohlwissend, dass auch andere übergreifende Ziele existieren. Ist einmal ein Ansatz für eine Zielart etabliert, lässt sich dieser, womöglich in modifizierter Form, auch auf andere Ziele übertragen. Entgegen den bisher dargestellten Methoden wird nicht ein Investitionsprojekt isoliert betrachtet, sondern aus einer Menge von Einzelprojekten eine Teilmenge von Projekten ausgewählt, die gemeinsam realisiert werden.<sup>1</sup> Insbesondere aufgrund finanzieller Restriktionen können nicht alle Investitionsprojekte durchgeführt werden. Die notwendige Auswahl der Teilmenge erfolgt nicht zufällig, sondern zielgerichtet. Ansätze mit dem Ziel der Nutzenmaximierung lassen sich als Methoden des Maximalprinzips beschreiben: Bei fixierten Kosten soll der Nutzen möglichst groß werden.

Damit lässt sich auch der zu Beginn dieser Arbeit aufgezeigte Widerspruch erklären, weshalb §6 Abs. 1 HGrG die Sparsamkeit neben der Wirtschaftlichkeit für die Aufstellung und Ausführung des Haushaltsplans hervorhebt, obwohl die Wirtschaftlichkeit die Sparsamkeit prinzipiell umfasst. Die Sparsamkeit ist als Minimalprinzip aufzufassen,<sup>2</sup> also einen gegebenen Leistungskatalog mit minimalen Kosten zu erfüllen. Auf Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bezogen heißt das, der (überwiegend nichtfinanzielle) Nutzen von öffentlichen Investitionen wäre in Form von Anspruchsniveaus zu fixieren und die Entscheidung, über die dann noch zur Wahl stehenden öffentli-

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Troßmann [Investition] 208 f.

<sup>2</sup> Vgl. von Arnim [Rechtsprinzip] 49 f., von Lewinski/Burkat [Haushaltsgrundsatzgesetz] §6 Rn. 4 und Rn. 8.

chen Investitionen, ausschließlich anhand des Kapitalwertkriteriums zu fällen. Da der Kapitalwert öffentlicher Investitionen in erster Linie deren Kosten erfasst, kommt dieser Ansatz einer Kostenminimierung gleich. Die Forderung nach „Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit“ in §6 Abs. 1 HGrG macht nur dann Sinn, wenn neben dem Minimalprinzip auch dem Maximalprinzip ein gewisser Raum zugestanden wird.

Solche Programmentscheidungen sind gerade für die öffentliche Hand von Interesse, da grundsätzlich mehr Projekte denkbar sind, als finanzielle Ressourcen zur Verfügung stehen. Finanzbudgets bezeichnen im Weiteren finanzielle Ressourcen in Form von Finanzierungsgeschäften und projektunabhängigen Zahlungen. Lässt sich den zu bewertenden Projekten keine vorab abgegrenzte Finanzierungssituation zuordnen, beeinflussen die einzelnen Projekte dieses knappe Finanzbudget also gemeinsam, wodurch wesentliche Interdependenzen zwischen den Investitionsprojekten entstehen. Inhaltlich steht das Finanzbudget im Zentrum der Finanzplanung. Die Finanzplanung ist grundlegend darauf ausgerichtet, die Zahlungsbereitschaft bei möglichst geringen Finanzierungskosten zu sichern.<sup>1</sup> Diese Interdependenzen lassen sich nur durch eine simultane Investitions- und Finanzplanung berücksichtigen, welche versucht, ein noch festzulegendes Ziel (z. B. ein maximales Endvermögen) zu erreichen, indem Investitions- und Finanzierungsgeschäfte zu einem maximalen Zielwert kombiniert werden und gleichzeitig die Zahlungsbereitschaft sichergestellt wird.

Die Vorgaben zu Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der öffentlichen Hand gehen auf Investitionsprogrammentscheidungen nicht ein. In der Literatur finden sich vereinzelte Ansätze, die in erster Linie die kommunale Ebene in den Blick nehmen.<sup>2</sup> Auf kommunaler Ebene existieren weniger methodische Vorgaben als für Bund und Länder, was die Gestaltung entsprechender Modelle flexibler macht. Nachfolgend soll mit den für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen vorgesehenen Methoden ein Modell konzipiert werden, das für die öffentliche Hand Entscheidungen über Investitionsprogramme bei ei-

---

<sup>1</sup> Vgl. Domschke/Scholl [Betriebswirtschaftslehre] 265.

<sup>2</sup> Vgl. z. B. Rothe [Unternehmensansiedlungen] 179 ff., Moll [Budgetierung] 150 ff., Seiler [Investitionsplanung] 12 ff.

nem knappen Finanzbudget zulässt. Die Grenzen etablierter betriebswirtschaftlicher (d.h. finanzieller) Investitionsprogrammplanungsmodelle zeigen auf, wie diese Ansätze für öffentliche Investitionen zu modifizieren sind.

## **II. Zur Notwendigkeit der nichtfinanziellen Bewertung bei Entscheidungen der öffentlichen Hand über Investitionsprogramme**

### **1. Probleme der finanziellen Planung öffentlicher Investitionsprogramme**

Typischerweise werden für Programmentscheidungen lineare Planungsmodelle verwendet. Für simultane Investitions- und Finanzplanungsmodelle eignen sie sich, da die Annahme linearer Zusammenhänge zumindest für Finanzierungsgeschäfte plausibel ist (z. B. verdoppeln sich die Zinszahlungen, bei Verdopplung der Kreditsumme).<sup>1</sup> Die Herausforderungen betreffen kaum die Modelle an sich, z. B. Unteilbarkeiten lassen sich leicht als ganzzahlige Variablen beschreiben. Vielmehr betreffen sie Fragen der (schnellen) Lösungsfindung. Bevor hier der Weg hin zu „Antworten“ betrachtet wird, muss zunächst geklärt werden, wie und welche „Fragen“ zu stellen sind.

Zur Modellierung linearer Planungsmodelle werden Zahlungsreihen von Investitionsprojekten und Finanzierungsgeschäften genutzt, ähnlich wie in der Marktzinsmethode. Ein einzelnes Investitionsprojekt  $i$  wird demnach gekennzeichnet durch seine periodenindividuellen Zahlungsüberschüsse  $z_i^l$  sowie eine vorzugebende Ober- und Untergrenze  $O_i^l$  und  $U_i^l$  für die Entscheidungsvariable  $x_i^l$ , also die Durchführungshäufigkeit des Investitionsprojektes  $i$ . In gleicher Weise ist das einzelne Finanzierungsgeschäft  $k$  bestimmt durch periodenindividuelle Zahlungsüberschüsse  $z_k^f$  sowie Ober- und Untergrenzen  $O_k^f$  und  $U_k^f$  für dessen Durchführungshäufigkeit  $x_k^f$ .

Für eine isolierte Programmentscheidung ist eine spezifische Finanzierungssituation aufgrund einer außerhalb des Modells liegenden Vorabentscheidung über die zu verwendenden Finanzierungsgeschäfte vorgege-

---

<sup>1</sup> Probleme wirft die Unteilbarkeit von (Sach-)Investitionsprojekten auf, vgl. z. B. Troßmann [Investition] 224 ff. Zunächst soll dieser Aspekt ausgeblendet werden.

ben.<sup>1</sup> Um die Finanzierbarkeit – also die ständige Liquidität – zu überprüfen, muss eine umfassende Simultanplanung erfolgen<sup>2</sup> und die gesamte Finanzierungssituation einbezogen werden. Dann treten projektunabhängige Einnahmen und Ausgaben hinzu, die durch frühere – in jedem Fall nicht durch die zu treffenden – Entscheidungen disponiert werden. Saldiert ergeben sie die autonomen Ausgaben  $d_t$ . Diese unterscheiden sich nicht nur in jeder Periode  $t$  in ihrer Höhe, sondern je nach Fall auch in ihrem Vorzeichen.<sup>3</sup> Sie werden bei isolierten Programmentscheidungen nötig, wenn ein akzeptierter Grenzkapitalwert nicht direkt geschätzt, sondern aus akzeptierten periodenindividuellen Investitionsbudgets abgeleitet werden soll.<sup>4</sup> Für die öffentliche Hand ist dabei von Einnahmen, also negativen autonomen Ausgaben auszugehen. Sie kennzeichnen eben nicht zurechenbare Einnahmen, die zur Deckung öffentlicher Investitionsausgaben dienen.

Dem Konzept der linearen Programmierung als Maximierung (oder Minimierung) einer linearen Zielfunktion unter Nebenbedingungen folgend,<sup>5</sup> lassen sich nun zwei Gruppen von Nebenbedingungen formulieren. Einerseits fordern die Liquiditätsnebenbedingungen in allen Perioden  $0, 1, 2, \dots, T$ , dass die Zahlungen der Investitionsprojekte  $i$  und den Finanzierungsgeschäften  $k$  die autonomen Ausgaben ausgleichen oder übersteigen, das zeigt (E.2).<sup>6</sup> Außerdem müssen die Entscheidungsvariablen die entsprechenden Gültigkeitsgrenzen einhalten, da die Projekte regelmäßig nicht unbegrenzt durchführbar sind, was die Nebenbedingungen aus (E.3) erfassen. Üblicherweise wird zusätzlich die Nichtnegativität der Entscheidungsvariablen gefordert, was überflüssig ist, wenn konkrete Untergrenzen definiert werden. Zusätzlich definiert man die periodenindividuellen Bewertungskoeffizienten  $b_{it}^l$  bzw.

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 209.

<sup>2</sup> So lässt sich auch das übergreifende Liquiditätsziel berücksichtigen, vgl. z.B. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 201 f.

<sup>3</sup> Vgl. auch im Weiteren Hax [Investitionstheorie] 86 f., Troßmann [Investition] 219.

<sup>4</sup> Vgl. Kapitel D.II.2

<sup>5</sup> Vgl. zur Definition linearer Programmierung Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 218. Dem dargestellten Modell liegt die Struktur nach Hax [Programmierung] 430 ff. und Weingartner [Programming] zugrunde.

<sup>6</sup> Die Formulierung der Liquiditätsnebenbedingungen basiert auf einem Vorschlag von Hax [Investitionstheorie] 87; nicht selten finden sich diese Nebenbedingungen in Form von Gleichungen, was zur Folge hat, dass eine Kassenhaltung nicht möglich ist. In der Konsequenz treten häufiger Realisierungsprobleme auf.

$b_{tk}^F$  für die einzelnen Investitionsprojekte  $i$  bzw. Finanzierungsgeschäfte  $k$ . Finanzielle Ziele lassen sich als Zielzahlungsstrom mit  $\beta_t \cdot a$  formulieren.<sup>1</sup> Die Zielfunktion ist dann gemäß (E.1) zu konstruieren.<sup>2</sup> Insgesamt zeigt sich so folgendes lineares Planungsmodell:

Zielfunktion:

$$\sum_{t=0}^T \left( \sum_{i=1}^I b_{ti}^I \cdot x_i^I + \sum_{k=1}^K b_{tk}^F \cdot x_k^F \right) + a \rightarrow \max \quad (\text{E.1})$$

Liquiditätsnebenbedingungen:

$$\sum_{i=1}^I z_{ti}^I \cdot x_i^I + \sum_{k=1}^K z_{tk}^F \cdot x_k^F + \beta_t \cdot a \geq d_t \quad \text{für } t = 0, 1, 2, \dots, T \quad (\text{E.2})$$

Nebenbedingungen zu den Durchführungshäufigkeiten:

$$\begin{aligned} x_i^I &\geq U_i^I \text{ und } x_i^I \leq O_i^I && \text{für } i = 1, 2, \dots, I \\ x_k^F &\geq U_k^F \text{ und } x_k^F \leq O_k^F && \text{für } k = 1, 2, \dots, K \end{aligned} \quad (\text{E.3})$$

Werden nur finanzielle Ziele verfolgt, sind die projektindividuellen Bewertungskoeffizienten  $b_{ti}^I$  bzw.  $b_{tk}^F$  null. Als finanzielles Ziel kommt ein konstanter, ein steigender bzw. fallender oder ein individuell festzulegender periodischer Zahlungsstrom ebenso in Betracht, wie deren Kombination.<sup>3</sup> Reichen typische finanzielle Ziele aus – wie der Kapitalwert, der Endwert oder die Annuität – kann auch vereinfachend die Entnahmevariable  $C_t$  verwendet werden. Sie ist nur in der Zielfunktion sowie den betroffenen Liquiditätsnebenbedingungen der Periode(n)  $t$  enthalten. Wie für Projektentscheidungen ist die Wahl der Ergebnisgröße Ausdruck der Verteilungspräferenz gegenüber dem finanziellen Ziel.<sup>4</sup> Sofern keine weiteren Wirkungen der einzelnen Projekte zu berücksichtigen sind, lässt sich der Kapitalwert als Entnahme in Periode 0 (E.4), der Endwert als Entnahme zum Ende des Planungshorizonts in Periode  $T$  (E.5) und die Annuität als konstante Entnahme in den Perioden  $0 < t$  (E.6) modellieren.

$$C_0 = a \rightarrow \max \quad \text{mit } \beta_0 = 1 \text{ und } \beta_t = 0 \text{ für } 0 < t \quad (\text{E.4})$$

$$C_T = a \rightarrow \max \quad \text{mit } \beta_t = 0 \text{ für } t < T \text{ und } \beta_T = 1 \quad (\text{E.5})$$

<sup>1</sup> Vgl. dazu Kapitel D.II.3 und die dort angegebenen Quellen.

<sup>2</sup> Vgl. zum Modellansatz mit Bewertungskoeffizienten Troßmann [Investition] 219.

<sup>3</sup> Vgl. zu diesen Zielen Schneider [Investition] 65 ff.

<sup>4</sup> Vgl. dazu die Kapitel D.II.3 und D.IV.1.

$$\bar{C} = a \rightarrow \max \quad \text{mit } \beta_0 = 0 \text{ und } \beta_t = \frac{1}{T} \text{ für } t \leq T \quad (\text{E.6})$$

Nachfolgend soll anhand eines Fallbeispiels ein konkretes Modell für eine Programmentscheidung der öffentlichen Hand zur Kapitalwertmaximierung erarbeitet werden. Die originären Grenzen dieser Modellierung zeigen den Änderungsbedarf, um ein problemadäquates Modell zu erhalten. Maßgeblich ist die Finanzierungssituation aus Kapitel D.II.1 in Abb. D-11 sowie die Investitionsbudgets in Form (negativer) autonomer Ausgaben aus Kapitel D.IV.2 in Abb. D-36. Die Menge öffentlicher Investitionsprojekte, aus denen das optimale Programm zusammenzustellen ist, zeigt Abb. E-1.<sup>1</sup> Die Zahlungsströme aller Projekte sind in der Einheit Tausend Euro angegeben. Die Investitionsalternativen zur Fortführung des kommunalen Freibades fließen als Investitionsprojekt 10 (Generalsanierung des Freibades), 11 (Umbau zum Erlebnisbad) und 12 (Generalsanierung des Freibades und Neubau eines Hallenbades) in das Investitionsprogramm ein.

Periode t	Zahlungsüberschüsse $Z_{it}^j$ in t für Investitionsprojekt i (in T€)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	-450	-40	-150	-250	-750	-150	-500	-250	-1.000	-1.500	-3.100	-2.100
1	50	-5	-150	5	50	-100	-200	20	-500	-100	-1.500	-900
2	50	10	-150	10	110	-100	-10	50	-50	-80	100	-120
3	50	15	-150	10	145	-100	-10	70	0	-150	110	-180
4	50	15	-150	10	175	-100	-10	70	0	-100	120	-120
5	350	20	-150	10	550	-100	-10	70	0	1.500	4.000	2.000
<b>Grenzen der Projekthäufigkeiten für <math>X_i^j</math></b>												
$U_i^j$	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$O_i^j$	6	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Abb. E-1: Zahlungsüberschüsse (in T€) der öffentlichen Projekte zur Investitionsprogrammentscheidung im kommunalen Fallbeispiel

Nach den oben aufgezeigten Modellierungsvorgaben ergibt sich das lineare Planungsmodell in Abb. E-2.

<sup>1</sup> Die Projekte sind detailliert in Kapitel E.II.2 dargestellt.

t	Zahlungswirkungen von Investitionsprojekt i												Zahlungswirkungen von Finanzierungsgeschäft k												Kapitalwert
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Vektor der Zielkoeffizienten	$\begin{pmatrix} 0 & 1 \end{pmatrix}$																								
Koeffizienten der Liquiditätsrestriktionen (in T€)	$\begin{pmatrix} -450 & -40 & -150 & -250 & -750 & -150 & -500 & -250 & -1.000 & -1.500 & -3.100 & -2.100 & -100 & 0 & 0 & 0 & 100 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 100 & -19,85 & 0 & -1 \\ 50 & -5 & -150 & 5 & 50 & -100 & -200 & 20 & -500 & -100 & -1.500 & -900 & 101 & -100 & 0 & 0 & 0 & -102 & 100 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2,5 & -19,85 & 100 & 0 \\ 50 & 10 & -150 & 10 & 110 & -100 & -10 & 50 & -50 & -80 & 100 & -120 & 0 & 101 & -100 & 0 & 0 & 0 & -103 & 100 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2,5 & 0 & -35,69 & 0 \\ 50 & 15 & -150 & 10 & 145 & -100 & -10 & 70 & 0 & -150 & 110 & -180 & 0 & 0 & 101 & -100 & 0 & 0 & 0 & -103,75 & 100 & 0 & 0 & -2,5 & 100 & -35,69 & 0 \\ 50 & 15 & -150 & 10 & 175 & -100 & -10 & 70 & 0 & -100 & 120 & -120 & 0 & 0 & 101,5 & -100 & 0 & 0 & 0 & 0 & -104 & 100 & -2,5 & -31,39 & -35,69 & 0 \\ 350 & 20 & -150 & 10 & 550 & -100 & -10 & 70 & 0 & 1.500 & 4.000 & 2.000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 102 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -104,25 & -102,5 & -31,39 & 0 & 0 \end{pmatrix}$																								
Restriktion der Projekte kommunaler Bäder	$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$																								
Gültigkeitsgrenzen der Entscheidungsvariablen $x_i^I$ und $x_k^F$	$\begin{matrix} \geq & 0 & 0 & 1 & 0 & -15 \\ \leq & 6 & 1 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 30 & 30 & 5,86 & 11,22 & 16,55 & 20 & 29,75 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 10 & 10 & 10 & 15 \end{matrix}$																								

→ max!

$$\begin{pmatrix} -100 \\ -150 \\ -180 \\ -200 \\ -230 \\ -200 \end{pmatrix}$$

=

$$\begin{matrix} x_1^I \\ x_2^I \\ x_3^I \\ x_4^I \\ x_5^I \\ x_6^I \\ x_7^I \\ x_8^I \\ x_9^I \\ x_{10}^I \\ x_{11}^I \\ x_{12}^I \\ x_1^F \\ x_2^F \\ x_3^F \\ x_4^F \\ x_5^F \\ x_6^F \\ x_7^F \\ x_8^F \\ x_9^F \\ x_{10}^F \\ x_{11}^F \\ x_{12}^F \\ x_{13}^F \\ C_0 \end{matrix}$$

Abb. E-2: Investitionsprogrammplanungsmodell mit kapitalwertmaximierender Zielfunktion zum kommunalen Fallbeispiel

Da sich die Investitionsprojekte 10, 11 und 12 gegenseitig ausschließen, eines allerdings in jedem Fall durchgeführt werden soll, wurde als zusätzliche Nebenbedingung aufgenommen, dass die Summe der Durchführungshäufigkeiten der drei Projekte 1 entsprechen muss. Sofern keines der Projekte nur anteilig durchgeführt wird, wäre sichergestellt, dass (nur) das Projekt durchgeführt wird, welches die Ziele der Kommune am besten erfüllt.

Das Modell lässt sich grundsätzlich mit dem Simplexalgorithmus lösen. Der Umfang der Problemstellung lässt die Verwendung verschiedener Software zu, auch eine manuelle Lösung ist nicht ausgeschlossen.<sup>1</sup> Ein direkt verwendbares Modell in der Modellierungssprache von Fico Xpress findet sich im Anhang II.1.<sup>2</sup> Abb. E-3 zeigt die Lösung des linearen Planungsmodells und damit das optimale Investitions- und Finanzierungsprogramm sowie die aus den Dualwerten der Liquiditätsnebenbedingungen abgeleiteten Abzinsungsfaktoren des Lösungstableaus.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Bei wenig umfangreichen Planungsproblemen ist die Verwendung verbreiteter Standardsoftware, wie z. B. dem Addin Excel Solver der Firmen Microsoft Corporation und Frontline Systems Corporation ausreichend. Zur Modellierung mit dem Excel Solver vgl. z.B. Fylstra [Excel Solver].

<sup>2</sup> Da der Einsatz einer leistungsfähigen Software (wie z. B. Fico Xpress) an späterer Stelle unumgänglich wird und in dieser Arbeit nicht mehrere Modellierungssprachen verwendet werden sollen, findet sich für sämtliche Modelle des Fallbeispiels aus Kapitel E ein entsprechendes Modell in der Modellierungssprache von Fico Xpress im Anhang. Bereits bei diesem Modell scheidet insbesondere die Verwendung des Excel Solver aus, da das Planungsproblem degeneriert und der Excel Solver dazu nur eingeschränkte Lösungsansätze – wie die Verwendung von Algorithmen zur nichtlinearen Optimierung – bietet, die wiederum andere Nachteile mit sich bringen.

<sup>3</sup> Zur Ableitung von Abzinsungsfaktoren aus den Dualwerten der Liquiditätsnebenbedingungen vgl. z. B. Troßmann [Investition] 224 ff., Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 228 ff. Da das Planungsproblem degeneriert, sind die Dualwerte nur eingeschränkt interpretierbar, vgl. dazu z. B. Evans/Baker [Degeneracy], Koltai/Terlaky [Programming]. Das Problem entsteht durch die gemeinsame Restriktion der Investitionsprojekte 10, 11 und 12; betrifft also in erster Linie nur die zugehörigen Dualwerte. Die aus den Dualwerten der Liquiditätsnebenbedingungen abgeleiteten Abzinsungsfaktoren sind nicht betroffen, wie auch die nachfolgenden Überlegung unter Verwendung der Marktzinsmethode zeigen.

Investitionsprojekt i	neue Untergrenze $U_i^I$	neue Obergrenze $O_i^I$	optimale Lösung $x_i^I$	Finanzierungsprojekt k	neue Untergrenze $U_k^F$	neue Obergrenze $O_k^F$	optimale Lösung $x_k^F$
1	-3,69	2,31	3,69	1	0	30	-
2	-1	-	1	2	0	30	-
3	0	2	1	3	0	30	-24,14
4	0	1	-	4	0	30	-18,78
5	-1	0	1	5	-0,11	29,89	-13,34
6	0	1	-	6	-20	0	20
7	0	1	-	7	-30	0	29,75
8	0	1	-	8	-0,84	19,16	0,84
9	0	1	-	9	-0,91	19,09	0,91
10	-1	0	1	10	0	20	-
11	0	1	-	11	-30	0	20
12	0	1	-	12	0	10	-
				13	-4,86	25,14	-10,14
<b>maximaler Zielwert</b> (verbleibender Grenzkapitalwert)							<b>562 €</b>
<b>Abzinsungsfaktoren aus den Dualwerten der Liquiditätsnebenbedingungen</b>							
Periode t	0	1	2	3	4	5	
azf <sub>t</sub>	1	0,9031	0,8753	0,8436	0,8112	0,7953	

Abb. E-3: Optimales Investitions- und Finanzierungsprogramm im Fallbeispiel mit kapitalwertmaximierender Zielfunktion

Eine Ergebnisgröße wie im oben gezeigten Modell zu berechnen, geht mit gewissen Interpretationsschwierigkeiten des ausgewiesenen maximalen Zielwerts bzw. Kapitalwerts einher, wenngleich dieses Vorgehen typisch ist.<sup>1</sup> Um sich ausschließlich auf die Veränderungen der finanziellen Mittel durch das gewählte Investitionsprogramm zu beziehen, müsste die finanzielle Nullalternative so beschaffen sein, dass – vor der Bewertung des Investitionsprogramms – keine Arbitrage möglich ist.<sup>2</sup> Arbitragemöglichkeiten bieten sich nach der Zielsetzung des obigen Modells, wenn die finanzielle Nullalternative so beschaffen ist, dass sich ohne eine Investitionstätigkeit, allein durch die Umschichtung von Finanzmitteln ein positiver Kapitalwert erzielen lässt. Um nun auch für Investitionsprogrammentscheidungen eine arbitragefreie Finanzierungssituation zu finden, kann ähnlich wie bei der Suche nach der verallgemeinerten Standardfinanzierung in der Marktzinsmethode für Projektentscheidungen vorgegangen werden. Das Modell wird ohne Berücksichtigung der Investitionsprojekte gelöst, enthält also nur Fi-

<sup>1</sup> Vgl. z. B. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 215 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 167, vgl. zu den Konsistenzanforderungen im Detail Hartmann-Wendels/Gumm-Heußel [Lärm].

finanzierungsgeschäfte. Der resultierende Kapitalwert in Höhe von 68.823 Euro gibt den Erfolgsbestandteil wieder, der nur durch Umschuldung erzielt werden kann. Die optimalen Entscheidungsvariablen  $x_k^F$  (für  $k = 1, 2, \dots, 13$ ) verändern die Ober- und Untergrenzen der neuen, nun arbitragefreien Finanzierungssituation.<sup>1</sup>

Ganz ähnlich ist mit den autonomen Ausgaben umzugehen. Auch diese sind von der zu treffenden Entscheidung über das optimale Investitionsprogramm unabhängig, dürfen diesem also nicht zugerechnet werden. Wie bei der Auflösung der Arbitrage im Fallbeispiel zu einer isolierten Entscheidung, beträgt der Kapitalwert der autonomen Ausgaben 992.838 Euro.<sup>2</sup> Das resultierende Modell aggregiert dann alle autonomen Zahlungen in Periode 0. Die Ober- und Untergrenzen der Finanzierungsgeschäfte sind wie vorangegangen beschrieben anzupassen und ergeben eine Finanzierungssituation, mit der sich im letzten Schritt für das optimale Investitionsprogramm ein entscheidungsorientierter Kapitalwert in Höhe von -1.061.099 Euro ergibt. Der Umschuldungserfolg sowie der Kapitalwert der autonomen Zahlungen gibt den Grenzkapitalwert in Höhe von 1.061.661 Euro an, der insgesamt zur Finanzierung der öffentlichen Investitionen bereitsteht. Der Saldo aus dem Kapitalwert des Investitionsprogramms und dem Grenzkapitalwert ist positiv, es verbleiben also 562 Euro des Investitionsbudgets ungenutzt. Den Zusammenhang zeigt Abb. E-4.

projektunabhängiger Kapitalwert aus der Umschuldung	68.823€
Kapitalwert der autonomen Ausgaben	992.838€
<hr/>	
Grenzkapitalwert zur Finanzierung des Investitionsprogramms	1.061.661€
<b>Kapitalwert des Investitionsprogramms</b>	<b>-1.061.099€</b>
<hr/>	
verbleibender Grenzkapitalwert	562€

Abb. E-4: Zur Identifikation des Kapitalwerts eines Investitionsprogramms

<sup>1</sup> Dieser Umschuldungsgewinn wurde bereits in Kapitel D.II.1 hergeleitet. Er lässt sich auch mit dem Modell aus Abb. E-2 berechnen. Hierzu wird das Modell ohne Investitionsprojekte und mit autonomen Ausgaben in Höhe von jeweils 0 Euro gelöst.

<sup>2</sup> Der Kapitalwert der autonomen Ausgaben wurde in Kapitel D.IV.2 hergeleitet. Er lässt sich auch mit dem Modell aus Abb. E-2 berechnen. Dazu wird das Modell ohne Investitionsprojekte gelöst.

Diese Überlegungen zur Identifikation des Kapitalwerts eines Investitionsprogramms, haben auf die Zusammensetzung des optimalen Investitionsprogramms sowie die Dualwerte der Liquiditätsnebenbedingungen freilich keine Auswirkungen. Um einzelne Investitionsprojekte zu bewerten, können die Dualwerte der Liquiditätsnebenbedingungen aus Abb. E-3 als Abzinsungsfaktoren aufgefasst und mit (E.7) in periodenindividuelle Zinssätze – auch endogene Zinssätze genannt – umgerechnet werden. Bei einer Kapitalwertrechnung mit endogenen Zinssätzen lassen die Kapitalwerte der Investitionsprojekte nur die Interpretation des Vorzeichens zu. In das optimale Programm aufzunehmende Investitionsprojekte haben zumindest einen nichtnegativen Kapitalwert.<sup>1</sup>

$$p_t = \frac{azf_{t-1}}{azf_t} \quad \text{für } t = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (\text{E.7})$$

Endogene Zinssätze ermöglichen eine direkte Bewertung der einzelnen Investitionsprojekte.<sup>2</sup> Sie resultieren aus den zuletzt verwendeten Projekten, die sich im optimalen Programmplan als die teilweise verwendeten Finanzierungsgeschäfte 5, 8, 9, 13 sowie Investitionsprojekt 1 identifizieren lassen. Dieselben endogenen Zinssätze lassen sich mit einem Matrizenansatz der Marktzinsmethode bestimmen, wenn diese Projekte zugrunde gelegt werden. Abb. E-5 zeigt die mit endogenen Zinssätzen diskontierten Kapitalwerte der einzelnen Investitionsprojekte.

Neben dem nur teilweise durchgeführten Investitionsprojekt 1 fällt auf,<sup>3</sup> dass die Summe der isolierten Kapitalwerte des optimalen Investitionsprogramms (-1.361.267 Euro) nicht dem simultan ermittelten Kapitalwert des Investitionsprogramms (-1.061.099 Euro) entspricht. Wie angedeutet, ist diese Interpretation auch nicht zulässig, erklären lässt sie sich dennoch: Die Investitionsprojekte wurden u. a. auch mit Finanzierungsgeschäften ausge-

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 227; interpretierbar ist nur das Vorzeichen aber nicht die Höhe der Kapitalwerte, vgl. Hering [Investitionstheorie] 167.

<sup>2</sup> Vgl. schon Hax [Programmierung] 438 f., Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 228 ff., Troßmann [Investition] 224 ff.; detailliert Hering [Investitionstheorie] 144 ff.

<sup>3</sup> Streng genommen handelt es sich bei dem optimalen Investitionsprogramm um eine nicht realisierbare Lösung, da eine anteilige Investition in einen elektrischen Omnibus nicht möglich ist. Realisierungsbedingungen wie die hier angesprochene Ganzzahligkeit zu berücksichtigen, steht in Kapitel E.IV im Vordergrund.

glichen, die nicht den endogenen Zinssätzen zugrunde liegen. Die endogenen Zinssätze basieren auf den Grenzfinanzierungsmöglichkeiten,<sup>1</sup> die gerade noch akzeptiert werden.

Investitionsprojekt i	Kapitalwert mit endogenen Zinssätzen $K_i$	optimale Durchführungshäufigkeit () $x_i^l$	gesamter Kapitalwert $K_i \cdot x_i^l$
1	0 €	3,69	0 €
2	4.965 €	1	4.965 €
3	-784.258 €	1	-784.258 €
4	-212.231 €	-	0 €
5	93.110 €	1	93.110 €
6	-572.839 €	-	0 €
7	-713.866 €	-	0 €
8	-16.671 €	-	0 €
9	-1.495.294 €	-	0 €
10	-675.084 €	1	-675.084 €
11	-995.852 €	-	0 €
12	-1.676.442 €	-	0 €
Summe			-1.361.267 €

Abb. E-5: Kapitalwertrechnung mit endogenen Zinssätzen

Zudem fällt auf, dass die Investitionsprojekte 3 und 4 sowie 6 bis 12 einen negativen – mit endogenen Zinssätzen berechneten – isolierten Kapitalwert aufweisen. Von diesen wurde lediglich Investitionsprojekt 3 und 10 mit einer Durchführungshäufigkeit von  $x_3^l = 1$  und  $x_{10}^l = 1$  durchgeführt, was der Untergrenze von Investitionsprojekt 3 ( $U_3^l = 1$ ) entspricht bzw. aus der Nebenbedingung, genau ein Investitionsprojekt aus 10, 11 und 12 durchzuführen, hervorgeht. Zur näheren Analyse fasst Abb. E-6 erneut die Zahlungsströme dieser Investitionsprojekte auf und summiert diese undifferenziert, was einer Diskontierung mit einem Zinssatz in Höhe von 0 % p. a. entspricht.

Die Investitionsprojekte 3, 6, 7 und 9 führen unter keinen (in der Realität zu erwartenden) Umständen zu einem positiven Kapitalwert, da alle Zahlungen ein negatives Vorzeichen tragen. Ähnlich verhält es sich für die Investitionsprojekte 4, 10, 11 und 12. Bei einem gleichbleibenden Zinssatz von 0 % p. a. führen diese zu negativen Kapitalwerten. Da sie mit einer Auszahlung beginnen und die Zahlungsreihen nur einen Vorzeichenwechsel zeigen, kann

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 237.

sich ein positiver Kapitalwert nur einstellen, wenn die endogenen Zinssätze – zumindest teilweise – negativ sind. Negative endogene Zinssätze sind in relevanter Größenordnung nur dann zu erwarten, wenn auch Finanzierungsgeschäfte mit negativer Verzinsung existieren. Solche sind allerdings eher selten zu beobachten. Folglich hätten auch diese Investitionsprojekte in der Investitionsprogrammplanung nicht berücksichtigt werden müssen, da nicht zu erwarten war, dass sie über deren unabdingbares Mindestmaß hinaus durchgeführt werden.

Periode t	Zahlungsüberschüsse von Investitionsprojekt i (in T€)								
	3	4	6	7	8	9	10	11	12
0	-150	-250	-150	-500	-250	-1.000	-1.500	-3.100	-2.100
1	-150	5	-100	-200	20	-500	-100	-1.500	-900
2	-150	10	-100	-10	50	-50	-80	100	-120
3	-150	10	-100	-10	70	0	-150	110	-180
4	-150	10	-100	-10	70	0	-100	120	-120
5	-150	10	-100	-10	70	0	1.500	4.000	2.000
$K_i$ bei $p = 0\%$	-900	-205	-650	-740	30	-1.550	-430	-270	-1.420

Abb. E-6: Zahlungsverlauf und Summe der Zahlungsreihen öffentlicher Investitionsprojekte mit negativem Kapitalwert aus dem kommunalen Fallbeispiel

Für öffentliche Investitionen sind die Zahlungsreihen dieser sechs Investitionsprojekte nicht untypisch. Ein Teil des Nutzens öffentlicher Investitionen wirkt sich eben nicht finanziell aus, während die gegenüberstehenden Kosten – verstanden als negativer Nutzen, nicht als sachzielorientierte Bewertung des Güterverzehr –<sup>1</sup> regelmäßig zahlungswirksam werden. Das hat zur Folge, dass sich öffentliche Investitionen in der dargestellten Form der Investitionsprogrammplanung nicht adäquat berücksichtigen lassen. Zwar kann deren Durchführung durch die Definition von Untergrenzen im Sinne von Mindestzielen (hier z. B. bei Investitionsprojekt 3 oder 10, 11 und 12) erreicht werden.<sup>2</sup> Das ist aber nur im Einzelfall angezeigt und führt nur dann zu sinnvollen Ergebnissen, wenn – wie hier – die Erfüllung der Mindestziele

<sup>1</sup> Vgl. zur Definition von Kosten als sachzielorientierte Bewertung einerseits Schweizer/Küpper [Systeme] 36, Troßmann/Baumeister [Rechnungswesen] 17 f. und als negativer Nutzen z. B. Hanusch [Nutzen-Kosten-Analyse] 119.

<sup>2</sup> Vgl. Rothe [Unternehmensansiedlungen] 191 f.

das gesamte Finanzbudget aufbraucht. Grundsätzlich zwingt ein entscheidungslogischer Ansatz zur Berücksichtigung der nichtfinanziellen Wirkung. Für Programmentscheidungen der öffentlichen Hand müssen also nichtfinanzielle und finanzielle Wirkungen in einem Modell integriert werden.

## **2. Ansätze zur Berücksichtigung nichtfinanzieller Ziele bei Programm-entscheidungen der öffentlichen Hand**

Für die weiteren Ausführungen wird vorausgesetzt, dass allein die Berücksichtigung eines nichtfinanziellen Ziels zu einem Mehrzielproblem führt, mindestens also ein finanzielles und ein nichtfinanzielles Ziel betrachtet werden. In der Literatur wird für Mehrfachzielsetzungen bei Programm-entscheidungen vorgeschlagen, das Programmplanungsproblem in Richtung aller Ziele gleichzeitig zu lösen, ohne auf Nutzenkonzepte und Substitutionsmöglichkeiten zurückzugreifen.<sup>1</sup> Die Ergebnisse solcher Modelle können „nur“ die Dominanzbeziehungen der verschiedenen Investitionsalternativen darstellen. Das ist eine wichtige Information, denn sie scheidet diejenigen Alternativen aus, die nicht effizient sind, also dominiert werden. Einen Entscheidungsvorschlag für ein konkretes Investitionsprogramm können sie naturgemäß nicht geben, wenn nicht ausnahmsweise ein Investitionsprogramm dominant ist. Dann benötigt es Kompromissmodelle, welche die verschiedenen Zielerträge z. B. durch einfache Gewichtung vergleichbar machen. Einen anderen Ansatz nutzen interaktive Verfahren, die die effiziente Menge von Investitionsprogrammen durch Rückfragen an den Entscheidungsträger sukzessive einschränken, bis ein konkretes Investitionsprogramm identifiziert wurde.<sup>2</sup>

Entscheidungslogisch werfen bei interaktiven Verfahren die Ganzzahligkeitsbedingungen von Investitionen große Herausforderungen auf. Hinzu tritt, dass diese versuchen, einen nutzwertanalytischen Ansatz zu vermeiden, d. h. nicht auf explizit formulierte und ex ante festgelegte Wertfunktionen zurückzugreifen. Das steht dem hier vertretenen Ansatz, mit den me-

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Moog [Mehrfachzielsetzung] 48 ff., Rothe [Unternehmensansiedlungen] 186 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Isermann [mehrfache Zielsetzung] 488 ff.

thodischen Vorgaben für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der öffentlichen Hand zu arbeiten, entgegen. Zudem tritt, dass sich die gefundene Lösung, also der Weg der Entscheidung kaum dokumentieren und nur schwerlich nachvollziehen lässt. Die Verfahren formulieren die Entscheidungsregeln sozusagen implizit, ohne sie aufzudecken. Das mag im Allgemeinen für Entscheidungen akzeptabel sein, für Entscheidungen der öffentlichen Hand sind Zweifel nicht von der Hand zu weisen.

Nachfolgend soll vielmehr dargestellt werden, wie die Nutzwertanalyse zu gestalten ist, sodass deren Ergebnisse in den üblichen Modellen zur Programmplanung verwendet werden können. Dabei werden durch die Nutzwertanalyse nur nichtfinanzielle Zielwirkungen erfasst, für die öffentliche Hand in erster Linie die positiven Rückflüsse einer öffentlichen Investition. Zwar lässt sich einwenden, dass die Nutzwertanalyse als Mehrzielansatz auch finanzielle Ziele verarbeiten kann. Gerade bei den finanziellen Zielen bestehen erhebliche Interdependenzen zwischen den einzelnen Projekten, was sich auch daran zeigt, dass sich für ein einzelnes Projekt in einer Programmentscheidung nur das Vorzeichen des Kapitalwerts aussagekräftig ermitteln lässt. Absolut lässt sich nur der Kapitalwert einzelner Programmalternativen bestimmen. Das trifft im Übrigen auch auf alle anderen Formen aggregierter finanzieller Zielgrößen zu.

Für die öffentliche Hand soll bei Programmentscheidungen davon ausgegangen werden, dass das Zielausmaß des finanziellen Ziels mit einer satisfizierenden Höchst- bzw. Mindestgrenze in Form der Liquiditätssicherung adäquat erfasst wird.<sup>1</sup> Inwieweit eine finanzielle Höchstgrenze ausgeschöpft wird, soll unbeachtet bleiben und sich nicht in verändertem Nutzen auswirken. Dieses veränderte Zielausmaß kennzeichnet den Unterschied zu Projektentscheidungen, die das finanzielle Ziel als Extremierungsziel (neben anderen Zielen) in Richtung einer Minimierung der Ausgaben erfassen. Dem liegt zugrunde, dass die öffentliche Hand dem finanziellen Ziel auf Ebene einzelner Projekte einen eigenständigen Wert zuweist, da die Mindererfüllung des finanziellen Ziels die Handlungsmöglichkeiten bei an-

---

<sup>1</sup> Vgl. zu den Gestaltungsformen des Zielausmaßes z. B. Troßmann [Investition] 16.

deren Entscheidungen verringert. Dieser opportunistische Aspekt des finanziellen Ziels wird in der Investitionsprogrammplanung explizit erfasst und darf, um den Effekt nicht doppelt zu berücksichtigen, nicht auf Ebene des einzelnen Projekts erneut einfließen; ganz davon abgesehen, dass dies entscheidungslogisch auch nicht möglich ist.

### **3. Nutzwertanalytischer Ansatz zur nichtfinanziellen Bewertung von Programmentscheidungen der öffentlichen Hand**

Im Grundmodell bildet die Nutzwertanalyse eine Rangfolge über einzelne Alternativen.<sup>1</sup> Damit war sie vorzugsweise für Auswahlentscheidungen nutzbar. Prinzipiell spricht nichts gegen den Einsatz der Nutzwertanalyse auch bei Programmentscheidungen.<sup>2</sup> Störend ist nur der Begriff der Alternative. Dabei handelt es sich nicht um das einzelne Investitionsprojekt, sondern vielmehr um ein konkretes Bündel – also Programm – von Investitionsprojekten.

Nun wäre es recht umständlich und aufwendig, wenn in diesem Sinn jede denkbare Alternative zu bewerten wäre, schließlich ergeben sich bei  $n$  Projekten bis zu  $2^n$  alternative Möglichkeiten diese zu Programmen zusammenzufassen.<sup>3</sup> Weniger aufwendig und voraussichtlich auch nachvollziehbarer, wäre die Bewertung der einzelnen Projekte mit der Nutzwertanalyse und die Verarbeitung dieser in einem Modell. Dazu müssten die üblichen Voraussetzungen der Nutzwertanalyse nun auch für die Zusammenstellung von Programmen aus einzelnen Projekten gelten. Die einzelnen Projekte – mindestens die sie repräsentierenden Nutzwerte – müssen (weitestgehend) unabhängig voneinander sein, sodass die Zusammenstellung zweier Programme A und B, die beide ein weiteres beliebiges Projekt c aufnehmen, sich um denselben Nutzwert – und zwar den von Projekt c – erhöhen. Kann für einzelne Projekte die besagte Unabhängigkeit nicht angenommen werden, weil diese gewisse Interdependenzen aufweisen,<sup>4</sup> sind die betroffenen

---

<sup>1</sup> Vgl. Zangemeister [Nutzwertanalyse] 45 f.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Zangemeister [Nutzwertanalyse] 35.

<sup>3</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 211, wenn die Alternative kein Projekt auszuwählen als ein Programm berücksichtigt wird.

<sup>4</sup> Vgl. zu den Gründen für Interdependenzen Ewert/Wagenhofer [Unternehmensrechnung] 387 ff., Laux/Liermann [Organisation] 191 ff., Troßmann [Controlling] 18 ff.

Projekte zu einem oder mehreren Bündeln zusammenzufassen. Diese Bündel bestehen aus ebenen Projekten, auf die sich die Interdependenzen beziehen. Sie müssen dann jeweils gemeinsam bewertet werden.

Ebenso müssen Ziele, deren Erträge über die einzelnen Projekte Interdependenzen aufweisen, gesondert betrachtet werden. Solche Interdependenzen sind für verschiedene Ziele vorstellbar, vor allem bei finanziellen Zielen sind sie aufgrund beschränkter Finanzbudgets anzunehmen. Soll nicht ein über die finanzielle Wirkung hinausgehendes Ziel damit erfasst werden (z. B. Kommunikationsprobleme aufgrund sehr hoher Ausgaben) sind sie aus dem nutzwertanalytischen Ansatz herauszulösen.<sup>1</sup>

Ein entscheidungslogischer Aufbau der zugrunde liegenden Nutzwertanalyse ist zudem eine notwendige Voraussetzung der folgenden Modelle. Wenig entscheidungsorientierte Ansätze ziehen sich oftmals darauf zurück, den resultierenden Nutzwert nur als Maß für eine ordinale Rangfolge der Projekte zu verwenden.<sup>2</sup> Für ordinale Nutzwerte würde sich der hier vorgeschlagene Ansatz verbieten. Es benötigt mindestens kardinalskalierte Nutzwerte, für die vorangegangen die methodischen Grundlagen skizziert und die im Weiteren angenommen werden.<sup>3</sup> Ansonsten wäre schon aufgrund des Skalenniveaus z. B. eine einfache Summenbildung unzulässig.

Neben diesen methodischen Fragen der Bewertung einzelner Projekte mit der Nutzwertanalyse zur Vorbereitung auf eine Verwendung für die Programmplanung, stellen sich inhaltliche Fragen der Bewertung. Bei der Nutzwertanalyse für Projektentscheidungen noch eher selten, könnten bei Programmentscheidungen inhaltlich äußerst unterschiedliche Projekte bewertet werden. Das hätte zur Folge, dass sehr viele unterschiedliche (nichtfinanzielle) Ziele in die Bewertung einfließen. Dabei wird das einzelne Projekt

---

<sup>1</sup> Ganz ähnlich argumentiert Troßmann bei zwei – auf den ersten Blick – nicht unabhängigen Zielen einer Nutzwertanalyse beim Autokauf: die Gesamtausgaben und die Reparaturanfälligkeit. Letzteres Ziel stellt die Unannehmlichkeiten eines defekten Autos dar, nicht die fälligen Reparaturausgaben, vgl. Troßmann [Investition] 24.

<sup>2</sup> Vgl. z. B. Busse von Colbe/Witte [Investitionsrechnung] 329; am Rande sei darauf hingewiesen, dass es ordinale Nutzwerte nach dem (unveränderten) nutzwertanalytischen Ansatz nicht geben kann, da kardinale Teilbewertungen eine Prämisse der Nutzwertanalyse darstellen, vgl. dazu Bechmann [Nutzwertanalyse] 39 und insb. 54 f.

<sup>3</sup> Vgl. Sailer [Investitionsplanung] 6 ff.

nur bei einigen wenigen Zielen auch Erträge liefern, was für die Abschätzung von Höhenpräferenzen in Punktwertfunktionen noch akzeptabel sein kann, spätestens bei der Definition von Zielartenpräferenzen mit Gewichtungsfaktoren allerdings zu einer Überforderung der Entscheidungsträger führen wird. Bei einer sehr großen Zahl von Zielen, müssten äußerst viele Indifferenzurteile getroffen werden, deren Zusammenspiel dann nur schwerlich zu überblicken ist. Lassen die Projekte eine gewisse inhaltliche Gruppierung zu, könnte das Zielsystem innerhalb einer Gruppe – diese Gruppe soll im Weiteren als Investitionsfeld bezeichnet werden – homogen sein. Der Vergleich von Zielen aus verschiedenen Investitionsfeldern mit unterschiedlichen Zielsystemen ist vielmehr problembehaftet,<sup>1</sup> allen voran, da kaum zu erwarten ist, dass eine relevante Menge von Alternativen über mehrere solcher Zielsysteme hinweg Zielerträge liefert. Ein Vergleich dieser Zielerträge ist dann auch kaum mehr vorstellbar. Diesen Überlegungen liegt eine umfassende Nutzwertanalyse zugrunde, die aus einem Ansatz heraus alle Projekte bewertet.

Ein Vorschlag von Moll setzt am letztgenannten Problem an.<sup>2</sup> Statt in einem nutzwertanalytischen Ansatz alle Projekte zu bewerten, sind diese zunächst zu gruppieren, bevor gleichwertige Projekte eines Investitionsfelds jeweils in einem nutzwertanalytischen Ansatz bewertet werden. Diese Vorgehensweise wirft nicht nur für die öffentliche Hand zwei Grundfragen auf: Die eine betrifft die Zerlegung der Projektmenge, also insbesondere in welche Investitionsfelder und nach welchen Merkmalen die Projekte gruppiert werden können. Andererseits muss betrachtet werden, wie diese Teilbewertungen in einem gemeinsamen Programmansatz vergleichbar gemacht werden können.

Um die Menge aller Projekte zu kategorisieren, bietet es sich an, auf bestehende Einteilungen zurückzugreifen. Bei der öffentlichen Hand wäre etwa an die Aufteilung der Verwaltungsaufgaben von Bund und Ländern anhand von Ressorts bzw. von Gemeinden anhand von Ämtern oder Dezernaten zu denken. Ein besonders attraktiver Ansatz, gerade wenn Teilbewertungen

---

<sup>1</sup> Vgl. zu den Problemen sehr breiter Zielbäume Weber [Rechnungswesen] 91 f.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Moll [Budgetierung] 125 ff.

– also die Nutzwertanalyse von Projekten eines Investitionsfeldes – delegiert werden. Die organisatorischen Zuständigkeiten liegen dann auf der Hand. Ein anderer, besonders fruchtbarer Ansatz ist die Einteilung nach Produktbereichen, für die Gebietskörperschaften. Für Bund und Länder existiert dabei ein gemeinsamer integrierter Produktrahmen, für die Kommunen jeweils ein landesspezifischer kommunaler Produktplan.<sup>1</sup> Sie richten sich jeweils darauf, die Verwaltungsleistungen als Produkte aufzufassen und entsprechend zu kategorisieren.

Unabhängig von der konkreten Einteilung nach Investitionsfeldern, muss es offensichtlich bei mehr oder weniger vielen Projekten zu Konflikten bei der Einteilung in die Investitionsfelder kommen. Einen solchen stellt das Bundesfinanzministerium in den allgemeinen Hinweisen Nr. 4 dem integrierten Produktrahmen voran. Z. B. die Investition in ein „Gefängnis Krankenhaus“, die prinzipiell eine Zuordnung zu „2 Justiz“ und „6 Gesundheit“ möglich erscheinen lässt. Grundsätzlich werden „Gefängnis Krankenhäuser“ aber dem Produktbereich „2 Justiz“ zugeordnet. Die Einordnung im integrierten Produktrahmen erfolgt nach dem primären oder hauptsächlich verfolgten Zweck, aber ohne einen entsprechenden Kontext fällt die Zuordnung naturgemäß schwer. Für die Zwecke von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen muss diesen Vorgaben nicht gefolgt werden. In einer Programmplanung wird sich in den allermeisten Fällen aus dem Kontext der übrigen Projekte ergeben, welchem Investitionsfeld diese zuzuordnen sind. Denkt man an Entscheidungen während einer pandemischen Virus-Erkrankung der Bevölkerung, wäre die Alternative womöglich doch dem Produktbereich „6 Gesundheit“ zuzuordnen.<sup>2</sup>

Soll die Teilbewertung der einzelnen Projekte delegiert werden,<sup>3</sup> ist es ratsam, über die Einordnung der Projekte nach Investitionsfeldern zentral zu entscheiden. Zumindest gilt es zu bedenken, dass der Agent – die zentrale Einheit ist also der Prinzipal – einen gewissen Anreiz verspürt, die ihm wich-

---

<sup>1</sup> Vgl. zum integrierten Produktrahmen Bundesministerium der Finanzen [Produktrahmen], zum kommunalen Produktplan für Baden-Württemberg vgl. Innenministerium Baden-Württemberg [Produktplan].

<sup>2</sup> Anders vgl. Bundesministerium der Finanzen [Produktrahmen] 3.

<sup>3</sup> Vgl. Moll [Budgetierung] 126.

tigen Projekte so darzustellen, dass sie einem Investitionsfeld zugeordnet werden, von dem er ausgeht, dass es wiederum dem Prinzipal wichtig ist. Im Weiteren sei angenommen, dass es gelingt eine solche Einteilung vorzunehmen und dass die verbleibenden Konflikte durch Zusammenlegen (oder Trennen) von Investitionsfeldern ausgeräumt werden können.

Abb. E-7 zeigt beispielhaft eine Menge von Projekten eines kommunalen Entscheidungsträgers bei einer Programmentscheidung. Die Projekte 1 bis 12 aus dem Kapitel E.II.1 entsprechen den nachfolgenden Projekten. Bisher wurden nur die finanziellen Wirkungen berücksichtigt. Die nachfolgende Betrachtung bezieht sich demgegenüber ausschließlich auf die nichtfinanzielle Wirkung der Projekte. Die finanziellen und nichtfinanziellen Wirkungen in einem Modell zu berücksichtigen, setzt sich Kapitel E.III zum Ziel. Die (isolierte) Entscheidung über die Fortführung des städtischen Freibades findet sich – neben drei weiteren Investitionsfeldern – im Investitionsfeld „Kultur- und Sportprojekte“ wieder.<sup>1</sup> Die schraffierten Projekte bilden in gewisser Weise Sonderfälle: Bestehende Stadtbusse mit Diesel-Verbrennungsmotoren können durch Fahrzeuge mit vollelektrischem Antrieb ersetzt werden ( $i = 1$ ). Das ist bis zu einer Anzahl von sechs Fahrzeugen unverändert möglich. Eine zusätzliche Stadtbuslinie ( $i = 3$ ) muss in einem Teilort eingeführt werden, in zwei weiteren Teilorten kann sie zu gleichen Bedingungen aufgebaut werden. Allgemein handelt es sich also um wiederholbare Investitionsprojekte. Für die Fortführung des Freibades hingegen sind bekanntermaßen drei verschiedene Varianten möglich, die sich allerdings gegenseitig ausschließen; wiederum eine davon muss ausgewählt werden.

Es ist davon auszugehen, dass zwei Projekte aus unterschiedlichen Investitionsfeldern trotz gleichem Nutzwert unterschiedlich präferiert werden. Durch Gewichtung könnten sie sich prinzipiell vergleichbar machen lassen.<sup>2</sup> Eine solche Investitionsfeldpräferenz müsste dann als aggregierte Zielenpräferenz interpretiert werden, entsprechende Indifferenzurteile müssten

---

<sup>1</sup> Die Einteilung orientiert sich an den Produktbereichen „54 Verkehrsflächen und -anlagen, ÖPNV“, „36 Kinder-, Jugend- und Familienhilfe“, „21 Schulträgeraufgaben“ sowie der zusammengefassten Produktbereiche 21-25 und 42 aus Kultur- und Sportförderung, vgl. Innenministerium Baden-Württemberg [Produktplan] 2 f.

<sup>2</sup> Vgl. Moll [Budgetierung] 127 f.

dann die Nutzwerte der Projekte vergleichen. Dazu soll zunächst der Index  $f$  eingeführt werden, der das jeweilige Investitionsfeld differenziert (hier also  $f \in 1, \dots, 4$ ). Sinnvoll ist es, die Indifferenzurteile auf Basis von Nutzwerten zweier mittlerer Projekte  $i$  aus zwei unterschiedlichen Investitionsfeldern  $f$  zu vergleichen. Ergibt sich nicht unmittelbar ein Indifferenzurteil, könnte ein Projekt mit höherem Nutzwert aus dem Investitionsfeld des nicht präferierten Projekts herangezogen werden oder – dann umgekehrt – für das Investitionsfeld des präferierten Projekts eines mit niedrigerem Nutzwert. Dreht sich das Präferenzurteil um, ist immerhin bekannt, in welchem Bereich das Indifferenzurteil liegen müsste. Durch sukzessive Veränderung des Nutzwerts lässt sich das Indifferenzurteil letztendlich auffinden. Es ist zu betrachten, welche Zielertragsänderungen die Nutzwertänderungen auslösen, um eine Abstimmung mit Höhen- und Artenpräferenzen sicherzustellen.

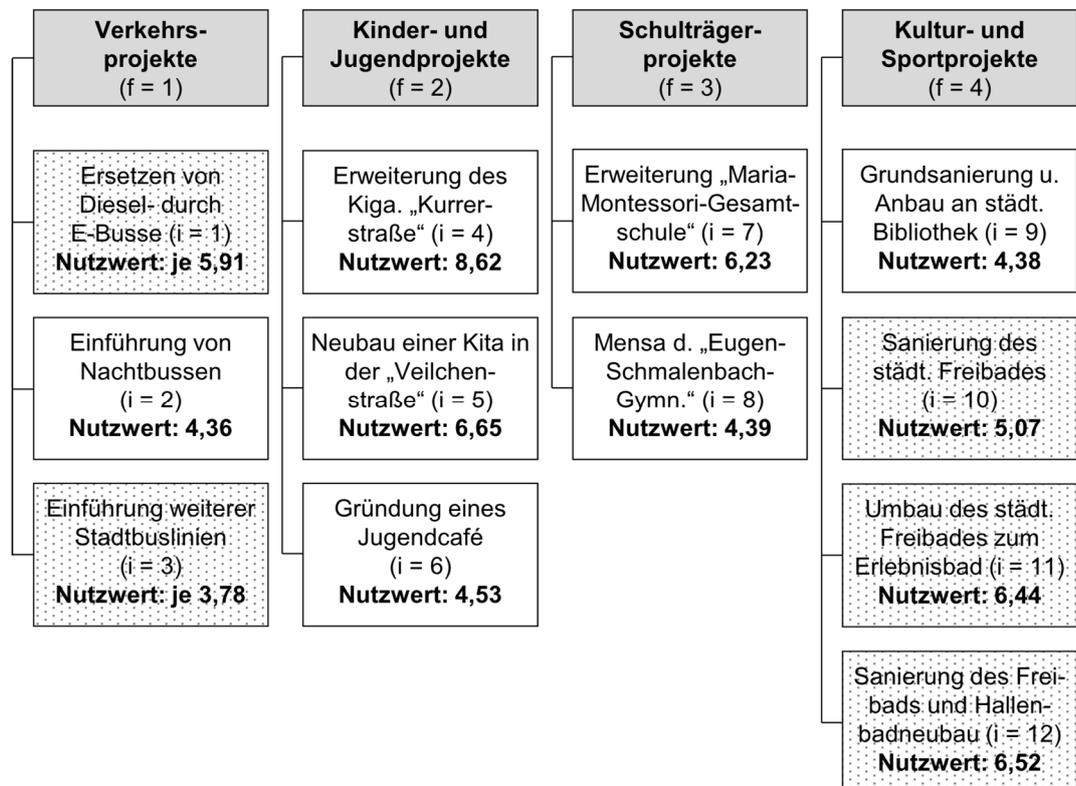


Abb. E-7: Beispiel für Projekte mit isoliert bestimmten Nutzwerten für eine kommunale Investitionsprogrammentscheidung

Dass eine solche Investitionsfeldpräferenz nötig wird, wenn die einzelnen Investitionsprojekte nicht in einem gemeinsamen nutzwertanalytischen An-

satz bewertet werden, ergibt sich auch aus theoretischen Überlegungen zur Skalierung von Nutzwerten. Die Nutzwerte, als Ergebnisse einer Nutzwertanalyse, sind kardinalskaliert. Im Gegensatz zu verhältnisskalierten Daten besitzen sie oftmals keinen natürlichen Nullpunkt,<sup>1</sup> wengleich das übliche Intervall von 0 bis 10 dies suggeriert. Daher kann eine Gewichtung mit gleichbleibenden Gewichtungsfaktoren entscheidungslogisch nur akzeptiert werden – prinzipiell ist sie unzulässig, denn auch das unbekannte Nutzenniveau hätte entscheidenden Einfluss –<sup>2</sup>, wenn sich die Projekte nicht zu sehr unterscheiden. Gelten können diese Gewichtungen dann nur für die Projekte eines Vergleichsansatzes, hier also eines Investitionsfeldes. Um sie wiederum mit Projekten anderer Vergleichsansätze bzw. Investitionsfeldern zu vergleichen, muss mindestens das Nutzenniveau der einzelnen Vergleichsansätze bzw. Investitionsfelder berücksichtigt werden, was durch die Investitionsfeldgewichte erreicht werden kann. Ein Beispiel soll die Überlegungen verdeutlichen:

Eine Alternative aus einem energiewirtschaftlichen Investitionsfeld ist die Subventionierung der Investition in ein kommunales Erdgaskraftwerk zur Stromerzeugung in Höhe von 150 Mio. Euro. Diese wird mit einer Alternative aus einem Investitionsfeld der inneren Sicherheit verglichen, z. B. zehn neuer Stellen für drei Jahre bei der Landespolizei, wofür mit 1,5 Mio. Euro gerechnet wird. Beide Projekte haben bei einem Vergleich mit Projekten des eigenen Investitionsfelds einen Nutzwert von 5 erreicht. Ganz offensichtlich lassen sie sich noch nicht recht vergleichen, da sie sich in ihrem Nutzenniveau sehr stark unterscheiden, worauf auch ein sehr unterschiedlicher Bedarf finanzieller Mittel hindeutet. Wenn der öffentlichen Hand das Investitionsfeld der inneren Sicherheit wichtiger als das energiewirtschaftliche Investitionsfeld ist, würden in einem gemeinsamen nutzwertanalytischen Ansatz die Zielgewichte eine Präferenz für das Investitionsfeld der inneren Sicherheit anzeigen. Allerdings würden wohl die Höhenpräferenzen zeigen, dass es sich hier um zwei Alternativen handelt, die auf völlig unterschiedli-

---

<sup>1</sup> Vgl. für vier Skalenarten, vgl. z. B. Backhaus u. a. [Analysemethoden] 7 ff.

<sup>2</sup> So ließe sich erklären, weshalb die Gewichtungsfaktoren teilweise abhängig von der Höhe der Zielerträge sind, vgl. dazu Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 156 ff.

chem Niveau Nutzen stiften. Eher vergleichbar wären die Alternativen, wenn über 1.000 neue Stellen zu insgesamt 150 Mio. Euro bei der Landespolizei entschieden würde. Dieses Beispiel zeigt, dass es unbedingt gefordert ist, diese Investitionsfeldpräferenzen mit Indifferenzurteilen festzulegen und dabei die eigentlichen Zielerträge im Blick zu behalten. Das Beispiel deutet bereits an, dass ein Indifferenzurteil zu finden ist, indem die Zielerträge einzelner Alternativen zu verändern sind.

Werden  $m$  Investitionsfelder unterschieden, müssen mindestens  $m - 1$  Indifferenzurteile getroffen werden, die jeweils linear unabhängig sind. Das bedeutet, jedes Investitionsfeld muss in mindestens einem der  $m - 1$  Vergleiche enthalten sein. Der Gewichtungsfaktor eines Investitionsfeldes, der als Referenzwert dienen soll, kann auf 1 festgelegt werden. Um aus den Indifferenzurteilen auf die zugrunde liegenden Zielgewichte der Projektartpräferenzen zu schließen, können diese als Gleichungssystem nach (E.8) aufgefasst werden.

$$\begin{aligned}
 g_1 \cdot N_{i1} &= g_2 \cdot N_{i2} \\
 \dots &= \dots \\
 g_f \cdot N_{if} &= g_{f+1} \cdot N_{i,f+1} \\
 \dots &= \dots \\
 g_{F-1} \cdot N_{i,F-1} &= g_F \cdot N_{if} \\
 g_F &= 1
 \end{aligned}
 \tag{E.8}$$

Für unser Beispiel soll der Entscheidungsträger mit den Methoden aus C.II.1.c Indifferenzurteile gefunden haben, die im nachfolgenden Gleichungssystem (E.9) zusammengefasst wurden.

$$\begin{aligned}
 6 \cdot g_1 &= 3 \cdot g_2 & 2 \cdot g_1 & -g_2 & & = 0 \\
 5,5 \cdot g_2 &= 6,23 \cdot g_3 & \Leftrightarrow & 0,8828 \cdot g_2 & -g_3 & = 0 \\
 4,39 \cdot g_3 &= 2,5 \cdot g_4 & & & 1,756 \cdot g_3 & -g_4 = 0 \\
 g_4 &= 1 & & & & g_4 = 1
 \end{aligned}
 \tag{E.9}$$

Damit kein Projekt Nutzwerte über 10 erhält – was der Interpretation schadet – wird das größte Investitionsfeldgewicht (hier  $f = 4$ ) auf  $g_4 = 100\%$  festgelegt. Für die Übrigen ergeben sich  $g_1 \approx 32,25\%$ ,  $g_2 = 64,51\%$  und  $g_3 = 56,95\%$ . Abb. E-8 zeigt die vergleichbaren Nutzwerte der Projekte.

Investitionsfeld	Projekt	isolierter Nutzwert	Projektfeldgewicht	vergleichbarer Nutzwert
f Bezeichnung	i Bezeichnung	$NW_{if}$	$g_f$	$N_i$
1 Verkehrsprojekte	1 E-Stadtbus	5,91	32,25 %	1,91
	2 Stadtbuslinie A	4,36	32,25 %	1,41
	3 Stadtbuslinie B	3,78	32,25 %	1,22
2 Kinder- u. Jugendprojekte	4 KiGa Kurrerstraße	8,62	64,51 %	5,56
	5 KiTa Veilchenstraße	6,65	64,51 %	4,29
	6 Jugend Café	4,53	64,51 %	2,92
3 Schulträgerprojekte	7 „Maria-Montessori-Gesamtschule“	6,23	56,95 %	3,55
	8 „Eugen-Schmalenbach-Gymnasium“	4,39	56,95 %	2,5
4 Kultur- und Sportprojekte	9 Bibliothek	4,38	100 %	4,38
	10 Generalsanierung Freibad	5,33	100 %	5,07
	11 Erlebnisbad	6,12	100 %	6,44
	12 Freibad und Hallenbad	6,47	100 %	6,52

Abb. E-8: Vergleichbare Nutzwerte im Fallbeispiel einer kommunalen Investitionsprogrammentscheidung

Ein strukturierter, auf isolierten Nutzwertanalysen basierender und daher einfacher Ansatz wurde hier vorgestellt. Insgesamt besteht in diesem Punkt Forschungsbedarf, namentlich, wie sich eine große Anzahl von Projekten bei weitestgehend unabhängigen Zielsystemen mit Wertfunktionen vergleichen lassen. Andererseits könnte auch ein simultaner nutzwertanalytischer Ansatz gewählt werden, der alle Projekte gleichzeitig bewertet. Das bietet sich vor allem dann an, wenn ein Ziel oder ein Investitionsfeld die Entscheidungssituation maßgeblich ausmacht. Z.B. wäre an eine Programmentscheidung über Verteidigungsprojekte zu denken, bei der alle zur Wahl stehenden Projekte mehr oder weniger vergleichbar sind, grundsätzlich aber die Verteidigungsfähigkeit abstrakt ansprechen. Dann müssen die einzelnen Investitionsfelder nicht erst vergleichbar gemacht werden. Die Bewertung ist desto schwieriger, je unterschiedlicher die Zielsysteme der Projekte sind. Bei den weiteren Ausführungen ist in jedem Fall anzunehmen, dass sich für jedes Projekt ein mit allen anderen Projekten vergleichbarer Nutzwert bestimmen lässt.

### III. Modell zur Entscheidung der öffentlichen Hand über Investitionsprogramme

#### 1. Ausgangsmodell bei Entscheidungen über öffentliche Investitionsprogramme

Die nachfolgenden Überlegungen setzen voraus, dass für die zur Wahl stehenden Projekte (nur) die nichtfinanziellen Zielerträge mit eindeutigen (barwertigen) Nutzwerten bewertet wurden. Die finanziellen Konsequenzen der Projekte hingegen werden nicht zusammengefasst, gehen also als zeitlich differenzierte Zahlungsreihen in das Modell ein. In dieser Form wird also dem finanziellen Ziel nur der Raum zur Sicherung der Liquidität zugestanden. Für die öffentliche Hand passender steht weniger die Liquiditätssicherung als vielmehr die Einhaltung von Investitionsbudgets im Vordergrund. Um nun die nichtfinanziellen Ziele in Form von Nutzwerten bei Entscheidungen über Investitionsprogramme zu berücksichtigen, ist die Zielfunktion des Modells so zu formulieren, dass ein Investitionsprogramm mit maximalem Nutzwert gesucht wird. Die Nebenbedingungen betreffen dann die Budgeteinhaltung. Entsprechende Ansätze sind in der Literatur rar.<sup>1</sup>

Die finanziellen Konsequenzen des einzelnen Investitionsprojekts  $i$  beschreibt der Zahlungsvektor  $\vec{z}_i$ . Die nichtfinanziellen Zielerträge bilden die Zielertragsmatrix  $\mathbf{Z}_i$ , die über die vorangegangene dargelegte Ausgestaltung der Nutzwertanalyse z. B. zu einem barwertigen Nutzwert  $N_i$  aggregiert und vergleichbar gemacht werden können. Sie enthalten keine finanziellen Wirkungen des Investitionsprojekts. Das einzelne Investitionsprojekt  $i$  geht zusammengefasst gemäß (E.10) in das Modell ein.

$$\vec{z}_i = \begin{pmatrix} z_{0i} \\ \vdots \\ z_{ti} \\ \vdots \\ z_{Ti} \end{pmatrix} \text{ und } b_i^l = N_i = u(\mathbf{Z}_i) \quad (\text{E.10})$$

---

<sup>1</sup> Vgl. zu jeweils einperiodigen Ansätzen auch im Weiteren Moll [Budgetierung] 156 f., Strebels [öffentliche Betriebe] 75 f.; zu einem fortgeschrittenen dynamischen Ansatz vgl. Sailer [Investitionsplanung] 82 ff., wobei die Modelle nicht (mehr) den üblichen Formulierungen (finanzieller) Investitionsprogrammplanungen entsprechen.

Wird nun nach dem Investitionsprogramm gesucht, das zum insgesamt höchsten Nutzwert führt, dann geht der Nutzwert  $N_i$  im Produkt mit der Variable für die Durchführungshäufigkeit  $x_i^I$  des Investitionsprojekts  $i$  in die zu maximierende Zielfunktion ein. Die (Investitions-)Budgetrestriktionen lehnen sich an die Liquiditätsnebenbedingungen aus Kapitel E.1 an. Das Investitionsbudget einer Periode  $t$  entspricht dann den (negativen) autonomen Ausgaben der Periode  $t$ . Die Nebenbedingungen zur Begrenzung der Durchführungshäufigkeit bleiben unverändert gültig. (E.11) zeigt formal das gesamte Modell.

Zielfunktion:

$$\sum_{i=1}^I b_i^I \cdot x_i^I \rightarrow \max \text{ wobei } b_i^I = N_i$$

Budgetrestriktionen:

$$\sum_{i=1}^I z_{ti}^I \cdot x_i^I + \sum_{k=1}^K z_{tk}^F \cdot x_k^F \geq d_t \quad \text{für } t = 0, 1, 2, \dots, T \quad (\text{E.11})$$

Nebenbedingungen zu den Durchführungshäufigkeiten:

$$x_i^I \geq U_i^I \text{ und } x_i^I \leq O_i^I \quad \text{für } i = 1, 2, \dots, I$$

$$x_k^F \geq U_k^F \text{ und } x_k^F \leq O_k^F \quad \text{für } k = 1, 2, \dots, K$$

Dieses Modell maximiert den barwertigen Nutzwert des Investitionsprogramms, unter der Bedingung, die dafür vorgesehenen (periodenindividuellen) Investitionsbudgets nicht zu überschreiten. Die finanziellen Konsequenzen des Investitionsprogramms werden nicht aggregiert. Ungenutzte finanzielle Mittel verbleiben in deren jeweiligen Entstehungsperioden. Nachfolgend soll das Modell anhand des begleitenden Fallbeispiels verdeutlicht werden. Die barwertigen Nutzwerte des Investitionsprogramms für die Projekte 1 bis 12 sind in Abb. E-8 aufgeführt. Die Finanzierungssituation sowie die Zahlungsüberschüsse der Projekte entsprechen denen aus Abb. E-1. Nachfolgende Abb. E-9 fasst den Ansatz zusammen.<sup>1</sup> Eine zusätzliche Nebenbedingung berücksichtigt, dass die Investition in die öffentlichen Bäder zwingend ist, sich die drei Alternativen ( $i = 10, 11, 12$ ) allerdings gegenseitig ausschließen.

---

<sup>1</sup> Zur Lösung findet sich ein Modell im Anhang II.2 in der Modellierungssprache von Xpress.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	Zahlungswirkungen von Investitionsprojekt i												Zahlungswirkungen von Finanzierungsgeschäft k													
	Vektor der Zielkoeffizienten													→ max!												
	$\begin{pmatrix} 1,91 & 1,41 & 1,22 & 5,56 & 4,29 & 2,92 & 3,55 & 2,50 & 4,38 & 5,07 & 6,44 & 6,52 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$													$\begin{pmatrix} -100 \\ -150 \\ -180 \\ -200 \\ -230 \\ -200 \end{pmatrix}$												
	Koeffizienten der Liquiditätsrestriktionen (in T€)													=												
0	$\begin{pmatrix} -450 & -40 & -150 & -250 & -750 & -150 & -500 & -250 & -1.000 & -1.500 & -3.100 & -2.100 & -100 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$													$\begin{pmatrix} 100 & -19,85 & 0 \\ -2,5 & -19,85 & 100,00 \\ -2,5 & 0 & -35,69 \\ -2,5 & 100 & -35,69 \\ -2,5 & -31,39 & -35,69 \\ -104,25 & -102,5 & -31,39 & 0,00 \end{pmatrix}$												
1	$\begin{pmatrix} 50 & -5 & -150 & 5 & 50 & -100 & -200 & 20 & -500 & -100 & -1.500 & -900 & 101 & -100 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$													$\begin{pmatrix} 100 & 0 \end{pmatrix}$												
2	$\begin{pmatrix} 50 & 10 & -150 & 10 & 110 & -100 & -10 & 50 & -50 & -80 & 100 & -120 & 0 & 101 & -100 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$													$\begin{pmatrix} 100 & 0 \end{pmatrix}$												
3	$\begin{pmatrix} 50 & 15 & -150 & 10 & 145 & -100 & -10 & 70 & 0 & -150 & 110 & -180 & 0 & 0 & -103,75 & 100 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$													$\begin{pmatrix} 100 & 0 \end{pmatrix}$												
4	$\begin{pmatrix} 50 & 15 & -150 & 10 & 175 & -100 & -10 & 70 & 0 & -100 & 120 & -120 & 0 & 0 & 101,5 & -100 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$													$\begin{pmatrix} 100 & 0 \end{pmatrix}$												
5	$\begin{pmatrix} 350 & 20 & -150 & 10 & 550 & -100 & -10 & 70 & 0 & 1.500 & 4.000 & 2.000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$													$\begin{pmatrix} 0 & 0 \end{pmatrix}$												
	Restriktion der Projekte kommunaler Bäder													=												
	$\begin{pmatrix} 0 & 0 \end{pmatrix}$													$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$												
	Gültigkeitsgrenzen der Entscheidungsvariablen $x_i^l$ und $x_k^r$													=												
	$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$													$\begin{pmatrix} -15 \\ -10 & 0 \end{pmatrix}$												
	$\begin{pmatrix} 6 & 1 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 30 & 30 & 5,86 & 11,22 & 16,55 & 20,29,75 & 20 & 20 & 20 & 20 & 20 & 10 & 15 \end{pmatrix}$													$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$												

Abb. E-9: Investitionsprogrammplanungsmodell mit nutzenmaximierender Zielfunktion zum kommunalen Fallbeispiel

Das optimale Investitions- und Finanzierungsprogramm zum obigen Investitionsmodell in Abb. E-10 zeigt auf den ersten Blick nur geringfügige Abweichungen zum vorangegangenen Modell, das ausschließlich die finanziellen Wirkungen der Investitionsprojekte berücksichtigte. Es fällt auf, dass die Dualwerte der periodenindividuellen Budgetrestriktionen  $y_t$  ungleich null sind. Daher sind die Schlupfvariablen keine Basisvariablen und besitzen einen Wert von 0, obwohl keine Entscheidungsvariable definiert wurde – im vorangegangenen Modell aus Abb. E-2 war es  $C_0$  –, die finanzielle Mittel aufnehmen könnte. Daher muss das gesamte Investitionsbudget aufgebraucht sein. Dies führt zu einer sehr geringen Erhöhung der Durchführungshäufigkeit von Investitionsprojekt 1 um  $\Delta x_1^I \approx 0,00096$ , da bereits die in jedem Fall durchzuführenden Projekte 3 und 10 nicht nur das gesamte Investitionsbudget verbrauchen, sondern auch die Durchführung der finanziell vorteilhaften Investitionsprojekte 1, 2 und 5 erfordern.

Investitionsprojekte				Finanzierungsprojekte			
	neue Unter- grenze	neue Ober- grenze	optimale Lösung		neue Unter- grenze	neue Ober- grenze	optimale Lösung
i	$U_i^I$	$O_i^I$	$x_i^I$	k	$U_k^F$	$O_k^F$	$x_k^F$
1	-3,67	2,33	3,67	1	0	30	0
2	-1	0	1	2	0	30	0
3	0	2	1	3	0	30	-24,14
4	0	1	0	4	0	30	-18,78
5	-1	0	1	5	-0,15	29,85	-13,30
6	0	1	0	6	-20	0	20
7	0	1	0	7	-30	0	29,75
8	-0,03	0,97	0,03	8	-0,83	19,17	0,83
9	0	1	0	9	-0,89	19,11	0,89
10	-1	0	1	10	0	20	0
11	0	1	0	11	-30	0	20
12	0	1	0	12	0	10	0
				13	-4,86	25,14	-10,14

**maximaler Nutzwert des Investitionsprogramms**  
(in Nutzenpunkten) **19,08**

Dualwerte der Liquiditätsnebenbedingungen						
Periode t	0	1	2	3	4	5
Wert $y_t$ (jeweils $\cdot 10^{-5}$ )	-9,06	-7,79	-7,55	-7,28	-7	-6,86

Abb. E-10: Optimales Investitions- und Finanzierungsprogramm im Fallbeispiel bei Maximierung des barwertigen Nutzens

Um die Unterschiede in beiden Modellen deutlicher hervortreten zu lassen und die obigen Aussagen zu unterstreichen, vergleicht Abb. E-11 das optimale Investitionsprogramm sowie die resultierenden maximalen Zielwerte aus einem kapitalwertmaximierenden Modell nach dem Muster aus Abb. E-2 und einem nutzenmaximierenden Modell nach Abb. E-9. Für beide Modelle wurde die Restriktion, einzelne Investitionsprojekte zwingend durchzuführen, aufgehoben. Sehr deutlich zeigen sich nun die Unterschiede in der Zusammensetzung des optimalen Investitionsprogramms.

Projekt i	Investitionsprogramm aus einem ... Modell	
	... kapitalwertmaximierenden ... $x_i^{I,KW}$	... nutzwertmaximierenden ... $x_i^{I,NW}$
1	4,16	4,91
2	1	1
3	-	-
4	-	1
5	1	1
6	-	1
7	-	0,9
8	-	1
9	-	-
10	-	-
11	-	-
12	-	-
max. Zielwert	1.439.780 €	29,23 Nutzenpunkte
impliziter Zielwert	13,62 Nutzenpunkte	0 €

Abb. E-11: Vergleich optimaler Investitionsprogramme je nach Zielfunktion

Für Entscheidungen, die auf dem optimalen Investitionsprogramm aufbauen, können die Dualwerte der optimalen Lösung von besonderem Interesse sein.<sup>1</sup> Dazu zählen hier insbesondere die Dualwerte der Budgetrestriktionen. Formal geben sie u. a. an, welchen Einfluss die Erhöhung einer Restriktion um eine Einheit auf die Zielfunktion hat. Die Budgetrestriktionen liegen als autonome Ausgaben vor, eine formale Erhöhung entspricht dem-

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren z. B. Domschke/Klein [Opportunitätskosten] 275 ff. sowie grundlegend Dinkelbach [Programmierung] und Gal [Programming].

nach einer Erhöhung der autonomen Ausgaben, was das negative Vorzeichen der Dualwerte erklärt. Der Dualwert zur Budgetrestriktion in Periode 0 in Höhe von  $-9,06 \cdot 10^{-5}$  gibt demnach an, dass sich der Nutzwert des optimalen Investitionsprogramms um 9,06 Nutzenpunkte erhöhen lässt, wenn die autonomen Ausgaben in Periode 0 um 100.000 Euro reduziert werden, was einer Steigerung des Investitionsbudgets in gleicher Höhe entspricht. Die ausgewiesenen Dualwerte besitzen allerdings nur einen beschränkten Geltungsbereich.

Die Dualwerte ließen sich auch dazu verwenden, zusätzliche Investitionsprojekte zu beurteilen, die im ursprünglichen Entscheidungsmodell nicht berücksichtigt wurden. Sie dienen im Sinne von Opportunitätskosten dazu, die finanzielle Wirkung in (barwertige) Nutzenpunkte umzurechnen und mit der nichtfinanziellen Wirkung des zu beurteilenden Investitionsprojekts zu saldieren. Verbleibt ein positiver Nettonutzwert, wäre das Investitionsprojekt in das optimale Programm aufzunehmen.

Für öffentliche Investitionsprojekte mit ausschließlich negativen Zahlungen lässt sich feststellen, dass die Forderung eines positiven Nutzwerts (bei isolierter Bewertung mit Dualwerten) vielmehr als Untergrenze anzusehen ist. Überschreiten die Zahlungsüberschüsse des Projekts in einer oder mehreren Perioden die zulässige Obergrenze der Dualwerte, muss das optimale Programm zunächst neu bestimmt werden. Um finanzielle Mittel für das zusätzliche Projekt freizugeben, müssen zunehmend Projekte mit hohem Nutzwert aufgegeben werden, was die Dualwerte zunehmend erhöht. Für ein mit Dualwerten bewertetes, zusätzliches Projekt, ist ein positiver Nettonutzwert demnach eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung, um das Projekt in das Investitionsprogramm aufzunehmen.

Das vorgestellte Modell unterliegt einigen Einschränkungen:

- (1) Sowohl für Finanzgeschäfte wie auch für Investitionsprojekte wird unterstellt, dass sie beliebig teilbar sind. Wenngleich das nicht immer zu Realisierungsproblemen führt, ist es für Investitionsprojekte prinzipiell realitätsfern. Finanzierungsgeschäfte sind grundsätzlich teilweise durchführbar,<sup>1</sup> was sie von Investitionsprojekten abgrenzt, wenngleich Ausnahmen denkbar sind. Um dies zu berücksichtigen, müssten Unteilbarkeiten der Projekte berücksichtigt werden.
- (2) Dass sich Projekte gegenseitig ausschließen, kann nur hilfswiese erfasst werden.<sup>2</sup> So kann im Fallbeispiel nur eine der drei Investitionen in die öffentlichen Bäder durchgeführt werden. Die bisher verwendete Nebenbedingung berücksichtigt diese Vorgabe nicht immer zutreffend. Sie wäre auch dann erfüllt, wenn mehrere sich gegenseitig ausschließende Investitionen jeweils nur teilweise durchgeführt werden.
- (3) Die Finanzierungsgeschäfte werden als vollständig variabel angenommen, d. h. es wird davon ausgegangen, dass alle damit verbundenen Zahlungen linear von der Durchführungshöhe des Finanzierungsgeschäfts abhängen. Fixe Abschlussgebühren, Kontoführungsgebühren und Abschläge sind Beispiele,<sup>3</sup> die sich so nicht erfassen lassen. Dazu müssten fixe Ausgaben der Finanzierung modelliert werden.<sup>4</sup>
- (4) Das Modell geht von einem abgeschlossenen Planungszeitraum aus und es wird nicht differenziert, wann ein Projekt begonnen werden sollte. Demnach wäre anzunehmen, dass alle Projekte, die im Planungszeitraum beginnen auch im Planungszeitraum enden, was kaum realitätsnahe ist. Eine zweite passende Annahme wäre die Liquidierung aller Projekte spätestens zum Ablauf des Planungszeitraums,<sup>5</sup> was für manche Projekte ebenfalls unpassend erscheint. Alternative Projektbeginn-

---

<sup>1</sup> Vgl. Hax [Programmierung] 442, Troßmann [Investition] 372, weniger weitgehend vgl. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 40.

<sup>2</sup> Dies ließe sich durch Vorentscheidungen lösen, was aber insgesamt zu schlechteren Ergebnissen führen kann, vgl. Troßmann [Investition] 216.

<sup>3</sup> Für weitere spezifische Beispiele, wenn Anleihen begeben werden, vgl. z. B. Rohloff [Finanzierung] 75.

<sup>4</sup> Vgl. Kallabis [Produktentscheidungen] 97 f., was auch als Fixed Charge Probleme bezeichnet wird, vgl. Müller-Merbach [Operations Research] 405 f.

<sup>5</sup> Vgl. Hax [Investitionstheorie] 437.

und Endzeitpunkte müssen modelliert und Projektwirkungen außerhalb des Planungszeitraums müssen erfasst werden.

- (5) Finanzielle Programmplanungsmodelle lassen die Modellierung unterschiedlicher Ergebnisgrößen zu. Im nutzwertmaximierenden Programmplanungsmodell lassen sich unterschiedliche Ergebnisgrößen nicht direkt modellieren, da Nutzen nicht über die Zeit transferiert werden kann. Es fehlt ein Ansatz, wie dennoch Verteilungspräferenzen berücksichtigt werden könnten.<sup>1</sup>

Die aufgezeigten Schwächen sprechen zwei grundsätzlich unterschiedliche Aspekte von Programmplanungsmodellen an. Betreffen die Punkte (1) bis (3) weniger die Modellierung, die Anforderungen lassen sich durch ganzzahlige Entscheidungsvariablen erfassen. Dann stehen vielmehr Lösungsprobleme der entstehenden gemischt-ganzzahligen linearen Planungsmodelle im Vordergrund. Entscheidungen über den Beginn der Projekte sowie Wirkungen nach dem Planungszeitraum aus Punkt (4) hingegen erfordern grundlegende Überlegungen zur Modellierung. Diesen soll bei den Überlegungen zur zeitlichen Priorisierung nachgegangen werden. Vorher wird betrachtet, wie alternative Ergebnisgrößen (5) zu modellieren sind.

## **2. Zur Berücksichtigung alternativer Ergebnisgrößen bei Entscheidungen über öffentliche Investitionsprogramme**

Die Vorgaben der Arbeitsanleitung des Bundesministeriums der Finanzen bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen deuten an, dass finanzielle Konsequenzen anhand des Kapitalwerts bewertet werden sollten.<sup>2</sup> Dagegen spricht, dass die dortigen Ausführungen auf dem Grundmodell der Kapitalwertmethode basieren, für die die Fisher-Separation gilt. In diesen Modellen spielt es für die Entscheidung eben keine Rolle, welches finanzielle Ziel verfolgt wird, ganz im Gegensatz zu den hier behandelten präziseren Modellen.<sup>3</sup> Außerdem wird in landesrechtlichen Regelungen auch die Annuitäten-

---

<sup>1</sup> Vgl. zu Verteilungspräferenzen und Verteilungsgewichten Kapitel D.II.3.

<sup>2</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 15 ff.

<sup>3</sup> Vgl. z. B. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 73.

methode als Wirtschaftlichkeitsuntersuchung empfohlen, was zudem andeutet, dass der Kapitalwert als finanzielles Ziel nicht zwingend ist.<sup>1</sup>

Die bisherigen Überlegungen gingen davon aus, dass unterschiedliche Präferenzen über die Verteilung der Zieelerträge zu unterschiedlichen Ergebnisgrößen in der Zielfunktion führen. Die Ergebnisgröße in der Zielfunktion ist Ausdruck der Verteilungspräferenzen.<sup>2</sup> Typische (finanzielle) Ergebnisgrößen sind eher Extremfälle: Bei der Kapitalwertmaximierung liegt die gesamte Präferenz in Periode 0, bei der Endwertmaximierung (in Periode T) liegt die gesamte Präferenz in T und bei der Annuitätenmaximierung wird ein gleichbleibender Strom von Zieelerträgen bzw. Nutzen angestrebt. Für isolierte Entscheidungen wurde angenommen, dass Verteilungspräferenzen adäquat durch explizit formulierte Ziele bei der Bewertung einzelner Projekte erfasst werden können.<sup>3</sup> Das trifft auf Investitionsprogramme nicht zu, denn der Nutzen innerhalb einer Periode t hängt nicht nur von einem Projekt ab, sondern möglicherweise von einer Vielzahl von Projekten, die zum gleichen Zeitpunkt Nutzwerte liefern. Für die öffentliche Hand kann z. B. eine über die Zeit gleichmäßige Verteilung des Nutzens (gemessen als Nutzenpunktwerte) auch plausibel angenommen werden.

Um nachfolgend zu untersuchen, wie sich Verteilungspräferenzen der nicht-finanziellen Wirkung eines Investitionsprogramms berücksichtigen lassen, soll als Präferenz ein (möglichst) gleichbleibender (Teil-)Nutzwert über alle Perioden des Planungshorizonts angenommen werden. Dieser korrespondiert mit dem Ansatz der Annuität für finanzielle Ziele und deren Modellierung bietet wichtige Anhaltspunkte für einen solchen Ansatz. Dazu muss periodenweise bekannt sein, welchen Teilnutzwert ein Investitionsprojekt in einer Periode zum Investitionsprogramm beiträgt, was nachfolgend als pe-

---

<sup>1</sup> Vgl. z. B. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] 17, Anlage 1 Nr. 3.5 zu VV zu § 7 LHO HH, Nr. 2.2 Anlage zu VV zu § 7 LHO MV, Nr. 2.3.4 Anlage zur VV zu § 7 LHO RP, Nr. 2.2 Anlage zu Nr. 2.5 VV zu § 7 LHO SN, Nr. 2.3.3.2 Anlage zu VV zu § 7 LHO SL. Diesen Vorgaben ist gemein, dass sie bei unterschiedlichen Laufzeiten der Investitionsprojekte einen laufzeitäquivalenten Annuitätenfaktor vorsehen, was in Kapitel C.II.2.b. als problematisch identifiziert wurde.

<sup>2</sup> Vgl. zur Abgrenzung von (reinen) Zeitpräferenzen und Verteilungspräferenzen Dyckhoff [Zeitpräferenz] 1003.

<sup>3</sup> Vgl. Kapitel D.I.2, Moll [Budgetierung] 123, Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 344.

riodenindividueller Teilnutzwert bezeichnet werden soll. Die nichtfinanzielle Zielerreichung eines Projekts  $i$  wird durch die Zilertragsmatrix  $\mathbf{Z}_i$  beschrieben. Diese unterscheidet spaltenweise die verschiedenen Zielarten und zeilenweise die Perioden der Zilerträge. Mit Punktwertfunktionen  $v_j(e_{tji})$  lässt sich die Zilertragsmatrix in eine Punktwertmatrix  $\mathbf{P}_i$  gleicher Dimension überführen. Durch die Multiplikation dieser Punktwertmatrix mit dem Spaltenvektor  $\bar{g}_f$  der Zielartgewichte  $j$  aus dem Investitionsfeld  $f$  sowie dem Gewicht des Investitionsfelds  $g_f$  – hier als Skalar – ergibt sich der Vektor  $\overline{\text{TN}}_i$  als Zeitreihe der periodenindividuellen Teilnutzwerte  $\text{TN}_{ti}$  eines Investitionsprojekts  $i$ . (E.12) zeigt den Ansatz formal.

$$\mathbf{Z}_i = \begin{pmatrix} e_{01i} & \cdots & e_{0Ji} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{T1i} & \cdots & e_{TJi} \end{pmatrix} \xrightarrow{v_j(e_{tji})} \mathbf{P}_i = \begin{pmatrix} P_{01i} & \cdots & P_{0Ji} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{T1i} & \cdots & P_{TJi} \end{pmatrix} \quad (\text{E.12})$$

$$\overline{\text{TN}}_i = \mathbf{P}_i \cdot \bar{g}_f \cdot g_f = \begin{pmatrix} \text{TN}_{0i} \\ \vdots \\ \text{TN}_{Ti} \end{pmatrix} \text{ wobei } \text{TN}_{ti} := \sum_{j=1}^J g_j \cdot P_{tji} \text{ und } \bar{g}_f = \begin{pmatrix} g_1 \\ \vdots \\ g_J \end{pmatrix}$$

(E.13) verdeutlicht den Ansatz anhand der periodenindividuellen Teilnutzwerte der Generalsanierung des Freibads ( $i = 10$ ). Die Punktwerte zu den sechs Zielen können Abb. D-3 entnommen werden, die Zielgewichte wurden aus den Indifferenzurteilen in Abb. C-10 abgeleitet. Die Gewichtung des Investitionsfelds 4 beträgt 100%.<sup>1</sup> Der Vektor  $\overline{\text{TN}}_{10}$  enthält zeilenweise die Teilnutzwerte der einzelnen Perioden. Diese können unmittelbar als vergleichbare, periodenindividuelle Teilnutzwerte in das Programmplanungsmodell übernommen werden.

$$\overline{\text{TN}}_{10} = \begin{pmatrix} 5 & 6 & 3,5 & 2,67 & 5 & 8,33 \\ 5 & 6 & 3,5 & 2,67 & 5 & 8,33 \\ 5 & 6 & 4,5 & 2,67 & 5 & 6,67 \\ 4,67 & 6 & 4,5 & 2,67 & 5 & 5,92 \\ 4,35 & 6 & 4,5 & 2,67 & 5 & 5,13 \\ 4,05 & 6 & 4,5 & 2,67 & 5 & 4,74 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 22,94\% \\ 14,78\% \\ 14,52\% \\ 9,75\% \\ 15,84\% \\ 22,17\% \end{pmatrix} \cdot 100\% = \begin{pmatrix} 5,44 \\ 5,44 \\ 5,22 \\ 4,97 \\ 4,73 \\ 4,57 \end{pmatrix} \quad (\text{E.13})$$

<sup>1</sup> Vgl. Kapitel E.II.3 in Abb. E-8.

Abb. E-12 zeigt die auf diese Art bestimmten periodenindividuellen Teilnutzwerte aller Investitionsprojekte des Fallbeispiels.

Projektart Periode t	periodenindividuelle Teilnutzwerte $TN_{ti}$											
	Verkehr			Kinder u. Jugend			Schule		Kultur u. Sport			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	1,59	1,17	1,31	4,64	3,58	3,13	2,96	2,09	4,70	<b>5,44</b>	5,37	5,44
1	0,94	1,06	1,31	2,74	3,25	3,13	1,75	1,89	4,70	<b>5,44</b>	3,18	4,93
2	2,42	1,63	1,25	7,07	4,98	3,01	4,51	2,90	4,51	<b>5,22</b>	8,19	7,57
3	2,37	1,59	1,20	6,91	4,86	2,87	4,41	2,83	4,30	<b>4,97</b>	8,00	7,38
4	2,30	1,55	1,14	6,72	4,73	2,72	4,29	2,76	4,08	<b>4,73</b>	7,78	7,19
5	2,24	1,51	1,10	6,54	4,60	2,63	4,17	2,68	3,95	<b>4,57</b>	7,57	6,99

Abb. E-12: Periodenindividuelle Teilnutzwerte  $TN_{ti}$  aller öffentlichen Investitionsprojekte im kommunalen Fallbeispiel

Um die periodenindividuellen Teilnutzwerte für das Investitionsprogramm zu aggregieren, ist periodenweise das Produkt aus der Durchführungshäufigkeit  $x_i^t$  des Investitionsprojekts  $i$  und des Periodenteilnutzwerts  $TN_{ti}$  aufzusummieren. Mit der Variable  $\bar{C}_{NW}$  als konstantem Periodennutzwert des Investitionsprogramms – nachfolgend Nutzwertannuität – wird ein Ansatz (E.14) vergleichbar zur Maximierung der finanziellen Annuität formuliert.

Zielfunktion:

$$\bar{C}_{NW} \rightarrow \max$$

Nutzwertnebenbedingungen: (E.14)

$$\sum_{i=1}^I TN_{ti} \cdot x_i^t - \bar{C}_{NW} = 0 \quad \text{für } t = 1, 2, \dots, T$$

Allgemein wäre auch der Ansatz eines Zielnutzenstroms mit den Verteilungsgewichten  $\beta_t \cdot a_{NW}$  denkbar,<sup>1</sup> der zu folgender Modifikation (E.15) führt:

Zielfunktion:

$$a_{NW} \rightarrow \max$$

Nutzwertnebenbedingungen: (E.15)

$$\sum_{i=1}^I TN_{ti} \cdot x_i^t - \beta_t \cdot a_{NW} = 0 \quad \text{für } t = 0, 1, \dots, T$$

In diesem Kalkül entspricht eine Nutzwertannuität  $\beta_0 = 0$  und  $\beta_t = 1/T$ . Sie lässt sich durch (E.16) berechnen.

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Kapitel D.II.3.

$$C_{NW} = \frac{a_{NW}}{T} \quad (E.16)$$

Die Budgetrestriktionen enthalten mit den Durchführungshäufigkeiten der Investitionsprojekte  $x_i^t$  Entscheidungsvariablen, die nicht kontinuierlich variiert werden können, sondern voraussichtlich nur ganzzahlige Ausprägungen besitzen dürfen. Der Ansatz kann dazu führen, dass kein realisierbares Investitionsprogramm gefunden wird, denn das „Knapsackproblem“ verschärft sich und kombinatorische Realisierungsbedingungen treten in den Vordergrund. Es ist zu erwarten, dass die realisierbare Alternativenmenge stark abnimmt, denn nach obiger Formulierung führen selbst kleinste Abweichungen der Periodennutzwerte eines Investitionsprogramms zu dessen Ablehnung. Dieses Problem tritt vermehrt auf, wenn die Anzahl der Investitionsprojekte klein<sup>1</sup>, deren Teilnutzwertreihen über die Zeit aber gleichförmig sind und sich hohe und niedrige Periodenteilnutzwerte nicht ausgleichen können.

Grundsätzlich lassen sich Zielsetzungen nur schwerlich kritisieren. Hier ist es allerdings möglich, eine andere Zielsetzung zu wählen, die obige Zielsetzung umfasst, gleichzeitig Realisierungsprobleme weniger provoziert. Dazu könnte dem Maxi-Min-Prinzip folgend, der minimale Periodennutzwert des Investitionsprogramms maximiert werden. Dann müssen sich die einzelnen Periodennutzwerte nicht mehr entsprechen, die Nutzwertannuität ist dann als ebendieses Minimum definiert. In einzelnen Perioden ist es möglich, dass die Summe periodenindividueller Teilnutzwerte höher liegt als die Nutzwertannuität, sie kann aber nicht kleiner sein. Die Differenz bleibt allerdings bei der Zusammenstellung des Investitionsprogramms unberücksichtigt. Obige Nutzwertnebenbedingung (E.14) muss dafür modifiziert bzw. gelockert werden. Statt die exakte Übereinstimmung aller Periodennutzwerte des Investitionsprogramms mit der Nutzwertannuität zu fordern, ist auch zuzulassen, dass ein Periodennutzwert die Nutzwertannuität übersteigt. Dazu ist lediglich die Lockerung der Nebenbedingungen von Gleichungen zu ent-

---

<sup>1</sup> Vgl. Hax [Investitionstheorie] 95, der umgekehrt argumentiert, dass Ganzzahligkeitsbedingungen desto vernachlässigbarer sind, desto größer die Anzahl von Projekten im Vergleich zur Anzahl der Perioden des Planungshorizonts ist und desto kleiner die einzelnen Projekte im Vergleich zum gesamten Finanzbudget sind.

sprechenden Ungleichungen durchzuführen.<sup>1</sup> (E.17) zeigt das gesamte Modell zur Maximierung der Nutzwertannuität.

Zielfunktion:

$$\bar{C}_{NW} \rightarrow \max$$

Budgetrestriktionen:

$$\sum_{i=1}^I z_{ti}^I \cdot x_i^I + \sum_{k=1}^K z_{tk}^F \cdot x_k^F \geq d_t \quad \text{für } t = 0, 1, 2, \dots, T$$

Nutzwertnebenbedingungen: (E.17)

$$\sum_{i=1}^I TN_{ti} \cdot x_i^I - \bar{C}_{NW} \geq 0 \quad \text{für } t = 1, 2, \dots, T$$

Nebenbedingungen zu den Durchführungshäufigkeiten:

$$x_i^I \geq U_i^I \text{ und } x_i^I \leq O_i^I \quad \text{für } i = 1, 2, \dots, I$$

$$x_k^F \geq U_k^F \text{ und } x_k^F \leq O_k^F \quad \text{für } k = 1, 2, \dots, K$$

Für das Fallbeispiel zeigt Abb. E-13 den entsprechenden Ansatz als lineares Programm. Hierbei wird die maximale Nutzwertannuität gesucht.<sup>2</sup> Dort entspricht das optimale Investitionsprogramm eines den barwertigen Nutzen maximierenden Modells, dem eines auf die Maximierung der Nutzwertannuität gerichteten Modells, exakt. In Abb. E-14 treten die Unterschiede deutlicher zutage, wenn wie zuvor die (teuren) Restriktionen, einzelne Investitionsprojekte zwingend durchzuführen, aufgehoben werden.

Insgesamt zeigt sich, wie sich die aus finanziellen Modellen von Entscheidungen über Investitions- und Finanzierungsprogramme typischen Zielsetzungen in nutzenmaximierenden Modellen angehen lassen. Eine Aggregation durch die Bewertung periodenindividueller Teilnutzwerte mit Zeitpräferenzen drückt der Nutzwert eines Investitionsprojekts aus und geht als Zielerreichungskoeffizient in das Gesamtmodell ein. Steht der tatsächliche Nutzenstrom im Vordergrund, ersetzen Verteilungspräferenzen diese Zeitpräferenzen nach obigem Beispiel. Dass sich die beiden Formen nutzenmaximierender Modelle mit vermögens- und entnahmemaximierenden finanziellen Modellen vergleichen lassen, liegt nahe.

<sup>1</sup> Konzeptionell entsprechen die Überlegungen denen von Hax [Investitionstheorie] 87 und sind lediglich auf das nutzwertmaximierende Modell übertragen.

<sup>2</sup> Zur Lösung findet sich ein Modell im Anhang II.3 in der Modellierungssprache von Xpress.



Projekt i	Investitionsprogramm aus einem ... Modell		
	... kapitelwertmaximierenden ... $x_i^{I,KW}$	... nutzwertmaximierenden ... $x_i^{I,NW}$	...nutzenannuitätmaximierenden ... $x_i^{I,NWA}$
1	4,16	4,91	2,67
2	1	1	1
3	-	-	-
4	-	1	1
5	1	1	1
6	-	1	1
7	-	0,9	-
8	-	1	1
9	-	-	-
10	-	-	0,97
11	-	-	-
12	-	-	-
<b>max. Zielwert</b>	1.439.780€	29,23 Nutzenpunkte (Barwert)	19,89 Nutzenpunkte (Annuität)
<b>impliziter Zielwert</b>	13,62 Nutzenpunkte	0€	0€

Abb. E-14: Vergleich optimaler Investitionsprogramme je nach Zielfunktion

Ein sehr knappes Finanzbudget, durch unabdingbare Ziele in Form von Mindestzielen, führt dazu, dass das optimale Investitionsprogramm zunehmend unabhängig vom konkreten Extremierungsziel wird. Das verwundert auch nicht, denn die Freiheitsgrade ein bestimmtes Ziel zu erfüllen, nehmen ab und die Budgetrestriktionen gewinnen bei der Zusammensetzung des optimalen Investitionsprogramms an Bedeutung. Nachfolgend soll untersucht werden, wie durch zeitliche Priorisierung der Investitionsprojekte neue Freiheitsgrade entstehen und Handlungsmöglichkeiten geschaffen werden können. Es ist intuitiv, dass bei gleicher Ausgangslage, also unveränderten Investitionsbudgets und ohne hinzutretende Projekte, Freiheitsgrade bei der Investitionsprogrammplanung gewonnen werden können, indem der Beginn der Investitionsprojekte verschoben wird.

### 3. Zur Priorisierung öffentlicher Investitionsprojekte

#### a) Zusätzliche zeitliche Priorisierung

Die Priorisierung – als die Vorgabe einer Reihenfolge – soll mit einer dynamischen Betrachtung in einer zeitlichen Dimension erreicht werden. Explizit ist für jedes Projekt darüber zu entscheiden, wann es beginnt. Entsprechend ergibt sich so eine zeitliche Priorisierung. Es geht um die Entscheidung über den Beginnzeitpunkt von Projekten innerhalb einer Programmentscheidung.

Die bisherigen Ausführungen gingen davon aus, dass bei einem abgeschlossenen Planungszeitraum alle Projekte innerhalb des Planungszeitraums beginnen und enden. Die Projekte des Fallbeispiels starten ausnahmslos in Periode 0 und enden in Periode 5. So wird ein Investitionsprogramm festgelegt, das für jedes Projekt eine Ja/Nein-Entscheidung, im Einzelfall auch eine Entscheidung über die Durchführungshäufigkeit, vorsieht. Die Projekte werden nicht priorisiert, d. h. sie werden nicht in eine zeitliche Reihenfolge gebracht, was aber für die öffentliche Hand die Freiheitsgrade erhöhen und mit Blick auf eine rollende Investitionsprogrammplanung die Abstimmung der periodischen Teilpläne verbessern helfen könnte.

Um Projekte zeitlich zu priorisieren, muss zunächst davon ausgegangen werden, dass die bisherigen Investitionsprojekte nicht nur in Periode 0 beginnen, sondern Beginnperioden  $t' > 0$  besitzen können. Aus dem Produkt der Menge der Projekte  $i$  sowie deren zulässigen Beginnperioden  $t'$  ergibt sich die Menge der Projektbeginnkombinationen  $it'$ .<sup>1</sup> Projektbeginnkombinationen lassen sich wie die bisherigen Projekte auffassen. Eine solche Definition ermöglicht, abgesehen von der eigentlichen Entscheidung über den Beginn eines Projekts, die Veränderungen der Projekte – z. B. der Zahlungsüberschüsse durch Preissteigerungen – bei unterschiedlichen Beginnperioden zu berücksichtigen.

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Troßmann [Investition] 220 ff., der begrifflich auf Projekte und Projektarten abstellt.

Bei insgesamt  $n$  Investitionsprojekten  $i$  ergeben sich bis zu  $n \cdot (T + 1)$  Projektbeginnkombinationen. Im Fallbeispiel werden 13 Investitionsprojekte unterschieden. Kann jedes Projekt in jeder Periode des Planungszeitraums beginnen (also gilt  $t' \in 0, 1, 2, 3, 4, 5$ ), ergeben sich demnach 78 einzelne Projektbeginnkombinationen, die jeweils wie einzelne Projekte zu behandeln sind. Damit steigt die Zahl der Entscheidungsvariablen im Modell deutlich an. Allerdings sind nicht alle Projektkombinationen realisierbar. So kann ein (bisher) nur einmalig durchführbares Projekt auch nur einmal begonnen werden. Den Zusammenhang zwischen der Durchführungshäufigkeit  $x_i$  des Investitionsprojekts  $i$  und der Durchführungshäufigkeit  $x_{it'}$ , der aufgrund unterschiedlicher zulässiger Beginnperioden  $t'$  (mit  $a$  als erster und  $T'$  als letzter zulässiger Beginnperiode) unterschiedenen Projektbeginnperioden  $it'$  zeigt (E.18). Da für die Durchführungshäufigkeit des Investitionsprojekts  $i$   $U_i \leq x_i \leq O_i$  gilt, muss für jede Kombination aus Beginnzeitpunkt  $t'$  und Investitionsprojekt  $i$  mindestens  $U_{it'} \leq x_{it'} \leq O_{it'}$  gelten.

$$x_i = \sum_{t'=a}^{T'} x_{it'} \quad (\text{E.18})$$

Die Beschreibung der Investitionsprojekte kann durch den Begriff der Projektperiode mit dem Index  $\tau$  modifiziert werden. Die Projektperiode  $\tau$  bezeichnet einen Zeitpunkt relativ zur Beginnperiode  $t'$ . Die finanzielle Wirkung eines Projekts  $i$  beschreibt  $\bar{z}_i$  und die nichtfinanzielle Wirkung die Matrix  $\mathbf{Z}_i$ .

$$\bar{z}_i = \begin{pmatrix} z_{a,i} \\ \vdots \\ z_{\tau,i} \\ \vdots \\ z_{T,i} \end{pmatrix} \text{ und } \mathbf{Z}_i = \begin{pmatrix} e_{a1,i} & \cdots & e_{aj,i} & \cdots & e_{aJ,i} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{\tau1,i} & \cdots & e_{\tau j,i} & \cdots & e_{\tau J,i} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{T1,i} & \cdots & e_{Tj,i} & \cdots & e_{TJ,i} \end{pmatrix} \quad \text{für } \tau = a, \dots, T \quad (\text{E.19})$$

Der absolute Zeitpunkt ergibt sich dann als Summe aus der Beginnperiode  $t'$  und der Projektperiode  $\tau$ , was auf ein Problem dieses Modells hinweist. Umfasst der Planungshorizont  $T$  Perioden, dann ist es nicht nur ausnahmsweise möglich, dass die Summe aus Beginnperiode und letzter Projektperiode (mit Zielerträgen) größer als das Ende des Planungshorizonts ist.  $T^*$  sei als späteste Periode zu der noch Zielerträge aus den Investitionsprojekten

ten folgen, definiert. Allgemein lässt sich dann für alle Beginnperioden  $t' = 0, \dots, T'$  eines Projekts  $i$  die finanzielle Wirkung mit dem Vektor  $\bar{z}_{it'}$  und die nichtfinanzielle Wirkung mit der Matrix  $Z_{it'}$  gemäß (E.20) beschreiben.

$$\bar{z}_{it'} = \begin{pmatrix} z_{0,it'} \\ \vdots \\ z_{t,it'} \\ \vdots \\ z_{T^*,it'} \end{pmatrix} \text{ und } Z_{it'} = \begin{pmatrix} e_{01,it'} & \cdots & e_{0j,it'} & \cdots & e_{0J,it'} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{t1,it'} & \cdots & e_{tj,it'} & \cdots & e_{tJ,it'} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{T^*1,it'} & \cdots & e_{T^*j,it'} & \cdots & e_{T^*J,it'} \end{pmatrix} \quad (\text{E.20})$$

wobei  $t = t' + \tau = 0, \dots, T^*$  je  $t' = 0, \dots, T'$  mit  $\tau = 0, \dots, T$

Die Zielträge für alle Perioden  $T + 1$  bis  $T^*$  lassen sich nur eingeschränkt im Modell verarbeiten, sie zu missachten würde aber zu erheblichen Verzerrungen führen. Der naheliegende Ansatz, den Planungshorizont  $T$  auf  $T^*$  auszuweiten, führt aus zwei Gründen nicht weiter. Für die öffentliche Hand hat sich mit der mittelfristigen Finanzplanung ein System etabliert, das für alle Gebietskörperschaften inhaltlich den Anforderungen einer Investitionsprogrammplanung entspricht. Der Planungshorizont umfasst dabei einheitlich fünf Jahre.<sup>1</sup> Einen längeren Planungshorizont unverändert anzustreben scheint im Angesicht des zusätzlichen Datenerhebungsaufwands zwar möglich, aber nicht angezeigt. Außerdem verschiebt ein längerer Planungshorizont dieses methodische Problem lediglich auf einen späteren Zeitpunkt, es wiegt dann allerdings weniger schwer. Die konsequente Berücksichtigung noch späterer Beginnperioden würde wiederum dazu führen, dass Zielträge außerhalb des neuen Planungshorizonts liegen.<sup>2</sup>

Die Einschränkung der Verarbeitung im Modell betrifft finanzielle und nichtfinanzielle Zielträge nicht gleichermaßen. Nach der bisherigen Modellierung erfolgt die Bewertung der nichtfinanziellen Ziele in einer dynamischen

<sup>1</sup> Der Bund und die Länder sind gemäß § 50 Abs. 1 HGrG zur mittelfristigen Finanzplanung verpflichtet, die Kommunen gemäß den in allen Bundesländern erlassenen Kommunal- oder Gemeindehaushaltsordnungen, dort in der Regel in § 9. Z. B. auch in Baden-Württemberg gemäß § 9 Abs. 1 GemHVO BW, vgl. dazu auch Hagemann [Finanzplanung] 11 f.; Auf das eingeführte Fallbeispiel übertragen, wird demnach für die mittelfristige Finanzplanung ein über fünf Jahre laufender Planungshorizont unterstellt, er umfasst allerdings nur einen Zeitraum von vier Jahren, da das erste Jahr dem laufenden Jahr entspricht. Das Fallbeispiel zeigt, dass die Modelle auch auf einen längeren Planungshorizont anwendbar sind.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Hax [Investitionstheorie] 91 ff.

Nutzwertanalyse. Diese fasst die Zielerträge in einer Zahl – bezogen auf einen Zeitpunkt, also z. B. auf Periode 0 – zusammen. Für den nutzwertanalytischen Ansatz müssen die Zeitgewichtungsfaktoren so festgelegt werden, dass sowohl der spätere Beginn eines Investitionsprojekts den formulierten Zeitpräferenzen entsprechend bewertet wird als auch deren Interpretierbarkeit nicht leidet. Nachfolgend wird festgelegt, dass der Nutzwert eines Investitionsprojekts nur in  $t = 0$  zwischen 0 und 10 liegen kann, das Intervall verändert sich für  $t > 0$  entsprechend den Zeitpräferenzen.

In Kapitel D.II.3.b wurde vorgeschlagen, zielindividuelle Zeitpräferenzen mit Diskontfunktionen zu erfassen. Diese liefern über beliebige Planungshorizonte entsprechende Abzinsungsfaktoren. Die Normierung der Abzinsungsfaktoren zu Zeitgewichten soll dann gut interpretierbare und vergleichbare Nutzwerte gewährleisten. Das soll am Fallbeispiel für die Generalsanierung des Freibades ( $i = 10$ ) anhand des Ziels, die negative Klimawirkung zu reduzieren ( $j = 3$ ) verdeutlicht werden. Die dafür angenommene hyperbolische Diskontierungsfunktion aus (D.10) mit  $r = 0,387$  liefert die Abzinsungsfaktoren in Abb. E-15 für den Planungshorizont bis  $T^* = 10$ . Um den barwertigen Nutzwert eines Investitionsprojekts wie üblich interpretieren zu können, muss sich dieser im festgelegten Intervall bewegen. Dazu wurden die Zeitgewichtungsfaktoren so festgelegt, dass deren Summe 1 entspricht. Damit erhält ein Projekt, das in Periode 0 beginnt, und z. B. über die Perioden 0 bis 5 einen Punktzeitwert von 10 erzielt, auch einen barwertigen Punktzeitwert in Höhe von 10. Beginnt dasselbe Projekt in Periode 1, sollte sich entsprechend ein barwertiger Punktzeitwert von  $10 \cdot 0,7648 = 7,648$  einstellen. Die einfache Multiplikation mit dem Abzinsungsfaktor ist nur anwendbar, wenn sich die Punktzeitwerte oder die Diskontraten über alle Perioden entsprechen. Ansonsten ist (E.21) zu verwenden. Die Formel normiert für die Gewichtungsfaktoren die relevanten Abzinsungsfaktoren von Periode  $t'$  bis  $t'+T$  auf den Abzinsungsfaktor der Beginnperiode  $t'$  für Ziel  $j$ .

$$g_{ij,t'} = \frac{azf_{t'}}{\sum_{t=t'}^{t'+T} azf_t} \cdot azf_t \quad \text{für } t' \leq t \leq t'+T \quad (\text{E.21})$$

$$0 \quad \text{für } t < t' \text{ und } t'+T < t$$

Die Investition in die Fortführung des kommunalen Freibades lässt sich bis zu zwei Jahre verschieben. Abb. E-15 gibt für die Beginnperioden 0, 1 und 2 die Gewichtungsfaktoren für die Berechnung barwertiger Punktwerte an.

Periode	Abzinsungsfaktoren	Gewichtungsfaktoren bei t'= 0	Gewichtungsfaktoren bei t'= 1	Gewichtungsfaktoren bei t'= 2
t	$azf_t$	$g_{t3,0} = \frac{azf_0}{\sum_{i=0}^5 azf_i} \cdot azf_t$	$g_{t3,1} = \frac{azf_1}{\sum_{i=1}^6 azf_i} \cdot azf_t$	$g_{t3,2} = \frac{azf_2}{\sum_{i=2}^7 azf_i} \cdot azf_t$
0	1	24,75 %	0	0
1	0,7648	18,93 %	16,66 %	0
2	0,6538	16,18 %	14,24 %	13,38 %
3	0,5849	14,48 %	12,74 %	11,97 %
4	0,5365	13,28 %	11,69 %	10,98 %
5	0,5	12,38 %	10,89 %	10,24 %
6	0,4711	0	10,26 %	9,64 %
7	0,4473	0	0	9,16 %
8	0,4274	0	0	0
9	0,4103	0	0	0
10	0,3955	0	0	0
Summe	6,1917	100 %	76,48 %	65,38 %

Abb. E-15: Zeitgewichtungsfaktoren im kommunalen Fallbeispiel zu Ziel 3  
 Zur Bewertung der Zielerträge zu Ziel 3 bei Investitionsprojekt 10 wird die Punktzeitwertreihe, die sich nur in ihrer Beginnperiode unterscheidet, mit den entsprechenden Zeitgewichtungsfaktoren multipliziert und aufsummiert, was zu den in Abb. E-16 ausgewiesenen Punktbarwerten je Beginnperiode führt.

Periode	Punktwerte (Zeitwert)	Punktbarwerte für t'= 0	Punktbarwerte für t'= 1	Punktbarwerte für t'= 2
t	$v_3(e_{t3,10t'})$	$g_{t3,0} \cdot v_3(e_{t3,10t'})$	$g_{t3,1} \cdot v_3(e_{t3,10t'})$	$g_{t3,2} \cdot v_3(e_{t3,10t'})$
0	3,5	0,87	0,58	0,47
1	3,5	0,66	0,5	0,42
2	4,5	0,73	0,57	0,49
3	4,5	0,65	0,53	0,46
4	4,5	0,6	0,49	0,43
5	4,5	0,56	0,46	0,41
Punktbarwert $P_{3,10t'}^{KW}$		4,06	3,13	2,69

Abb. E-16: Berechnung des zielindividuellen Punktbarwerts bei Ziel 3 (Klimawirkung) der Generalsanierung des Freibads (i = 10)

Dieser Ansatz ist für alle Ziele zu wiederholen. Die Punktbarwerte je Beginnperiode gehen im Produkt mit den Zielartgewichten als Teilnutzen in

den Abschluss der Nutzwertanalyse ein. Die Summe über alle Teilnutzwerte gibt den barwertigen Nutzwert der Kombination aus Beginnperiode  $t'$  und Projekt  $i$  an. Abb. E-17 fasst dies für  $i = 10, 11, 12$  und  $t' = 1, 2$  zusammen.<sup>1</sup>

Projekt (i)		Freibad (10)				Erlebnisbad (11)				Frei- u. Hallenbad (12)			
Beginnperiode ( $t'$ )		1		2		1		2		1		2	
Skalenziele (j)	Zielgewichte	$P_{j10,1}^{KW}$	Teilnutzwert	$P_{j10,2}^{KW}$	Teilnutzwert	$P_{j11,1}^{KW}$	Teilnutzwert	$P_{j11,2}^{KW}$	Teilnutzwert	$P_{j12,1}^{KW}$	Teilnutzwert	$P_{j12,2}^{KW}$	Teilnutzwert
$Z_1$	22,9%	4,50	1,03	4,30	0,99	6,35	1,46	6,07	1,39	7	1,6	6,69	1,53
$Z_2$	14,8%	5,53	0,82	5,1	0,75	7,44	1,1	6,86	1,01	5,53	0,82	5,1	0,75
$Z_3$	14,5%	<b>3,13</b>	0,45	<b>2,69</b>	0,39	5,18	0,75	4,5	0,65	2,41	0,35	2,07	0,3
$Z_4$	9,7%	2,56	0,25	2,46	0,24	5,14	0,5	4,93	0,48	7,06	0,69	6,78	0,66
$Z_5$	15,8%	2,5	0,4	2,42	0,38	3,76	0,6	3,64	0,58	2,61	0,41	2,52	0,4
$Z_6$	22,2%	6,37	1,41	6,14	1,36	4,85	1,08	4,67	1,04	8,52	1,89	8,22	1,82
<b>barwertiger Nutzwert <math>N_{it'}</math></b>		<b>4,36</b>		<b>4,12</b>		<b>5,48</b>		<b>5,16</b>		<b>5,76</b>		<b>5,47</b>	

Abb. E-17: Nutzwerte im Fallbeispiel zu  $i = 10, 11, 12$  und  $t' = 1, 2$

Zur Berechnung der barwertigen Nutzwerte der übrigen Investitionsprojekte soll vereinfachend eine Diskontrate von 0,065 angenommen werden. Die Projekte 1 bis 9 können jederzeit im Detailplanungszeitraum begonnen werden ( $t' \in 0, 1, \dots, 5$ ). Insgesamt resultiert daraus die Matrix der Zielerreichungskoeffizienten  $b_{it'}$  in Abb. E-18, die zeilenweise die Investitionsprojekte und spaltenweise die Beginnperioden unterscheidet.

Projekte (i)	Beginnperioden ( $t'$ )						
	0	1	2	3	4	5	
<b>1</b>	1,91	1,83	1,76	1,69	1,63	1,57	
<b>2</b>	1,41	1,35	1,3	1,25	1,2	1,16	
<b>3</b>	1,22	1,17	1,13	1,08	1,04	1	
<b>4</b>	5,56	5,35	5,14	4,94	4,75	4,57	
<b>5</b>	4,29	4,12	3,97	3,81	3,67	3,53	
<b>6</b>	2,92	2,81	2,7	2,6	2,5	2,4	
<b>7</b>	3,55	3,41	3,28	3,15	3,03	2,92	
<b>8</b>	2,5	2,4	2,31	2,22	2,14	2,05	
<b>9</b>	4,38	4,21	4,05	3,89	3,74	3,6	
<b>10</b>	5,07	<b>4,36</b>	<b>4,12</b>	0	0	0	
<b>11</b>	6,44	<b>5,48</b>	<b>5,16</b>	0	0	0	
<b>12</b>	6,52	<b>5,76</b>	<b>5,47</b>	0	0	0	

Abb. E-18: Zielerreichungskoeffizienten  $b_{it'}$  der Projekte je Beginnperiode

<sup>1</sup> Die Ergebnisse zu Beginnperiode 0 finden sich bereits in Kapitel D.1.3 in Abb. D-7.

Insgesamt ist die Ausweitung des Planungshorizonts auf  $T^*$  für nichtfinanzielle Zielwirkungen unproblematisch möglich, sofern sich die entsprechenden Zilerträge verlässlich prognostizieren lassen. Und auch bei der Berücksichtigung von Verteilungspräferenzen, z. B. mit einer Nutzwertannuität sind keine Herausforderungen zu erwarten, sofern nur die Zilerträge betrachtet werden, die bis einschließlich  $T$  erzielt werden. Der Umgang mit der finanziellen Zieldimension unterscheidet sich hierbei, was damit zu tun hat, dass im Investitionsprogrammmodell durch explizit erfasste Finanzierungsgeschäfte die Entscheidung auf die konkrete finanzielle Zielvorgabe reduziert wird.

### **b) Zeitliche Priorisierung bei rein finanzieller Betrachtung**

Um bestehende Lösungsansätze in der Literatur darzustellen und die Nachvollziehbarkeit der Überlegungen zu erleichtern, betrachten die nachfolgenden Lösungsansätze das skizzierte Problem nur für finanzielle Ziele. Klar ist, dass es weitere Anpassungen erfordert, da für die öffentliche Hand keine finanzielle Größe, sondern eine Nutzengröße die Zielfunktion bestimmt.

Als Ausweg für das praktische Problem unterschiedlicher Detaillierungsgrade über den Gesamtplanungszeitraum  $T^*$  wird vorgeschlagen, die Zahlungen außerhalb des Planungshorizonts nicht modellkonform zu erfassen, sondern je Projekt in einer Bewertungszahl zusammenzufassen – sinnvollerweise durch eine isolierte Bewertung der Zahlungen ab  $T + 1$  – und in der Zielfunktion des Programmplanungsmodells zu berücksichtigen.<sup>1</sup> Abb. E-19 veranschaulicht diesen Ansatz.

---

<sup>1</sup> Vgl. ursprünglich vor allem Hax [Investitionstheorie] 91 f., deutlich detaillierter heute Troßmann [Investition] 221 f.

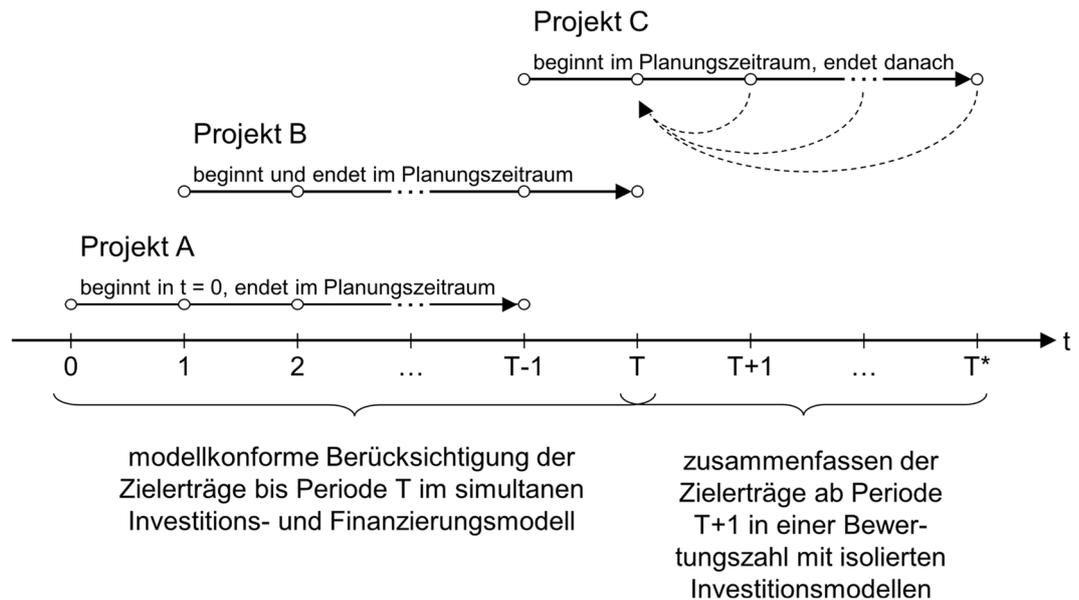


Abb. E-19: Überblick zur Modellierung zeitlicher Priorisierungsentscheidungen mit der Investitionsprogrammplanung

Ab  $T + 1$  erfordern Zahlungen eine Bewertung. Diese Bewertung beschränkt sich sinnvollerweise auf den Zeitraum nach  $T$ . Verschiedene isolierte Methoden zur Berechnung eines Kapitalwerts in  $T$  der Zahlungen ab  $T + 1$  sind dabei vorstellbar.<sup>1</sup> Die weiteren Überlegungen nehmen an, dass ein solcher Endkapitalwert – also ein Kapitalwert bezogen auf das Ende des Planungszeitraums  $T$  – bestimmt werden kann. Z. B. könnten hierzu die Zinssätze der Zinsstrukturkurve verwendet werden,<sup>2</sup> der Zinssatz eines oder mehrerer langfristiger Finanzierungsgeschäfte<sup>3</sup> oder ein anderer prognostizierter Zinssatz; die isolierten Methoden wären entsprechend zu wählen. Hier soll vereinfachend für den Zeitraum  $T + 1$  bis  $T^*$  von einem konstanten Zinssatz  $p^*$  ausgegangen werden. Durch das Konzept der Diskontierung lässt sich für die in  $t'$  beginnenden Projekte  $i$ , ein Endkapitalwert in  $T$  gemäß (E.22) bestimmen. Im Übrigen bezieht der Ansatz neben Investitionsprojekten auch Finanzierungsgeschäfte ein, der Index  $i$  könnte stets auch durch  $k$  ersetzt werden.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Vorstellbar sind alle Methoden der isolierten Kapitalwertrechnung, hier dargestellt in Kapitel C.II.2.a, vgl. auch Troßmann [Investition] 31.

<sup>2</sup> Das würde den Ausführungen in der Arbeitsanleitung zu Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen entsprechen, vgl. Bundesministerium der Finanzen [Arbeitsanleitung] 7.

<sup>3</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 221.

<sup>4</sup> Auch die weiteren Ausführungen disponieren nur den Beginn von Investitionsprojekten.

$$\text{EKW}_{it^*} = \sum_{t=T}^{T^*} \frac{\text{ZU}_{it^*,t}}{q^{t-T}} \quad \text{wobei } q = 1 + \frac{p^*}{100} \quad \text{und } T \leq t \quad (\text{E.22})$$

Die Grundidee ist nun, diesen Endkapitalwert als Zielerreichungskoeffizienten zu den entsprechenden Durchführungshäufigkeiten  $x_i^l$  in der Zielfunktion des Programmplanungsmodells zu erfassen. Er berücksichtigt, welche Zielwirkung die Durchführung des Projekts  $i$  auf das zu optimierende finanzielle Ziel hat. Auf die Nebenbedingungen des simultanen Modells hat dieser Ansatz keine Auswirkung. Die entsprechende Zielfunktion zur Maximierung des – zumindest teilweise gebundenen – Vermögens in Periode  $T$  zeigt (E.23).

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t^*=0}^{T^*} \text{EKW}_{it^*} \cdot x_{it^*}^l \rightarrow \max \quad (\text{E.23})$$

Endkapitalwerte können nur mit Zielfunktionen genutzt werden, die ausschließlich Werte aus der Periode  $T$ , der letzten Periode des simultanen Modells verarbeiten. Ansonsten würde sich deren zeitlicher Bezug nicht entsprechen und eine Verrechnung wäre nur möglich, wenn die Werte modifiziert werden. Wird die finanzielle Wirkung nach  $T$  durch Endkapitalwerte zusammengefasst, lässt sich so auch nur das finanzielle Endvermögen maximieren. Um auch andere Bezugszeitpunkte bei der Vermögensmaximierung zu berücksichtigen, müsste der Endkapitalwert aus Periode  $T$  auf eine oder mehrere andere Perioden bezogen werden. Dazu könnten endogene Zinssätze verwendet werden, die allerdings erst bekannt sind, nachdem das Modell gelöst wurde. Ein von Troßmann für isolierte Projektentscheidungen bei einperiodigen und begrenzt gültigen Finanzierungsgeschäften entwickeltes Verfahren kann dennoch genutzt werden.<sup>1</sup>

Angesprochen sei die Kapitalwertrechnung bei begrenzt geltender Regelfinanzierung. Sie nutzt ein Metamodell, das sich auch hier anwenden lässt, um in mehreren Iterationen von einem Endwert auf andere Entscheidungsgrößen, wie dem Kapitalwert oder der Annuität zu gelangen. Dazu nutzt die Erkenntnis, dass für Entscheidungen nur Grenzzinssätze relevant sind, was indirekt auch aus dem Marginalprinzip folgt, demnach keine Durchschnitts-

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 126.

werte für Entscheidungen verwendet werden dürfen.<sup>1</sup> Außerdem nutzt die berechneten Entscheidungsgrößen als Entnahmen bzw. Zahlungen aufzufassen. Entsprechend wird in einer ersten Iteration zunächst obiges Modell gelöst. Damit ist das maximale Endvermögen bekannt. Aus dem Endtableau lassen sich die Dualwerte der Liquiditätsnebenbedingungen der Perioden  $t > 0$  durch Normierung auf den Dualwert in Periode 0 in Abzinsungsfaktoren umrechnen. Mit dem Abzinsungsfaktor für Periode T kann der Barwert dieses Endvermögens in Periode 0 berechnet werden.

In der zweiten Iteration entnimmt man nun diesen Betrag in Periode 0, erhöht also die autonomen Ausgaben  $d_0$  entsprechend und löst das Modell erneut. Es kann dazu kommen, dass ein positiver oder negativer Rest verbleibt. Ein Rest ungleich null zeigt an, dass sich die Grenzzinssätze verändert haben, was zu neuen Abzinsungsfaktoren führt. Mit den neuen Abzinsungsfaktoren kann der Barwert, zu dem auf Periode T bezogenen Rest berechnet werden. Der Barwert des Endvermögens aus der vorangegangenen Iteration ist, um diesen barwertigen Rest zu korrigieren. Mit den korrigierten barwertigen Endvermögen ist iterativ fortzufahren, bis kein Rest mehr verbleibt. Danach ist das korrekte barwertige Endvermögen gefunden, was als Kapitalvermögen bezeichnet werden kann. Dieser Ablauf lässt sich in gleicher Art und Weise auf die Berechnung einer Annuität übertragen. Als Zwischenschritt müssen lediglich die barwertigen Ergebnisse in Annuitäten umgerechnet werden.<sup>2</sup> Abb. E-20 fasst den Ablauf zusammen.

Die Maximierung einer Vermögensgröße ist keineswegs unplausibel. Typischerweise werden in der Investitionsrechnung vielmehr Zahlungsgrößen maximiert, z. B. Kapital- oder Endwerte. Dann verändert sich die Modellierung und die Zielsetzung muss präzisiert werden, worauf Troßmann hinweist:<sup>3</sup> Durch die Definition einer Variablen  $C_T$ , die positiv in die Zielfunktion und als negativer Summand in die Liquiditätsnebenbedingung der Periode T eingeht, lässt sich die Maximierung einer positiven Zahlung in der letzten Periode modellieren, was einer Maximierung des Endwerts entspricht.

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann/Baumeister [Rechnungswesen] 35 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 126.

<sup>3</sup> Vgl. auch im Weiteren Troßmann [Investition] 221 ff.

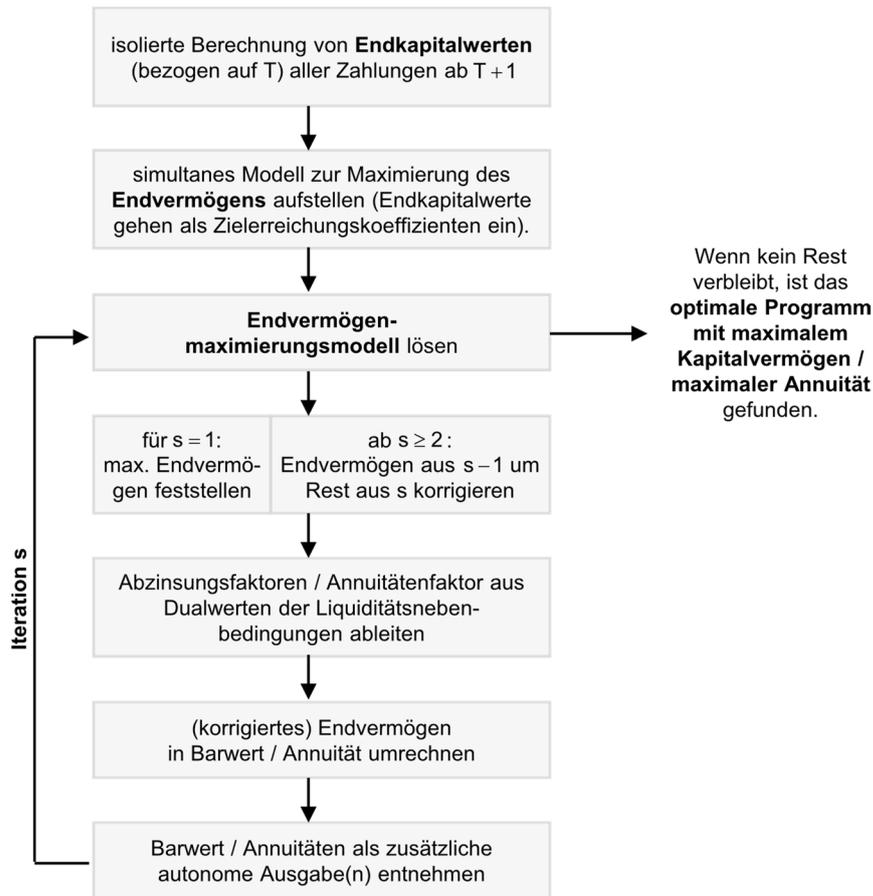


Abb. E-20: Iterative Berechnung beliebiger Entscheidungsgrößen bei Zahlungen außerhalb des Planungszeitraums eines simultanen Investitionsmodells

Für solche Entnahmemodelle wird vorgeschlagen, nur Investitionsprojekte mit negativem Endkapitalwert ( $EKW_{it}^-$ ) in die Zielfunktion aufzunehmen, um die Auszahlung in Periode T nicht dadurch zu steigern, dass z. B. vor T beginnende und nach T endende Kredite erhöht werden (diese weisen typischerweise einen negativen Endkapitalwert aus). Das ginge mit der Zielsetzung einher, auch in den Perioden T + 1 bis T\* keine negativen Zahlungswirkungen auszuweisen. Allerdings wird dieses Ziel nicht immer erreicht, denn kompensieren die in Periode T aufgezinsten Zahlungen in Periode 0 bis T – bei isolierter Betrachtung mit endogenen Grenzzinssätzen – den negativen Endkapitalwert eines solchen Projekts, wird es doch erhöht und zumindest einzelne Perioden ab T + 1 mit negativen Zahlungen belastet. Kredite haben üblicherweise einen negativen Endkapitalwert, der dann als Zielerreichungskoeffizient zu berücksichtigen ist.

Umgekehrt werden positive Endkapitalwerte nicht als Zielerreichungskoeffizienten aufgenommen. Sie laufen dem Ziel entgegen, eine möglichst hohe Auszahlung in Periode T zu erreichen, schließlich sind dafür nur die Zahlungen bis einschließlich T relevant. Zahlungen ab T + 1 können eben nicht durch Veränderungen anderer Projekte – insbesondere von Finanzgeschäften – in Vorperioden transferiert werden. Die Zielfunktion eines solchen Entnahmемodells sowie die Liquiditätsnebenbedingungen zeigen (E.24). Die Entscheidungsvariable  $C_T$  gibt den maximalen Endwert an.

Zielfunktion:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t'=0}^{T'} \text{EKW}_{it'}^- \cdot x_{it'}^l + C_T \rightarrow \max$$

Liquiditätsnebenbedingungen:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t'=0}^{T'} z_{t,it'}^l \cdot x_{it'}^l + \sum_{k=1}^K z_{tk}^F \cdot x_k^F \geq d_t \quad \text{für } t = 0, 1, \dots, T-1 \quad (\text{E.24})$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t'=0}^{T'} z_{t,it'}^l \cdot x_{it'}^l + \sum_{k=1}^K z_{tk}^F \cdot x_k^F + C_T \geq d_t \quad \text{für } t = T$$

Hält man die Ungleichbehandlung positiver und negativer Endkapitalwerte in Modellen zur maximalen (Endwert-)Entnahme für nicht angezeigt, müssen Ziele für die Zeit nach T explizit formuliert werden. Zunächst soll der Planungszeitraum von Periode 0 bis T als Detailplanungszeitraum und von T + 1 bis T\* als Grobplanungszeitraum bezeichnet werden. Grob- und Detailplanungszeitraum unterscheiden sich in der Verfügbarkeit entscheidungsrelevanter Informationen der Finanzierungssituation. Bekannt ist zumindest, dass Projekte gewisse Zahlungsüberschüsse in diesem Zeitraum erzielen. Wenn der Grobplanungszeitraum nicht mit negativen Zahlungen belastet werden soll, könnte in einem auf die Entnahme eines maximalen Endwerts zielenden Modells gefordert werden, dass die saldierten Ein- und Auszahlungen ab einer Periode T + 1 im Grobplanungszeitraum nicht negativ sein dürfen. Dieses Ziel lässt sich durch die Nebenbedingung (E.25) für den Grobplanungszeitraum berücksichtigen. Es benötigt keine weiteren Annahmen zur (isolierten) Bewertung von Projektwirkungen im Grobplanungszeitraum. Andere Zielgrößen (z. B. eine maximale Kapitalwertentnahme) lassen sich mit dem in Abb. E-20 beschriebenen Prozess finden.

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t'=0}^{T'} z_{t,it'} \cdot x_i^I \geq 0 \quad \text{für } T < t \leq T^* \quad (\text{E.25})$$

Ein entsprechendes Modell zur Maximierung des (End-)Vermögens benötigt demgegenüber zumindest eine isolierte Bewertung der Wirkung im Grobplanungszeitraum. Statt hierzu isolierte Endkapitalwerte als Zielerreichungskoeffizienten zu verwenden, kann die für den Grobplanungszeitraum angenommene Finanzierungssituation auch modellkonform formuliert werden. Das Modell ist dann insgesamt als Entnahmemodell zu formulieren. Ein konstanter Zins  $p^*$  ab Periode  $T + 1$ , lässt sich z. B. durch einperiodige Finanzierungsgeschäfte, beginnend jeweils in  $T \leq t'$  mit einer Zahlung in  $\tau = 0$  in Höhe von 100 und in  $\tau = 1$  in Höhe von  $-100 + p^*$  modellieren. Das Ziel, unter diesen Bedingungen im Detailplanungszeitraum keine Entscheidungen zu treffen, die im Grobplanungszeitraum zu negativen Zahlungen führen, lässt sich durch entsprechende Nebenbedingungen ebenso berücksichtigen, wie z. B. ein konstantes Investitionsbudget. Ein entsprechender Modellansatz – zur Endwertmaximierung – bei einem einheitlichen Zinssatz  $p^*$  im Grobplanungszeitraum (mit unbegrenzter Gültigkeit) zeigt (E.26). Durch die Veränderung des Bezugszeitpunktes der zu maximierenden Entnahme(n), lassen sich direkt und ohne den Umweg über einen iterativen Ansatz andere Zielgrößen ermitteln.

Zielfunktion:

$$C_T \rightarrow \max$$

Liquiditätsnebenbedingungen im Detailplanungszeitraum:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^I \sum_{t'=0}^{T'} z_{t,it'}^I \cdot x_{it'}^I + \sum_{k=1}^K z_{tk}^F \cdot x_k^F &\geq d_t && \text{für } t = 0, 1, \dots, T-1 \\ \sum_{i=1}^I \sum_{t'=0}^{T'} z_{t,it'}^I \cdot x_{it'}^I + \sum_{k=1}^K z_{tk}^F \cdot x_k^F + 100 \cdot x_m^F + C_T &\geq d_t && \text{mit } m = 1 \text{ für } t = T \end{aligned} \quad (\text{E.26})$$

Liquiditätsnebenbedingungen im Grobplanungszeitraum:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^I \sum_{t'=0}^{T'} z_{t,it'}^I \cdot x_{it'}^I - (100 + p^*) \cdot x_m^F + 100 \cdot x_{m+1}^F &\geq 0 \\ &&& \text{mit } m = t - T, \text{ für } T < t < T^* \\ \sum_{i=1}^I \sum_{t'=0}^{T'} z_{t,it'}^I \cdot x_{it'}^I - (100 + p^*) \cdot x_m^F &\geq 0 && \text{mit } m = t - T, \text{ für } t = T^* \end{aligned}$$

Ausgangspunkt der Überlegungen war ein zeitlich begrenzter Planungshorizont. Überwiegend wird gefordert, die Zielwirkungen außerhalb dieses Planungshorizonts isoliert zu bewerten und in aggregierter Form im Planungshorizont zu berücksichtigen.<sup>1</sup> Die daraus folgenden Ergebnisse lassen sich auch erzielen, ohne den Modellrahmen der linearen Planungsrechnung zu verlassen; teilweise lassen sie sich so auch verbessern, da eine präzisere Zielformulierung möglich ist (z. B. bei der Entnahmemaximierung). Es lässt sich demgegenüber einwenden, dass der Ansatz dem Grundgedanken eines beschränkten Planungshorizonts widerspricht, denn auch die Zahlungen nach dem (Detail-)Planungshorizont (hier also im Grobplanungszeitraum) werden im linearen Planungsmodell explizit erfasst. Einer solchen Argumentation ist entgegenzuhalten, dass die hier vorgeschlagenen Ansätze gegenüber der Verwendung von Endkapitalwerten keine zusätzlichen Informationen oder Annahmen benötigen, dabei zu denselben Ergebnissen kommen, wenngleich präzisere Zielformulierungen möglich sind. Nachfolgend werden diese Überlegungen auf das nutzenmaximierende Kalkül der öffentlichen Hand zur Priorisierung öffentlicher Investitionsprojekte mit Programmplanungsmodellen übertragen.

### **c) Zur zeitlichen Priorisierung öffentlicher Investitionsprojekte**

Dass sich die Priorisierung öffentlicher Investitionsprojekte nach den bisher erarbeiteten Modellen zur öffentlichen Investitionsprogrammplanung von den vorangegangenen Ansätzen unterscheiden muss, wird beim Blick auf die nutzenmaximierende Zielfunktion deutlich. Die Verwendung von Endkapitalwerten in der Zielfunktion ist zumindest nicht direkt möglich, denn diese liegt in der Einheit Nutzenpunktwerte vor. Entsprechend müssten die Endkapitalwerte in einem weiteren Bewertungsschritt in Nutzenpunkte überführt werden, um mit den bestehenden Nutzwerten verrechnet werden zu können. Eine solche Bewertung ließe sich auf dem üblichen Weg z. B. mit Indifferenzurteilen erreichen. Es wäre sicherzustellen, dass die entsprechenden Nutzwerte vergleichbar bleiben. Auch greifen die eingangs aufgeworfenen Gründe, die finanzielle Zielwirkung nicht im nutzwertanalytischen Pro-

---

<sup>1</sup> Vgl. z. B. Hax [Investitionstheorie] 91, Troßmann [Investition] 221 ff.

grammansatz zu berücksichtigen, nicht mehr. Es bestehen nach Periode T keine gemeinsamen finanziellen Restriktionen, zumindest lassen sie sich nicht formulieren, weshalb nun isoliert für das einzelne Projekt die finanziellen Zielerträge mit Nutzenpunkten bewertet werden müssten. Möglicherweise könnten die Dualwerte der Budgetrestriktionen einen wertvollen Hinweis liefern, um die finanziellen Zielerträge der Projekte im Grobplanungszeitraum adäquat zu berücksichtigen. Mit ihnen ließen sich die knappen finanziellen Mittel im Sinne von Knappheitspreisen abschätzen.<sup>1</sup>

Andere isolierte Ansätze führen kaum weiter. So wäre es z. B. attraktiv, mit den aus der Lösung des linearen Modells resultierenden Dualwerten für die Liquiditätsnebenbedingung von Periode T, die Endkapitalwerte in barwertige Nutzenpunkte zu überführen. Dazu muss das Modell aber zunächst gelöst werden. Hier kann keine iterative Annäherung angewandt werden, da sich kein Modell formulieren lässt, das als Ausgangspunkt dienen könnte.

Der Planungshorizont der nachfolgenden Ansätze umfasst alle Zielwirkungen. Er wird dazu in einen Detail- und einen Grobplanungshorizont unterschieden. Zwei Gestaltungsformen waren bei rein finanzieller Betrachtung zu unterscheiden, die vom konkreten Extremierungsziel abhängen: vermögensmaximierende und entnahmemaximierende Modelle. Beide Zielsetzungen scheinen für die öffentliche Hand unpassend und sind mit nutzenmaximierenden Ansätzen auch nicht direkt vereinbar. Zudem unterscheiden sich die Ansätze in deren Annahmen, auf die ein Blick lohnt. Während entnahmemaximierende Ansätze keine Annahmen über den Zinssatz – genauer die Finanzierungssituation – für den Grobplanungszeitraum erfordern, werden ebendiese für vermögensmaximierende Ansätze angenommen. Gerade für die öffentliche Hand scheint es plausibel, dass finanzielle Zielerträge auch im Grobplanungszeitraum eine Verzinsung erfahren, die nun explizit im Modell zu berücksichtigen ist. Es sei dazu ein konstanter Zinssatz  $p^*$  angenommen; es ließen sich aber auch sämtliche präzisere isolierte Investitionsmodelle berücksichtigen.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Diese sind wie Knappheitspreise z. B. für Maschineneinsätze in eher produktionsorientierten Modellen aufzufassen, vgl. dazu z. B. Troßmann [Potentialgestaltung] 137 f.

<sup>2</sup> Vgl. Kapitel C.II.2.a und die dortigen Quellen, insbesondere Troßmann [Investition] 31.

Bei der zeitlichen Priorisierung der Investitionsprojekte sind zusätzliche Überlegungen zu den Nebenbedingungen der Durchführungshäufigkeiten anzustellen. Für sämtliche Projekte sowie Kombinationen aus Beginnperioden und Projekten ist deren Nichtnegativität zu fordern. Die jeweils geltenden Ober- und Untergrenzen der Investitionsprojekte müssen abweichend erfasst werden.

Bei einem einmalig durchführbaren Projekt, soll nicht nur entschieden werden, ob es durchgeführt wird, sondern auch wann es begonnen wird. Allerdings darf es nicht mehrfach beginnen. Projekte, die innerhalb gewisser Grenzen mehrfach durchführbar sind, können mehrfach begonnen werden, sie dürfen die vorgegebene Obergrenze nicht überschreiten. Z. B. können bis zu sechs mit Diesel betriebene Busse durch elektrisch betriebene Busse ersetzt werden ( $i = 1$ ). Diese (Ersatz-)Investitionen lassen sich über den Planungshorizont beliebig verteilen, wobei insgesamt die Obergrenze von sechs einzuhalten ist. Gleiches gilt für die Untergrenze der Durchführungshäufigkeit eines Projekts, die über alle begonnenen Projekte einzuhalten ist.

Schließen sich einige Projekte  $h$  (wobei  $h \in 1, \dots, I$ ) gegenseitig aus, so ist für diese (über alle Beginnperioden) eine gemeinsame Restriktion einzuführen. Im Fallbeispiel kann das Freibad entweder generalsaniert ( $i = 10$ ), oder zu einem Erlebnisbad umgebaut ( $i = 11$ ) oder generalsaniert und um ein Hallenbad ergänzt ( $i = 12$ ) werden. Das erfordert eine gemeinsame Obergrenze in Höhe von 1 der Projekte 10, 11 und 12 über alle Beginnperioden hinweg. Da gleichzeitig mindestens eines der drei Projekte durchzuführen ist, ist eine entsprechende Restriktion in die andere Richtung einzuführen.

(E.27) zeigt ein auf einem „vermögensmaximierenden“ Ansatz basierendes Modell zur Investitionsprogrammplanung der öffentlichen Hand, das am bisherigen Fallbeispiel verdeutlicht werden soll. Dazu ist das Fallbeispiel zunächst zu präzisieren. Wie in Abb. E-19 können alle Investitionsprojekte  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 12$ ;  $I = 12$ ) in den Perioden 0 bis 5 ( $t' = 0, 1, 2, \dots, 5$ ;  $T' = 5$ ) beginnen. Dasjenige Investitionsprojekt mit der spätesten Beginnperiode bestimmt für das gesamte Modell die letzte Beginnperiode  $T'$ . Für die Projekte 10, 11 und 12 sind daher auch nicht realisierbare Beginnperioden ( $t' = 3, 4, 5$ ) vorgese-

hen. Diese sind in allen Eingangsdaten des Modells mit den Werten null zu versehen. Die Zielerreichungskoeffizienten  $b_{it}^l$  basieren auf einer Nutzwertanalyse und sind Abb. E-18 zu entnehmen. Für die Finanzierungsgeschäfte  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, 13$ ;  $K = 13$ ) werden keine Beginnperioden unterschieden, wenngleich dies durchaus vorstellbar wäre. Ihre finanzielle Wirkung beschränkt sich auf den Detailplanungszeitraum. Die normierten Zahlungen in Periode  $t$  der Investitionsprojekte  $i$  unterscheiden sich nur in ihren relativen Zahlungsperioden und in den Beginnperioden  $t'$  ( $z_{t,it'}^l$ ). Sie sind in Abb. E-1 aufgeführt, die normierten Zahlungen der Finanzierungsgeschäfte  $k$  in Periode  $t$  ( $z_{tk}^F$ ) finden sich in Abb. D-11.

Zielfunktion:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t'=0}^{T'} b_{it'}^l \cdot x_{it'}^l \rightarrow \max, \text{ wobei } b_{it'}^l = N_{it'}$$

Budgetrestriktion im Detailplanungszeitraum:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t'=0}^{T'} z_{t,it'}^l \cdot x_{it'}^l + \sum_{k=1}^K z_{tk}^F \cdot x_k^F \geq d_t \quad \text{für } t = 0, 1, \dots, T-1$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t'=0}^{T'} z_{t,it'}^l \cdot x_{it'}^l + \sum_{k=1}^K z_{tk}^F \cdot x_k^F + 100 \cdot x_m^F \geq d_t \quad \text{mit } m = 1 \text{ für } t = T$$

Budgetrestriktion im Grobplanungszeitraum:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t'=0}^{T'} z_{t,it'}^l \cdot x_{it'}^l - (100 + p^*) \cdot x_m^F + 100 \cdot x_{m+1}^F \geq 0$$

$$\text{mit } m = t - T, \text{ für } T < t < T^*$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t'=0}^{T'} z_{t,it'}^l \cdot x_{it'}^l - (100 + p^*) \cdot x_m^F \geq 0 \quad \text{mit } m = t - T, \text{ für } t = T^* \quad (\text{E.27})$$

Nichtnegativitätsbedingung aller Projekt in allen Beginnperioden

$$0 \leq x_{it'}^l \quad \text{für } i = 1, 2, \dots, I \text{ und } t' = 1, 2, \dots, T'$$

Durchführungshäufigkeiten der Investitionsprojekte  $i$

$$x_i^l = \sum_{t'=0}^{T'} x_{it'}^l \leq O_i^l \text{ und } x_i^l = \sum_{t'=0}^{T'} x_{it'}^l \geq U_i^l \quad \text{für } i = 1, 2, \dots, I$$

Durchführungshäufigkeiten der Finanzierungsgeschäfte  $k$

$$x_k^F \leq O_k^F \text{ und } x_k^F \geq U_k^F \quad \text{für } k = 1, 2, \dots, K$$

abhängige (da sich gegenseitig ausschließende) Projekte  $h$

$$x_h^l = \sum_{h=0}^H \sum_{t'=0}^{T'} x_{ht'}^l \leq 1 \quad \text{für alle } h, \text{ wobei } h \in 1, 2, \dots, I$$

Die bisherigen Ober- und Untergrenzen für die Durchführungshäufigkeiten der Investitions- ( $O_i^I, U_i^I$ ) und Finanzierungsprojekte ( $O_k^F, U_k^F$ ) gelten weiter.<sup>1</sup> Für die Investitionsprojekte gelten sie unabhängig davon, in welcher Periode die Projekte durchgeführt werden. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass sich die Investitionsprojekte 10, 11 und 12 gegenseitig ausschließen (daher gilt  $h = 10, 11, 12$ ).

Die bisherige Finanzierungssituation soll für den Detailplanungszeitraum von Periode 0 bis 5 gelten ( $T = 5$ ). Für den Grobplanungszeitraum ab Periode 6 bis 10 ( $T^* = 10$ ) wird ein einheitlicher Kalkulationszinssatz von  $p^* = 3\%$  p. a. angenommen, es handelt sich um ein Vermögensmodell. Ein Entnahmeverfahren würde für den Grobplanungszeitraum einen ausgeglichenen Zahlungssaldo fordern, ohne eine Verzinsung anzunehmen. Die Durchführungshäufigkeiten der künstlichen einperiodigen und unbeschränkt gültigen Finanzierungsgeschäfte zur Berücksichtigung der Zahlungswirkungen im Grobplanungszeitraum erhalten den Index  $m$  ( $m = 1, 2, \dots, 5$ ) und beginnen jeweils um eine Periode versetzt, erstmalig in Periode 5.

Das Modell überfordert mit 89 Entscheidungsvariablen und 134 Nebenbedingungen die Lösung mit üblichen Tabellenkalkulationsprogrammen<sup>2</sup> und lässt sich hier in der gewohnten Matrizenform auch kaum darstellen. Daher bietet es sich an, zur Lösung des Planungsproblems ein Softwareprogramm wie LINGO, FICO Xpress Optimization Suite oder CPLEX Optimization Studio zu verwenden. Diese Arbeit setzt die Optimierungssoftware Xpress der Firma FICO ein. Zumindest für Angehörige von Hochschulen ist sie kostenfrei verfügbar und dennoch sehr leistungsfähig.<sup>3</sup> So lassen sich die Modelle leicht nachvollziehen bzw. die Ergebnisse reproduzieren. Abb. E-21 zeigt das Modell (E.27) mit den Daten des Fallbeispiels gemäß der Modellierungssprache von Xpress. Zunächst sind Indextypen, Parameter mit Datenarrays und die Entscheidungsvariablen zu definieren. Danach folgen die

---

<sup>1</sup> Vgl. dazu Kapitel E.III.1.

<sup>2</sup> Vgl. zu den Modellierungsgrenzen des verbreiteten Add-ins Solver für das Softwarepaket Microsoft Excel Frontline [Solver]. Die Obergrenze von 100 Nebenbedingungen ist hier mit 134 Nebenbedingungen überschritten, da auch jede Nichtnegativitätsbedingung der Kombinationen aus Investitionsprojekten und Beginnzeitpunkten als einzelne Nebenbedingung aufgefasst wird.

<sup>3</sup> Vgl. zu den Bezugsmöglichkeiten des Softwarepakets Fico [Xpress].

Daten(-arrays) des Fallbeispiels, die Formulierung der Zielfunktion sowie der Nebenbedingungen. Der „maximize“-Befehl maximiert die Zielfunktion; der „writeln“-Befehl gibt die Modelllösung aus.<sup>1</sup>

```
model " Investitionsprogramm "
uses "mmaxprs" ;

declarations

  I = 12          ! Anzahl der Investitionsprojekte i
  K = 13          ! Anzahl der Finanzierungsgeschäfte k
                  ! im Detailplanungszeitraum
  M = 5           ! Anzahl der Finanzierungsgeschäfte m
                  ! im Grobplanungszeitraum
  T = 10         ! letzte Periode t im Betrachtungszeitraum
  TB = 5         ! letzte Beginnperiode t für Investitionsprojekte
  Mi = 1..I      ! Indexmenge der Investitionsprojekte i
  Mk = 1..K      ! Indexmenge der Finanzierungsgeschäfte k
                  ! im Detailplanungszeitraum
  Mm = 1..M      ! Indexmenge der Finanzierungsgeschäfte m
                  ! im Grobplanungszeitraum
  Mt = 0..T      ! Indexmenge der Perioden t
  Mtb = 0..TB   ! Indexmenge der Beginnperioden tb

  ! Zahlung in Periode t, wenn Investitionsprojekt i in Beginnzeitpunkt
  ! tb einmalig durchgeführt wird
  zI: array(Mi,Mtb,Mt) of real
  ! Zahlung in Periode t, wenn Finanzierungsgeschäft k
  ! einmalig durchgeführt wird
  zFk: array(Mk,Mt) of real
  ! Zahlung in Periode t, wenn Finanzierungsgeschäft l
  ! einmalig durchgeführt wird
  zFm: array(Mm,Mt) of real
  ! Obergrenze/Untergrenze der Durchführungshäufigkeit
  ! von Investitionsprojekt i
  IU: array(Mi) of real
  IO: array(Mi) of real
  ! Obergrenze/Untergrenze der Durchführungshäufigkeit
  ! von Finanzierungsgeschäft k
  FU: array(Mk) of real
  FO: array(Mk) of real
  ! Investitionsbudgets in Periode t
  d: array(Mt) of real
  ! Entscheidungsvariablen zur Durchführungshöhe von
  ! Investitionsprojekt i / Finanzierungsgeschäft k bzw. m
  xI: array(Mi,Mtb) of mpvar
  xFk: array(Mk) of mpvar
  xFm: array(Mm) of mpvar
  ! Zielfunktionskoeffizienten (Nutzwerte) der Investitionsprojekte i
  b: array(Mi,Mtb) of real

end-declarations

! Zahlung in Periode t, wenn Investitionsprojekt i einmalig in Periode tb
! durchgeführt wird
! t=0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10
zI::[
-450,   50,   50,   50,   50,   350,   0,   0,   0,   0,   0, ! i=1,tb=0
  0, -450,   50,   50,   50,   50,   350,   0,   0,   0,   0, ! i=1,tb=1
  0,   0, -450,   50,   50,   50,   50,   350,   0,   0,   0, ! i=1,tb=2
  0,   0,   0, -450,   50,   50,   50,   50,   350,   0,   0, ! i=1,tb=3
  0,   0,   0,   0, -450,   50,   50,   50,   50,   350,   0, ! i=1,tb=4
  0,   0,   0,   0,   0, -450,   50,   50,   50,   50,   350, ! i=1,tb=5
-40,   -5,   10,   15,   15,   20,   0,   0,   0,   0,   0, ! i=2,tb=0
  0, -40,   -5,   10,   15,   15,   20,   0,   0,   0,   0, ! i=2,tb=1
  0,   0, -40,   -5,   10,   15,   15,   20,   0,   0,   0, ! i=2,tb=2
```

<sup>1</sup> Vgl. zur Modellierung mit Fico Xpress z. B. Domschke u. a. [Fallbeispiele] 189 ff.



```

0, 0, 100,-103.75, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, ! k=8
0, 0, 0, 100, -104, 0, 0, 0, 0, 0, 0, ! k=9
0, 0, 0, 0, 100,-104.25, 0, 0, 0, 0, 0, ! k=10
100, -2.5, -2.5, -2.5, -2.5, -102.5, 0, 0, 0, 0, 0, ! k=11
-19.85,-19.85, 0, 100,-31.39,-31.39, 0, 0, 0, 0, 0, ! k=12
0, 100,-35.69, -35.69,-35.69, 0, 0, 0, 0, 0, 0] ! k=13

! Zahlung in Periode t, wenn Finanzierungsgeschäft m einmalig durchgeführt wird
! t=0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
zFm:: [
0, 0, 0, 0, 0, 100, -103, 0, 0, 0, 0, ! m=1
0, 0, 0, 0, 0, 0, 100, -103, 0, 0, 0, ! m=2
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 100, -103, 0, 0, ! m=3
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 100, -103, 0, ! m=4
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 100, -103] ! m=5

! Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Investitionsprojekt i
! i= 1 2 3 4 5 6
IU:: [0, 0, 1, 0, 0, 0,
! 7 8 9 10 11 12
! 0, 0, 0, 0, 0, 0]

! Obergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Investitionsprojekt i
! i= 1 2 3 4 5 6
IO:: [6, 1, 3, 1, 1, 1,
! 7 8 9 10 11 12
! 1, 1, 1, 1, 1, 1]

! Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Finanzierungsgeschäft k
! k= 1 2 3 4 5 6
FU:: [0, 0,-24.138,-18.776,-13.453, 0,
! 7 8 9 10 11 12
! -0.25, 0, 0, 0, -10, 0,
! 13
! -15]

! Obergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Finanzierungsgeschäft k
! k= 1 2 3 4 5 6
FO:: [30, 30,5.86151,11.2241,16.5465, 20,
! 7 8 9 10 11 12
! 29.75, 20, 20, 20, 20, 10,
! 13
! 15]

! Investitionsbudgets
! t= 0 1 2 3 4 5
d:: [-100, -150, -180, -200, -230, -200,
! 6 7 8 9 10
! 0, 0, 0, 0, 0]

! Zielerreichungskoeffizient von Investitionsprojekt i mit Beginnzeitpunkt tb
! tb= 0 1 2 3 4 5
b:: [1.91, 1.83, 1.76, 1.69, 1.63, 1.57, ! i=1
1.41, 1.35, 1.3, 1.25, 1.2, 1.16, ! i=2
1.22, 1.17, 1.13, 1.08, 1.04, 1.1, ! i=3
5.56, 5.35, 5.14, 4.94, 4.75, 4.57, ! i=4
4.29, 4.12, 3.97, 3.81, 3.67, 3.53, ! i=5
2.92, 2.81, 2.7, 2.6, 2.5, 2.4, ! i=6
3.55, 3.41, 3.28, 3.15, 3.03, 2.92, ! i=7
2.5, 2.4, 2.31, 2.22, 2.14, 2.05, ! i=8
5.78, 5.56, 5.34, 5.14, 4.94, 4.75, ! i=9
5.07, 4.36, 4.12, 0.0, 0.0, 0.0, ! i=10
6.44, 5.48, 5.16, 0.0, 0.0, 0.0, ! i=11
6.52, 5.76, 5.47, 0.0, 0.0, 0.0] ! i=12

! Modell
! Zielfunktion
GNW:= sum(i in Mi,tb in Mtb) b(i,tb) * xI(i,tb)
! Nebenbedingungen
! Budgetrestriktion im Detailplanungszeitraum in Periode 0 bis 5-1
forall (t in 0..4) do
NB1(t):= sum(i in Mi,tb in Mtb) xI(i,tb) * zI(i,tb,t) +
sum(k in Mk) xFk(k) * zFk(k,t) >= d(t)
end-do

```

```

! Budgetrestriktion im Detailplanungszeitraum in Periode 5
NB2:= sum(i in Mi, tb in Mtb) xI(i, tb) * zI(i, tb, TB) +
      sum(k in Mk) xFk(k) * zFk(k, TB) +
      sum(m in Mm) xFm(m) * zFm(m, TB) >= d(TB)
! Budgetrestriktion im Grobplanungszeitraum
! Periode 5+1 bis T*
forall (t in 6..T) do
NB3(t):= sum(i in Mi, tb in Mtb) xI(i, tb) * zI(i, tb, t) +
         sum(m in Mm) xFm(m) * zFm(m, t) >= 0
end-do
! Nichtnegativitätsbedingung der Durchführungshäufigkeit
! aller begonnenen Investitionsprojekte
forall (i in Mi, tb in Mtb) do
NB4(i, tb):= xI(i, tb) >= 0
end-do
! Ober-/Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit der Finanzierungs-
! geschäfte im Detailplanungszeitraum
forall (k in Mk) do
xFk(k) is_free
NB5(k):= xFk(k) <= FO(k)
NB6(k):= xFk(k) >= FU(k)
end-do
! keine Ober-/Untergrenze der Durchführungshäufigkeit der Finanzierungs-
! geschäfte m im Grobplanungszeitraum
forall (m in Mm) do
xFm(m) is_free
end-do
! Ober-/Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit der Investitionsprojekte i
forall (i in Mi) do
NB7(i):= sum(tb in Mtb) xI(i, tb) <= IO(i)
NB8(i):= sum(tb in Mtb) xI(i, tb) >= IU(i)
end-do
! gemeinsame Restriktion der abhängigen
! Investitionsprojekte "kommunales Freibad" (i=10,11,12)
NB9:= sum(i in 10..12, tb in Mtb) xI(i, tb) <= 1
NB10:= sum(i in 10..12, tb in Mtb) xI(i, tb) >= 1
! Festlegung frühester Beginnperioden
forall (i in 8..9, tb in 0..2)
NB11(i, tb):= xI(i, tb) = 0
forall (i in 5..7)
NB12(i):= xI(i, 0) = 0
! Festlegung spätester Beginnperioden
forall (i in 10..12, tb in 3..5)
NB14(i, tb):= xI(i, tb) = 0
! Beschränkung der Durchführungshäufigkeit einzelner Projekte
! in einzelnen Beginnperioden
forall (tb in Mtb)
NB15(tb):= xI(1, tb) <= 2

! Maximierung der Zielfunktion
maximize (GNW)
!Ausgabe der Ergebnisse
writeln ( " GNW: " , getobjval ) ! Gesamtnutzwert (GNW) des Investitionsprogramms
writeln ( "Investitionsprojekte" ) ! optimales Investitionsprogramm
setparam( "REALFMT", "%6.2g" )
writeln ( " i | t'=0 | t'=1 | t'=2 | t'=3 | t'=4 | t'=5 | UG | OG " )
forall (i in 1..9)
writeln ( " ", i, " | ", getsol(xI(i,0)),
         " | ", getsol(xI(i,1)),
         " | ", getsol(xI(i,2)),
         " | ", getsol(xI(i,3)),
         " | ", getsol(xI(i,4)),
         " | ", getsol(xI(i,5)),
         " | ", getslack(NB8(i)),
         " | ", getslack(NB7(i)))
forall (i in 10..12)
writeln ( " ", i, " | ", getsol(xI(i,0)),
         " | ", getsol(xI(i,1)),
         " | ", getsol(xI(i,2)),
         " | ", getsol(xI(i,3)),
         " | ", getsol(xI(i,4)),
         " | ", getsol(xI(i,5)),
         " | ", getslack(NB8(i)),
         " | ", getslack(NB7(i)))

```

```
writeln ( "Finanzierungsgeschaefte" ) ! optimales Finanzierungsprogramm
setparam("REALFMT", "%7.4g")
writeln ( " k | xFk | UG | OG " )
forall (k in 1..9)
    writeln ( " ", k, " | ", getsol(xFk(k)),
              " | ", getslack(NB6(k)),
              " | ", getslack(NB5(k)))
forall (k in 10..13)
    writeln ( " ", k, " | ", getsol(xFk(k)),
              " | ", getslack(NB6(k)),
              " | ", getslack(NB5(k)))
! Inanspruchnahme des Finanzbudgets im Grobplanungszeitraum
writeln ( "Inanspruchnahme des Finanzbudgets im Grobplanungszeitraum" )
setparam("REALFMT", "%6.g")
writeln ( " m | xFm " )
forall (m in Mm)
    writeln ( " ", m, " | ", getsol(xFm(m)))
end-model
```

Abb. E-21: Investitionsprogrammplanungsmodell zur zeitlichen Priorisierung der Investitionsprojekte mit nutzenmaximierender Zielfunktion im kommunalen Fallbeispiel in der Modellierungssprache von Xpress

Die optimale Lösung des Modells zeigt Abb. E-22. Zunächst fällt die deutliche Steigerung des maximal erzielbaren barwertigen Nutzwerts in Höhe von 29,13 Nutzenpunkten auf. Das entspricht einer Zunahme von 10,08 Nutzenpunkten im Vergleich zum Modell ohne Entscheidung über die Beginnperiode.<sup>1</sup> Dass die Freiheitsgrade durch die Disposition des Beginnzeitpunkts deutlich zugenommen haben, zeigt der Umfang und die Zusammensetzung der Projekte des optimalen Investitionsprogramms.

Das Modell zeigt außerdem eine explizite zeitliche Priorisierung. Optimal ist demnach die sofortige Investition in die Projekte 1, 2 und 10; teilweise ist Projekt 4 durchzuführen. Zwar entspricht die teilweise Durchführung von Investitionsprojekt 4 den Modellvorgaben. Realisierbar ist diese Lösung nicht, denn die Erweiterung des Kindergarten „Kurrerstraße“ lässt sich unter gleichbleibenden Bedingungen wohl kaum zu 82 % durchführen. Ebenfalls modellkonform, tatsächlich aber nicht realisierbar, ist das zeitlich in die Perioden 2 und 5 aufgeteilte Investitionsprojekt 10. Zwar wird es insgesamt genau einmal durchgeführt. Realisierbar ist diese Lösung ebenfalls nicht, denn die Generalsanierung des Freibads lässt sich nicht zeitlich aufspalten. Das Gleiche gilt für die teilweise Durchführung von Investitionsprojekt 1 in Periode 2 und 5.

---

<sup>1</sup> Vgl. dazu Kapitel E.III.1.

i	Investitionsprojekte						Finanzierungsgeschäfte					
	opt. Lösung in opt. Beginnperiode $x_i^*$ in $t^*$						neue Unter- grenze	neue Ober- grenze	k/m	opt. Lösung	neue Unter- grenze	neue Ober- grenze
	0	1	2	3	4	5	$U_i^l$	$O_i^l$		$x_k^{F*}$	$U_k^F$	$O_k^F$
1	2	2	0,05			1,95	-6	0	1	0	0	30
2	1						-1	0	2	0	0	30
3						1	0	2	3	-24,14	0	30
4	0,82						-0,82	0	4	-18,78	0	30
5		1					-1	0	5	-13,45	0	30
6							0	1	6	5,46	-5,46	14,54
7							0	1	7	29,75	-30	0
8				1			-1	0	8	0,44	-0,44	19,56
9							0	1	9	2,11	-2,11	17,89
10	1						-1	0	10	0	0	20
11							0	1	11	20	-30	0
12							0	1	12	0	0	10
									13	-9,67	-6,32	23,67

Inanspruchnahme des Finanzbudgets im Grobplanungszeitraum						
Periode im Grob- planungszeitraum (m + T)	m	1	2	3	4	5
Durchführungshöhe (in 10.000 €)	$x_m^{F*}$	16,95	4,76	4,56	4,52	5,18

**maximaler Nutzwert des Investitionsprogramms (in Nutzenpunkten) 29,13**

Abb. E-22: Optimales Investitionsprogramm zeitlich priorisierter Investitionsprojekte im kommunalen Fallbeispiel

Die zeitliche Priorisierung durch die optimale Festlegung des Beginnzeitpunkts jedes Projekts stellt ein adäquates Mittel zur Priorisierung von Investitionsprojekten dar. Sollte auch innerhalb einer Periode zeitlich priorisiert werden, müssten die Perioden kürzer gewählt werden. Störend sind vielmehr offensichtliche Probleme bei der Umsetzbarkeit der Ergebnisse. Diese treten vorwiegend dort auf, wo Investitionsprojekte nur teilweise durchgeführt oder begonnen werden. Nachfolgend wird die Modellierung um Realisierbarkeitsbedingungen der Investitionsprojekte sowie die Suche nach einer optimalen Lösung ergänzt.

#### IV. Die öffentliche Hand auf der Suche nach realisierbaren Investitionsprogrammen

##### 1. Berücksichtigung von Realisierungsbedingungen bei der Suche optimaler Investitionsprogramme

Die Relevanz von Realisierungsbedingungen in Form von Unteilbarkeiten ist je nach Modell unterschiedlich ausgeprägt. Allgemein lässt sich feststel-

len, dass mit einer zunehmenden Anzahl durchführbarer Investitionsprojekte und einer abnehmenden Anzahl unterschiedener Perioden im Detailplanungszeitraum mit periodenindividuellen Budgetrestriktionen, Probleme mit unteilbaren Investitionsprojekten in den Hintergrund rücken.<sup>1</sup> Umfasst der Detailplanungszeitraum insgesamt  $T$  Perioden, so bilden die entsprechenden Budgetrestriktionen insgesamt  $T + 1$  Ungleichungen. Da bei einem knappen Finanzbudget grundsätzlich ein maximaler Nutzen nur dann erzielt wird, wenn die Budgetrestriktionen ausgeschöpft werden, können diese auch als Gleichungen aufgefasst werden. Vergleichbar zu den Iterationen in der Marktzinsmethode, werden beim Simplex-Algorithmus iterativ einzelne Entscheidungsvariablen zielgerichtet verändert, bis sie entweder selbst ihre eigene Restriktion erreichen oder eine andere Veränderliche ihre Restriktion erreicht. Daraus folgt, dass bei  $T + 1$  Budgetrestriktionen nur  $T + 1$  Projekte teilweise durchgeführt werden, wobei hierzu auch Finanzierungsgeschäfte zählen, für die eine teilweise Durchführung unproblematisch ist.<sup>2</sup> Das zeigt sich auch im vorangegangenen Fallbeispiel, bei dem die Investitionsprojekte  $i = 4$  in Periode 1,  $i = 1$  in Periode 2 und 5,  $i = 10$  in Periode 1 und 2 sowie Finanzierungsgeschäft 8 jeweils teilweise begonnen bzw. durchgeführt werden. Insgesamt sechs Projekte bzw. Kombinationen aus Beginnperioden und Projekten zeigen eine teilweise Durchführungshäufigkeit, was der Anzahl unterschiedener Budgetrestriktionen im Detailplanungszeitraum entspricht.

Es ist davon auszugehen, dass praktische Modelle eine große Zahl von Investitions- und Finanzierungsprojekten unterscheiden. Demgegenüber wird der (Detail-)Planungshorizont kaum über fünf Perioden hinaus ausgeweitet. Das führt dazu, dass die teilweise durchgeführten Investitionsprojekte weniger ins Gewicht fallen. Dann kann es angezeigt sein, durch eher heuristi-

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Hax [Investitionstheorie] 93 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Hax [Investitionstheorie] 94 f., der allerdings annimmt, dass eine zusätzliche Entscheidungsvariable (die Ergebnisgröße) einer Liquiditätsnebenbedingung (hier Budgetrestriktion) maximiert wird, die allein deshalb unproblematisch auch nichtganzzahlige Werte annehmen kann, weshalb er die maximale Anzahl nichtganzzahliger Variablen im Vergleich zur hier dargestellten Lösung um eins reduziert. Die hier vorgestellten Modelle unterstellen eine andere Zielfunktion, die vielmehr die Ausprägungen der Entscheidungsvariablen bewertet und keinen Wert annimmt, der ebenfalls bereitsteht, um die Liquiditätsnebenbedingungen auszuschöpfen.

sche Vorgehensweisen ein realisierbares Investitionsprogramm festzulegen, z. B. durch Auf- und Abrunden der Durchführungshäufigkeiten von Investitionsprojekten. Für kleinere Planungsprobleme gilt dies eher nicht. Nachfolgend soll betrachtet werden, wie Realisierungsbedingungen zu modellieren sind, bevor Lösungsansätze aufgezeigt werden. In jedem Fall scheint die Berücksichtigung von Unteilbarkeiten – also Ganzzahligkeit – keine unlösbaren Modelle hervorzubringen,<sup>1</sup> denn entweder das Planungsproblem ist klein, dann hält sich der Rechenaufwand in Grenzen, oder das Planungsproblem ist groß, dann nimmt die Bedeutung von Unteilbarkeiten als Realisierbarkeitsbedingungen ab.

Die wohl wichtigste Realisierungsbedingung für das erarbeitete Investitionsmodell der öffentlichen Hand ist die „Unteilbarkeit“ von Investitionsprojekten.<sup>2</sup> (E.28) zeigt einen entsprechenden Modellierungsvorschlag. Problematisch ist vielmehr für die resultierenden Modelle eine optimale Lösung zu finden. Im folgenden Fallbeispiel sind die Finanzierungsgeschäfte – wie bisher – in den bekannten Grenzen beliebig teilbar, die Investitionsprojekte demgegenüber sind nur im Ganzen oder gar nicht realisierbar. Für alle Entscheidungsvariablen, die die Durchführungshäufigkeit der Investitionsprojekte betreffen, ist also deren Ganzzahligkeit zu fordern. Die übrigen Anforderungen an die Durchführungshäufigkeit, wie nur ganz oder gar nicht (also eine binäre Beschränkung), Nichtnegativität oder Wiederholbarkeit lassen sich durch Kombination der Forderung nach Ganzzahligkeit sowie einfacher Ober- und Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit erfassen.

$$x_{it}^l \in \mathbb{Z} \quad \text{für } i = 1, 2, \dots, I \quad (\text{E.28})$$

Die Beschränkung der Durchführungshäufigkeit von Entscheidungsvariablen durch Nebenbedingungen auf ganze Zahlen nutzt darüber hinaus zur Modellierung von Bedingungen und Interdependenzen. Schließen sich Investitionen gegenseitig aus, lässt sich dies hilfsweise durch gemeinsame

---

<sup>1</sup> Vgl. zu den Lösungsproblemen sehr umfassender gemischt-ganzzahliger linearer Planungsrechnungen Müller-Merbach [Operations Research] 366.

<sup>2</sup> Vgl. zu diesem Begriff Troßmann [Investition] 210, auch Bitz/Ewert/Terstege [Investition] 264 f.; vgl. Hax [Programmierung] 442 der die regelmäßige Unteilbarkeit von Sachinvestition betont.

Restriktionen formulieren. Im Fallbeispiel kann nur eines der Investitionsprojekte 10, 11 und 12 durchgeführt werden, was sich bisher annähernd adäquat erfassen ließ, wenngleich die Modellformulierung auch nicht realisierbare Lösungen zugelassen hätte. Anders verhält sich dies bei der Entscheidung über den Beginn von Investitionsprojekt 5 und 9. Beide werden teilweise in Periode 0, teilweise in Periode 1 durchgeführt, was keine realisierbare Lösung darstellt. Hier bedarf es der Formulierung eines Systems von Nebenbedingungen und der Festlegung der Durchführungsvariablen auf ganze Zahlen, wie es (E.29) zeigt.<sup>1</sup>

$$\sum_{t'=0}^{T'} x_{5,t'}^l \leq 1 \tag{E.29}$$
$$x_{5,t'}^l \in \mathbb{Z} \text{ und } x_{5,t'}^l \geq 0 \quad \text{für } t' = 0, 1, 2$$

Für Investitionsprojekte sind damit zwei der wichtigsten Realisierungsbedingungen bezeichnet. Weitere logische Verknüpfungen sind denkbar, werden hier aber nicht vertieft dargestellt.<sup>2</sup>

Mit Blick auf die Finanzierungsgeschäfte ist die vollständige Teilbarkeit nicht immer plausibel, z. B. wenn eine sehr großzügige Kreditlinie nur sehr geringfügig ausgenutzt wird. Dann stehen fixe Transaktionsausgaben des Finanzierungsgeschäfts in einem möglicherweise unvereinbaren Verhältnis zum genutzten Volumen.<sup>3</sup> Auch solche Zusammenhänge lassen sich abbilden. Die normierte Zahlung  $z_{tk}^F$  erfasst demnach nur den variablen Teil des Finanzierungsgeschäfts  $k$  in der Periode  $t$ , der von der Durchführungshöhe des jeweiligen Geschäfts abhängt. Wie in allen betriebswirtschaftlichen Zusammenhängen üblich, erfordert eine problemadäquate Modellierung aber auch die Berücksichtigung des demgegenüber fixen Teils. Für ein Finanzierungsgeschäft also alle Transaktionsausgaben, die mit der Nutzung des entsprechenden Finanzierungsgeschäfts einhergehen und nicht von des-

---

<sup>1</sup> Vgl. zur Formulierung einer solchen logischen „oder“-Beziehung zweier Investitionsprojekte Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 235 ff.; „und“-Beziehungen lassen sich ebenfalls formulieren, können vereinfacht auch durch Zusammenlegen zweier Investitionsprojekte erfasst werden.

<sup>2</sup> Zur Modellierung weiterführender logischer Bedingungen z. B. Suhl/Mellouli [Optimierungssysteme] 110 ff. und Kallrath [Optimierung] 125 ff.

<sup>3</sup> Vgl. Rohloff [Finanzierung] 75 f.

sen Durchführungshäufigkeit abhängen. Dazu können periodische Kontoführungsgebühren, Abschläge oder einmalige Bereitstellungsausgaben ebenso wie Beratungs- und sämtliche (weitere) Transaktionsausgaben zählen. Die gesamten Zahlungskonsequenzen in Periode  $t$  bei Durchführung eines Finanzierungsgeschäfts  $k$  ergeben sich dann in Abhängigkeit von dessen Durchführungshöhe  $x_k^F$  gemäß (E.30).

$$z_{tk}^{F,fix} + z_{tk}^{F,var} \cdot x_k^F \quad \text{für } t = 0, 1, 2, \dots, T \quad (\text{E.30})$$

In einem linearen Planungsmodell ließen sich diese fixen Zahlungen eines Finanzierungsgeschäfts ähnlich wie produktmengenfixe Ausgaben bei der Produktionsprogrammplanung modellieren.<sup>1</sup> Dazu soll eine zusätzliche Binärvariable  $y_k^{F,fix}$  erfassen, ob das Finanzierungsgeschäft  $k$  durchgeführt wird. Den Budgetrestriktionen ist nicht nur das Produkt aus durchführungsfixen Ausgaben  $z_{tk}^{F,fix}$  und der Binärvariable  $y_k^{F,fix}$  in (E.31) hinzuzurechnen. An die Stelle von  $z_{tk}^F$  tritt der variable Teil des Finanzierungsgeschäfts  $z_{tk}^{F,var}$ . Außerdem benötigt es folgende zusätzliche Nebenbedingungen (E.32).

$$z_{tk}^{F,fix} \cdot y_k^{F,fix} \quad \text{für } t = 0, 1, 2, \dots, T \quad (\text{E.31})$$

$$\begin{aligned} x_k^F - U_k^F &\leq (O_k^F - U_k^F) \cdot y_k^{F,fix} \\ y_k^{F,fix} &\in \{0, 1\} \text{ oder } y_k^{F,fix} \in \mathbb{Z}; \quad 0 \leq y_k^{F,fix}; \quad y_k^{F,fix} \leq 1 \end{aligned} \quad (\text{E.32})$$

Wird das betreffende Finanzierungsgeschäft nicht bis zu dessen Untergrenze reduziert ( $U_k^F < x_k^F$ ), ist die linke Seite der Ungleichung positiv; dann muss die Binärvariable  $y_k^{F,fix}$  den Wert 1 annehmen; im Fall von  $y_k^{F,fix} = 0$  wäre ansonsten die Obergrenze der Durchführungshäufigkeit 0 ( $(O_k^F - U_k^F) \cdot 0 = 0$ ) und damit die Nebenbedingung (E.32) verletzt. Sofern finanzielle Mittel knapp sind und das Finanzierungsgeschäft nicht durchgeführt wird, wird immer auch die zugehörige Binärvariable den Wert 0 annehmen ( $y_k^{F,fix} = 0$ ), da ansonsten die fixen Ausgaben des Finanzierungsgeschäfts bezahlt würden, ohne es zu nutzen, was konkurrierendem Mittelbedarf im Weg steht.

Ebenso wie Investitionsprojekte Abhängigkeiten aufweisen können, können diese auch bei Finanzierungsgeschäften sowie zwischen diesen beiden

---

<sup>1</sup> Vgl. auch im Weiteren Kallabis [Produktentscheidungen] 97 ff., allgemein zu solchen sogenannten Fixed Charge Problemen Müller-Merbach [Operations Research] 405 f.

Projekttypen auftreten. In modifizierter Form lassen sie sich wie oben gezeigt formulieren. Fixe Finanzierungskosten ebenso wie Abhängigkeiten von Investitionsprojekten mögen häufiger beobachtet werden, die Realität lässt aber viele weitere Realisierungsbedingungen zu, die je nach Anwendungsfall relevant werden. Entsprechend sind in der wissenschaftlichen Literatur viele Modelle oder Aspekte formuliert, die dieser Thematik Rechnung tragen.<sup>1</sup> Sie lassen sich modulartig einbeziehen und ermöglichen eine fast beliebige Verfeinerung der Modelle.

## **2. Ansätze zum Auffinden realisierbarer Investitionsprogramme**

Bis zuletzt waren die vorgeschlagenen Modelle mit Verfahren der linearen Planung bzw. Optimierung (z. B. dem Simplex-Algorithmus) lösbar. Durch die Berücksichtigung zusätzlicher Realisierungsbedingungen, insbesondere in Form der Unteilbarkeit von Investitionsprojekten, treten kombinatorische Elemente hinzu. Um die kombinatorischen Probleme zu lösen, eignen sich je nach Umfang und Planungsfortschritt heuristische Verfahren oder exakte Entscheidungsbaumverfahren. Zu den exakten Verfahren zählt neben der vollständigen Enumeration, die dynamische Planungsrechnung sowie das Branching and Bounding .<sup>2</sup>

Die vollständige Enumeration berechnet den Zielwert jeder Kombinationsmöglichkeit und wählt diejenige mit dem größten Zielwert aus. Dadurch verschwindet die kontinuierlich lineare Problemstellung des simultanen Investitions- und Finanzplanungsmodells nicht. Dieser Ansatz würde im vorliegenden Fallbeispiel bedeuten, für bis zu  $10^{21}$  (gerundet) Programmalternativen (die Anzahl entspricht allen Kombinationen aus 13 unabhängigen Investitionsprojekten mit sechs unterschiedlichen Beginnperioden gemäß der Formel  $2^{13 \cdot 6}$ )<sup>3</sup> einen abgestimmten Finanzplan z. B. mit dem Simplex-Algorithmus oder der Marktzinsmethode festzulegen und zuletzt die Kombination mit dem größten realisierbaren Zielwert zu wählen. Der sehr große Re-

---

<sup>1</sup> Vgl. zu weiterführenden Teilmodellen Ecke [Finanzplanung] 62 ff., Glaser [Liquiditätsreserven] 98 ff. und Bühler/Gehring/Glaser [Finanzplanung] 31 ff.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren Müller-Merbach [Operations Research] 325 ff.

<sup>3</sup> Vgl. zu dieser Formel Troßmann [Investition] 211, Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 198 f.

chenaufwand schon für kleine Problemstellungen macht die vollständige Enumeration für den kombinatorischen Teil praktischer Entscheidungsprobleme unattraktiv.

Von Vorteil für die dynamische Planungsrechnung ist neben dem Rückgriff auf Rechenergebnisse die systematische Berücksichtigung von Realisierungsbedingungen beim Aufbau des Entscheidungsbaums,<sup>1</sup> die, so hofft man, zu einer erheblichen Reduktion der zu betrachtenden Alternativen führt. Dazu wäre es erforderlich, dass ein nicht realisierbares Programm durch Hinzufügen eines weiteren Projekts nicht wieder realisierbar wird.<sup>2</sup> Das ist allerdings für die umfassenden Realisierungsbedingungen, insbesondere aufgrund der Budgetrestriktionen, der hier vorgeschlagenen Modelle nicht sichergestellt. Nicht nur deshalb gerät die dynamische Planungsrechnung als Entscheidungsbaumverfahren an ihre Grenzen. Allgemein schränkt die Überprüfung umfassender Nebenbedingungen ihre Verwendung ein.<sup>3</sup>

Für die exakte Lösung eines simultanen Investitions- und Finanzplanungsmodells als gemischt-ganzzahlig lineare Planungsrechnung, bietet sich die Lösung mittels Branch-and-Bound-Verfahren an.<sup>4</sup> Dazu wird das Modell ohne Berücksichtigung der Ganzzahligkeit gelöst z. B. mit dem Simplex-Algorithmus. Bei einer nicht realisierbaren Lösung werden zusätzliche Ober- und Untergrenzen auf die angrenzenden ganzen Zahlen für Entscheidungsvariablen mit nichtganzzahliger Ausprägung eingeführt und das veränderte Modell mit dem Simplex-Algorithmus erneut gelöst. Ein systematischer Vergleich der Ergebnisse erlaubt festzustellen, wann ein ganzzahliges Ergebnis nicht weiter verbessert werden kann.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. allgemein zur dynamischen Planungsrechnung z. B. Neumann/Morlock [Operations Research] 593 ff.; eine Anwendung bei der Investitionsprogrammplanung findet sich bei Troßmann [Investition] 211 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Moll [Budgetierung] 165.

<sup>3</sup> Vgl. auch im Weiteren Troßmann [Investition] 216 f.

<sup>4</sup> Vgl. Troßmann [Netzwerke] 440, ähnlich Müller-Merbach [Operations Research] 358 ff. insbesondere, wenn es den Charakter eines „Knapsackproblems“ mit Unteilbarkeiten – wie sie gerade für die öffentliche Hand anzunehmen sind – aufweisen.

<sup>5</sup> Vgl. für eine exakte Beschreibung Domschke u. a. [Operations Research] 140 ff., Müller-Merbach [Operations Research] 378 ff.

Dieser konkrete Ansatz ist nicht für beliebig umfassende Modelle anwendbar, denn im schlechtesten Fall muss, wie bei der vollständigen Enumeration, jedes mögliche Investitions- und Finanzierungsprogramm berechnet werden, um daraufhin dasjenige mit dem besten Ergebnis auszuwählen. Die Zahl der Berechnungen steigt mit der Größe des Modells, vor allem aber mit der Anzahl von Entscheidungsvariablen für die Ganzzahligkeit gefordert wird. Das kann bei umfassenden Modellen zu unververtretbaren Rechenzeiten führen. Diese Bedenken sind vor allem darin begründet, dass noch vor wenigen Jahren die Entwicklung der Rechenleistung moderner Personal Computer wesentlich unterschätzt wurde,<sup>1</sup> die informationsverarbeitenden Kapazitäten erhöhen sich zunehmend.

Es ist davon auszugehen, dass für die meisten praktischen Entscheidungsmodelle unter Verwendung geeigneter Hard- und Software exakte Lösungen der Modelle in akzeptabler Rechenzeit gefunden werden können. Insbesondere aufgrund des Zusammenhangs, dass zwar für umfassende Modelle die Rechenzeit ansteigt, demgegenüber die Ganzzahligkeitsbedingungen an Bedeutung verlieren. Für die Fälle, in denen exakte Verfahren nur nach unbefriedigend langer Zeit zu befriedigenden Ergebnissen führen, wären heuristische Lösungsansätze zu verwenden.<sup>2</sup>

Die Ansätze zur Lösung linearer oder ganzzahlig linearer Planungsmodelle stehen hier nicht im Vordergrund. Zur Lösung entsprechender Modelle nutzt ein bestehendes (informationstechnologisch umgesetztes) Instrumentarium. Im Übrigen handelt es sich hierbei auch nicht um ein für Entscheidungen der öffentlichen Hand spezifisches Problem, sondern vielmehr grundsätzliche Schranken von Investitionsmodellen. Um eine Lösung für ein optimales realisierbares Investitionsprogramm im nachfolgenden Fallbeispiel zu finden, soll weiterhin das Softwareprogramm Xpress von Fico verwendet werden; grundsätzlich bietet auch die verbreitete Tabellenkalkulation des Excel-Solvers von Microsoft entsprechende Möglichkeiten.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Kruschwitz/Lorenz [Investitionsrechnung] 255 f.

<sup>2</sup> Vgl. Müller-Merbach [Operations Research] 391.

<sup>3</sup> Sie kann allerdings aufgrund der Vielzahl von Nebenbedingungen und einer Beschränkung auf 100 Nebenbedingungen nicht verwendet werden, vgl. dazu Kapitel E.III.3.c.

Im Fallbeispiel aus Kapitel E.III.3.c in Abb. E-21 wurden bereits verschiedene Realisierungsbedingungen zwischen den Investitionsprojekten modelliert. Anlass der Ausführungen zur Suche nach realisierbaren Programmalternativen war der Fall, dass zwar die verknüpfenden Nebenbedingungen erfüllt wurden, allerdings auch durch teilweise durchgeführte Investitionsprojekte. Zusätzlich muss daher für die Durchführungshäufigkeit der Investitionsprojekte  $i$  in jeder Beginnperiode  $t'$  deren Ganzzahligkeit gefordert werden. Formal ist Modell (E.27) um folgende Nebenbedingungen (E.33) zu ergänzen.

$$x_{it'}^I \in \mathbb{Z} \quad \text{für } i = 1, 2, \dots, 13 \text{ und } t' = 0, 1, 2, \dots, 5 \quad (\text{E.33})$$

In der Modellierungssprache von Xpress lässt sich dies durch den zusätzlichen Abschnitt in Abb. E-23 im Modell – genauer in den Nebenbedingungen – erfassen. Zusätzlich ist die Ausgabe der freien Investitionsbudgets als negativer Wert der Schlupfvariablen der Budgetrestriktionen zu ergänzen.

```
! Ganzzahligkeitsbedingungen der Investitionsprojekte
forall (i in Mi, tb in Mtb) do
    xI(i, tb) is_integer
end-do

! Zusätzliche Ausgabe
! ungenutzte Investitionsbudgets je Periode t
writeln ( "freie Investitionsbudgets" )
setparam("REALFMT", "%1.4g")
writeln ( " t | Wert " )
forall (t in 0..TB-1)
    writeln ( " ", t, " | ", getslack(NB1(t))*-1)
    writeln ( " 5 | ", getslack(NB2)*-1)
forall (t in TB+1..9)
    writeln ( " ", t, " | ", getslack(NB3(t))*-1)
    writeln ( " ", 10, " | ", getslack(NB3(10))*-1)
```

Abb. E-23: Formulierung ganzzahliger Entscheidungsvariablen in Xpress im Fallbeispiel

Die Lösung dieses ganzzahlig-gemischten linearen Planungsmodells für die öffentliche Entscheidung zur zeitlichen Priorisierung von Investitionsprojekten zeigt nun, wie zu erwarten einen niedrigeren Gesamtnutzwert als ein Modell ohne die Berücksichtigung von Unteilbarkeiten der Investitionsprojekte. Im Gegenzug nehmen die Entscheidungsvariablen nun nur ganzzahlige Werte an. Abb. E-24 fasst die Ergebnisse zusammen. Da das Investitionsbudget nun nicht mehr vollständig ausgeschöpft wird, verbleiben in den

einzelnen Perioden Investitionsbudgets ungenutzt. Diese entsprechen den Werten der Schlupfvariablen der Budgetrestriktionen.

Für die vergleichsweise wenig umfassende Entscheidung über ein öffentliches Investitionsprogramm im Fallbeispiel, bei der also größere Auswirkungen durch die Berücksichtigung von Unteilbarkeiten zu erwarten waren, zeigen sich vergleichsweise geringe Unterschiede zum Modell ohne explizite Berücksichtigung dieser Realisierungsbedingungen. Das Investitionsprogramm setzt sich jeweils aus den Investitionsprojekten 1, 2, 3, 4, 5, 8 und 9 zusammen, die Unterschiede beschränken sich auf die Beginnperioden der einzelnen Projekte. Für Investitionsprojekt 1 verändert sich dabei nur die Durchführungshäufigkeit in den Perioden 2 und 5. Investitionsprojekt 3 wird statt sofort in Periode 5 begonnen.

i	Investitionsprojekte (in Stück)							Finanzierungsprojekte (in 10.000 €)				
	opt. Lösung in opt. Beginnperiode $x_i^I$ in $t^{**}$						neue Unter- grenze	neue Ober- grenze	k/m	opt. Lösung	neue Unter- grenze	neue Ober- grenze
	0	1	2	3	4	5	$U_i^I$	$O_i^I$		$x_k^{F*}$	$U_k^F$	$O_k^F$
1	2	2	1			1	-6	0	1	11,58	-11,58	18,42
2	1						-1	0	2	0	0	30
3						1	0	2	3	-24,14	0	30
4						1	-1	0	4	-18,78	0	30
5		1					-1	0	5	-13,45	0	30
6							0	1	6	0	0	20
7							0	1	7	17,85	-18,1	11,9
8				1			-1	0	8	4,5	-4,5	15,5
9							0	1	9	3,17	-3,17	16,83
10			1				-1	0	10	2,74	-2,74	17,26
11							0	1	11	20	-30	0
12							0	1	12	0	0	10
									13	-15	0	30

Inanspruchnahme der Finanzierungsannahmen im Grobplanungszeitraum (in 10.000 €)						
Periode im Grob- planungszeitraum (m + T)	m	1	2	3	4	5
Durchführungshöhe (in 10.000 €)	$x_m^{F*}$	29,13	18,26	0,5	0,72	-1,36

**maximaler Nutzwert des Investitionsprogramms (in Nutzenpunkten) 28,41**

freie Investitionsbudgets in Periode t											
Periode t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wert	1.914€	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abb. E-24: Optimales Investitionsprogramm zeitlich priorisierter Investitionsprojekte im kommunalen Fallbeispiel unter Berücksichtigung von Realisierungsbedingungen

Insgesamt ist festzustellen, dass Ganzzahligkeitsbedingungen aufgrund der Unteilbarkeit von Investitionsprojekten für die öffentliche Investitionsprogrammplanung nur selten Probleme beim Auffinden einer realisierbaren Lösung aufwerfen sollten. Zwar steigt der Rechenaufwand mit dem Umfang der Modelle, aufgrund der Beschränkung des Planungshorizonts nimmt der Einfluss der Ganzzahligkeitsbedingungen auf die optimale Lösung ab. Damit besteht mit dem zuletzt vorgestellten Modell ein öffentliches Investitionsprogrammplanungsmodell, das sowohl über den Beginnzeitpunkt der einzelnen Projekte disponieren, wie auch wichtige Realisierungsbedingungen berücksichtigen kann, dabei auch bei sehr großem Umfang stets lösbar sein sollte.

#### **V. Verknüpfende Darstellung der unterschiedenen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen dienen der Bewertung öffentlicher Investitionen. Maßgeblich für die zu verwendende Methodik ist die jeweilige Entscheidungssituation. Steht die Entscheidung über ein Problem im Vordergrund, das sich durch eine einzelne Investition lösen lässt, dann ist regelmäßig noch über die Gestaltung dieses Projekts eine Auswahlentscheidung zu treffen. Anzuwenden wäre dann die Methodik der omnikriteriellen dynamischen Nutzwertanalyse, wie sie für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur Projektbewertung in Kapitel D entwickelt wurde und in Abb. E-25 überblicksartig dargestellt ist. Desto knapper das Finanzbudget einer Entscheidungseinheit der öffentlichen Hand wird (z. B. einer Kommune), desto wichtiger wird die Frage, welche Projekte überhaupt durchzuführen sind. Diese Frage wird kaum eindeutig zu beantworten sein, sondern vielmehr darauf abzielen, nur einen Teil der möglichen Investitionsprojekte durchzuführen und die übrigen zu einem späteren Zeitpunkt zu beginnen. Auf Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei solchen öffentlichen Investitionsprogrammentscheidungen richtet sich das Kapitel E. Abb. E-26 gibt einen Überblick über die entwickelte Methodik. Beide Abbildungen zeigen den Datenfluss mit roten und den Einsatz von Präferenzinformationen mit grünen Pfeilen.

Nachfolgend sollen die bisher erarbeiteten methodischen Einzelaspekte zusammengesetzt werden. Dabei treten Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Methoden je nach Entscheidungssituationen deutlich hervor. So ist beiden gemein, dass die Güte des folgenden Entscheidungsmodells maßgeblich von der Zielbildung und insbesondere von der Operationalisierung durch Kennzahlen abhängt. Sie strukturieren und beeinflussen den gesamten Planungsprozess.<sup>1</sup> Ohne Kennzahlen wären die vorgestellten Methoden nicht anwendbar. Vielmehr ersetzen Kennzahlen die eigentliche verbale Zieldefinition. Deren adäquate Definition ist daher von kaum zu überschätzender Bedeutung. Als Präzisierung der Ziele kann die Festlegung von Zielpräferenzen bezeichnet werden. Unabhängig von der Entscheidungssituation sind sie durchzuführen. Außerdem muss der Alternativenraum festgelegt bzw. identifiziert werden. Bei Auswahlentscheidungen schließen sich die Projekte gegenseitig aus, weshalb bei jedem Projekt auch synonym von Alternative gesprochen werden kann. Dabei sind je Alternative die relevanten finanziellen Zielwirkungen und nichtfinanziellen Zielerträge zu prognostizieren. Ebenfalls ist die Finanzierungssituation adäquat zu erfassen. Nachfolgend sollen die einzelnen Entscheidungssituationen differenziert betrachtet werden.

Bei den Abb. E-25 zugrunde liegenden Auswahlentscheidungen bilden die prognostizierten nichtfinanziellen, aber zeitlich differenzierten Zielerträge einen Teil der Informationsbasis. Dazu müssen zunächst Höhenpräferenzen definiert werden (siehe dazu Kapitel C.II.1.c). So lassen sich den nichtfinanziellen periodenindividuellen Zielerträgen je Zielart Punktwerte zuweisen. Durch die Definition von Zeit- und Verteilungspräferenzen (siehe Kapitel D.I) können diese periodenindividuellen Punktzeitwerte je Zielart in einem zielindividuellen Punktkapitalwert aggregiert werden (wenn eine Verteilungspräferenz nach dem Kapitalwertkonzept unterstellt wird).

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Controlling] 131 f., auch Troßmann [Kennzahlen] 521 ff.

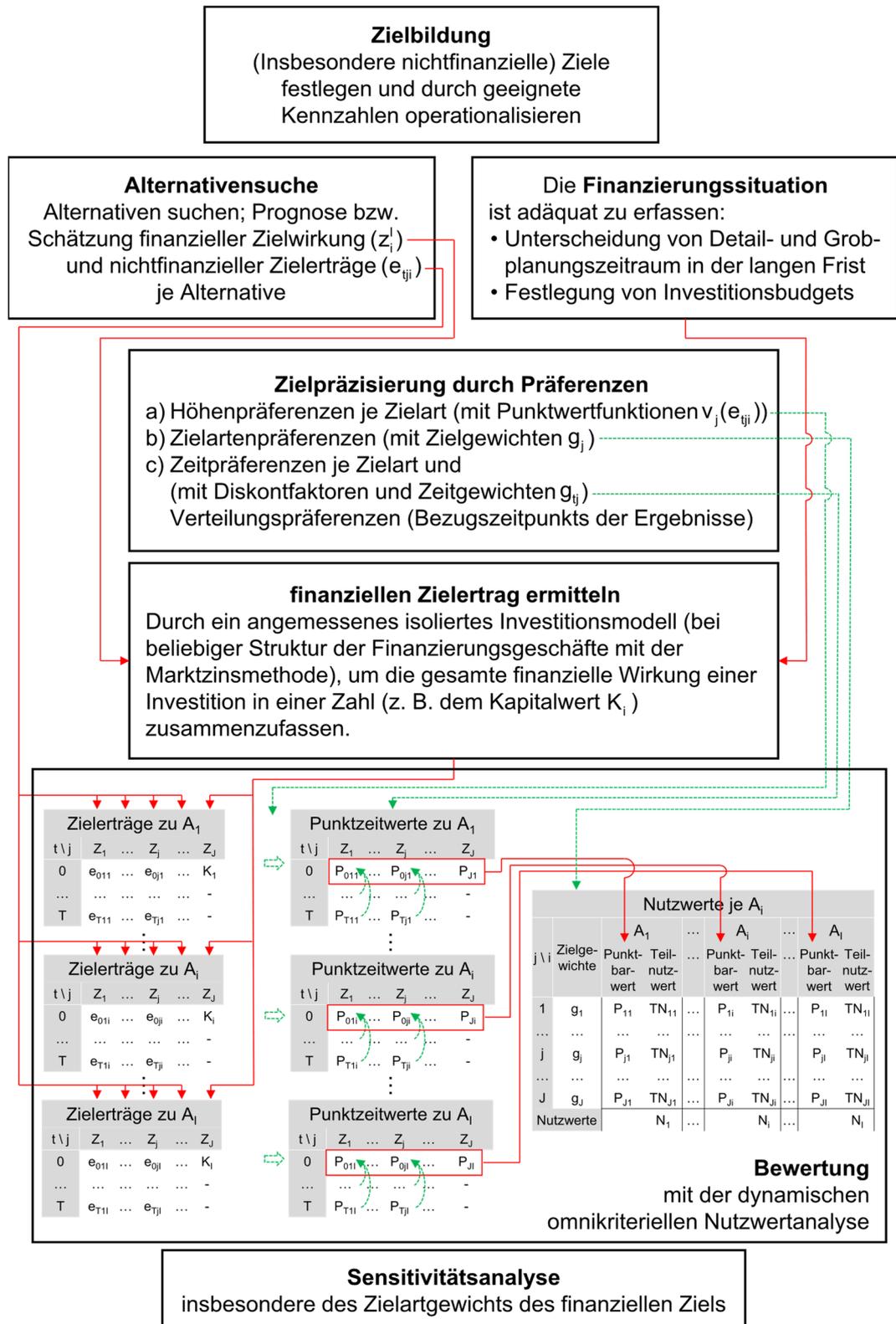


Abb. E-25: Entscheidungslogische Methodik zur Bewertung einzelner Investitionsprojekte mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen

Den zweiten Teil der Informationsbasis bilden die periodenindividuellen finanziellen Zielwirkungen. Zusammen mit der Finanzierungssituation und unter Verwendung adäquater isolierter Investitionsmodelle (in dieser Arbeit für den Fall einer beliebigen Struktur der Finanzierungsgeschäfte mit der Marktzinsmethode) werden sie zu einem finanziellen Zielertrag zusammengefasst. Diesem ist durch entsprechende Höhenpräferenzen ein Punktwert zuzuordnen. Eine Berücksichtigung von Zeitpräferenzen erübrigt sich, da der finanzielle Zielertrag im Investitionsmodell entsprechend den Verteilungspräferenzen festgelegt wird (für die Anpassung der Marktzinsmethode siehe Kapitel D.II.3). Schließlich liegen zielindividuelle Punktwerte der gewünschten Verteilung vor (z. B. im Fall des Kapitalwertkonzepts als Punktkapitalwerte). Die Definition von Artenpräferenzen ermöglicht die gewohnte additive Gewichtung der zuvor festgelegten Punktkapitalwerte (siehe Kapitel D.IV). Die Auswahl sollte auf das Projekt mit dem höchsten Nutzwert fallen. Die Gewichtung des finanziellen Ziels nimmt besonderen Einfluss und ist durch Sensitivitätsanalysen zu untersuchen.

Für die Investitionsprogrammentscheidungen aus Abb. E-26 erfolgt die Bewertung der einzelnen Investitionsprojekte nur anhand der nichtfinanziellen Ziele. Die finanziellen Ziele werden vielmehr als Verbrauch (d. h. die Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte) des knappen finanziellen Finanzbudgets (also den Finanzierungsgeschäften sowie den Investitionsbudgets) aufgefasst. Zunächst sind die einzelnen Investitionsprojekte anhand der nichtfinanziellen Ziele mit einer dynamischen Nutzwertanalyse zu bewerten, weshalb ebenfalls Höhen-, Arten und Zeitpräferenzen festzulegen sind. Bei einer großen Zahl von Projekten bieten sich mehrere nutzwertanalytische Ansätze je Investitionsfeld an, die jeweils ganz unterschiedliche Zielsysteme aufweisen können. Um die Projekte auch über Investitionsfelder hinweg vergleichen zu können, müssen Investitionsfeldpräferenzen definiert werden (siehe dazu Kapitel E.II.3). Im nächsten Schritt sind für jedes Investitionsprojekt verschiedene Beginnperioden zu unterscheiden.

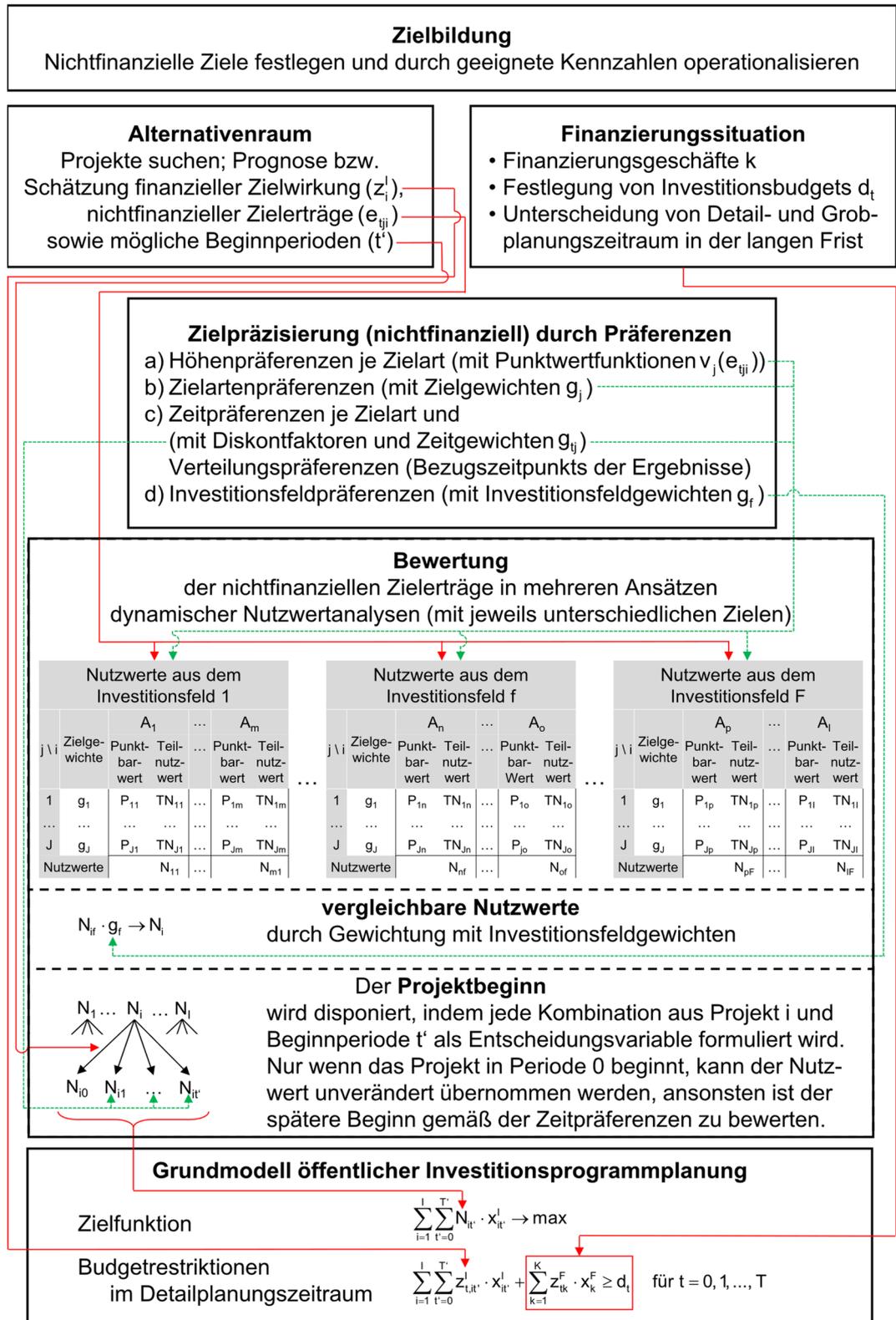


Abb. E-26: Entscheidungslogische Methodik zur Investitionsprogrammplanung mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen

Für Kombinationen aus Beginnperioden und Investitionsprojekten, die nicht entsprechend der Verteilungspräferenz (z. B. nicht in Periode 0 beim Kapitalwertkonzept) beginnen, sind die vergleichbaren Nutzwerte entsprechend den Zeitpräferenzen anzupassen (siehe Kapitel E.III.3.a). Jede Kombination aus Investitionsprojekt und Beginnzeitpunkt wird im folgenden Programmplanungsmodell als „ein“ Investitionsprojekt behandelt, erhält also eine eigene Entscheidungsvariable. Jede dieser Entscheidungsvariablen geht dann im Produkt mit ihrem entsprechenden Nutzwert als Zielerreichungskoeffizient in die zu maximierende Zielfunktion ein. Die Nebenbedingungen dieses Modells erfassen die finanzielle Zielerfüllung, d. h. die finanziellen Zielwirkungen in Form von Zahlungsüberschüssen der Investitionsprojekte ebenso, wie die der Finanzierungsgeschäfte. Entsprechend sind sie periodenweise so zu formulieren, dass die Investitionsbudgets nicht überschritten werden. Hinzu tritt die Unterscheidung eines Detail- und Grobplanungszeitraums aufgrund des weit ausgedehnten Planungshorizonts (siehe Kapitel E.III.3.c) sowie verschiedene Realisierungsbedingungen (siehe insbesondere Kapitel E.IV). Die Anwendung eines entsprechenden Algorithmus gibt schließlich das optimale Investitionsprogramm in Form der Werte der Entscheidungsvariablen aus.

Deutlich werden die Unterschiede der beiden vorgestellten Methoden, wenn die Entscheidung über die Fortführung des kommunalen Freibades als isolierte Investitionsentscheidung mit der Entscheidung über diese Teilmenge innerhalb eines Programmplanungsmodells verglichen wird. Aus der isolierten Bewertung mit einer dynamischen omnikriteriellen Nutzwertanalyse ergab sich eine Präferenz für den Umbau des Freibades hin zu einem Erlebnisbad ( $i = 11$ ). Innerhalb des Programmplanungsmodells hat sich dies nun zugunsten der einfachen Generalsanierung ( $i = 10$ ) in Periode 2 verändert. Diese unterschiedlichen Empfehlungen lassen sich wie folgt erklären: Innerhalb der isolierten Bewertung fließt das finanzielle Ziel – hier die Kapitalwertmaximierung – wie jedes andere Ziel in den nutzwertanalytischen Ansatz ein. Gerade für die öffentliche Hand drückt die Modellierung des finanziellen Ziels in der Nutzwertanalyse den Nutzen einer alternativen Geldverwendung aus. Hier scheint die Knappheit der finanziellen Mittel in der

isolierten Bewertung gegenüber der Alternativensituation im Investitionsprogrammmodell fehlerhaft, genauer zu gering, bemessen zu sein. Für die isolierte Bewertung wurde bisher von einem Zielgewicht des finanziellen Ziels in Höhe von 40 % ausgegangen; für ein Wechsel der Präferenz hin zu  $A_{10} \succ A_{11}$  (wie ihn die Programmentscheidung nahelegt) wäre demgegenüber ein Zielgewicht von mehr als 66,62 % nötig.

Durch die Investitionsprogrammplanung wird die Abwägung gegenüber alternativen Investitionsprojekten explizit gemacht. Dass diese zu anderen Ergebnissen führen kann, wie eine isolierte Investitionsentscheidung, für die dieser Zusammenhang geschätzt werden muss, ist kaum überraschend. Nichtsdestotrotz werden viele öffentliche Investitionsentscheidungen als isolierte Entscheidungen zu treffen sein. Dabei scheint es stets geboten, genau zu prüfen, ob die Investitionsentscheidung nicht doch in eine Programmentscheidung zu integrieren ist. Schließlich lässt sich eine Entscheidung hin zu einem „teureren“ Projekt womöglich leichter beeinflussen, wenn nicht im Modell explizit überprüft wird, auf welche Projekte dafür verzichtet werden muss.<sup>1</sup>

Bisher wurde den Entscheidungsmodellen der öffentlichen Hand unterstellt, dass es sich um Partialmodelle handelt. Im Gegensatz zu Totalmodellen, die den Anspruch erheben, alle Planungsprobleme aus einem Ansatz heraus zu lösen, richten sich Partialmodelle auf einen Ausschnitt des Gesamtplanungsproblems.<sup>2</sup> Für Entscheidungen über einzelne Projekte liegt dies auf der Hand (z. B. werden nur die betroffenen, nicht aber sämtliche Finanzierungsgeschäfte betrachtet). Bei Entscheidungen über Investitionsprogramme nimmt diese Arbeit ebenfalls eine isolierte Entscheidung an (z. B. werden nicht sämtliche Projekte, nicht alle Finanzierungsgeschäfte und vor allem, nicht die gesamten vordisponierten Zahlungen berücksichtigt, sondern vielmehr nur ein abgegrenzter Ausschnitt). Um die Gesamtplanungsaufgabe eines Entscheidungsträgers der öffentlichen Hand (z. B. einer Kommune) anzugehen, können die Modelle kombiniert werden.

---

<sup>1</sup> Vgl. Weiteren Moll [Budgetierung] 146.

<sup>2</sup> Vgl. z. B. Jockisch/Rosendahl [Modell] 34 f.

Dazu wäre denkbar, die Modelle zur Planung von Investitionsprogrammen zu verwenden, um bei regelmäßigen (meist jährlichen) Haushaltsplanungen über den Beginn einer Vielzahl „kleinerer“ Projekte zu entscheiden. Es lässt sich kaum von der Hand weisen, dass diese regelmäßigen Entscheidungen nicht der adäquate Rahmen für jedes investitionsauslösende Problem sein können. Sei es, weil ein kurzfristig eintretender Bedarf nicht zulässt, die Entscheidung über eine Investition auf die nächste Entscheidungsrunde zu vertagen, oder weil eine herausragende Investition (z. B. aufgrund einer besonders hohen finanziellen Belastung, eines besonders tiefgreifenden Einschnitts in den Alltag oder besonders gegensätzlicher Auffassungen des Entscheidungsgremiums) eine gesonderte Behandlung erfordert. Hierfür würde ein vorausschauender Entscheidungsträger dann gewiss einen Teil des insgesamt verfügbaren Investitionsbudgets bei der Programmentscheidung außen vor lassen.

Für die übrigen isolierten Projektentscheidungen ist es naheliegend, eine möglichst differenzierte Betrachtung mit einer omnikriteriellen dynamischen Nutzwertanalyse unter Rückgriff auf adäquate isolierte Investitionsmodelle (bei umfangreichen Auswirkungen auf die Finanzierungssituation am ehesten mit der Marktzinsmethode) anzustellen. Für die isolierte Projektbewertung ist dann die Abstimmung der nichtfinanziellen Ziele und des finanziellen Ziels von herausragender Bedeutung, wie auch das vorangegangene Fallbeispiel deutlich gemacht hat. Hierbei könnten die Dualwerte der Budgetrestriktionen aus der Investitionsprogrammentscheidung wertvolle Hinweise geben. Dabei darf allerdings nicht unerwähnt bleiben, dass die Dualwerte nur begrenzt aussagekräftig sind. Einen heuristischen Hinweis über die Größenordnung des finanziellen Ziels können sie dennoch liefern.<sup>1</sup> Dazu sind insbesondere Sensitivitätsanalysen anzustellen, da sich Gewichtungsfaktoren aus den besagten Dualwerten nicht direkt bestimmen lassen, sondern vielmehr aus den resultierenden Rangfolgen der Projektalternativen abgeleitet werden müssen.

---

<sup>1</sup> Vgl. zu einer ähnlichen Auffassung gegenüber der Abstimmung mehrerer (rein finanzieller) Partialmodelle einer Gesamtplanungsaufgabe insbesondere durch die Wahl des „korrekten“ Zinssatzes Hering [Investitionstheorie] 239 ff.

Zur Überprüfung der Stabilität der Entscheidungen innerhalb einer Nutzwertanalyse dienen ganz allgemein Sensitivitätsanalysen. Insbesondere gegenüber der Gewichtung des finanziellen Ziels innerhalb einer isolierten Bewertung sind sie angebracht. Nach dem hier vorgeschlagenen Prinzip der direkten Vorgabe des finanziellen Zielgewichts lässt sich für jeweils zwei alternative Investitionsprojekte a und b aus  $i = 1, 2, \dots, I$  berechnen, bei welchem kritischen Zielgewicht für das (finanzielle) Ziel  $g_J^{\text{krit}}$  sich die Nutzwerte genau entsprechen. Dazu sei angenommen, dass die Ziele  $j = 1, 2, \dots, J-1$  die nichtfinanziellen Ziele und J das finanzielle Ziel darstellen. Das Produkt aus dem Gewichtungsfaktor  $g_j$  des nichtfinanziellen Ziels j und dem Punktwert  $P_{ji}$  von Alternative i zum Zielertrag von Ziel j gibt den Teilnutzwert an. Das kritische Zielgewicht, ab dem die beiden Alternativen a und b zu gleichen Nutzwerten führen, lässt sich nach Formel (E.34) berechnen.

$$g_J^{\text{krit}} = \frac{\alpha}{1 + \alpha} \quad \text{wobei} \quad \alpha = \frac{\sum_{j=1}^{J-1} g_j \cdot P_{ja} - \sum_{j=1}^{J-1} g_j \cdot P_{jb}}{P_{Jb} - P_{Ja}} \quad (\text{E.34})$$

Derartige Sensitivitätsanalysen zählen neben Szenariotechniken, Entscheidungsbaumverfahren und der analytischen sowie simulativen Bestimmung von Zielertragsverteilungen zu den typischen, bei Entscheidungen unter Unsicherheit verfügbaren Analysemethoden.<sup>1</sup> In dieser Arbeit werden Entscheidungen unter Sicherheit vorausgesetzt. Für praktische verwendbare Methoden von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen mit den aufgezeigten Modellen, müssen sie um Aspekte zur Berücksichtigung von Unsicherheit ergänzt werden.

---

<sup>1</sup> Vgl. z.B. Troßmann [Investition] 237 ff., Blohm/Lüder/Schaefer [Investition] 226 ff., Laux/Gillenkirch/Mathes [Entscheidungstheorie] 83 ff.



## **F. Nicht nur bessere, sondern auch besser akzeptierte Entscheidungen der öffentlichen Hand mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**

Für die öffentliche Hand gilt es bei Investitionsentscheidungen das verfassungsrechtliche Wirtschaftlichkeitsprinzip zu berücksichtigen. Dabei ist deutlich geworden, dass öffentliche Investitionen regelmäßig diverse Ziele betreffen und dass sich die öffentliche Hand (im Gegensatz zu privaten Betrieben) auch nicht auf die ausschließliche Berücksichtigung finanzieller Ziele zurückziehen darf. Um als adäquate Entscheidungsrechnung dem Wirtschaftlichkeitsprinzip zu genügen, müssen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen die diversen Zielwirkungen öffentlicher Investitionen berücksichtigen. Diesem Anspruch werden Leitfäden, Verordnungen und Gesetze zu Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen methodisch nicht gerecht, ebenso wenig wie die oftmals empfohlene Kosten-Nutzen-Analyse.

In dieser Arbeit wurden die Modellierungstechniken der Nutzwertanalyse für nichtfinanzielle Ziele und der Investitionsrechnung für finanzielle Ziele für die Erfordernisse der öffentlichen Hand bei Entscheidungen über öffentliche Investitionen angepasst und zu Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen kombiniert. Die konsequente Trennung, ebenso wie die entscheidungslogisch fundierte Integration, finanzieller und nichtfinanzieller Ziele basiert auf der Annahme, dass finanzielle Zielwirkungen für die öffentliche Hand einen rein opportunistischen Charakter haben, ihnen kein direkter Nutzen gegenübersteht, sondern vielmehr der entgangene bzw. zusätzliche Nutzen der verdrängten bzw. zusätzlich durchführbaren Investition(en). Eine Aussage über die Güte der resultierenden Modelle lässt sich nicht vorwegnehmen, dazu müsste zunächst ein Entscheidungsproblem in einem Modell gefasst werden.<sup>1</sup> Allerdings lässt sich die Realitätsnähe beurteilen, indem abgeschätzt wird, wie häufig die Realität Betrachtungsgegenstände bereithält, die mithilfe der erarbeiteten Modellierungstechniken adäquat erfasst werden können.

---

<sup>1</sup> Vgl. Troßmann [Netzwerke] 14 ff., Bretzke [Problembezug] 34, im Weiteren 214 f.

Für den nutzwertanalytischen Teil der Methodik ist die Realitätsnähe grundsätzlich anzunehmen.<sup>1</sup> Für den investitionsrechnerischen Teil ist dies ebenfalls anzunehmen, wenngleich hier eine weitere Dimension deutlich wird: Das öffentliche Investitionsmodell muss dem Entscheidungsproblem angemessen sein. Für isolierte (Auswahl-)Entscheidungen bestehen Freiheitsgrade insbesondere in der Wahl des isolierten Investitionsmodells, wodurch die Komplexität des Modells minimiert werden kann. Die Marktzinsmethode ist nur dann anzuwenden, wenn die Finanzierungssituation mehrperiodige Finanzierungsgeschäfte enthält, über die durch das Investitionsprojekt auch disponiert werden soll. In anderen Fällen kann auch auf „einfachere“ isolierte Investitionsmodelle zurückgegriffen werden. Zudem ermöglicht die Unterscheidung von Grob- und Detailplanungszeitraum, das Entscheidungsproblem adäquat zu erfassen und dennoch verhältnismäßig „einfache“ Modelle zu verwenden.

Hauptsächlicher Gegenstand der Investitionsrechnung ist es, die Zahlungswirkungen einer Investitionsentscheidung in einer Zahl zusammenzufassen.<sup>2</sup> So lassen sich eindeutige Entscheidungsvorschläge formulieren, was sicher einen Teil des praktischen Erfolgs von Investitionsrechenverfahren ausmacht. Wenn sich die finanziellen Konsequenzen einer Investition in einer Zahl zusammenfassen lassen, dann ist davon auszugehen, dass sich die nichtfinanziellen Konsequenzen einer Investition ebenfalls in einer Zahl ausdrücken lassen. Ebenso wäre es abwegig anzunehmen, diese beiden Zahlen könnten nicht zu einer aussagekräftigen Zahl aggregiert werden, wenngleich das nicht immer geboten ist. Insgesamt ergibt sich eine entscheidungslogische Methodik zu Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. Die Hypothese ist, dass die Verwendung entscheidungslogisch fundierter Methoden und Modelle rationale und damit bessere Entscheidungen erwarten lässt, als dies ohne die Verwendung von Regeln bzw. nichtentscheidungslogisch fundierter Methoden der Fall wäre.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Eisenführ/Weber/Langer [Entscheiden] 138, von Winterfeldt/Edward [Decision] 309.

<sup>2</sup> Vgl. Troßmann [Investition] 25.

<sup>3</sup> Vgl. Rescher [Rationalität] Kapitel 3.

Gerade für die öffentliche Hand ist anzunehmen, dass sie Entscheidungen mit Regeln begründet. Bei der Durchsetzung öffentlicher Investitionen äußern sich fehlende Entscheidungsregeln schnell in Unzufriedenheit, Verdross oder gar Protest gegen die Ergebnisse der Entscheidungen. Für eine verbesserte Akzeptanz von Entscheidungen der öffentlichen Hand lassen sich drei simultan zu erfüllende Faktoren fordern:

- (1) Die Geeignetheit der Entscheidungsmodelle
- (2) Die Möglichkeit zur Beteiligung
- (3) Die Transparenz der Entscheidung

Damit es – entgegen dem Status quo – überhaupt zur Anwendung von Entscheidungsregeln der öffentlichen Hand kommt – Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen also durchgeführt werden –, müssten diese eindeutig definiert, klar vorgeschrieben und vor allem auch deren Durchführung kontrolliert werden.<sup>1</sup> Neben diesen eher organisatorischen Aspekten sind die vorzuzugenden Methoden so auszuwählen, dass sie geeignet sind, das Entscheidungsproblem adäquat zu erfassen. Weder aufgrund nicht relevanter Entscheidungsgrößen sollten sie überflüssigen Aufwand erzeugen, noch dürfen relevante Positionen ausgespart und das Problem unvollständig erfasst werden. Die Vielfalt öffentlicher Entscheidungen fordert weniger die Vorgabe eines konkreten Entscheidungsmodells als vielmehr die einer Modellierungstechnik. Dass die Nutzwertanalyse hierfür alle notwendigen Bedingungen erfüllt, wurde bereits mehrfach gezeigt. Für eine differenzierte entscheidungslogische Gestaltung – insbesondere in zeitlicher Dimension – wurden ebenso Vorschläge erarbeitet. Das besonders wichtige finanzielle Ziel muss, abhängig von der Entscheidungssituation unterschiedlich berücksichtigt werden.

Die Beteiligung hat unterschiedliche Gestaltungsformen; immer geht es darum, die Öffentlichkeit in den Entscheidungsprozess miteinzubeziehen. Diskutiert werden seit langem direktdemokratische Abstimmungen wie Referenden, Volksabstimmungen oder Bürgerentscheide.<sup>2</sup> Neuerdings geraten

---

<sup>1</sup> Vgl. in einigen Punkten Knaack [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] 134 ff.

<sup>2</sup> Vgl. von Arnim [Diener] 19.

unter den Begriff von Loskammern, Bürgerforen oder Bürgerräten echte Partizipationsmöglichkeiten in den Blick.<sup>1</sup> Dabei werden zufällig und repräsentativ zusammengestellte Gruppen „einfacher“ Bürger (d. h. unpolitische Bürger ohne öffentliche Ämter) zunächst entscheidungsvorbereitend tätig. Entscheidungskompetenz wird ihnen (noch) nicht zugesprochen und es bleibt bei unverbindlichen Empfehlungen. Nichtsdestotrotz erhalten die entwickelten Meinungsbilder eine gewisse Öffentlichkeit und können von der öffentlichen Hand als Entscheidungsträger nicht völlig ausgeblendet werden. Insbesondere bei der Beteiligung stellt sich die Nutzwertanalyse als geeignet dar,<sup>2</sup> da die Ansätze weitestgehend intuitiv sind, im Gegensatz zu den erheblichen fachspezifischen Fiktionen einer volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Analyse. Bestandteile der Nutzwertanalyse lassen sich delegieren, insbesondere wenn bei der Präferenzbestimmung auf Indifferenzurteile zurückgegriffen wird. Z. B. Kosten-Nutzen-Analysen können prinzipiell nur in Zusammenarbeit mit Volkswirten etabliert werden.

Um eine Beteiligung an Entscheidungen der öffentlichen Hand zu ermöglichen, muss ein Mindestmaß an Transparenz im Sinne einer Durchschaubarkeit der Entscheidungsprozesse existieren.<sup>3</sup> Auch hier bietet die Nutzwertanalyse große Vorteile, da sie sowohl intuitiv verständlich ist als auch das Zusammenspiel der verschiedenen Größen hin zu einer bestimmten Entscheidung offenlegt.<sup>4</sup> Zwar lassen sich z. B. Kosten-Nutzen-Analysen ebenfalls genau nachvollziehen. Auf Entscheidungen der öffentlichen Hand mit Kosten-Nutzen-Analysen ist dies kaum zu übertragen. Allem voran, da aus unterschiedlichen Gründen (z. B. unberücksichtigte oder monetär nicht adäquat gemessene Zielwirkungen) regelmäßig entgegen den Empfehlungen aus Kosten-Nutzen-Analysen entschieden wird.

Insgesamt mag man zu dem Schluss kommen, dass insbesondere die Nutzwertanalyse als geeignetes Verfahren für entscheidungslogisch fundierte Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in Frage kommt. Aufgrund der definitori-

---

<sup>1</sup> Vgl. Decker u. a. [Vertrauen] 77, Geißel u. a. [Bürgerräte] 53 f.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Weiteren z. B. Witte [dynamische Nutzwertanalyse] 492; oder Turowski/Strasser [nutzwertanalytischer Ansatz] 30 f.

<sup>3</sup> Vgl. Bröhmer [Transparenz] 6.

<sup>4</sup> Vgl. z. B. Rürup [Nutzwertanalyse] 112, Witte [dynamische Nutzwertanalyse] 492.

schen finanziellen Wirkung des Entscheidungsobjekts treten unterschiedliche Investitionsmodelle als Metamodelle hinzu. So ließen sich voraussichtlich nicht nur die Entscheidungen verbessern, auch die Quantität von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen könnte erhöht werden. Fast noch wichtiger wäre das möglicherweise zunehmende Vertrauen der Öffentlichkeit in die Entscheidungen ihrer legitimen Vertreter. Für die öffentliche Hand liegen große Chancen in der künftigen Gestaltung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen; die dynamische, omnikriterielle Nutzwertanalyse könnte hierzu einen wichtigen Beitrag leisten.



## Anhang

### I. Zu Hauptkapitel D

#### 1. Der Substitutionsprozess im Fallbeispiel zur Umschuldung mit der Marktzinsmethode

Periode t	Zeitwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte s'							
	k = 1	k = 2	k = 6	k = 8	k = 9	k = 10	k = 12	k = 13
	$z_{t1}^F$	$z_{t2}^F$	$z_{t6}^F$	$z_{t8}^F$	$z_{t9}^F$	$z_{t10}^F$	$z_{t12}^F$	$z_{t13}^F$
0	-1	0	1	0	0	0	-0,1985	0
1	1,01	-1	-1,02	0	0	0	-0,1985	1
2	0	1,01	0	1	0	0	0	-0,3569
3	0	0	0	-1,0375	1	0	1	-0,3569
4	0	0	0	0	-1,04	1	-0,3139	-0,3569
5	0	0	0	0	0	-1,0425	-0,3139	0

Periode t	Barwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte s'							
	k = 1	k = 2	k = 6	k = 8	k = 9	k = 10	k = 12	k = 13
	$z_{t1} \cdot azf_t$	$z_{t2} \cdot azf_t$	$z_{t6} \cdot azf_t$	$z_{t8} \cdot azf_t$	$z_{t9} \cdot azf_t$	$z_{t10} \cdot azf_t$	$z_{t12} \cdot azf_t$	$z_{t13} \cdot azf_t$
0	-1	0	1	0	0	0	-0,1985	0
1	0,9631	-0,9536	-0,9727	0	0	0	-0,1893	0,9536
2	0	0,9351	0	0,9258	0	0	0	-0,3305
3	0	0	0	-0,9510	0,9166	0	0,9166	-0,3272
4	0	0	0	0	-0,9392	0,9031	-0,2835	-0,3223
5	0	0	0	0	0	-0,9230	-0,2780	0
Summe $g_k$	-0,0369	-0,0185	0,0273	-0,0252	-0,0226	-0,0199	-0,0326	-0,0264
Ist Arbitrage durch ...	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓
... möglich?	NEIN	NEIN	JA	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	JA
Rangfolge	-	-	1	-	-	-	-	2

Abb. 1: Identifikation von Arbitrage vor der ersten Substitutionsrunde

**Substitutionsrunde 1: Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts k = 6.**

gesucht: Substitutionsprogramm  $x_6^F$  und  $\bar{x}_s = (x_3^F, x_4^F, x_5^F, x_7^F, x_{11}^F)$  mit maximalem  $x_6$  und

$A_s \cdot \bar{x}_s + \bar{z}_6 \cdot x_6^F = 0$  sowie  $x_k^F \in [U_k^F; O_k^F]$ .

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & -0,025 \\ -1 & 0 & 0 & -1,03 & -0,025 \\ 1,01 & -1 & 0 & 0 & -0,025 \\ 0 & 1,015 & -1 & 0 & -0,025 \\ 0 & 0 & 1,02 & 0 & -1,025 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} -1,02 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x_6$$

**Bestimmung der Substitutionsrelation**

$\bar{x}_s = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_6 \cdot x_6^F$  und  $\bar{c}_6 = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_6$

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} 0,9816 & 0,9530 & -0,0465 & -0,0458 & -0,0449 \\ 0,9676 & 0,9394 & 0,9301 & -0,0689 & -0,0675 \\ 0,9583 & 0,9303 & 0,9211 & 0,9075 & -0,0907 \\ -0,9762 & 0,0231 & 0,0229 & 0,0226 & 0,0221 \\ 0,9536 & 0,9258 & 0,9166 & 0,9031 & 0,8854 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -1,02 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x_6$$

**Bestimmung des Substitutionsumfangs**

Finanzierungsgeschäft	Untergrenze	Faktor bei Erhöhung von $x_6^F$ um 1	Obergrenze	mögliche Veränderung $x_v$ für $\hat{=} x_6^F; (0 \leq x_6^F)$
k	$U_k^F$	$c_{s6}$	$O_k^F$	$x_{s6}^{F,max}$
3	-2.413.849	-1,0012	586.151	2.410.864
4	-1.877.586	-0,9869	1.122.414	1.902.444
5	-1.345.348	-0,9774	1.654.652	1.376.426
7	-25.000	0,9957	2.975.000	2.987.897
11	-1.000.000	-0,9727	2.000.000	1.028.115
6	0	1	2.000.000	2.000.000

**Maximale Substitution**

Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts

k = 6 um  $x_6^F = \min |x_{s6}^{F,max}| \approx 1.028.115$ ;

dadurch wird u. a. k = 11 ersetzt

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} x_3^F \\ x_4^F \\ x_5^F \\ x_7^F \\ x_{11}^F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1.029.388 \\ -1.014.682 \\ -1.004.902 \\ 1.023.678 \\ -1.000.000 \end{pmatrix}$$

$$x_v = x_6^F = 1.028.115$$

**Bestimmung der neuen Standardfinanzierung**

neue Standardfinanzierung: k = 3, 4, 5, 6, 7

neue Abzinsungsfaktoren:  $\bar{azf} = (0,9804 \ 0,9518 \ 0,9424 \ 0,9285 \ 0,9103)$

Finanzierungsgeschäft	Veränderung der Finanzierungsgeschäfte	neue Untergrenze	neue Obergrenze
k	$x_v \cdot c_{s6}$	$U_k^F$	$O_k^F$
3	-1.029.388	-1.384.461	1.615.539
4	-1.014.682	-862.904	2.137.096
5	-1.004.902	-340.447	2.659.553
6	1.028.115	-1.028.115	971.885
7	1.023.678	-1.048.678	1.951.322
11	-1.000.000	0	3.000.000

Abb. 2: Erste Substitutionsrunde

Periode t	Zeitwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte s'							
	k = 1	k = 2	k = 8	k = 9	k = 10	k = 11	k = 12	k = 13
	$z_{t1}^F$	$z_{t2}^F$	$z_{t8}^F$	$z_{t9}^F$	$z_{t10}^F$	$z_{t11}^F$	$z_{t12}^F$	$z_{t13}^F$
0	-1	0	0	0	0	1	-0,1985	0
1	1,01	-1	0	0	0	-0,025	-0,1985	1
2	0	1,01	1	0	0	-0,025	0	-0,3569
3	0	0	-1,0375	1	0	-0,025	1	-0,3569
4	0	0	0	-1,04	1	-0,025	-0,3139	-0,3569
5	0	0	0	0	-1,0425	-1,025	-0,3139	0

Periode t	Barwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte s'							
	k = 1	k = 2	k = 8	k = 9	k = 10	k = 11	k = 12	k = 13
	$z_{t1} \cdot azf_t$	$z_{t2} \cdot azf_t$	$z_{t8} \cdot azf_t$	$z_{t9} \cdot azf_t$	$z_{t10} \cdot azf_t$	$z_{t11} \cdot azf_t$	$z_{t12} \cdot azf_t$	$z_{t13} \cdot azf_t$
0	-1	0	0	0	0	1	-0,1985	0
1	0,9902	-0,9804	0	0	0	-0,0245	-0,1946	0,9804
2	0	0,9614	0,9518	0	0	-0,0238	0	-0,3397
3	0	0	-0,9778	0,9424	0	-0,0236	0,9424	-0,3364
4	0	0	0	-0,9656	0,9285	-0,0232	-0,2915	-0,3314
5	0	0	0	0	-0,9490	-0,9330	-0,2858	0
Summe $g_k$	-0,0098	-0,0190	-0,0259	-0,0232	-0,0205	-0,0281	-0,0280	-0,0271
Ist Arbitrage durch ...	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
... möglich?	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	JA
Rangfolge	-	-	-	-	-	-	-	1

Abb. 3: Identifikation von Arbitrage vor der zweiten Substitutionsrunde

**Substitutionsrunde 2: Verringerung des Finanzierungsgeschäfts k = 13.**

gesucht: Substitutionsprogramm  $x_6^F$  und  $\bar{x}_s = (x_3^F \ x_4^F \ x_5^F \ x_7^F \ x_{11}^F)$  mit minimalem  $x_{13}$  und

$$\mathbf{A}_s \cdot \bar{x}_s + \bar{z}_{13} \cdot x_6^F = 0 \text{ sowie } x_k^F \in [U_k^F; O_k^F].$$

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -1,02 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1,01 & -1 & 0 & 0 & -1,03 \\ 0 & 1,015 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,02 & 0 & 0 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 1 \\ -0,3569 \\ -0,3569 \\ -0,3569 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x_{13}$$

**Bestimmung der Substitutionsrelation**

$$\bar{x}_s = -\mathbf{A}_s^{-1} \cdot \bar{z}_{13} \cdot x_{13}^F \text{ und } \bar{c}_{13} = -\mathbf{A}_s^{-1} \cdot \bar{z}_{13}$$

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -0,9901 & -0,9755 & -0,9563 \\ 0 & 0 & 0 & -0,9852 & -0,9659 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,9804 \\ 0,9804 & 0,9518 & 0,9424 & 0,9285 & 0,9103 \\ 0 & 0,9709 & 0,9613 & 0,9471 & 0,9285 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -0,3569 \\ -0,3569 \\ -0,3569 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x_{13}$$

**Bestimmung des Substitutionsumfangs**

Finanzierungsgeschäft	Untergrenze	Faktor bei Erhöhung von $x_{13}^F$ um 1	Obergrenze	mögliche Veränderung $x_v$ für $\downarrow x_{13}^F; (0 \geq x_{13}^F)$
k	$U_k^F$	$c_{s6}$	$O_k^F$	$x_{s6}^{F,max}$
3	-1.384.461	0,7016	1.615.539	-1.973.354
4	-862.904	0,3517	2.137.096	-2.453.808
5	-340.447	0	2.659.553	keine
6	-1.028.115	-0,0271	971.885	-35.811.820
7	-1.048.678	-1,0277	1.951.322	-1.898.762
13	-1.500.000	1,0000	1.500.000	-1.500.000

**Maximale Substitution**

Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts

$$k = 13 \text{ um } x_{13}^F = \min |x_{s13}^{F,max}| = -1.500.000$$

; dadurch wird kein anderes Finanzierungsgeschäft ersetzt.

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} x_3^F \\ x_4^F \\ x_5^F \\ x_6^F \\ x_7^F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1.052.367 \\ -527.489 \\ 0 \\ 40.708 \\ 1.541.522 \end{pmatrix}$$

$$x_v = x_{13}^F = -1.500.000$$

**Bestimmung der neuen Standardfinanzierung**

neue Standardfinanzierung:  $k = 3, 4, 5, 6, 7$

$$\text{neue Abzinsungsfaktoren: } \bar{azf} = (0,9804 \ 0,9518 \ 0,9424 \ 0,9285 \ 0,9103)$$

Finanzierungsgeschäft	Veränderung der Finanzierungsgeschäfte	neue Untergrenze	neue Obergrenze
k	$x_v \cdot c_{s13}$	$U_k^F$	$O_k^F$
3	-1.052.367	-332.094	2.667.906
4	-527.489	-335.415	2.664.585
5	0	-340.447	2.659.553
6	40.708	-1.068.823	931.177
7	1.541.522	-2.590.200	409.800
13	-1.500.000	0	3.000.000

Abb. 4: Zweite Substitutionsrunde

Periode t	Zeitwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte s'							
	k = 1	k = 2	k = 8	k = 9	k = 10	k = 11	k = 12	k = 13
	$z_{t1}^F$	$z_{t2}^F$	$z_{t8}^F$	$z_{t9}^F$	$z_{t10}^F$	$z_{t11}^F$	$z_{t12}^F$	$z_{t13}^F$
0	-1	0	0	0	0	1	-0,1985	0
1	1,01	-1	0	0	0	-0,025	-0,1985	1
2	0	1,01	1	0	0	-0,025	0	-0,3569
3	0	0	-1,0375	1	0	-0,025	1	-0,3569
4	0	0	0	-1,04	1	-0,025	-0,3139	-0,3569
5	0	0	0	0	-1,0425	-1,025	-0,3139	0

Periode t	Barwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte s'							
	k = 1	k = 2	k = 8	k = 9	k = 10	k = 11	k = 12	k = 13
	$z_{t1} \cdot azf_t$	$z_{t2} \cdot azf_t$	$z_{t8} \cdot azf_t$	$z_{t9} \cdot azf_t$	$z_{t10} \cdot azf_t$	$z_{t11} \cdot azf_t$	$z_{t12} \cdot azf_t$	$z_{t13} \cdot azf_t$
0	-1	0	0	0	0	1	-0,1985	0
1	0,9902	-0,9804	0	0	0	-0,0245	-0,1946	0,9804
2	0	0,9614	0,9518	0	0	-0,0238	0	-0,3397
3	0	0	-0,9778	0,9424	0	-0,0236	0,9424	-0,3364
4	0	0	0	-0,9656	0,9285	-0,0232	-0,2915	-0,3314
5	0	0	0	0	-0,9490	-0,9330	-0,2858	0
Summe $g_k$	-0,0098	-0,0190	-0,0259	-0,0232	-0,0205	-0,0281	-0,0280	-0,0271
Ist Arbitrage durch ...	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
... möglich?	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	Nein
Rangfolge	-	-	-	-	-	-	-	-

Abb. 5: Arbitragefreiheit nach der zweiten Substitutionsrunde

## 2. Der Bewertungsprozess im Fallbeispiel zur Marktzinsmethode

**Bewertungsrunde 2:** Verringerung des Finanzierungsgeschäfts  $k = 10$ .

gesucht: Substitutionsprogramm  $x_{10}^F$  und  $\bar{x}_s = (x_1^F, x_6^F, x_7^F, x_3^F, x_4^F)$  mit minimalem  $x_{10}^F$  und  $A_s \cdot \bar{x}_s + \bar{z}_{10}^F \cdot x_{10}^F = 0$  sowie  $x_k^F \in [U_k^F; O_k^F]$  und  $x_i^I \in [U_i^I; O_i^I]$ .

### Bestimmung der Substitutionsrelation

$$\bar{x}_s = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_{10}^F \cdot x_{10}^F \text{ und } \bar{c}_{10} = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_{10}$$

$$\bar{x}_s = - \begin{pmatrix} -0,067 & -1,02 & 1 & 0 & 0 \\ -0,053 & 0 & -1,03 & -1 & 0 \\ -0,1 & 0 & 0 & 1,01 & -1 \\ -0,067 & 0 & 0 & 0 & 1,015 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1,0425 \end{pmatrix} \cdot x_{10}^F = \begin{pmatrix} 1,0425 \\ 0,6446 \\ 0,7270 \\ -0,8045 \\ -0,9167 \end{pmatrix} \cdot x_{10}^F$$

### Bestimmung des Substitutionsumfangs

Finanzierungs- geschäft / In- vestitionsprojekt		Unter- grenze	Faktor bei Erhöhung von $x_{10}^F$ um 1	Ober- grenze	mögliche Veränderung $x_v$ für $\downarrow x_{10}^F; (0 \geq x_{10}^F)$
k bzw. i		$U_k^F$ bzw. $U_i^I$	$c_{s10}$	$O_k^F$ bzw. $O_i^I$	$x_{s10}^{F,max}$
s	i = 1	-347.255	1,0425	1.152.745	1.105.750
	k = 6	-1.290.378	0,6446	709.622	1.100.787
	k = 7	-2.839.336	0,7270	160.664	220.984
	k = 3	-56.964	-0,8045	2.943.036	70.811
	k = 4	-22.808	-0,9167	2.977.192	24.879
v	k = 10	-	1	2.000.000	2.000.000

### Maximale Substitution

Erhöhung des Investitionsprojekts

k = 10 um  $x_{10}^F = \min |x_{s10}^{F,max}| \approx 24.879$ ;

dadurch wird u. a. k = 4 ersetzt.

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} x_1^I \\ x_6^F \\ x_7^F \\ x_3^F \\ x_4^F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 25.937 \\ 16.039 \\ 18.088 \\ -20.014 \\ -22.808 \end{pmatrix}$$

$$x_v = x_{10}^F = 24.879$$

### Bestimmung der neuen Standardfinanzierung

Neue Standardfinanzierung: k = 6, 7, 3, 10 und i = 1

Finanzierungs- geschäft / Investitionsprojekt	Veränderung der Geschäfte	neue Untergrenze	neue Obergrenze
k bzw. i	$x_v \cdot c_{s10}$	$U_k^F$ bzw. $U_i^I$	$O_k^F$ bzw. $O_i^I$
i = 1	25.937	-373.192	1.126.808
k = 6	16.039	-1.306.416	693.584
k = 7	18.088	-2.857.424	142.576
k = 3	-20.014	-36.950	2.963.050
k = 10	24.879	-24.879	1.975.121
k = 4	-22.808	0	3.000.000

Abb. 6: Zweite Bewertungsrunde des Investitionsprojekts i = 1

Finanzierungs- geschäft			Substitutionsrelation der Standardfinanzierung ( $k \in S$ ) beim Einbringen von $k$ ( $k \in \bar{S}$ )				
			$k = 1$	$k = 2$	$k = 4$	$k = 5$	$k = 8$
Standard- finanzierung	$i = 1$	(1)	0	0	-1,1372	0,0242	0
	$k = 6$	(2)	0,9902	-0,0190	-0,7032	-0,0051	-0,0259
	$k = 7$	(3)	0	0,9806	-0,7931	-0,0036	-0,0264
	$k = 3$	(4)	0	0	0,8775	0,0024	1,0272
	$k = 10$	(5)	0	0	-1,0908	1,0016	0
$\uparrow x_1^I$ durch ... $x_k^F$	(6)	-	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	
möglich?	(7)	NEIN	NEIN	NEIN	JA	NEIN	
Rangfolge	(8)	-	-	-	5	-	

Finanzierungs- geschäft			Substitutionsrelation der Standardfinanzierung ( $k \in S$ ) beim Einbringen von $k$ ( $k \in \bar{S}$ )			
			$k = 9$	$k = 11$	$k = 12$	$k = 13$
Standard- finanzierung	$i = 1$	(1)	1,1652	1,1296	0,6891	0,3999
	$k = 6$	(2)	0,6973	-0,3095	0,6028	0,2201
	$k = 7$	(3)	0,7889	-0,2154	0,8593	-0,7488
	$k = 3$	(4)	-0,8747	0,1366	-0,9219	0,3930
	$k = 10$	(5)	1,1177	0,1003	0,3599	0,3836
$\uparrow x_1^I$ durch ... $x_k^F$	(6)	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	
möglich?	(7)	JA	JA	JA	JA	
Rangfolge	(8)	1	2	3	5	

Abb. 7: Matrix **C** der Substitutionsrelationen nach der zweiten Bewertungsrunde

**Bewertungsrunde 3:** Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts k = 9.

gesucht: Substitutionsprogramm  $x_9^F$  und  $\bar{x}_s = (x_1^F, x_6^F, x_7^F, x_3^F, x_{10}^F)$  mit maximalem  $x_9^F$  und  $A_s \cdot \bar{x}_s + \bar{z}_9^F \cdot x_9^F = 0$  sowie  $x_k^F \in [U_k^F; O_k^F]$  und  $x_i^F \in [U_i^F; O_i^F]$ .

**Bestimmung der Substitutionsrelation**

$$\bar{x}_s = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_9^F \cdot x_9^F \text{ und } \bar{c}_9 = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_9$$

$$\bar{x}_s = - \begin{pmatrix} -0,0667 & -1,02 & 1 & 0 & 0 \\ -0,0533 & 0 & -1,03 & -1 & 0 \\ -0,1000 & 0 & 0 & 1,01 & 0 \\ -0,0667 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -1,0425 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1,04 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x_9^F = \begin{pmatrix} 1,1652 \\ 0,6973 \\ 0,7889 \\ -0,8747 \\ 1,1177 \end{pmatrix} \cdot x_9^F$$

**Bestimmung des Substitutionsumfangs**

Finanzierungs- geschäft / In- vestitionsprojekt	Unter- grenze	Faktor bei Erhöhung von $x_9^F$ um 1	Ober- grenze	mögliche Veränderung $x_v$ für $\hat{=} x_9^F; (0 \leq x_9^F)$	
k bzw. i	$U_k^F$ bzw. $U_i^F$	$c_{s9}$	$O_k^F$ bzw. $O_i^F$	$x_{s9}^{F,max}$	
s	i = 1	-373.192	1,1652	1.126.808	967.067
	k = 6	-1.306.416	0,6973	693.584	994.672
	k = 7	-2.857.424	0,7889	142.576	180.722
	k = 3	-36.950	-0,8747	2.963.050	42.241
	k = 10	-24.879	1,1177	1.975.121	1.767.163
v	k = 9	0	1,0000	2.000.000	2.000.000

**Maximale Substitution**

Erhöhung des Investitionsprojekts k = 9  
um  $x_9^F = \min |x_{s9}^{F,max}| \approx 42.241$ ; dadurch  
wird u. a. k = 3 ersetzt.

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} x_1^F \\ x_6^F \\ x_7^F \\ x_3^F \\ x_{10}^F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 49.218 \\ 29.455 \\ 33.325 \\ -36.950 \\ 47.212 \end{pmatrix}$$

$$x_v = x_9^F = 42.241$$

**Bestimmung der neuen Standardfinanzierung**

Neue Standardfinanzierung: k = 6, 7, 9, 10 und i = 1

Finanzierungs- geschäft / Investitionsprojekt	Veränderung der Geschäfte	neue Untergrenze	neue Obergrenze
k bzw. i	$x_v \cdot c_{s6}$	$U_k^F$ bzw. $U_i^F$	$O_k^F$ bzw. $O_i^F$
i = 1	49.218	-422.411	1.077.589
k = 6	29.455	-1.335.871	664.129
k = 7	33.325	-2.890.749	109.251
k = 9	42.241	-42.241	1.957.759
k = 10	47.212	-72.091	1.927.909
k = 3	-36.950	0	3.000.000

Abb. 8: Dritte Bewertungsrunde des Investitionsprojekts i = 1

Finanzierungs- geschäft			Substitutionsrelation der Standardfinanzierung ( $k \in S$ ) beim Einbringen von $k$ ( $k \in \bar{S}$ )				
			$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$	$k = 4$	$k = 5$
Standard- finanzierung	$i = 1$	(1)	0	0	-1,3320	0,0317	0,0274
	$k = 6$	(2)	0,9902	-0,0190	-0,7972	-0,0037	-0,0032
	$k = 7$	(3)	0	0,9806	-0,9019	-0,0016	-0,0014
	$k = 9$	(4)	0	0	-1,1432	1,0032	0,0027
	$k = 10$	(5)	0	0	-1,2777	0,0304	1,0047
$\uparrow x_1^I$ durch ... $x_k^F$		(6)	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
möglich?		(7)	NEIN	NEIN	NEIN	JA	JA
Rangfolge		(8)	-	-	-	4	5

Finanzierungs- geschäft			Substitutionsrelation der Standardfinanzierung ( $k \in S$ ) beim Einbringen von $k$ ( $k \in \bar{S}$ )			
			$k = 8$	$k = 11$	$k = 12$	$k = 13$
Standard- finanzierung	$i = 1$	(1)	1,3683	1,3115	-0,5388	0,9234
	$k = 6$	(2)	0,7929	-0,2006	-0,1320	0,5334
	$k = 7$	(3)	0,9000	-0,0922	0,0279	-0,3944
	$k = 9$	(4)	1,1743	0,1562	-1,0539	0,4493
	$k = 10$	(5)	1,3125	0,2748	-0,8180	0,8857
$\uparrow x_1^I$ durch ... $x_k^F$		(6)	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$
möglich?		(7)	JA	JA	NEIN	JA
Rangfolge		(8)	1	2	-	3

Abb. 9: Matrix **C** der Substitutionsrelationen nach der dritten Bewertungsrunde

**Bewertungsrunde 4:** Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts k = 8.

gesucht: Substitutionsprogramm  $x_8^F$  und  $\bar{x}_s = (x_1^F, x_6^F, x_7^F, x_9^F, x_{10}^F)$  mit maximalem  $x_8^F$  und  $A_s \cdot \bar{x}_s + \bar{z}_8^F \cdot x_8^F = 0$  sowie  $x_k^F \in [U_k^F; O_k^F]$  und  $x_i^F \in [U_i^F; O_i^F]$ .

**Bestimmung der Substitutionsrelation**

$$\bar{x}_s = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_8^F \cdot x_8^F \text{ und } \bar{c}_8 = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_8$$

$$\bar{x}_s = - \begin{pmatrix} -0,0667 & -1,02 & 1 & 0 & 0 \\ -0,0533 & 0 & -1,03 & 0 & 0 \\ -0,1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -0,0667 & 0 & 0 & -1,04 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -1,0425 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1,0375 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x_8^F = \begin{pmatrix} 1,3683 \\ 0,7929 \\ 0,9 \\ 1,1743 \\ 1,3125 \end{pmatrix} \cdot x_8^F$$

**Bestimmung des Substitutionsumfangs**

Finanzierungs- geschäft / In- vestitionsprojekt		Unter- grenze	Faktor bei Erhöhung von $x_8^F$ um 1	Ober- grenze	mögliche Veränderung $x_v$ für $\hat{=} x_8^F; (0 \leq x_8^F)$
k bzw. i		$U_k^F$ bzw. $U_i^F$	$c_{s8}$	$O_k^F$ bzw. $O_i^F$	$x_{s8}^{F,max}$
s	i = 1	-422.411	1,3683	1.077.589	787.535
	k = 6	-1.335.871	0,7929	664.129	837.549
	k = 7	-2.890.749	0,9	109.251	121.387
	k = 9	-42.241	1,1743	1.957.759	1.667.127
	k = 10	-72.091	1,3125	1.927.909	1.468.855
v	k = 8	0	1	2.000.000	2.000.000

**Maximale Substitution**

Erhöhung des Investitionsprojekts k = 8  
um  $x_8^F = \min |x_{s8}^{F,max}| \approx 121.387$ ; dadurch  
wird u. a. k = 7 ersetzt.

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} x_1^F \\ x_6^F \\ x_7^F \\ x_9^F \\ x_{10}^F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 166.095 \\ 96.253 \\ 109.251 \\ 142.548 \\ 159.323 \end{pmatrix}$$

$$x_v = x_8^F = 121.387$$

**Bestimmung der neuen Standardfinanzierung**

Neue Standardfinanzierung: k = 6, 8, 9, 10 und i = 1

Finanzierungs- geschäft / Investitionsprojekt	Veränderung der Geschäfte	neue Untergrenze	neue Obergrenze
k bzw. i	$x_v \cdot c_{s8}$	$U_k^F$ bzw. $U_i^F$	$O_k^F$ bzw. $O_i^F$
i = 1	166.095	-588.505	911.495
k = 6	96.253	-1.432.124	567.876
k = 8	121.387	-121.387	1.878.613
k = 9	142.548	-184.789	1.815.211
k = 10	159.323	-231.415	1.768.585
k = 7	109.251	-3.000.000	0

Abb. 10: Vierte Bewertungsrunde des Investitionsprojekts i = 1

Finanzierungs- geschäft			Substitutionsrelation der Standardfinanzierung ( $k \in S$ )				
			beim Einbringen von $k$ ( $k \in \bar{S}$ )				
			$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$	$k = 4$	$k = 5$
Standard- finanzierung	$i = 1$	(1)	0	-1,4908	0,0391	0,0342	0,0295
	$k = 6$	(2)	0,9902	-0,8830	-0,0026	-0,0022	-0,0019
	$k = 8$	(3)	0	-1,0895	1,0021	0,0018	0,0016
	$k = 9$	(4)	0	-1,2794	0,0336	1,0053	0,0046
	$k = 10$	(5)	0	-1,4300	0,0375	0,0328	1,0067
$\uparrow x_1^l$ durch $\dots x_k^F$			(6)	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
möglich?			(7)	NEIN	NEIN	JA	JA
Rangfolge			(8)	-	-	3	4

Finanzierungs- geschäft			Substitutionsrelation der Standardfinanzierung ( $k \in S$ )				
			beim Einbringen von $k$ ( $k \in \bar{S}$ )				
			$k = 7$	$k = 11$	$k = 12$	$k = 13$	
Standard- finanzierung	$i = 1$	(1)	1,5203	1,4517	-0,5813	1,5229	
	$k = 6$	(2)	0,8810	-0,1194	-0,1566	0,8809	
	$k = 8$	(3)	1,1111	0,1024	-0,0310	0,4382	
	$k = 9$	(4)	1,3048	0,2764	-1,0903	0,9638	
	$k = 10$	(5)	1,4583	0,4093	-0,8587	1,4608	
$\uparrow x_1^l$ durch $\dots x_k^F$			(6)	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$
möglich?			(7)	NEIN	JA	NEIN	JA
Rangfolge			(8)	-	2	-	1

Abb. 11: Matrix **C** der Substitutionsrelationen nach der vierten Bewertungsrunde



t	k = 1	k = 2	k = 3	k = 4	k = 5	k = 7	k = 11	k = 12
	$z_{t1}^F$	$z_{t2}^F$	$z_{t3}^F$	$z_{t4}^F$	$z_{t5}^F$	$z_{t7}^F$	$z_{t11}^F$	$z_{t12}^F$
0	-1	0	0	0	0	0	1	-0,1985
1	1,01	-1	0	0	0	1	-0,025	-0,1985
2	0	1,01	-1	0	0	-1,03	-0,025	0
3	0	0	1,01	-1	0	0	-0,025	1
4	0	0	0	1,015	-1	0	-0,025	-0,3139
5	0	0	0	0	1,02	0	-1,025	-0,3139
Periode t	Barwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte s'							
	k = 1	k = 2	k = 3	k = 4	k = 5	k = 7	k = 11	k = 12
	$z_{1t} \cdot azf_t$	$z_{2t} \cdot azf_t$	$z_{3t} \cdot azf_t$	$z_{4t} \cdot azf_t$	$z_{5t} \cdot azf_t$	$z_{7t} \cdot azf_t$	$z_{11t} \cdot azf_t$	$z_{12t} \cdot azf_t$
0	-1,0000	0	0	0	0	0	1,0000	-0,1985
1	0,9902	-0,9804	0	0	0	0,9804	-0,0245	-0,1946
2	0	0,9597	-0,9502	0	0	-0,9787	-0,0238	0
3	0	0	0,9250	-0,9159	0	0	-0,0229	0,9159
4	0	0	0	0,8938	-0,8806	0	-0,0220	-0,2765
5	0	0	0	0	0,8616	0	-0,8659	-0,2652
Summe $g_k$	-0,0098	-0,0207	-0,0252	-0,0220	-0,0190	0,0017	0,0410	-0,0189
Ist Arbitrage durch ...	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↓
... möglich? Rangfolge	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	JA	JA	NEIN
	-	-	-	-	-	2	1	-

Abb. 13: Identifikation von Arbitrage nach der Fünfen und letzten Bewertungsrunde

**Verbesserungsrunde 6: Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts k = 11.**

gesucht: Substitutionsprogramm  $x_{11}^F$  und  $\bar{x}_s = (x_6^F \ x_8^F \ x_9^F \ x_{10}^F \ x_{13}^F)$  mit minimalem  $x_{11}^F$  und

$A_s \cdot \bar{x}_s + \bar{z}_{11} \cdot x_{11}^F = 0$  sowie  $x_k^F \in [U_k^F; O_k^F]$ .

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} -1,02 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -0,3569 \\ 0 & -1,0375 & 1 & 0 & -0,3569 \\ 0 & 0 & -1,04 & 1 & -0,3569 \\ 0 & 0 & 0 & -1,0425 & 0 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,025 \\ -0,025 \\ -0,025 \\ -1,025 \end{pmatrix} \cdot x_{11}^F$$

**Bestimmung der Substitutionsrelation**

$\bar{x}_s = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_{11} \cdot x_{11}^F$  und  $\bar{c}_{11} = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_{11}$

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} 0,9804 & 0,9502 & 0,9159 & 0,8806 & 0,8447 \\ 0 & -0,6541 & 0,3334 & 0,3206 & 0,3075 \\ 0 & -0,3326 & -0,3206 & 0,6533 & 0,6266 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,9592 \\ 0 & 0,9692 & 0,9342 & 0,8982 & 0,8616 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,025 \\ -0,025 \\ -0,025 \\ -1,025 \end{pmatrix} \cdot x_{11}^F$$

**Bestimmung des Substitutionsumfangs**

Finanzierungs-geschäft	Unter-grenze	Faktor bei Erhö-hung von $x_{11}^F$ um 1	Ober-grenze	mögliche Veränderung $x_v$ für $\hat{=} x_{11}^F; (0 \leq x_{11}^F)$
k	$U_k^F$	$c_{s11}$	$O_k^F$	$x_{s11}^{F,max}$
6	-1.959.334	-0,9590	40.666	2.043.037
8	-383.633	-0,3152	1.616.367	1.216.979
9	-761.651	-0,6423	1.238.349	1.185.840
10	-1.105.750	-0,9832	894.250	1.124.629
13	-598.521	-0,9532	2.401.479	627.900
11	0	1	3.000.000	3.000.000

**Maximale Substitution**

Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts

k = 11 um  $x_{11}^F = \min |x_{s11}^{F,max}| = 627.900$ ;

dadurch wird u. a. k = 13 ersetzt.

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} x_6^F \\ x_8^F \\ x_9^F \\ x_{10}^F \\ x_{13}^F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -602.175 \\ -197.935 \\ -403.293 \\ -617.360 \\ -598.521 \end{pmatrix}$$

$$x_v = x_{11}^F = 627.900$$

**Bestimmung der neuen Standardfinanzierung**

neue Standardfinanzierung: k = 6, 8, 9, 10, 11

neue Abzinsungsfaktoren:  $\bar{azf} = (0,9804 \ 0,9919 \ 0,9560 \ 0,9192 \ 0,8818)$

Finanzier-ungsgeschäft	Veränderung der Finanzierungsgeschäfte	neue Untergrenze	neue Obergrenze
k	$x_v \cdot c_{s11}$	$U_k^F$	$O_k^F$
6	-602.175	-1.357.159	642.841
8	-197.935	-185.697	1.814.303
9	-403.293	-358.359	1.641.641
10	-617.360	-488.391	1.511.609
11	627.900	-627.900	2.372.100
13	-598.521	0	3.000.000

Abb. 14: Sechste Verbesserungsrunde bei Investitionsprojekt i = 1

Periode t	Zeitwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte s'							
	k = 1	k = 2	k = 3	k = 4	k = 5	k = 7	k = 12	k = 13
	$z_{t1}^F$	$z_{t2}^F$	$z_{t3}^F$	$z_{t4}^F$	$z_{t5}^F$	$z_{t7}^F$	$z_{t12}^F$	$z_{t13}^F$
0	-1	0	0	0	0	0	-0,1985	0
1	1,01	-1	0	0	0	1	-0,1985	1
2	0	1,01	-1	0	0	-1,03	0	-0,3569
3	0	0	1,01	-1	0	0	1	-0,3569
4	0	0	0	1,015	-1	0	-0,3139	-0,3569
5	0	0	0	0	1,02	0	-0,3139	0

Periode t	Barwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte s'							
	k = 1	k = 2	k = 3	k = 4	k = 5	k = 7	k = 12	k = 13
	$z_{t1} \cdot azf_t$	$z_{t2} \cdot azf_t$	$z_{t3} \cdot azf_t$	$z_{t4} \cdot azf_t$	$z_{t5} \cdot azf_t$	$z_{t7} \cdot azf_t$	$z_{t12} \cdot azf_t$	$z_{t13} \cdot azf_t$
0	-1	0	0	0	0	0	-0,1985	0
1	0,9902	-0,9804	0	0	0	0,9804	-0,1946	0,9804
2	0	1,0018	-0,9919	0	0	-1,0216	0	-0,3540
3	0	0	0,9656	-0,9560	0	0	0,9560	-0,3412
4	0	0	0	0,9330	-0,9192	0	-0,2886	-0,3281
5	0	0	0	0	0,8994	0	-0,2768	0
Summe $g_k$	-0,0098	0,0214	-0,0263	-0,0230	-0,0198	-0,0412	-0,0025	-0,0430
Ist Arbitrage durch ...	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓
... möglich?	NEIN	JA	NEIN	NEIN	NEIN	JA	NEIN	NEIN
Rangfolge	-	2	-	-	-	1	-	-

Abb. 15: Identifikation von Arbitrage vor der siebten Verbesserungsrunde

**Verbesserungsrunde 7: Verringerung des Finanzierungsgeschäfts k = 7.**

gesucht: Substitutionsprogramm  $x_7^F$  und  $\bar{x}_s = (x_6^F, x_8^F, x_9^F, x_{10}^F, x_{11}^F)$  mit minimalem  $x_7^F$  und

$A_s \cdot \bar{x}_s + \bar{z}_7 \cdot x_7^F = 0$  sowie  $x_k^F \in [U_k^F; O_k^F]$ .

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} -1,02 & 0 & 0 & 0 & -0,025 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -0,025 \\ 0 & -1,0375 & 1 & 0 & -0,025 \\ 0 & 0 & -1,04 & 1 & -0,025 \\ 0 & 0 & 0 & -1,0425 & -1,025 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 1,00 \\ -1,03 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x_7^F$$

**Bestimmung der Substitutionsrelation**

$\bar{x}_s = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_7 \cdot x_7^F$  und  $\bar{c}_7 = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_7$

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} 0,9804 & -0,0249 & -0,0240 & -0,0231 & -0,0222 \\ 0 & -0,9746 & 0,0245 & 0,0236 & 0,0226 \\ 0 & -0,9857 & -0,9501 & 0,0480 & 0,0460 \\ 0 & -0,9997 & -0,9636 & -0,9265 & 0,0705 \\ 0 & 1,0168 & 0,9800 & 0,9423 & 0,9039 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ -1,03 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x_7^F$$

**Bestimmung des Substitutionsumfangs**

Finanzierungs-geschäft	Unter-grenze	Faktor bei Erhö-hung von $x_7^F$ um 1	Ober-grenze	mögliche Veränderung $x_v$ für $\downarrow x_7^F; (0 \geq x_7^F)$
k	$U_k^F$	$c_{s7}$	$O_k^F$	$x_{s7}^{F,max}$
6	-1.357.159	1,0061	642.841	-1.348.983
8	-185.697	1,0038	1.814.303	-184.991
9	-358.359	1,0153	1.641.641	-352.966
10	-488.391	1,0297	1.511.609	-474.300
11	-627.900	-1,0473	2.372.100	-2.264.993
7	-3.000.000	1	0	-3.000.000

**Maximale Substitution**

Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts

$k = 7$  um  $x_7^F = \min |x_{s7}^{F,max}| \approx -184.991$ ;

dadurch wird u. a.  $k = 8$  ersetzt.

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} x_6^F \\ x_8^F \\ x_9^F \\ x_{10}^F \\ x_{11}^F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -186.112 \\ -185.697 \\ -187.818 \\ -190.487 \\ 193.739 \end{pmatrix}$$

$$x_v = x_7^F = -184.991$$

**Bestimmung der neuen Standardfinanzierung**

neue Standardfinanzierung:  $k = 6, 7, 9, 10, 11$

neue Abzinsungsfaktoren:  $\bar{azf} = (0,9804 \ 0,9518 \ 0,9570 \ 0,9202 \ 0,8827)$

Finanzier-ungsgeschäft	Veränderung der Finanzierungsgeschäfte	neue Untergrenze	neue Obergrenze
k	$x_v \cdot c_{s7}$	$U_k^F$	$O_k^F$
6	-186.112	-1.171.047	828.953
7	-184.991	-2.815.009	184.991
9	-187.818	-170.541	1.829.459
10	-190.487	-297.904	1.702.096
11	193.739	-821.639	2.178.361
8	-185.697	0	2.000.000

Abb. 16: Siebte Verbesserungsrunde bei Investitionsprojekt i = 1

Periode t	Zeitwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte s'							
	k = 1	k = 2	k = 3	k = 4	k = 5	k = 8	k = 12	k = 13
	$z_{t1}^F$	$z_{t2}^F$	$z_{t3}^F$	$z_{t4}^F$	$z_{t5}^F$	$z_{t8}^F$	$z_{t12}^F$	$z_{t13}^F$
0	-1	0	0	0	0	0	-0,1985	0
1	1,01	-1	0	0	0	0	-0,1985	1
2	0	1,01	-1	0	0	1	0	-0,3569
3	0	0	1,01	-1	0	-1,0375	1	-0,3569
4	0	0	0	1,015	-1	0	-0,3139	-0,3569
5	0	0	0	0	1,02	0	-0,3139	0

Periode t	Barwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte s'							
	k = 1	k = 2	k = 3	k = 4	k = 5	k = 8	k = 12	k = 13
	$z_{t1} \cdot azf_t$	$z_{t2} \cdot azf_t$	$z_{t3} \cdot azf_t$	$z_{t4} \cdot azf_t$	$z_{t5} \cdot azf_t$	$z_{t8} \cdot azf_t$	$z_{t12} \cdot azf_t$	$z_{t13} \cdot azf_t$
0	-1	0	0	0	0	0	-0,1985	0
1	0,9902	-0,9804	0	0	0	0	-0,1946	0,9804
2	0	0,9614	-0,9518	0	0	0,9518	0	-0,3397
3	0	0	0,9666	-0,9570	0	-0,9929	0,9570	-0,3416
4	0	0	0	0,9340	-0,9202	0	-0,2889	-0,3285
5	0	0	0	0	0,9004	0	-0,2771	0
Summe $g_k$	-0,0098	-0,0190	0,0148	-0,0230	-0,0199	-0,0411	-0,0021	-0,0294
Ist Arbitrage durch ...	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓
... möglich?	NEIN	NEIN	JA	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN
Rangfolge	-	-	1	-	-	-	-	-

Abb. 17: Identifikation von Arbitrage vor der achten Verbesserungsrunde

**Verbesserungsrunde 8: Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts k = 3.**

gesucht: Substitutionsprogramm  $x_3^F$  und  $\bar{x}_s = (x_6^F \ x_7^F \ x_9^F \ x_{10}^F \ x_{11}^F)$  mit minimalem  $x_3^F$  und

$A_s \cdot \bar{x}_s + \bar{z}_3 \cdot x_3^F = 0$  sowie  $x_k^F \in [U_k^F; O_k^F]$ .

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} -1,02 & 1 & 0 & 0 & -0,025 \\ 0 & -1,03 & 0 & 0 & -0,025 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -0,025 \\ 0 & 0 & -1,04 & 1 & -0,025 \\ 0 & 0 & 0 & -1,0425 & -1,025 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 1,01 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x_3^F$$

**Bestimmung der Substitutionsrelation**

$\bar{x}_s = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_3 \cdot x_3^F$  und  $\bar{c}_3 = -A_s^{-1} \cdot \bar{z}_3$

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} 0,9804 & 0,9518 & -0,0486 & -0,0467 & -0,0448 \\ 0 & 0,9709 & -0,0244 & -0,0235 & -0,0225 \\ 0 & 0 & -0,9749 & 0,0242 & 0,0232 \\ 0 & 0 & -0,9887 & -0,9507 & 0,0473 \\ 0 & 0 & 1,0056 & 0,9669 & 0,9275 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 1,01 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x_3^F$$

**Bestimmung des Substitutionsumfangs**

Finanzierungs-geschäft	Unter-grenze	Faktor bei Erhö-hung von $x_3^F$ um 1	Ober-grenze	mögliche Veränderung $x_v$ für $\uparrow x_3^F; (0 \leq x_3^F)$
k	$U_k^F$	$C_{s3}$	$O_k^F$	$x_{s3}^{F,max}$
6	-1.171.047	-1,0009	828.953	1.169.995
7	-2.815.009	-0,9955	184.991	2.827.661
9	-170.541	-0,9846	1.829.459	173.207
10	-297.904	-0,9986	1.702.096	298.321
11	-821.639	1,0157	2.178.361	2.144.793
7	0	1	3.000.000	3.000.000

**Maximale Substitution**

Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts

$k = 3$  um  $x_3^F = \min |x_{s3}^{F,max}| \approx 173.207$ ;

dadurch wird u. a.  $k = 9$  ersetzt.

$$\bar{x}_s = \begin{pmatrix} x_6^F \\ x_7^F \\ x_9^F \\ x_{10}^F \\ x_{11}^F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -173.363 \\ -172.432 \\ -170.541 \\ -172.965 \\ 175.918 \end{pmatrix}$$

$$x_v = x_3^F = 173.207$$

**Bestimmung der neuen Standardfinanzierung**

neue Standardfinanzierung:  $k = 6, 7, 3, 10, 11$

neue Abzinsungsfaktoren:  $\bar{azf} = (0,9804 \ 0,9518 \ 0,9424 \ 0,9206 \ 0,8830)$

Finanzierungs-geschäft	Veränderung der Finanzierungsgeschäfte	neue Untergrenze	neue Obergrenze
k	$x_v \cdot C_{s3}$	$U_k^F$	$O_k^F$
6	-173.363	-997.684	1.002.316
7	-172.432	-2.642.577	357.423
3	173.207	-173.207	2.826.793
10	-172.965	-124.939	1.875.061
11	175.918	-997.557	2.002.443
9	-170.541	0	2.000.000

Abb. 18: Achte Verbesserungsrunde bei Investitionsprojekt  $i = 1$

Periode t	Zeitwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte s'							
	k = 1	k = 2	k = 4	k = 5	k = 8	k = 9	k = 12	k = 13
	$z_{t1}^F$	$z_{t2}^F$	$z_{t4}^F$	$z_{t5}^F$	$z_{t8}^F$	$z_{t9}^F$	$z_{t12}^F$	$z_{t13}^F$
0	-1	0	0	0	0	0	-0,1985	0
1	1,01	-1	0	0	0	0	-0,1985	1
2	0	1,01	0	0	1	0	0	-0,3569
3	0	0	-1	0	-1,0375	1	1	-0,3569
4	0	0	1,015	-1	0	-1,04	-0,3139	-0,3569
5	0	0	0	1,02	0	0	-0,3139	0

Periode t	Barwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte s'							
	k = 1	k = 2	k = 4	k = 5	k = 8	k = 9	k = 12	k = 13
	$z_{t1} \cdot azf_t$	$z_{t2} \cdot azf_t$	$z_{t4} \cdot azf_t$	$z_{t5} \cdot azf_t$	$z_{t8} \cdot azf_t$	$z_{t9} \cdot azf_t$	$z_{t12} \cdot azf_t$	$z_{t13} \cdot azf_t$
0	-1	0	0	0	0	0	-0,1985	0
1	0,9902	-0,9804	0	0	0	0	-0,1946	0,9804
2	0	0,9614	0	0	0,9518	0	0	-0,3397
3	0	0	-0,9424	0	-0,9778	0,9424	0,9424	-0,3364
4	0	0	0,9344	-0,9206	0	-0,9574	-0,2890	-0,3286
5	0	0	0	0,9007	0	0	-0,2772	0
Summe $g_k$	-0,0098	-0,0190	-0,0080	-0,0199	-0,0259	-0,0150	-0,0169	-0,0243
Ist Arbitrage durch ...	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
... möglich?	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN
Rangfolge	-	-	-	-	-	-	-	-

Abb. 19: Nachweis der Arbitragefreiheit nach der achten Verbesserungsrunde

### 3. Der Substitutionsprozess mit einer Annuität als Zielgröße im Fall- beispiel zur Marktzinsmethode

Periode t	Zeitwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte k ( $k \in \bar{S}$ )							
	k = 1	k = 2	k = 8	k = 9	k = 10	k = 11	k = 12	k = 13
	$\bar{z}_1$	$\bar{z}_2$	$\bar{z}_8$	$\bar{z}_9$	$\bar{z}_{10}$	$\bar{z}_{11}$	$\bar{z}_{12}$	$\bar{z}_{13}$
0	-1	0	0	0	0	1	-0,1985	0
1	1,01	-1	0	0	0	-0,025	-0,1985	1
2	0	1,01	1	0	0	-0,025	0	-0,3569
3	0	0	-1,0375	1	0	-0,025	1	-0,3569
4	0	0	0	-1,04	1	-0,025	-0,3139	-0,3569
5	0	0	0	0	-1,0425	-1,025	-0,3139	0
<b>normierte Zielzahlungsstrombasis (<math>a_k</math>) und Annuität (<math>a_k/T</math>) der Finanzgeschäfte k</b>								
	k = 1	k = 2	k = 8	k = 9	k = 10	k = 11	k = 12	k = 13
$a_k = \bar{a} \cdot \bar{z}_k$	-0,0104	-0,0202	-0,0275	-0,0246	-0,0217	-0,0298	-0,0297	-0,0288
Annuität $a_k/T$	-0,0021	-0,0040	-0,0055	-0,0049	-0,0043	-0,0060	-0,0059	-0,0058
Ist Arbitrage durch eine ... ... möglich? Rangfolge	↓ NEIN -	↓ NEIN -	↓ NEIN -	↓ NEIN -	↓ NEIN -	↓ NEIN -	↓ NEIN -	↓ JA 1

Abb. 20: Identifikation von Arbitrage mit der Zielgröße einer Annuität nach der ersten Substitutionsrunde

**Substitutionsrunde 2:** Verringerung des Finanzierungsgeschäfts k = 13.

gesucht: Substitutionsprogramm  $x_{13}^F$  und  $\bar{x}_S = (x_3^F, x_4^F, x_5^F, x_6^F, x_7^F)$  mit minimalem  $x_{13}$  und

$$\mathbf{B}_S \cdot \bar{x}_S + \bar{z}_{13} \cdot x_{13}^F = 0 \text{ sowie } x_k^F \in [U_k^F; O_k^F].$$

**Bestimmung der Substitutionsrelation**

$$\bar{x}_S = -\mathbf{B}_S^{-1} \cdot \bar{z}_{13} \cdot x_{13}^F \text{ und } \bar{c}_{13}^* = -\mathbf{B}_S^{-1} \cdot \bar{z}_{13}$$

$$\bar{x}_S = - \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1,02 & 1 & -0,2 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & -1,03 & -0,2 \\ 1,01 & -1 & 0 & 0 & 0 & -0,2 \\ 0 & 1,015 & -1 & 0 & 0 & -0,2 \\ 0 & 0 & 1,02 & 0 & 0 & -0,2 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -0,3569 \\ -0,3569 \\ -0,3569 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot x_{13}^F = \begin{pmatrix} 0,6848 \\ 0,3404 \\ -0,0056 \\ 0 \\ -1,0058 \\ -0,0288 \end{pmatrix} \cdot x_{13}^F$$

**Bestimmung des Substitutionsumfangs**

Finanzierungsgeschäft	Untergrenze	Faktor bei Erhöhung von $x_{13}^F$ um 1	Obergrenze	mögliche Veränderung $x_v$ für $\downarrow x_{13}^F; (0 \leq x_{13}^F)$
k	$U_k^F$	$c_{s13}$	$O_k^F$	$x_{s13}^{F,max}$
3	-1.401.890	0,6848	1.598.110	-2.047.290
4	-874.543	0,3404	2.125.457	-2.568.971
5	-346.294	-0,0056	2.653.706	-470.110.039
6	-1.000.000	0	1.000.000	keine
7	-1.025.965	-1,0058	1.974.035	-1.962.734
$a_{13}$	-	-0,028788		
13	-1.500.000	1,0000	1.500.000	-1.500.000

**Maximale Substitution**

Erhöhung des Finanzierungsgeschäfts

$$k = 13 \text{ um } x_{13}^F = \min |x_{s13}^{F,max}| = -1.500.000$$

; dadurch wird kein Finanzierungsgeschäft ersetzt.

$$\bar{x}_S = \begin{pmatrix} x_3^F \\ x_4^F \\ x_5^F \\ x_6^F \\ x_7^F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1.027.131 \\ -510.638 \\ 8.467 \\ 0 \\ 1.508.637 \end{pmatrix}$$

$$x_v = x_{13}^F = -1.500.000$$

**Bestimmung der neuen Standardfinanzierung**

Neue Standardfinanzierung: k = 3, 4, 5, 6, 7

Finanzierungsgeschäft	Veränderung der Finanzierungsgeschäfte	neue Untergrenze	neue Obergrenze
k	$x_v \cdot c_{s13}$	$U_k^F$	$O_k^F$
3	-1.027.131	-374.759	2.625.241
4	-510.638	-363.905	2.636.095
5	8.467	-354.762	2.645.238
6	0	-1.000.000	1.000.000
7	1.508.637	-2.534.602	465.398
13	-1.500.000	0	3.000.000

Abb. 21: Zweite Substitutionsrunde zum Auffinden einer verallgemeinerten Standardfinanzierung anhand der Annuität als Zielgröße

Periode t	Zeitwerte der Zahlungen der Finanzgeschäfte k ( $k \in \bar{S}$ )							
	k = 1	k = 2	k = 8	k = 9	k = 10	k = 11	k = 12	k = 13
	$\bar{z}_1$	$\bar{z}_2$	$\bar{z}_8$	$\bar{z}_9$	$\bar{z}_{10}$	$\bar{z}_{11}$	$\bar{z}_{12}$	$\bar{z}_{13}$
0	-1	0	0	0	0	1	-0,1985	0
1	1,01	-1	0	0	0	-0,025	-0,1985	1
2	0	1,01	1	0	0	-0,025	0	-0,3569
3	0	0	-1,0375	1	0	-0,025	1	-0,3569
4	0	0	0	-1,04	1	-0,025	-0,3139	-0,3569
5	0	0	0	0	-1,0425	-1,025	-0,3139	0
normierte Zielzahlungsstrombasis ( $a_k$ ) und Annuität ( $a_k/T$ ) der Finanzgeschäfte k								
	k = 1	k = 2	k = 8	k = 9	k = 10	k = 11	k = 12	k = 13
$a_k = \bar{a} \cdot \bar{z}_k$	-0,0104	-0,0202	-0,0275	-0,0246	-0,0217	-0,0298	-0,0297	-0,0288
Annuität $a_k/T$	-0,0021	-0,0040	-0,0055	-0,0049	-0,0043	-0,0060	-0,0059	-0,0058
Ist Arbitrage durch eine ... ... möglich? Rangfolge	↓ NEIN -	↓ NEIN -	↓ NEIN -	↓ NEIN -	↓ NEIN -	↓ NEIN -	↓ NEIN -	↓ NEIN -

Abb. 22: Nachweis der Arbitragefreiheit nach der zweiten Substitutionsrunde

## II. Zu Hauptkapitel E

### 1. Finanzielles Investitionsprogrammplanungsmodell

```

model " Investitionsprogramm "
uses "mmxprs" ;

declarations

    I = 12          ! Anzahl der Investitionsprojekte i
    K = 13          ! Anzahl der Finanzierungsgeschäfte k
    T = 5           ! letzte Periode t im Betrachtungszeitraum
    Mi = 1..I       ! Indexmenge der Investitionsprojekte i
    Mk = 1..K       ! Indexmenge der Finanzierungsgeschäfte k
    Mt = 0..T       ! Indexmenge der Perioden t

    ! Zahlung in Periode t, wenn Investitionsprojekt i
    ! einmalig durchgeführt wird
    zI: array(Mi,Mt) of real
    ! Zahlung in Periode t, wenn Finanzierungsgeschäft k
    ! einmalig durchgeführt wird
    zF: array(Mk,Mt) of real
    ! Obergrenze/Untergrenze der Durchführungshäufigkeit
    ! von Investitionsprojekt i
    IU: array(Mi) of real
    IO: array(Mi) of real
    ! Obergrenze/Untergrenze der Durchführungshäufigkeit
    ! von Finanzierungsgeschäft k
    FU: array(Mk) of real
    FO: array(Mk) of real
    ! autonome Ausgaben in Periode t
    d: array(Mt) of real
    ! Entscheidungsvariablen zur Durchführungshöhe von
    ! Investitionsprojekt i / Finanzierungsgeschäft k /
    ! Entnahme
    xI: array(Mi) of mpvar
    xF: array(Mk) of mpvar
    C: mpvar
    ! Zielzahlungsstrom (hier Kapitalwertentnahme)
    a: array(Mt) of real

end-declarations

! Zahlung in Periode t, wenn Investitionsprojekt i einmalig durchgeführt wird
! t=      0      1      2      3      4      5
zI::[-450,   50,   50,   50,   50,   350, ! i=1
      -40,   -5,   10,   15,   15,   20, ! i=2
      -150, -150, -150, -150, -150, -150, ! i=3
      -250,   5,   10,   10,   10,   10, ! i=4
      -750,  50,  110,  145,  175,  550, ! i=5
      -150, -100, -100, -100, -100, -100, ! i=6
      -500, -200, -10,  -10,  -10,  -10, ! i=7
      -250,  20,   50,   70,   70,   70, ! i=8
      -1000, -500, -50,   0,   0,   0, ! i=9
      -1500, -100, -80, -150, -100, 1500, ! i=10
      -3100, -1500, 100, 110, 120, 4000, ! i=11
      -2100, -900, -120, -180, -120, 2000] ! i=12

! Zahlung in Periode t, wenn Finanzierungsgeschäft k einmalig durchgeführt wird
! t=      0      1      2      3      4      5
zF::[-100,   101,   0,   0,   0,   0, ! k=1
      0,   -100,  101,   0,   0,   0, ! k=2
      0,   0,  -100,  101,   0,   0, ! k=3
      0,   0,   0,  -100,  101.50,  0, ! k=4
      0,   0,   0,   0,   -100,  102, ! k=5
      100, -102,   0,   0,   0,   0, ! k=6
      0,   100, -103,   0,   0,   0, ! k=7
      0,   0,   100, -103.75,  0,   0, ! k=8
      0,   0,   0,   100, -104,   0, ! k=9
      0,   0,   0,   0,   100, -104.25, ! k=10
      100, -2.5, -2.5, -2.5, -2.5, -102.5, ! k=11

```

```

-19.8511,   -19.8511,    0,      100,   -31.3942,   -31.3942, ! k=12
      0,      100,   -35.69342,   -35.69342,   -35.69342,    0] ! k=13

! Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Investitionsprojekt i
! i=      1      2      3      4      5      6
IU::     [0,    0,    1,    0,    0,    0,
!         7      8      9     10     11     12
          0,    0,    0,    0,    0,    0]

! Obergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Investitionsprojekt i
! i=      1      2      3      4      5      6
IO::     [6,    1,    3,    1,    1,    1,
!         7      8      9     10     11     12
          1,    1,    1,    1,    1,    1]

! Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Finanzierungsgeschäft k
! k=      1      2      3      4      5      6
FU::     [0,    0,-24.138,-18.776,-13.453,    0,
!         7      8      9     10     11     12
          -0.25,  0,    0,    0,   -10,    0,
!         13
          -15]

! Obergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Finanzierungsgeschäft k
! k=      1      2      3      4      5      6
FO::     [30,    30,5.86151,11.2241,16.5465,    20,
!         7      8      9     10     11     12
          29.75,  20,    20,    20,    20,    10,
!         13
          15]

! autonome Ausgaben in Periode t
! t=      0      1      2      3      4      5
d::     [-100,   -150,   -180,   -200,   -230,   -200]

! Zielzahlungsstrom (hier Kapitalwertentnahme)
! t=      0      1      2      3      4      5
a::     [-1,    0,    0,    0,    0,    0]

! Zahlenformat
setparam("REALFMT", "%1.2f")

! Modell
! Zielfunktion
KW:=    C * 1000

! Nebenbedingungen
! Liquiditätsnebenbedingungen in Periode 0 bis T
forall (t in Mt) do
    NB1(t):= (sum(i in Mi) xI(i) * zI(i,t)) +
             (sum(k in Mk) xF(k) * zF(k,t)) + C * a(t) >= d(t)
end-do
! Ober-/Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit
! der Investitionsprojekte i
forall (i in Mi) do
    NB2(i):= xI(i) <= IO(i)
    NB3(i):= xI(i) >= IU(i)
end-do
! Ober-/Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit
! der Finanzierungsgeschäfte k
forall (k in Mk) do
    xF(k) is_free
    NB4(k):= xF(k) <= FO(k)
    NB5(k):= xF(k) >= FU(k)
end-do
! gemeinsame Restriktion der abhängigen
! Investitionsprojekte "kommunales Freibad" (i=10,11,12)
NB6:=    sum(i in 10..12) xI(i) <= 1
NB7:=    sum(i in 10..12) xI(i) >= 1

! Maximierung der Zielfunktion
maximize (KW)

```

```
! Ausgabe der Ergebnisse
! Kapitalwert (KW) des Investitionsprogramms
writeln ( " KW: ", getobjval * 1000 )
! optimale Zusammensetzung der Investitionsprojekte
forall (i in Mi)
    writeln ("xI", i, "* = ", getsol(xI(i)))
! optimale Zusammensetzung der Finanzierungsgeschäfte
forall (k in Mk)
    writeln ("xF", k, "* = ", getsol(xF(k)))
! Dualwerte der Liquiditätsrestriktionen
forall (t in 0..T)
    writeln ("Dualwert_", t, " = ", getdual(NB1(t)))
end-model
```

Abb. 23: Finanzielles Investitionsprogrammplanungsmodell zum kommunalen Fallbeispiel in der Modellierungssprache von Xpress

## 2. Nutzenmaximierendes Investitionsprogrammplanungsmodell

```

model " Investitionsprogramm "
uses "mmxprs" ;

declarations

    I = 12          ! Anzahl der Investitionsprojekte i
    K = 13          ! Anzahl der Finanzierungsgeschäfte k
    T = 5           ! letzte Periode t im Betrachtungszeitraum
    Mi = 1..I       ! Indexmenge der Investitionsprojekte i
    Mk = 1..K       ! Indexmenge der Finanzierungsgeschäfte k
    Mt = 0..T       ! Indexmenge der Perioden t

    ! Zahlung in Periode t, wenn Investitionsprojekt i
    ! einmalig durchgeführt wird
    zI: array(Mi,Mt) of real
    ! Zahlung in Periode t, wenn Finanzierungsgeschäft k
    ! einmalig durchgeführt wird
    zF: array(Mk,Mt) of real
    ! Obergrenze/Untergrenze der Durchführungshäufigkeit
    ! von Investitionsprojekt i
    IU: array(Mi) of real
    IO: array(Mi) of real
    ! Obergrenze/Untergrenze der Durchführungshäufigkeit
    ! von Finanzierungsgeschäft k
    FU: array(Mk) of real
    FO: array(Mk) of real
    ! autonome Ausgaben in Periode t
    d: array(Mt) of real
    ! Entscheidungsvariablen zur Durchführungshöhe von
    ! Investitionsprojekt i / Finanzierungsgeschäft k /
    ! Entnahme
    xI: array(Mi) of mpvar
    xF: array(Mk) of mpvar
    ! Zielfunktionskoeffizienten (Nutzwerte) der Investitionsprojekte i
    b: array(Mi) of real

end-declarations

! Zahlung in Periode t, wenn Investitionsprojekt i einmalig durchgeführt wird
! t=  0      1      2      3      4      5
zI::[-450,   50,   50,   50,   50,   350, ! i=1
     -40,   -5,   10,   15,   15,   20, ! i=2
     -150, -150, -150, -150, -150, -150, ! i=3
     -250,  5,   10,   10,   10,   10, ! i=4
     -750,  50,  110,  145,  175,  550, ! i=5
     -150, -100, -100, -100, -100, -100, ! i=6
     -500, -200, -10,  -10,  -10,  -10, ! i=7
     -250,  20,   50,   70,   70,   70, ! i=8
     -1000, -500, -50,   0,   0,   0, ! i=9
     -1500, -100, -80, -150, -100, 1500, ! i=10
     -3100, -1500, 100, 110, 120, 4000, ! i=11
     -2100, -900, -120, -180, -120, 2000] ! i=12

! Zahlung in Periode t, wenn Finanzierungsgeschäft k einmalig durchgeführt wird
! t=  0      1      2      3      4      5
zF::[-100,   101,   0,   0,   0,   0, ! k=1
     0,   -100,  101,   0,   0,   0, ! k=2
     0,   0,  -100,  101,   0,   0, ! k=3
     0,   0,   0,  -100,  101.50,  0, ! k=4
     0,   0,   0,   0,  -100,  102, ! k=5
     100, -102,   0,   0,   0,   0, ! k=6
     0,   100, -103,   0,   0,   0, ! k=7
     0,   0,   100, -103.75,  0,   0, ! k=8
     0,   0,   0,   100, -104,   0, ! k=9
     0,   0,   0,   0,   100, -104.25, ! k=10
     100, -2.5, -2.5, -2.5, -2.5, -102.5, ! k=11
     -19.8511, -19.8511, 0, 100, -31.3942, -31.3942, ! k=12
     0,   100, -35.69342, -35.69342, -35.69342, 0] ! k=13

```

```
! Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Investitionsprojekt i
! i=      1      2      3      4      5      6
IU::     [0,    0,    1,    0,    0,    0,
!         7      8      9     10     11     12
!         0,    0,    0,    0,    0,    0]

! Obergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Investitionsprojekt i
! i=      1      2      3      4      5      6
IO::     [6,    1,    3,    1,    1,    1,
!         7      8      9     10     11     12
!         1,    1,    1,    1,    1,    1]

! Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Finanzierungsgeschäft k
! k=      1      2      3      4      5      6
FU::     [0,    0,-24.138,-18.776,-13.453,  0,
!         7      8      9     10     11     12
!        -0.25,  0,    0,    0,   -10,    0,
!         13
!        -15]

! Obergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Finanzierungsgeschäft k
! k=      1      2      3      4      5      6
FO::     [30,    30,5.86151,11.2241,16.5465,  20,
!         7      8      9     10     11     12
!        29.75,  20,    20,    20,    20,    10,
!         13
!         15]

! Investitionsbudgets in Periode t
! t=      0      1      2      3      4      5
d::     [-100,  -150,  -180,  -200,  -230,  -200]

! Zielerreichungskoeffizienten (barwertige Nutzwerte)
! der Investitionsprojekte i
! i=      1      2      3      4      5      6
b::     [1.91,  1.41,  1.22,  5.56,  4.29,  2.92,
!         7      8      9     10     11     12
!         3.55,  2.50,  4.38,  5.07,  6.44,  6.52]

! Zahlenformat
setparam("REALFMT", "%1.2f")

! Modell
! Zielfunktion
GNW:=      sum(i in Mi) xI(i) * b(i)

! Nebenbedingungen
! Budgetrestriktionen in Periode 0 bis T
forall (t in Mt) do
  NB1(t):=      (sum(i in Mi) xI(i) * zI(i,t)) +
                (sum(k in Mk) xF(k) * zF(k,t)) >= d(t)
end-do

! Ober-/Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit
! der Investitionsprojekte i
forall (i in Mi) do
  NB2(i):=      xI(i) <= IO(i)
  NB3(i):=      xI(i) >= IU(i)
end-do

! Ober-/Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit
! der Finanzierungsgeschäfte k
forall (k in Mk) do
  xF(k) is_free
  NB4(k):=      xF(k) <= FO(k)
  NB5(k):=      xF(k) >= FU(k)
end-do

! gemeinsame Restriktion der abhängigen
! Investitionsprojekte "kommunales Freibad" (i=10,11,12)
NB6:=      sum(i in 10..12) xI(i) <= 1
NB7:=      sum(i in 10..12) xI(i) >= 1

! Maximierung der Zielfunktion
maximize (GNW)
```

```
! Ausgabe der Ergebnisse
! Gesamtnutzwert (GNW) des Investitionsprogramms
writeln ( " GNW: ", getobjval * 1000 )
! optimale Zusammensetzung der Investitionsprojekte
forall (i in Mi)
    writeln ("xI", i, "*" = ", getsol(xI(i))
! optimale Zusammensetzung der Finanzierungsgeschäfte
forall (k in Mk)
    writeln ("xF", k, "*" = ", getsol(xF(k))
! Dualwerte der Budgetrestriktionen
setparam("REALFMT", "%1.4f")
forall (t in 0..T)
    writeln ("Dualwert_", t, " = ", getdual(NB1(t))
end-model
```

Abb. 24: Investitionsprogrammplanungsmodell zur Maximierung des barwertigen Nutzwerts im kommunalen Fallbeispiel in der Modellierungssprache von Xpress

### 3. Nutzenannuitätmaximierendes Investitionsprogrammplanungsmodell

```

model " Investitionsprogramm "
uses "mmxprs" ;

declarations

    I = 12          ! Anzahl der Investitionsprojekte i
    K = 13          ! Anzahl der Finanzierungsgeschäfte k
    T = 5           ! letzte Periode t im Betrachtungszeitraum
    Mi = 1..I       ! Indexmenge der Investitionsprojekte i
    Mk = 1..K       ! Indexmenge der Finanzierungsgeschäfte k
    Mt = 0..T       ! Indexmenge der Perioden t

    ! Zahlung in Periode t, wenn Investitionsprojekt i
    ! einmalig durchgeführt wird
    zI: array(Mi,Mt) of real
    ! Zahlung in Periode t, wenn Finanzierungsgeschäft k
    ! einmalig durchgeführt wird
    zF: array(Mk,Mt) of real
    ! Nutzenzeitwert in Periode t, wenn Investitionsgeschäft i
    ! einmalig durchgeführt wird
    uI: array(Mi,Mt) of real
    ! Obergrenze/Untergrenze der Durchführungshäufigkeit
    ! von Investitionsprojekt i
    IU: array(Mi) of real
    IO: array(Mi) of real
    ! Obergrenze/Untergrenze der Durchführungshäufigkeit
    ! von Finanzierungsgeschäft k
    FU: array(Mk) of real
    FO: array(Mk) of real
    ! autonome Ausgaben in Periode t
    d: array(Mt) of real
    ! Entscheidungsvariablen zur Durchführungshöhe von
    ! Investitionsprojekt i / Finanzierungsgeschäft k /
    ! Zielnutzenstrombasis
    xI: array(Mi) of mpvar
    xF: array(Mk) of mpvar
    ZNB: mpvar
    ! Zielnutzenstrom (in zeitwertigen Nutzenpunkten)
    a: array(Mt) of real

end-declarations

! Zahlung in Periode t, wenn Investitionsprojekt i einmalig durchgeführt wird
! t=


| t=         | 0      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5 |      |
|------------|--------|-------|-------|-------|-------|---|------|
| zI: [-450, | 50,    | 50,   | 50,   | 50,   | 350,  | ! | i=1  |
| -40,       | -5,    | 10,   | 15,   | 15,   | 20,   | ! | i=2  |
| -150,      | -150,  | -150, | -150, | -150, | -150, | ! | i=3  |
| -250,      | 5,     | 10,   | 10,   | 10,   | 10,   | ! | i=4  |
| -750,      | 50,    | 110,  | 145,  | 175,  | 550,  | ! | i=5  |
| -150,      | -100,  | -100, | -100, | -100, | -100, | ! | i=6  |
| -500,      | -200,  | -10,  | -10,  | -10,  | -10,  | ! | i=7  |
| -250,      | 20,    | 50,   | 70,   | 70,   | 70,   | ! | i=8  |
| -1000,     | -500,  | -50,  | 0,    | 0,    | 0,    | ! | i=9  |
| -1500,     | -100,  | -80,  | -150, | -100, | 1500, | ! | i=10 |
| -3100,     | -1500, | 100,  | 110,  | 120,  | 4000, | ! | i=11 |
| -2100,     | -900,  | -120, | -180, | -120, | 2000, | ! | i=12 |



! Zahlung in Periode t, wenn Finanzierungsgeschäft k einmalig durchgeführt wird
! t=


| t=         | 0     | 1     | 2        | 3       | 4        | 5  |   |
|------------|-------|-------|----------|---------|----------|----|---|
| zF: [-100, | 101,  | 0,    | 0,       | 0,      | 0,       | 0, | ! |
| 0,         | -100, | 101,  | 0,       | 0,      | 0,       | 0, | ! |
| 0,         | 0,    | -100, | 101,     | 0,      | 0,       | 0, | ! |
| 0,         | 0,    | 0,    | -100,    | 101.50, | 0,       | 0, | ! |
| 0,         | 0,    | 0,    | 0,       | -100,   | 102,     | !  |   |
| 100,       | -102, | 0,    | 0,       | 0,      | 0,       | !  |   |
| 0,         | 100,  | -103, | 0,       | 0,      | 0,       | !  |   |
| 0,         | 0,    | 100,  | -103.75, | 0,      | 0,       | !  |   |
| 0,         | 0,    | 0,    | 100,     | -104,   | 0,       | !  |   |
| 0,         | 0,    | 0,    | 0,       | 100,    | -104.25, | !  |   |


```

```

    100,      -2.5,      -2.5,      -2.5,      -2.5,      -102.5, ! k=11
-19.8511, -19.8511,      0,      100,      -31.3942, -31.3942, ! k=12
    0,      100,      -35.69342, -35.69342, -35.69342,      0] ! k=13

```

```

! Nutzenzeitwert in Periode t, wenn Investitionsgeschäft i
! einmalig durchgeführt wird

```

```

! t=      0      1      2      3      4      5
uI::[
  1.59015,      0.941,      2.42416,      2.36876,      2.3036,      2.24072, ! i=1
  1.17435,      1.06469,      1.63342,      1.59282,      1.5513,      1.50879, ! i=2
  1.30796,      1.30796,      1.25403,      1.19568,      1.1362,      1.09871, ! i=3
  4.63861,      2.74499,      7.0715,      6.90988,      6.7198,      6.53637, ! i=4
  3.5823,      3.24778,      4.98269,      4.85882,      4.73218,      4.60251, ! i=5
  3.13495,      3.13495,      3.00569,      2.86583,      2.72328,      2.63341, ! i=6
  2.95967,      1.75144,      4.51198,      4.40885,      4.28757,      4.17054, ! i=7
  2.08776,      1.8928,      2.9039,      2.83171,      2.7579,      2.68233, ! i=8
  4.69901,      4.69901,      4.50525,      4.29562,      4.08195,      3.94723, ! i=9
  5.44176,      5.44176,      5.21738,      4.97461,      4.72716,      4.57115, ! i=10
  5.36916,      3.17731,      8.18521,      7.99814,      7.77812,      7.56581, ! i=11
  5.44176,      4.9336,      7.56904,      7.38087,      7.1885,      6.99151] ! i=12

```

```

! Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Investitionsprojekt i

```

```

! i=      1      2      3      4      5      6
IU::      [0,      0,      1,      0,      0,      0,
!          7      8      9      10      11      12
          0,      0,      0,      0,      0,      0]

```

```

! Obergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Investitionsprojekt i

```

```

! i=      1      2      3      4      5      6
IO::      [6,      1,      3,      1,      1,      1,
!          7      8      9      10      11      12
          1,      1,      1,      1,      1,      1]

```

```

! Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Finanzierungsgeschäft k

```

```

! k=      1      2      3      4      5      6
FU::      [0,      0, -24.138, -18.776, -13.453,      0,
!          7      8      9      10      11      12
          -0.25,      0,      0,      0,      -10,      0,
!          13
          -15]

```

```

! Obergrenzen der Durchführungshäufigkeit von Finanzierungsgeschäft k

```

```

! k=      1      2      3      4      5      6
FO::      [30,      30, 5.86151, 11.2241, 16.5465,      20,
!          7      8      9      10      11      12
          29.75,      20,      20,      20,      20,      10,
!          13
          15]

```

```

! Investitionsbudgets in Periode t

```

```

! t=      0      1      2      3      4      5
d::      [-100,      -150,      -180,      -200,      -230,      -200]

```

```

! Zielnutzenstrom (in zeitwertigem Nutzenpunkten)

```

```

! in Form einer Nutzenannuität

```

```

! t=      0      1      2      3      4      5
a::      [0,      0.2,      0.2,      0.2,      0.2,      0.2]

```

```

! Zahlenformat

```

```

setparam("REALFMT", "%1.2f")

```

```

! Modell

```

```

! Zielfunktion

```

```

NWA:=      0.2 * ZNB

```

```

! Nebenbedingungen

```

```

! Nutzensaldo aller Perioden t = 0, ..., T

```

```

! ist größer oder gleich Nutzenentnahme

```

```

forall (t in Mt) do

```

```

    NBO(t):=      sum(i in Mi) xI(i) * uI(i,t) - ZNB * a(t) >= 0

```

```

end-do

```

```
! Budgetrestriktionen in Periode 0 bis T
forall (t in Mt) do
  NB1(t) := (sum(i in Mi) xI(i) * zI(i,t)) +
            (sum(k in Mk) xF(k) * zF(k,t)) >= d(t)
end-do
! Ober-/Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit
! der Investitionsprojekte i
forall (i in Mi) do
  NB2(i) := xI(i) <= IO(i)
  NB3(i) := xI(i) >= IU(i)
end-do
! Ober-/Untergrenzen der Durchführungshäufigkeit
! der Finanzierungsgeschäfte k
forall (k in Mk) do
  xF(k) is_free
  NB4(k) := xF(k) <= FO(k)
  NB5(k) := xF(k) >= FU(k)
end-do
! gemeinsame Restriktion der abhängigen
! Investitionsprojekte "kommunales Freibad" (i=10,11,12)
NB6 := sum(i in 10..12) xI(i) <= 1
NB7 := sum(i in 10..12) xI(i) >= 1

! Maximierung der Zielfunktion
maximize (NWA)

! Ausgabe der Ergebnisse
! Nutzenannuität (NWA) des Investitionsprogramms
writeln ( " NWA: ", getobjval )
! optimale Zusammensetzung der Investitionsprojekte
forall (i in Mi)
  writeln ("xI", i, "* = ", getsol(xI(i)))
! optimale Zusammensetzung der Finanzierungsgeschäfte
forall (k in Mk)
  writeln ("xF", k, "* = ", getsol(xF(k)))

end-model
```

Abb. 25: Investitionsprogrammplanungsmodell zur Maximierung der Nutzenannuität im kommunalen Fallbeispiel in der Modellierungssprache von Xpress



## Literaturverzeichnis

- Ahlbrecht, Martin und Martin Weber:* [Intertemporal] Hyperbolic Discounting Models in Prescriptive Theory of Intertemporal Choice. In: Zeitschrift für Wirtschafts- u. Sozialwissenschaften (115) 1995, S. 535-568.
- von Arnim, Hans Herbert:* [Diener] Staat ohne Diener. Was schert die Politiker das Wohl des Volkes?. München 1993 (Nachdruck Reinbek bei Hamburg 2018).
- von Arnim, Hans Herbert:* [Rechtsprinzip] Wirtschaftlichkeit als Rechtsprinzip. Schriften zum Öffentlichen Recht. Bd. 536, Berlin 1988.
- Arrow, J. Kenneth:* [Social] Social Choice and Individual Values. 2. Aufl., New Haven 1976.
- Ausführungsvorschriften zur Landeshaushaltsordnung Berlin:* [AV-LHO BE] in der Fassung vom 18. Februar 2020.
- Backert, Wolfram:* [Stiftung] § 80 Entstehung einer rechtsfähigen Stiftung. In: Beck'sche Online-Kommentare BGB. Hrsg. von W. Hau und R. Poseck. 59. Aufl., München 2021. § 80-89.
- Backhaus, Klaus u. a.:* [Analysemethoden] Multivariate Analysemethoden. 16. Aufl., Berlin, Heidelberg 2021.
- Baldwin, Robert H.:* [Investment] How to Assess Investment Proposals. In: Harvard Business Review (37) 1959, S. 98-104.
- Bamberg, Günter, Adolf G. Coenenberg und Michael Krapp:* [Entscheidungslehre] Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 16. Aufl., München 2019.
- Bayrische Haushaltsordnung:* [BayHO] in der Fassung vom 8. Dezember 1971 (BayRS S. 664), zuletzt geändert am 9. April 2021 (GVBl. S. 150).
- Bechmann, Arnim:* [Nutzwertanalyse] Nutzwertanalyse, Bewertungstheorie und Planung. Bern, Stuttgart 1978.
- Berns, Gregory S. David Laibson und George Loewenstein:* [Intertemporal] Intertemporal choice – toward an integrative framework. In: Trends in Cognitive Sciences (11) 2007, S. 482-488.
- Bieg, Hartmut, Heinz Kußmaul und Gerd Waschbusch:* [Investition] Investition. 3. Aufl., München 2017.

- Biergans, Enno:* [Investitionsrechnung] Investitionsrechnung. Verfahren der Investitionsrechnung und ihre Anwendung in der Praxis. Nürnberg 1973.
- Bitz, Michael, Jürgen Ewert und Udo Terstege:* [Investition] Investition. Multimediale Einführung in finanzmathematische Entscheidungskonzepte. Wiesbaden, Heidelberg 2018.
- Blohm, Hans, Klaus Lüder und Christina Schaefer:* [Investition] Investition. 10. Aufl., München 2012.
- von Böhm-Bawerk, Eugen:* [Kapital] Kapital und Kapitalzins. Zweite Abteilung. Positive Theorie des Kapitals. Erster Band. 4. Aufl., Jena 1921.
- Bohr, Kurt:* [Revisionshypothese] Revisionsresistente Revisionshypothese. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft (60) 1990, S. 343-349.
- Braun, Günther E.:* [Stand] Stand und Entwicklungsperspektiven der öffentlichen Betriebswirtschaftslehre. In: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis (38) 1986, S. 181-198.
- Brenzke, Dieter:* [Wirtschaftlichkeitsrechnungen] Wirtschaftlichkeitsrechnungen in öffentlichen Betrieben und Verwaltungen. 1. Aufl., Kronach, München 1989.
- Bretzke, Wolf-Rüdiger:* [Problembezug] Der Problembezug von Entscheidungsmodellen. Tübingen 1980.
- Breyer, Friedrich und Martin Kolmar:* [Wirtschaftspolitik] Grundlagen der Wirtschaftspolitik. 3. Aufl., Tübingen 2010.
- Bröhmer, Jürgen:* [Transparenz] Transparenz als Verfassungsprinzip. Habilitationsschrift. Universität des Saarlandes. Rechts- und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät. Tübingen 2004.
- Bühler, Wolfgang, Hermann Gehring und Horst Glaser:* [Finanzplanung] Kurzfristige Finanzplanung unter Sicherheit, Risiko und Ungewissheit. Wiesbaden 1979.
- Bundeshaushaltsordnung:* [BHO] in der Fassung vom 19. August 1969 (BGBl. I S. 1284), zuletzt geändert am 1. Juli 2022 (BGBl. I S. 1030).
- Bundesministerium der Finanzen (Hrsg.):* [Arbeitsanleitung] Arbeitsanleitung Einführung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. In der Fassung vom 12. Januar 2011 (GMBl. S. 76), zuletzt geändert am 7. Mai 2021 (GMBl. S. 831).

- Bundesministerium der Finanzen* (Hrsg.): [Erläuterungen] Erläuterungen zur Durchführung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen. In: Ministerialblatt des Bundesministeriums der Finanzen, 1973, S. 293 ff.
- Bundesministerium der Finanzen* (Hrsg.): [Produktrahmen] Integrierter Produktrahmen (IPR) nach §§ 10 Abs. 2 Satz 5 und 11 Abs. 3 i. V. m. § 49a HGrG. In: Gemeinsames Ministerialblatt, S. 350-382 ff.
- Bundesministerium der Finanzen* (Hrsg.): [Rundschreiben] Personal- und Sachkosten in der Bundesverwaltung für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen und Kostenberechnungen vom 29. Juli 2022. Kalkulationszinssätze für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. In: <https://www.bundesfinanzministerium.de> (abrufbar in der jeweils gültigen Fassung unter dem Stichwort „Personalkosten“). Abgerufen am 20. Dezember 2022.
- Busse von Colbe, Walter und Frank Witte*: [Investitionsrechnung] Investitionstheorie und Investitionsrechnung. 5. Aufl., Berlin, Heidelberg 2018.
- Chen, Shu-Jen und Ching-Lai Hwang*: [Fuzzy] Fuzzy Multiple Attribute Decision Making. Methods and Applications. Berlin, Heidelberg 1992.
- Dallmann, Bernd*: [Landesgartenschau] Nutzen-Kosten-Untersuchung einer kommunalen Großveranstaltung. Dargestellt am Beispiel der Landesgartenschau Freiburg 1986. Freiburg i. Br. 1988.
- Dantzig, George B. und Mukund N. Thapa*: [Programming] Linear Programming. 1: Introduction. New York, Berlin, Heidelberg 1997.
- Dean, Joël*: [Budgeting] Capital Budgeting. 9. Aufl., New York, London 1978.
- Decker, Frank u. a.*: [Vertrauen] Vertrauen in Demokratie. Wie zufrieden sind die Menschen in Deutschland mit Regierung, Staat und Politik?. Hrsg. Friedrich-Ebert-Stiftung. In: <http://library.fes.de/pdf-files/fes/15621-20190822.pdf>. Bonn 2019. Abgerufen am: 20. Dezember 2022.
- Demir, Ahmed*: [Wirtschaftlichkeit] § 7 BHO Wirtschaftlichkeit, Sparsamkeit, Kosten- und Leistungsrechnung. In: Kommentar zum Haushaltsrecht und der Vorschriften zur Finanzkontrolle. Begr. von E. Heuer, hrsg. von K. Scheller. Band 1, Köln 2018.

- Deutsche Bundesbank* (Hrsg.): [Monatsbericht April 2018] Monatsberichtsauflatz April 2018. Die Maastricht-Schulden: methodische Grundlagen sowie die Ermittlung und Entwicklung in Deutschland. In: <https://www.bundesbank.de/de/publikationen/berichte/monatsberichte/monatsbericht-april-2018-724594>. Online abrufbar: [bundesbank.de](https://www.bundesbank.de) > Publikationen > Berichte und Studien > Aktuelle Monatsberichte > Monatsberichte ab 1949 bis heute. Abgerufen am 20. Dezember 2022.
- Deutsche Bundesbank* (Hrsg.): [Schätzung] Monatsberichtsauflatz Oktober 1997. Schätzung von Zinsstrukturkurven. In: <https://www.bundesbank.de/de/publikationen/berichte/monatsberichte/monatsbericht-oktober-1997-691458>. Online abrufbar: <http://www.bundesbank.de> > Publikationen > Berichte und Studien > Aktuelle Monatsberichte > Monatsberichte ab 1949 bis heute. Abgerufen am 20. Dezember 2022.
- Deutsche Bundesbank* (Hrsg.): [Zinsstruktur] Tägliche Zinsstruktur für börsennotierte Bundeswertpapiere. In: <https://www.bundesbank.de/de/service/bundeswertpapiere/kurse-und-renditen>. Online abrufbar: <https://www.bundesbank.de> > Statistiken > Geld- und Kapitalmärkte > Zinssätze und Renditen > Tägliche Zinsstruktur für börsennotierte Bundeswertpapiere. Abgerufen am: 20. Dezember 2020.
- Deutscher Städte- und Gemeindebund* (Hrsg.): [Freibäder] Freibäder in Kommunen. In: Deutsche Städte- und Gemeindebund Dokumentationen Nr. 159 2021. In: <https://www.dstgb.de/publikationen/dokumentationen/nr-159-freibaeder>. Abgerufen am: 24. Dezember 2022.
- Dickertmann, Dietrich* und Hans Gerhard *Strohe*: [Wirtschaft] Umfang und Messung der öffentlichen Wirtschaft. In: Beiheft zur Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen (47) 2016.
- Dinkelbach, Werner* und Andreas *Kleine*: [Elemente] Elemente einer betriebswirtschaftlichen Entscheidungslehre, Berlin u. a. 1996.
- Dinkelbach, Werner*: [Programmierung] Sensitivitätsanalysen und parametrische Programmierung. Berlin u. a. 1969.

- Dittrich, Norbert:* [Bundeshaushaltsordnung] § 7 BHO Wirtschaftlichkeit, Sparsamkeit, Kosten- und Leistungsrechnung. In: Bundeshaushaltsordnung, Kommentar. Loseblattwerk mit 61. Aktualisierung, München 2021.
- Domschke, Wolfgang und Robert Klein:* [Opportunitätskosten] Bestimmung von Opportunitätskosten am Beispiel des Produktionscontrolling. In: Zeitschrift für Planung und Unternehmenssteuerung (15) 2004, S. 275-294.
- Domschke, Wolfgang u. a.:* [Fallbeispiele] Übungen und Fallbeispiele zum Operations Research. 8. Aufl., Berlin, Heidelberg 2015.
- Domschke, Wolfgang u. a.:* [Operations Research] Einführung in Operations Research. 9. Aufl., Berlin, Heidelberg 2015.
- Domschke, Wolfgang und Armin Scholl:* [Betriebswirtschaftslehre] Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre: Eine Einführung aus entscheidungsorientierter Sicht. 4. Aufl., Berlin, Heidelberg 2008.
- Dreyer, Arend:* [Nutzwertanalyse] Nutzwertanalyse als Entscheidungsmodell bei mehrfacher Zielsetzung. Dissertation. Universität Hamburg, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften. Hamburg 1975.
- Drukarczyk, Jochen:* [Entscheidungsrechnung] Probleme individueller Entscheidungsrechnung: Kritik ausgewählter normativer Aussagen über individuelle Entscheidungen in der Investitions- und Finanzierungstheorie. Wiesbaden 1975.
- Drukarczyk, Jochen und Andreas Schüler:* [Unternehmensbewertung] Unternehmensbewertung. 8. Aufl., München 2021.
- Dyckhoff, Harald:* [Zeitpräferenz] Zeitpräferenz. In: Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung 1988, S. 990-1008.
- Ecke, Roland:* [Finanzplanung] Lineare Investitions- und Finanzplanung im modular strukturierten Modell. Diss. Universität Göttingen 1989. Wiesbaden 1989.
- Eisenführ, Franz, Martin Weber und Thomas Langer:* [Entscheiden] Rationales Entscheiden. 5. Aufl., Heidelberg u. a. 2010.
- Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz:* [EEWärmeG a. F.] in der Fassung vom 7. August 2008 (BGBl. I S. 1658), außerkraftgetreten am 1. November 2021 aufgrund Gesetzes vom 08.08.2020 (BGBl. I S. 1728).

- Evans, James R. und Norman R. Baker:* [Degeneracy] Degeneracy and the (mis)interpretation of sensitivity analysis in linear programming. In: Decision Sciences (13) 2/1982, S. 348-354.
- Ewert, Ralf und Alfred Wagenhofer:* [Unternehmensrechnung] Interne Unternehmensrechnung. 8. Aufl., Berlin, Heidelberg 2014.
- Farquhar, Peter H. und Robin Keller:* [Measurement] Preference Intensity Measurement. In: Annals of Operations Research (19) 1989, S. 205-217.
- Fico (Hrsg.):* [Xpress] Academic Programs. In: <https://community.fico.com/s/academic-programs>. Abgerufen am 20. Dezember 2022.
- Fischer, Thomas M., Klaus Möller und Wolfgang Schultze:* [Controlling] Controlling: Grundlagen, Instrumente und Entwicklungsperspektiven. 2. Aufl., Stuttgart 2015.
- Fisher, Irving:* [Interest] The Theory of Interest. New York 1930.
- Frederick, Shane, Georg Loewenstein und Ted O'Donoghue:* [Discounting] Time Discounting and Time Preference: A Critical Review. In: Journal of Economic Literature (40) 2002, S. 351-401.
- Frey, René L.:* [Infrastruktur] Infrastruktur. Grundlagen der Planung öffentlicher Investitionen. 2. Aufl., Tübingen 1972.
- Frontline (Hrsg.):* [Solver] Standard Excel Solver - Dealing with Problem Size Limits. <https://www.solver.com/standard-excel-solver-dealing-problem-size-limits#Limits%20on%20Decision%20Variables>. Abgerufen am 20. Dezember 2022.
- Fylstra, Daniel u a.:* [Excel Solver] Design and use of the Microsoft Excel Solver. In: Interfaces (5) 1998, S. 29-55.
- Gal, Tomas:* [Programming] Postoptimal Analyses, Parametric Programming, and Related Topics. Degeneracy, Multicriteria Decision Making, Redundancy. 2. Aufl., Berlin, New York 1995 (Nachdruck 2010).
- Geißel, Brigitte u. a.:* [Bürgerräte] Bürgerräte als Ergänzung der parlamentarischen Demokratie: Lehren vom „Bürger-rat Demokratie“. In: Parlamentarische Demokratie heute und morgen. Hrsg. von H. Hering. Frankfurt am Main 2021, S. 53-72.

- Gemeindehaushaltsverordnung Baden-Württemberg:* [GemHVO BW] in der Fassung vom 11. Dezember 2009 (GBl. S. 770), zuletzt geändert am 4. Februar 2021 (GBl. S. 192, 195).
- Gemeindehaushaltsverordnung Brandenburg:* [GemHVO BB] in der Fassung vom 26. Juni 2002 (GVBl. S. 14), zuletzt geändert am 28. Juni 2010 (GVBl. S. 37).
- Gemeindehaushaltsverordnung Hessen:* [GemHVO HE] in der Fassung vom 2. April 2006 (GVBl. I S. 142), zuletzt geändert am 17. Oktober 2005 (GVBl. I S. 674).
- Gemeindehaushaltsverordnung Mecklenburg-Vorpommern:* [GemHVO MV] in der Fassung vom 25. Februar 2008 (GVOBl. S. 34), zuletzt geändert am 9. April 2020 (GVOBl. S. 166, 181).
- Gemeindehaushaltsverordnung Niedersachsen:* [GemHVO NI] in der Fassung vom 18. April 2017 (GVBl. S. 130), zuletzt geändert am 11. Mai 2021 (GVBl. S. 284).
- Gemeindehaushaltsverordnung Rheinland-Pfalz:* [GemHVO RP] in der Fassung vom 7. Dezember 2016 (GVBl. S. 153), zuletzt geändert am 2. März 2006 (GVBl. S. 57).
- Gemeindehaushaltsverordnung Sachsen:* [GemHVO SN] in der Fassung vom 8. Januar 1991 (GVBl. S. 1), zuletzt geändert am 3. Dezember 1996 (GVBl. S. 498).
- Gemeindehaushaltsverordnung Schleswig-Holstein:* [GemHVO SH] in der Fassung vom 28. Februar 2003 (GVOBl. S. 57), zuletzt geändert am 14. März 2017 (GVOBl. S. 140).
- Gesetz über die Grundsätze des Haushaltsrechts des Bundes und der Länder:* [HGrG] in der Fassung vom 19. August 1969 (BGBl. I S. 1273), zuletzt geändert am 14. August 2017 (BGBl. I S. 3122).
- Glaser, Horst:* [Liquiditätsreserven] Liquiditätsreserven und Zielfunktionen in der kurzfristigen Finanzplanung. Lineare Ansätze zur Finanzplanung. Wiesbaden 1982.
- Götze, Uwe:* [Investition] Investitionsrechnung. Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben. 7. Aufl., Berlin, Heidelberg 2014.
- Grob, Heinz Lothar:* [Investitionsrechnung] Einführung in die Investitionsrechnung. 5. Aufl., München 2006.

- Gröpl, Christoph:* [Wirtschaftlichkeit] § 7 BHO/LHO Wirtschaftlichkeit, Sparsamkeit, Kosten- und Leistungsrechnung. In: Bundeshaushaltsordnung / Landeshaushaltsordnungen: BHO/LHO. Staatliches Haushaltsrecht. Hrsg. von C. Gröpl. 2. Aufl., 2019. Einleitung, Vorb. §§ 1 ff., § 1, Anh. § 1, §§ 2, 3, 4, 5, 6, 7 I und II, §§ 8, 9, 10, 10a, Anh. § 11, Anh. § 18 (Art. 143d GG), §§ 27, 28, 29, 30, 37, 53, 57, 58, 59, 105, 106, 107, 108, 116, 118, 119.
- Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland:* [GG] in der Fassung vom 23. Mai 1949, zuletzt geändert am 28. Juni 2022 (BGBl. I S. 968).
- Grzeszick, Bernd:* [Verhältnismäßigkeit] Art. 20 und die allgemeine Rechtsstaatlichkeit. In: Dürig Grundgesetz Kommentar. Begr. von G. Dürig, hrsg. von R. Herzog und R. Scholz. Bd. 7. Aufl. 94, 2021, Art. 20.
- Habenicht, Walter und Ralph Scheubrein:* [Mehrzielentscheidungen] Konzepte bei Mehrzielentscheidungen - Ein Überblick. In: Strategisches Wertschöpfungsmanagement in dynamischer Umwelt: Festschrift für Erich Zahn. Hrsg. von S. Foschiani. Frankfurt am Main 2005. S. 213-233.
- Hafner, Wolfgang:* [Gemeindeordnung] § 12 GemHVO Investitionen. In: Gemeindeordnung Gemeindehaushaltsverordnung Baden-Württemberg. Kommentar. Hrsg. von B. Aker, W. Hafner und K. Notheis. 2. Aufl., Stuttgart 2019. §§ 77-108, 110, 111, 116 GemO, §§ 1-64 GemHVO.
- Hagemann, Reiner:* [Finanzplanung] Kommunale Finanzplanung im föderativen Staat. In: Finanzwissenschaftliche Schriften, hrsg. von W. Albers, G. Krause-Junk, K. Littmann, A. Oberhauser, D. Pohmer und K. Schmidt. Bd. 2, Frankfurt am Main, Bern 1976.
- Hanusch, Horst:* [Nutzen-Kosten-Analyse] Nutzen-Kosten-Analyse. 3. Aufl., München 2011.
- Hartmann-Wendels, Thomas und Martina Gumm-Heuß:* [Lärm] Zur Diskussion um die Marktzinsmethode: Viel Lärm um nichts? In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft (64) 1994, S. 1285-1301.
- Harvey, Charles M.:* [Utility] Utility Functions for Infinite-Period Planning. In: Management Science (34) 1988, S. 645-666.

- Harvey, Charles M.:* [Value] Value Functions for Infinite-Period Planning. In: Management Science (32) 1986, S. 1123-1139.
- Haug, Volker M.:* [Überblick] Öffentliches Recht im Überblick. 3. Aufl., 2021 Heidelberg.
- Hax, Herbert:* [Investitionstheorie] Investitionstheorie. 5. Aufl., Würzburg, Wien 1985.
- Hax, Herbert:* [Programmierung] Investitions- und Finanzplanung mit Hilfe der linearen Programmierung. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (16) 1964, S. 430-446.
- Hedley, Barry:* [Portfolio] Strategy and the "business portfolio". In: Long range planning (10), S. 9-15.
- Heinen, Edmund:* [Zielsystem] Grundlagen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen. Das Zielsystem der Unternehmung. 3. Aufl., Wiesbaden 1976.
- Hempelmann, Bernd, Markus Lürwer und Kai Brackschulze:* [Zeitpräferenz] Modellierung der Zeitpräferenz bei intertemporalen Entscheidungen. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium (31) 2002, S. 381-386.
- Hering, Thomas:* [Investitionstheorie] Investitionstheorie. 6. Aufl., Berlin, Boston, 2022.
- Hofmann, Ekkehard:* [Sprachen] Formale Sprachen im Recht. Zur Durchschaubarkeit komplexer staatlicher Entscheidungen. In: Recht verhandeln. Argumentieren, Begründen und Entscheiden im Diskurs des Rechts. Bd. 3. Hrsg. von K. Lerch. Berlin 2005, S. 289-320.
- Hwang, Ching-Lai und Kwangsun Yoon:* [Attribute] Multi Attribute Decision Making. Methods and Applications. Berlin u. a. 1981.
- Ibler, Martin:* [Verwaltung]. Art. 86 Bundeseigene Verwaltung. In: Dürig Grundgesetz Kommentar. Begr. von G. Dürig, hrsg. von R. Herzog und R. Scholz. Bd. 7. Aufl. 94, 2021, Art. 86, 87.
- Innenministerium Baden-Württemberg (Hrsg.):* [Produktplan] Kommunalen Produktplan Baden-Württemberg. In: <https://im.baden-wuerttemberg.de/de/land-kommunen/starke-kommunen/nkhr/untergesetzliche-regelungen>. Abgerufen am 20. Dezember 2022.
- Isermann, Heinz:* [mehrfache Zielsetzung] Optimierung bei mehrfacher Zielsetzung. In: Grundlagen des Operations Research. Hrsg. von T. Gal. 3. Aufl., Berlin u. A. 1991, S. 420-489.

- Ishizaka, Alessio und Philippe Nemery:* [Multi-criteria] Multi-criteria Decision Analysis. Methods and Software. Chichester 2013.
- Jacobs, Hans-Jürgen und Holger Dürr:* [Entwurf] Entwurf und Gestaltung von Fertigungsprozessen: Planung und Steuerung der spanenden Teilefertigung, Leipzig 2002.
- Jockisch, Maike und Jens Rosendahl:* [Modell] Klassifikation von Modellen. In: Das ist gar kein Modell! Unterschiedliche Modelle und Modellierungen in Betriebswirtschaftslehre und Ingenieurwissenschaften. Hrsg. von G. Bandow. Und H. H. Holzmüller. Wiesbaden 2010, S.23-55.
- Kallabis, Manuel:* [Produktentscheidungen] Produktentscheidungen mit Lebenszyklusrechnungen bei heterogener Finanzierungssituation. Dissertation. Universität Hohenheim. Hohenheim 2016.
- Kallrath, Josef:* [Optimierung] Gemischt-ganzzahlige Optimierung. Modellierung in der Praxis. Mit Fallstudien aus Chemie, Energiewirtschaft, Papierindustrie, Metallgewerbe, Produktion und Logistik. 2. Aufl., Wiesbaden 2013.
- Kaspar, Ralf H.:* [Strategie-Optionen] Ganzheitliche Analyse und Bewertung von Strategie-Optionen. Dissertation. Universität Osnabrück. Göttingen 2014.
- Kirchhoff, Ulrich und Heinrich Müller-Godefroy:* [Finanzierungsmodelle] Finanzierungsmodelle für kommunale Investitionen. 3. Aufl., Stuttgart 1992.
- Klein, Robert und Armin Scholl:* [Entscheidung] Planung und Entscheidung. 2. Aufl., München 2011.
- Knaack, Andreas:* [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] Wirkung von § 7 II BHO auf die Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. Dissertation. Deutsche Hochschule für Verwaltungswissenschaften Speyer. Berlin 2008.
- Koltai, Tamás und Tamás Terlaky:* [Programming] Difference between the managerial and mathematical interpretation of sensitivity analysis results in linear programming. In: International Journal of Production Economics (65) 2000, S.257-274.
- Kommunalhaushaltsverordnung Bayern:* [KommHV BY] in der Fassung vom 3. Dezember 1976 (BayRS. S. 443), zuletzt geändert am 26. März 2019 (GVBl. S.98).

- Kommunalhaushaltsverordnung Nordrhein-Westfalen:* [KomHVO NW] in der Fassung vom 12. Dezember 2018 (GV. S. 1049), zuletzt geändert am 9. Dezember 2021 (GV. S. 1442).
- Kommunalhaushaltsverordnung Saarland:* [KomHVO SL] in der Fassung vom 10. Oktober 2006 (Amtsbl. 1842), zuletzt geändert am 8. Dezember 2021 (Amtsbl. S. 2629).
- Kommunalhaushaltsverordnung Sachsen-Anhalt:* [KomHVO ST] in der Fassung vom 16. Dezember 2015 (GVBl. S. 636), zuletzt geändert am 12. Dezember 2016 (GVBl. S. 380).
- Korthals, Gernot:* [Wirtschaftlichkeitskontrollen] Wirtschaftlichkeitskontrollen unter besonderer Berücksichtigung von Erfolgskontrollen. In: Wirtschaftlichkeit in Staat und Verwaltung. Vorträge und Diskussionsbeiträge der 60. Staatswissenschaftlichen Fortbildungstagung 1992 der Hochschule für Verwaltungswissenschaften Speyer. Hrsg. von H. v. Arnim und K. Lüder. Schriftenreihe der Deutschen Universität für Verwaltungswissenschaften Speyer (HS). Bd. 111, Berlin 1993. S. 87-107.
- Kosiol, Erich:* [Aktionszentrum] Die Unternehmung als wirtschaftliches Aktionszentrum. Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. Reinbek 1972.
- Kruschwitz, Lutz:* [Diskussionspapier] Vermögensstreben und Einkommensstreben bei sich gegenseitig ausschließenden Investitionsalternativen. Institut für Wirtschaftswissenschaften der Technischen Universität Berlin (Hrsg.), Diskussionspapier 19, Berlin 1976.
- Kruschwitz, Lutz und Daniela Lorenz:* [Investitionsrechnung] Investitionsrechnung. 15. Aufl., Berlin 2019.
- Kruschwitz, Lutz und Joachim Fischer:* [Konflikte] Konflikte zwischen Endwert- und Entnahmemaximierung. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (72) 1976, S. 752-782.
- Kube, Hanno:* [Bundesrechnungshof] Art. 114 GG Rechnungslegung, Bundesrechnungshof. In: Dürig Grundgesetz Kommentar. Begr. von G. Dürig, hrsg. von R. Herzog und R. Scholz. Bd. 7. Aufl. 94, 2021, Art. 109-115, 143d.

- Kube, Hanno:* [Haushaltsnotlagen] Art. 109a Vermeidung von Haushaltsnotlagen. In: Dürig Grundgesetz Kommentar. Begr. von G. Dürig, hrsg. von R. Herzog und R. Scholz. Bd. 7. Aufl. 94, 2021, Art. 109-115, 143d.
- Kuch, Sebastian:* [Jungunternehmer] Entscheidungsorientierte Grenzpreisberechnung beim Kauf von eigentümergeführten Unternehmen durch Jungunternehmer. Dissertation. Universität Hohenheim. Hohenheim 2021.
- Kühnapfel, Jörg B.:* [Nutzwertanalyse] Nutzwertanalysen in Marketing und Vertrieb. Wiesbaden 2019.
- Landeshaushaltsordnung Baden-Württemberg:* [LHO-BW] in der Fassung vom 19. Oktober 1971 (GBl. S. 428), zuletzt geändert am 23. März 2022 (GBl. S. 213).
- Landeshaushaltsordnung Berlin:* [LHO BE] in der Fassung vom 30. Januar 2009 (GVBl. S. 31, S. 486), zuletzt geändert am 17. Dezember 2020 (GVBl. S. 1482).
- Landeshaushaltsordnung Hamburg:* [LHO HH] in der Fassung vom 17. Dezember 2013 (GVBl. S. 503), zuletzt geändert am 27. April 2021 (GVBl. S. 283, 284).
- Landeshaushaltsordnung Hessen:* [LHO HE] in der Fassung vom 1. April 2022 (GVBl. S. 184).
- Landeshaushaltsordnung Mecklenburg-Vorpommern:* [LHO MV] in der Fassung vom 10. April 2000 (GVOBl. S. 159), zuletzt geändert am 30. Juni 2022 (GVOBl. S. 400, 401).
- Landeshaushaltsordnung Sachsen-Anhalt:* [LHO ST] in der Fassung vom 30. April 1991 (GVBl. S. 35), zuletzt geändert am 23. Mai 2022 (GVBl. S. 127).
- Landeshaushaltsordnung Schleswig-Holstein:* [LHO SH] in der Fassung vom 29. Juni 1992 (GVOBl. S. 381), zuletzt geändert am 15. Dezember 2021 (GVOBl. S. 1498).
- Landeshaushaltsordnung Thüringen:* [LHO TH] in der Fassung vom 19. September 2000 (GVBl. S. 282) zuletzt geändert am 21. Dezember 2020 (GVBl. S. 684).
- Laux, Helmut und Felix Liermann:* [Organisation] Grundlagen der Organisation. 6. Aufl., Berlin u. a. 2005.
- Laux, Helmut, Gillenkirch, Robert M. und Heike Y. Schenk-Mathes:* [Entscheidungstheorie] Entscheidungstheorie. 10. Aufl., Berlin, Heidelberg 2018.

- von Lewinski, Kai und Daniela Burbat:* [Bundeshaushaltsordnung] Bundeshaushaltsordnung Kommentar. 1. Auflage, Baden-Baden 2013.
- von Lewinski, Kai und Daniela Burbat:* [Haushaltsgrundsätzegesetz] Haushaltsgrundsätzegesetz Kommentar. 1. Auflage, Baden-Baden 2013.
- Lillich, Lothar:* [Nutzwertverfahren] Nutzwertverfahren. In: Schriften zur quantitativen Betriebswirtschaftslehre. Hrsg. von C. Schneeweiß, Bd. 3., Heidelberg 1992.
- Loewenstein, Georg und Drazen Prelec:* [Intertemporal] Anomalies in Intertemporal Choice: Evidence and an Interpretation. In: The Quarterly Journal of Economics (107) 1992, S. 573-597.
- Lüder, Klaus und Oliver Dubber:* [Hallenbad] Investitionsrechnungen für öffentliche Investitionen, dargestellt am Beispiel eines städtischen Hallenbades. In: Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen (7) 1984, S: 360-376.
- Meynerts, Lily:* [Fabrikplanung] Lebenszyklusorientierte Wirtschaftlichkeitsanalysen und -bewertungen im Rahmen der Fabrikplanung. Dissertation. Universität Chemnitz. Chemnitz 2015.
- Ministerium der Finanzen des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.):* [Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen] Leitfaden: Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für immobilienwirtschaftliche Maßnahmen des Landes Nordrhein-Westfalen. RdErl. d. Ministeriums der Finanzen des Landes Nordrhein-Westfalen vom 1. Februar 2021. In: Ministerialblatt Nordrhein-Westfalen, 2021, S. 15.
- Ministerium der Finanzen des Landes Thüringen (Hrsg.):* [Leitfaden] Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei der Vorbereitung von Großen Neu-, Um- und Erweiterungsbauten des Freistaats Thüringen. In: <https://finanzen.thueringen.de/themen/haushalt/lho>. Abgerufen am 20. Dezember 2022.
- Moeckli, Silvano:* [Demokratie] So funktioniert direkte Demokratie. 1. Auflage, München 2018.
- Moll, Frank:* [Budgetierung] Zielorientierte Budgetierung in der kommunalen Verwaltung: Gestaltungsaspekte aus Controlling-Sicht. Dissertation. Universität Hohenheim. Hohenheim 2016.
- Moog, Horst:* [Investitionsplanung] Investitionsplanung bei Mehrfachzielsetzung. Ludwigsburg, Berlin 1993.

- Mühlenkamp, Holger:* [Kosten-Nutzen-Analyse] Kosten-Nutzen-Analyse. München 1994.
- Mühlenkamp, Holger:* [Sektor] Wirtschaftlichkeit im öffentlichen Sektor. Wirtschaftlichkeitsvergleiche und Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. Berlin 2015.
- Mühlenkamp, Holger:* [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im öffentlichen Sektor - Zwischen ökonomischer, juristischer und politischer Rationalität. In: Öffentliches Recht im Wandel. Liber amicorum Arnim Dittmann. Hrsg. v. G. G. Sander, T. Scheel und A. Esposito. Schriftenreihe Öffentliche Unternehmen und öffentliches Wirtschaftsrecht. Bd. 6, Hamburg 2015. S. 189-209.
- Müller, David:* [Investitionscontrolling] Investitionscontrolling. Berlin, Heidelberg 2014.
- Müller-Hedrich, Bernd W., Schünemann, Gerhard und Norbert, Zdrowomyslaw:* [Investitionsmanagement] Investitionsmanagement : systematische Planung, Entscheidung und Kontrolle von Investitionen. 10. Aufl., Renningen-Malmsheim 2006.
- Müller-Merbach, Heiner:* [Operations Research] Operations Research. Methoden und Modelle der Optimalplanung. 3. Aufl., München 1973.
- Musgrave, Richard Abel, Musgrave, Peggy B. und Lore Kullmer:* [Finanzen] Die öffentlichen Finanzen in Theorie und Praxis. 6. Aufl., Tübingen 1994.
- Nebel, Andreas:* [Haushaltsplan] Art. 110 GG Haushaltsgesetz, Haushaltsplan. In: Piduch Bundeshaushaltsrecht. Kommentar zu den Artikeln 91a, 91b, 104a, 109 bis 115 des Grundgesetzes und zur Bundeshaushaltsordnung mit rechtsvergleichenden Hinweisen auf das Haushaltsrecht der Bundesländer und ihrer Gemeinden. Begr. von E. A. Piduch, hrsg. von T. Knörzer und A. Nebel. 2. Aufl., 22. Lfg., Stuttgart 2020.
- Nebel, Andreas:* [Rechnungsprüfung] Art. 114 GG Rechnungslegung und Rechnungsprüfung. In: Piduch Bundeshaushaltsrecht. Kommentar zu den Artikeln 91a, 91b, 104a, 109 bis 115 des Grundgesetzes und zur Bundeshaushaltsordnung mit rechtsvergleichenden Hinweisen auf das Haushaltsrecht der Bundesländer und ihrer Gemeinden. Begr. von E. A. Piduch, hrsg. von T. Knörzer und A. Nebel. 2. Aufl., 22. Lfg., Stuttgart 2020.

- Neumann, Klaus und Martin Morlock:* [Operations Research] Operations Research. München, Wien 1993.
- Neumann-Szyszka, Julia und Thomas Pfahler:* [Investitionsprozesse] Investitionsprozesse der öffentlichen Hand aus Sicht des New Public Management. Wiesbaden 2018.
- von Nitzsch, Rüdiger:* [Entscheidungslehre] Entscheidungslehre. 11. Auflage, Wiesbaden 2021.
- Nöhrbaß, Karl-Heinz:* [Wirtschaftlichkeit] § 7 BHO Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit, Nutzen-Kosten-Untersuchungen. In: Piduch Bundeshaushaltsrecht. Kommentar zu den Artikeln 91a, 91b, 104a, 109 bis 115 des Grundgesetzes und zur Bundeshaushaltsordnung mit rechtsvergleichenden Hinweisen auf das Haushaltsrecht der Bundesländer und ihrer Gemeinden. Begr. von E. A. Piduch, hrsg. von T. Knörzer und A. Nebel. 2. Aufl., 22. Lfg., Stuttgart 2020.
- Obermaier, Robert und Edgar Saliger:* [Entscheidungstheorie] Betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie. 7. Aufl., Berlin 2020.
- Ossadnik, Wolfgang:* [Investitionsrechnungsverfahren] Investitionsrechnungsverfahren für öffentliche Betriebe. Berlin 1992.
- Otto, Sven-Joachim:* [GmbH] § 23 Die „öffentlich-rechtliche“ GmbH. In: Beck'sches Handbuch der GmbH. Hrsg. von U. Prinz und N. Winkeljohann. 6. Aufl., München 2021.
- Palm, Ulrich:* [BWVerf] Art. 83 BWVerf Rechnungslegung, Rechnungsprüfung, Rechnungshof. In: Haug Verfassung des Landes Baden-Württemberg. Kommentar zu den Artikeln 79 bis 84 der Verfassung des Landes Baden-Württemberg. Begr. von V. M. Haug, 1. Aufl., Baden-Baden 2018.
- Poggensee, Kay:* [Investitionsrechnung] Investitionsrechnung. 3. Aufl., Wiesbaden 2015.
- Präsident des Bundesrechnungshofes (Hrsg.):* [Anforderungen] Anforderungen an Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen finanzwirksamer Maßnahmen nach § 7 Bundeshaushaltsordnung. Hrsg. von dem Präsidenten des Bundesrechnungshofes als Bundesbeauftragter für Wirtschaftlichkeit in der Verwaltung D. Engels. Schriftenreihe des Bundesbeauftragten für Wirtschaftlichkeit in der Verwaltung. Bd. 18, Stuttgart 2013.

- Präsident des Bundesrechnungshofes* (Hrsg.): [Erfolgskontrolle] Erfolgskontrolle finanzwirksamer Maßnahmen in der öffentlichen Verwaltung. Gutachten des Präsidenten des Bundesrechnungshofes als Bundesbeauftragter für Wirtschaftlichkeit in der Verwaltung H. G. Zavelberg. Schriftenreihe des Bundesbeauftragten für Wirtschaftlichkeit in der öffentlichen Verwaltung, Bd. 2., 2. Aufl., Stuttgart 1989.
- Rau, Thomas:* [Instrumente] Planung, Statistik und Entscheidung. Betriebswirtschaftliche Instrumente für die Kommunalverwaltung. München 2004.
- Reese, Raimo und Jörg Wiese:* [Basiszins] Die Kapitalmarktorientierte Ermittlung des Basiszinses für die Unternehmensbewertung. In: Zeitschrift für Bankrecht und Bankwirtschaft (2007), S. 38-52.
- Reus, Andreas und Peter Mühlhausen:* [Haushaltsrecht] Haushaltsrecht in Bund und Ländern. 1. Aufl., München 2014.
- Riebel, Paul:* [Einzelkostenrechnung] Einzelkosten- und Deckungsbeitragsrechnung. Grundfragen einer markt- und entscheidungsorientierten Unternehmensrechnung. 7. Aufl., Wiesbaden 1994.
- Rinza, Peter und Heiner Schmitz:* [Nutzwert-Kosten-Analyse] Nutzwert-Kosten-Analyse. 2. Aufl., Düsseldorf 1992.
- Rohloff, Ulf:* [Finanzierung] Finanzierung kommunaler Investitionen. Hrsg. von H. Albers und U. Rohloff. 3. Aufl., Wiesbaden 2007.
- Rothe, Claudia:* [Unternehmensansiedlungen] Bewertung von Unternehmensansiedlungen aus kommunaler Sicht. Kommunale Ansiedlungsförderung aus finanzwirtschaftlicher Sicht. Dissertation. Universität Greifswald. Wiesbaden 2005.
- Rürup, Bert:* [Nutzwertanalyse] Die Nutzwertanalyse. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium (11) 1982, S. 109-113.
- Saaty, Thomas Lorie:* [AHP] The Analytical Hierarchy Process. New York 1980.
- Sächsische Haushaltsordnung:* [SäHO] in der Fassung vom 10. April 2001 (GVBl. S. 153), zuletzt geändert am 21. Mai 2021 (GVBl. S. 578).
- Sailer, Gerhard:* [Investitionsplanung] Optimierungsprobleme der kommunalen Investitionsplanung. Habilitationsschrift. Universität Karlsruhe, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät. Meisenheim am Glan 1973.

- Salmen, Rudolf:* [Wirtschaftlichkeitsprinzip] Das Wirtschaftlichkeitsprinzip in der kommunalen Finanz- und Haushaltsplanung. Dissertation. Universität Konstanz. Berlin 1980.
- Schaefer, Christina und Frank Witte:* [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in Kommunen: Erstellung, Prüfung, Interpretation. Berlin 2014.
- Schierenbeck, Henner und Bernd Rolfes:* [Margenkalkulation] Entscheidungsorientierte Margenkalkulation. Frankfurt 1988.
- Schierenbeck, Henner und Alfred W. Marusev:* [Margenkalkulation] Margenkalkulation von Bankprodukten im Marktzinsmodell. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft (60) 1990, S. 789-814.
- Schierenbeck, Henner und Claudia Wöhle:* [Grundzüge] Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre. 19. Aufl., Berlin, Boston 2016.
- Schierenbeck, Henner:* [Bankmanagement] Ertragsorientiertes Bankmanagement. Bd. 1: Messung von Rentabilität und Risiko im Bankgeschäft. 9. Aufl., Wiesbaden 2014.
- Schneeweiß, Christopher:* [Kostenwirksamkeitsanalysen] Kostenwirksamkeitsanalyse, Nutzwertanalyse und Multi-Attributive Nutzentheorie. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium (1) 1990, S. 13-18.
- Schneeweiß, Christopher:* [Modellbildung] Elemente einer Theorie betriebswirtschaftlicher Modellbildung. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft (54) 1984. S. 480-504.
- Schneeweiß, Christopher:* [Planung] Planung 1. Systemanalytische und entscheidungsorientierte Grundlagen. Berlin, Heidelberg 1991.
- Schneider, Dieter:* [Investition] Investition, Finanzierung und Besteuerung. 7. Aufl., Wiesbaden 1992.
- Schweitzer, Marcell und Hans-Ulrich Küpper:* [Systeme] Systeme der Kosten- und Erlösrechnung. 11. Aufl., München 2016.
- Schweitzer, Marcell und Marcus Schweitzer:* [Grundlagen] Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre unter Rationalitäts- und Moralitätsaspekten. In: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Theorie und Politik des Wirtschaftens in Unternehmen. Hrsg. M. Schweitzer und A. Baumeister. 11. Aufl., Berlin 2015. S. 1-45.

- Schweitzer, Marcell* und *Marcus Schweitzer*: [Planung] Grundlagen der Planung und Steuerung. In: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Theorie und Politik des Wirtschaftens in Unternehmen. Hrsg. M. Schweitzer und A. Baumeister. 11. Aufl., Berlin 2015. S. 325-372.
- Schweitzer, Marcell*: [Bilanz] Struktur und Funktion der Bilanz. Grundlagen der betriebswirtschaftlichen Bilanz in methodologischer und entscheidungstheoretischer Sicht. Berlin 1972.
- Seiler, Gerhard*: [Investitionsplanung] Optimierungsprobleme der kommunalen Investitionsplanung. Habilitationsschrift. Universität Karlsruhe, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften. Meisenheim am Glan 1973.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin* (Hrsg.): [Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen] Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei der Vorbereitung Planung und Durchführung von Baumaßnahmen. In: Allgemeine Anweisung für die Vorbereitung und Durchführung von Bauaufgaben Berlins (ABau), Anhang 2. In: <https://senstadt-fms.stadt-berlin.de/eabau/index.html?allgemein&hochbau&anhang&a&f&r>. Abgerufen am 18. Oktober 2022.
- Strebel, Heinz*: [öffentliche Betriebe] Überlegungen zu einer entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre öffentlicher Betriebe. In: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis (31) 1978, S. 64-76.
- Strebel, Heinz*: [Scoring] Scoring-Modelle im Lichte neuer Gesichtspunkte zur Konstruktion praxisorientierter Entscheidungsmodelle. In: Der Betrieb (31) 1978, S. 2181-2186.
- Suhl, Leena* und *Taieb Mellouli*: [Optimierungssysteme] Optimierungssysteme. Modelle, Verfahren, Software, Anwendungen. 3. Aufl., Berlin u. a. 2013.
- Thüringer Gemeindehaushaltsverordnung*: [ThürGemHV] in der Fassung vom 28. Januar 2003 (GVBl. S. 41), zuletzt am 10. April 2018 (GVBl. S. 74).
- Troßmann, Ernst* und *Alexander Baumeister*: [Rechnungswesen] Internes Rechnungswesen. München 2015.
- Troßmann, Ernst*: [Controlling] Controlling als Führungsfunktion. Eine Einführung in die Mechanismen betrieblicher Koordination. 2. Aufl., München 2018.

- Troßmann, Ernst:* [Investition] Investition als Führungsentscheidung. 2. Aufl., München 2013.
- Troßmann, Ernst:* [Kennzahlen] Kennzahlen als Instrument des Produktionscontrolling. In: Handbuch Produktionsmanagement. Hrsg. von H. Corsten. Wiesbaden 1994, S. 517-536.
- Troßmann, Ernst:* [Netzwerke] Finanzplanung mit Netzwerken. Berlin 1990.
- Troßmann, Ernst:* [Potentialgestaltung] Planungs- und Steuerungssysteme für Potentialgestaltung. In: Einführung in das Produktionscontrolling. Hrsg. von H. Corsten und B. Friedl. München 1999, S. 107-139.
- Troßmann, Ernst:* [Wissensbasis] Wissensbasis quantitativer Management Instrumente. In: Wissensmanagement. Hrsg. von H. D. Bürgel. Berlin u. a. 1998, S. 129-151.
- Turowski, Gerd und Strassert, Günter:* [nutzwertanalytischer Ansatz] Ein nutzwertanalytischer Ansatz für die Freizeit- und Fremdenverkehrsplanung. In: Raumforschung und Raumordnung (30) 1972, 27-31.
- Umweltinformationsgesetz:* [UIG] in der Fassung vom 27. Oktober 2014 (BGBl. I S. 1643), zuletzt geändert am 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306).
- Verwaltungsvorschriften zu § 7 Landeshaushaltsordnung Bremen:* [VV LHO HB] in der Fassung vom 10. April 2015.
- Verwaltungsvorschriften zu § 7 Landeshaushaltsordnung Hamburg:* [VV LHO HH] in der Fassung vom 4. September 2016, geändert am 17. Mai 2017.
- Verwaltungsvorschriften zur Bayrischen Haushaltsordnung:* [VV BayHO] in der Fassung vom 5. Juli 1973 (FMBl. S. 259), zuletzt geändert am 1. März 2021 (MBl. S. 179, Nr. 250).
- Verwaltungsvorschriften zur Bundeshaushaltsordnung:* [VV BHO] in der Fassung vom 14. März 2001 (GMBl. S. 307) zuletzt geändert am 18. Juli 2022 (GMBl. S. 742).
- Verwaltungsvorschriften zur Landeshaushaltsordnung Baden-Württemberg:* [VV LHO BW] in der Fassung vom 20. Dezember 2018 (GABl. S. 765 ff.).

- Verwaltungsvorschriften zur Landeshaushaltsordnung Brandenburg:* [VV LHO BB] in der Fassung vom 11. August 2016 (ABl. S. 870) zuletzt geändert am 10. August 2022 (ABl. S. 731).
- Verwaltungsvorschriften zur Landeshaushaltsordnung Hessen:* [VV LHO HE] in der Fassung vom 11. Oktober 1994 (StAnz. S. 3067) zuletzt geändert am 17. Dezember 2020 (StAnz. 2021, S. 4).
- Verwaltungsvorschriften zur Landeshaushaltsordnung Hessen:* [VV LHO HE] in der Fassung vom 20. Dezember 2018 (SZ 2019 S. 132).
- Verwaltungsvorschriften zur Landeshaushaltsordnung Mecklenburg-Vorpommern:* [VV LHO MV] in der Fassung vom 22. September 2005 (ABl. S. 1121), zuletzt geändert am 7. Juli 2022 (ABl. S. 428).
- Verwaltungsvorschriften zur Landeshaushaltsordnung Niedersachsen:* [VV LHO NI] in der Fassung vom 11. Juli 1996 (MBI. S. 1868), zuletzt geändert am 20. September 2022 (MBI. S. 1315).
- Verwaltungsvorschriften zur Landeshaushaltsordnung Nordrhein-Westfalen:* [VV LHO NW] in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. April 1999 (GV. S. 158), zuletzt geändert am 2. Juni 2022 (GV. S. 631).
- Verwaltungsvorschriften zur Landeshaushaltsordnung Rheinland-Pfalz:* [VV LHO RP] in der Fassung vom 20. Dezember 2002 (MBI. 2003, S. 22; ber. S. 324) zuletzt geändert am 10. Dezember 2020 (MBI. S. 298).
- Verwaltungsvorschriften zur Landeshaushaltsordnung Saarland:* [VV LHO SL] in der Fassung vom 27. September 2001 (GMBI. S. 553), zuletzt geändert am 14. Januar 2021 (ABl. S. 279).
- Verwaltungsvorschriften zur Landeshaushaltsordnung Sachsen-Anhalt:* [VV LHO ST] in der Fassung vom 1. Februar 2001 (MBI. S. 241), zuletzt geändert am 21. Dezember 2017 (MBI. 2018, S. 211).
- Verwaltungsvorschriften zur Landeshaushaltsordnung Schleswig-Holstein:* [VV LHO SH] in der Fassung vom 19. Dezember 1974 (ABl. 1975, S. 1), zuletzt geändert am 13. Juni 2021 (ABl. S. 1226).
- Verwaltungsvorschriften zur Sächsischen Haushaltsordnung:* [VwV SäHO] in der Fassung vom 27. Juni 2005 (SächsAmtsbl. SDr. S. S 226), zuletzt geändert am 16. Dezember 2021 (Sächsisches Amtsbl. 2022 S. 2).

- Verwaltungsvorschriften zur Thüringer Haushaltsordnung:* [VV LHO TH] in der Fassung vom 10. Dezember 2003 zuletzt geändert am 13. Mai 2015 (SZ S. 1003).
- Weber, Jürgen:* [Rechnungswesen] Zielorientiertes Rechnungswesen öffentlicher Betriebe - dargestellt am Beispiel von Studentenwerken. Baden-Baden 1983.
- Weber, Klaus und Raik Werner:* [Verhältnismäßigkeitsgrundsatz] Stichwort: Verhältnismäßigkeitsgrundsatz. In: Weber, Rechtswörterbuch. Hrsg. von K. Weber. 28. Aufl., München 2022.
- Weingartner, H. Martin:* [Programming] Mathematical Programming and the Analysis of Capital Budgeting Problems. Englewood Cliffs (N. J.) 1963.
- Westermann, Georg:* [Kosten-Nutzen-Analyse] Kosten-Nutzen-Analyse. Einführung und Fallstudien. Berlin 2012.
- Wild, Jürgen:* [Planung] Grundlagen der Unternehmensplanung. 4. Aufl., Opladen 1982.
- von Winterfeld, Detlof und Ward Edwards:* [Decision] Decision Analysis and Behavioral Research. Cambridge 1986.
- Witte, Eberhard und Jürgen Hauschildt:* [Interessenkonflikt] Die öffentliche Unternehmung im Interessenkonflikt. Betriebswirtschaftliche Studie zu einer Zielkonzeption der öffentlichen Unternehmung. Berlin 1966.
- Witte, Hermann:* [dynamische Nutzwertanalyse] Aspekte einer dynamischen Nutzwertanalyse unter Fehlerbetrachtung. In: Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft (134) 1978, S. 490-502.
- Wöhe, Günter, Ulrich Döring und Gerrit Brösel:* [ABWL] Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 27. Aufl., München 2020.
- Wustlich, Guido:* [EEWärmeG] 82. Kommentar Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG). In: Energierecht Kommentar. Hrsg. von C. Theobald und J. Kühling. Bd. 3, München 2021. Erneuerbare Energien EEG VI, Erneuerbare Energien WärmeG 82.
- Zangemeister, Christof:* [Nutzwertanalyse] Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. 4. Aufl., München 1976.
- Zangemeister, Christof:* [Wirtschaftlichkeitsanalyse] Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse. 2. Aufl., Bremerhaven 2000.

*Zimmermann*, Hans-  
Jürgen und Lothar *Gut-*  
*sche*:

[Multi-Criteria] Multi-Criteria Analyse. Einführung  
in die Theorie der Entscheidung bei Mehrfach-  
zielsetzungen. Berlin 1991.