Dissertation

Simultane Planung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge

Jong-Il Park

Göttingen 2008

Simultane Planung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge

Dissertation

Zur Erlangung des wirtschaftlichwissenschaftlichen Doktorgrades des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften der Universität Göttingen

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. agr. Jong-Il Park
aus Seoul, Korea

Göttingen 2008

Erstgutachter: Prof. Dr. J. Bloech

Zweitgutachter: Prof. Dr. W. Benner

Tag der mündlichen Prüfung: 28. 01. 2008

Meinem Vater in Memoria

Für Jea-Hyun & Jea-Mun

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

1.1. Problemstellung

Investitionen [1] haben eine existenzielle Bedeutung für Unternehmen bzw. sind eine entscheidende Einflussgröße für den Unternehmenserfolg.[2] Die Investitionsentscheidungen[3] sind gekennzeichnet durch Zukunftsbezogenheit, langfristige Entscheidungsbindung, Chancen und Risiken für Rentabilität und Liquidität und durch schwierige Korrektur bei Fehlentscheidungen.[4] Die Investitionsentscheidungen werden bei äußerster Komplexität ständig getroffen.[5]

In den 60er Jahren wurden Modelle für Programmentscheidungen[6] entwickelt. Hierzu zählen das Hax/Weingarter-, das Förstner/Henn-, das Jacob-Modell sowie viele epigonale Modelle, die mit Hilfe der linearen Optimierung entwickelt wurden.
In der vorliegenden Arbeit wird das mehrstufige[7] Modell (Modell von Hax/Weingartner) zur Erweiterung der Simultanplanung bei mehrfacher Entscheidungsfolge zu Grunde gelegt.

Gegenstand der folgenden Untersuchung ist es, die wahl des vorteilhaftesten der Planungshorizonts in der Simultanplanung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge zu analysieren. In der hier diskutierten simultanen

---

[1] Der Investitionsbegriff ist in der Literatur unterschiedlich weit gefasst; Braunschweig, C. (1998, Investitionsrechnung), S. 17 ff.; Matschke, M. (1993, Investitionsplanung und Investitionskontrolle), S. 18- 36.; Franke G./ Hax, H. (1999, Finanzwirtschaft), S. 1-20.; Altrogge, G. (1996, Investition), S. 1-18.; Zimmermann, G. (2003, Investitionsrechnung), S. 16 f. ; König, R.(2004 Die Identifikationund Analyse) S. 2 ff.; Biergans. E. (1973, Investitionsrechnung) S. 1-12.; Bea, F.X./Dichtl, E./Schweizer, M. (2006, Allgem. Betriebswirtschaftslehre), S. 378 ff.

[2] Vgl. Götze, U./ Bloech, J. (2004, Investitionsrechung), S. 1.; Dean, J. (1956, Kapitalbudgetierung), S. 64.

[3] Vgl. Swoboda, P. (1996, Investition und Finanzierung), S. 14 ff.

[4] Vgl. Kreuzer, S. (2005, Der Einfluss der Finanzierung auf Investitionsentscheidungen und seine Berücksichtigung in einem Investitionsrechnungsmodell), S. 23 ff.; Schaefer, S. (1993, Investitions-Controlling), S. 23 ff

[5] Vgl. Landwehr, H. (1979, Investitionsentscheidung bei Unsicherheit), S. 2 ff.; Kruschwitz, L. (2007, Investitionsrechnung), S. 1-5.; Biehler, R. (1976, Methoden der Investitionsrechnung), S. 11.; Pack, L. (1966, Investition), S. 16. und S. 44.; Biergans, E. (1973, Investitionsrechnung), S. 24ff.

[6] Vgl. Hax, H. (1976, Investitionsplanung und Investitionsentscheidung) und (1964, Investitions- und Finanzplanung), S. 430-446.; Albach, H. (1973, Investition und Liquidität), S. 84ff. und 316 ff.; Förstner, K./Henn, R. (1957, Dynamische Produktionstheorie), S. 119 ff.; Jacob, H. (1964, Entwicklungen in der Investitionsrechnung). S. 487-507.; Blohm, H./Lüder, K. (1991, Investitionsschwachstellen), S. 280 ff., Schweim, J. (1969, Integrierte Unternehmungsplanung), S. 76 ff.; Rolfes, B. (1992, Investitionsrechnung), S. 2f. Dabei hat Schweim die Anwendung linearer Modell in der Unternehmungspraxis dargestellt.; Ecke, R. (1989, Lineare Investitions- und Finanzplanung im modular strukturierten Modell), S. 41ff.

[7] Vgl. Einstufiges Modell von Albach und statisches Modell von Dean, dazu einperiodische statische Modelldarstellung: Kunz, B. R. (1984, Investitionsrechnung), S. 13.; Kilger, W./ Scheer, A. W. (1981, Investitions- und Finanzierungsplanung), S. 157-175.; Schmidt, R. B. (1984, Unternehmungsinvestition), S. 18.; Swoboda, (1996, Investition) P. 79 f.

Investitions- und Finanzierungsplanung wird als Ziel die Vermögensendwertmaximierung bei unveränderter oder veränderter Planungssituation verfolgt.
Die Optimierung der simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung erfordert Übersehbarkeit und Verfügungsgewalt über die notwendigen Mittel. Es ist sinnvoll, vor oder während der Planungen einen günstigeren[8] Planungshorizont einer Investitions- und Finanzierungsplanung mit Hilfe einer Vermögensendwertmaximierung zu ermitteln. Dabei ist die Untersuchung des günstigeren Planungshorizontes zur Ermittlung einer Investitions- und Finanzierungsplanung im Voraus durchzuführen, wobei der identische Planungszeitraum ermittelt wird, über den sich die Unternehmungsplanung bei mehrfacher Entscheidungsfolge erstrecken kann.

In einem ersten Ansatz wird die Suche nach dem günstigeren Planungshorizont durch Simultanplanung bei mehrfachen Entscheidungen unter unveränderten Umweltbedingungen betrachtet, zum Beispiel mit identischen Investitions- und Finanzierungsbedingungen. Dabei werden die unterschiedlichen Planungshorizonte durch Wiederholungen der Simultanplanung mit identischem Planungszeitraum in Betracht gezogen werden, um dann die Planungshorizonte anhand der Vermögensendwerte aus den verschiedenen Simultanplanungen untereinander vergleichen zu können. In jeder Simultanplanung werden alle zukünftigen Zahlungsströme zu Beginn eindeutig festgelegt. Die Planung wird so lange wiederholt, bis der Planungshorizont der längsten Simultanplanung erreicht wird. Die Entscheidung über die Vorteilhaftigkeit des Planungshorizonts wird anhand des maximalen Vermögensendwerts getroffen.[9]

In einem zweiten Ansatz wird die Suche nach dem günstigeren Planungshorizont durch Simultanplanung bei Änderung[10] der Umweltbedingungen bei mehrfachen Entscheidungen analysiert, da bereits im ursprünglichen Plan über alle zukünftigen Investitions- und Finanzierungsprojekte nicht definitiv entschieden werden kann. Die Simultanplanung kann eine Teilperiode später im Licht neuerer Informationen revidiert werden.
Hier besteht ein Unterschied zur flexiblen Planung[11], die zwar die alternativen zukünftigen Umweltzustände und Entscheidungsmöglichkeiten explizit berücksichtigt, aber tatsächlich

---

8 In der vorliegenden Arbeit wird auch der Begriff des vorteilhaftigen Planungshorizonts angewendet.
9 Vgl. Kapitel 3.2.2 und Kapitel 4.2.3. Bezug zur flexiblen Planung in Kapitel 4.3.
10 Das kann auch als Änderung der Planungssituationen angesehen werden. Siehe im Kapitel 3.3 und 4.3.
11 Vgl. Flexibilität, die im Idealfall nicht revidiert wird, ist eine Eigenschaft des Planungsverfahrens. Dazu Hax, H. (1985, Investitionstheorie), S. 166 f.

nicht im Zeitablauf revidiert wird. Daher hängt der Vergleich der Vermögensendwerte von den eingehenden Informationen nach Änderung der Umweltzustände ab.

Bei der Suche nach dem vorteilhaften Planungshorizont werden, um zu große Komplexität zu vermeiden, alle Simultanplanungen unter den gleichbleibenden Zahlungsstrom durchgeführt. Die unterschiedlichen Planungshorizonte können durch Wiederholung der Planungen nach Ende einer Teilperiode bis zum längsten Planungszeitraum sowohl bei unveränderten als auch bei veränderten Umweltbedingungen angeglichen werden. Die günstigere Simultanplanung wird mit Hilfe eines LP-Modells der Vermögensendwertmaximierung ermittelt. Der Planungszeitraum selbst wird im vorgestellten Modell in einzelne Teilperioden gegliedert, um den Zahlungsstrom des unterlassenen Projekts im Folgejahr für die Aufnahme in die Optimallösung vorkalkulieren zu können.[12]

Im Allgemeinen ist die Datenbeschaffung bei einem Mehrperiodenmodell problematisch. Es ist notwendig, sowohl die gegenwärtigen als auch die zukünftigen Investitions- und Finanzierungsmöglichkeiten bis zum Planungshorizont zu erfassen.[13] Die Planungsdauer der Investitions- und Finanzierungsprojekte ist vorzugeben, damit Entscheidungen in der Gegenwart bis zum Ende der Planung ohne Korrektur durchgeführt werden bzw. die neu auftauchenden Umweltsituationen der Investitions- und Finanzierungsmöglichkeiten keine Einflüsse haben werden. In diesem Fall ist es nicht möglich, den günstigeren Planungshorizont der Simultanplanung für die gegenwärtige Entscheidung zu ermitteln. Unter Realitätsaspekten erscheint die Simultanplanung hinsichtlich der Sicherheit der Modelldaten und vorgegebenen Investitions- und Finanzierungsprogramme problematisch.[14]

Dieses Problem lässt sich bei dieser Mehrperiodenmodellvorstellung in der Praxis durch Festlegung des vorteilhaften Planungshorizontes und Berücksichtigung der neuen Informationsgewinnung und –verarbeitung in der jeweiligen Teilperiode in der Simultanplanung lösen. In der vorliegenden Arbeit wird dieses Problem durch Simultanplanung bei mehrfacher Entscheidungsfolge in Kapitel 3.3.3 und 4.3.3 untersucht.

---

[12] In Kapitel 3.3.3 und Kapitel 4.3.3.

[13] Aus Gründen der Praktikabilität umfasst der Planungszeitraum die gesamte Lebensdauer des Betriebes bis zur endgültigen Liquidation. Ist das nicht der Fall, führen die während des Planungszeitraums anlaufenden Ein- und Auszahlungen bzw. Einnahme und Ausgabe zu fehlerhaften Ergebnissen. Hax, H. (1985, Investitionstheorie), S. 91.; Bitz, M. (1978, Zeithorizonte bei Investitions- und Finanzplanung), S.175-193.

[14] Vgl. Götze, U./ Bloech, J. (2004, Investitionsrechnung), S. 425 ff.

Wegen der Ähnlichkeit dieses Modells zu Modellen der Investitionsketten, wird im Folgenden ein Vergleich dargestellt. Wird ein Investitionsprojekt unmittelbar nach seinem Planungsende identisch wiederholt, so spricht man von einer Investitionskette. Unter Annahme einer Investitionskette bei einer endlichen oder unendlichen Anzahl identischer Nachfolgeprojekte wird die optimale Nutzungsdauer in den gängigen Modellen in einem Marginalkalkül bestimmt.[15] Die Nachfolgedurchführung eines Investitionsprojekts stimmt mit der Zahlungsreihe, der Planungsdauer und dem Finanzprojekt der ersten Durchführung überein. In der vorliegenden Arbeit haben die Finanzierungsprojekte zwar gleich bleibende Zinssätze bis zum Ende des Planungszeitraums, sie werden aber nicht in gleicher Weise wiederholt – ausschließlich die Investitionsprojekte werden nach Ende einer Teilperiode wiederholt.

1.2. Gang der Untersuchung

Als Ausgangspunkt der Untersuchung wird die allgemeine Formulierung eines Problems der Investitionsplanung und Finanzierungsplanung beschrieben, die die Grundlage für das Modell zur simultanen Festlegung des optimalen Investitionsprogramms und des optimalen Finanzierungsprogramms für Programmentscheidungen bei Sicherheit darstellt. Diese beiden Planungen werden zunächst in Form eines linearen Modells der simultanen Investitionsplanung und Finanzierungsplanung dargestellt.

Gesucht wird ein vorteilhafter Planungshorizont bei identischem Planungszeitraum mit einer Simultanplanung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge. Schließlich werden mit einer Sensitivitätsanalyse für die simultan geplanten Investitions- und Finanzierungsprogramme mit Hilfe der modellendogenen Aufzinsungsfaktoren und einem periodenbezogenen modellendogenen Kalkulationszinssatz die notwendigen Analysen für eine optimale Lösung ermittelt. Als mögliche Zielfunktion des Modells wird der Vermögensendwert bei unverändertem und verändertem Umweltzustand untersucht.

Im zweiten Kapitel der Untersuchung werden neben einer allgemeinen Modellvorstellung die begriffliche Abgrenzung und der Aufbau der Komponenten des Modells auf der Grundlage der Vermögendsendwertmaximierung erläutert:

[15] Vgl. Blohm, H./Lüder, K. (1995, Investition), S. 63 ff.; Götze, U./Bloech, J. (1995, Investitionsrechnung), S. 213 ff.; Busse von Colbe/W. Laßmann, G. (1990, Betriebswitrschaftstheorie), S. 142.

- Grundaufbau der Zahlungsreihe[16]
- Die Zielfunktion und die finanzwirtschaftlichen Nebenbedingungen
- Die durch das Modell bedingten spezifischen Annahmen und Beschränkungen
- Das methodische Modellverfahren zur Ermittlung des vorteilhaften Planungshorizonts
- Die kalkulatorischen Vorgänge bei vollständigem Finanzplan
- Die Analyse- und Anwendungsmethode der modellendogenen Aufzinsungsfaktoren
- Eine Sensitivitätsanalyse der Vorteilhaftigkeitskriterien und der teilperiodenbezogenen Prognose

Im dritten Kapitel werden die Entscheidungsmodelle daraufhin untersucht, ob eine gegebene Simultanplanung mit dem Ziel der Vermögensendwertmaximierung[17] bei Wiederholungen des simultanen Programms mit aufeinander folgend veränderten Planungshorizonten als lohnenswerter oder als weniger lohnend einzustufen ist. Dabei kann eine erweiterte Darstellung und Diskussion des simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramms für einen günstigeren bzw. vorteilhafteren Planungshorizont durch Programmentscheidungen gesucht werden. Um Komplexitätsprobleme zu vermeiden, werden die Zahlungsreihen des Investitionsprojekts i (IO_i) vergleichbar gehalten, indem für unterschiedliche Planungshorizonte identische Kapitalwerte berechnet werden.
Die unterschiedlichen Zielfunktionen werden für den ganzen Planungszeitraum und den Planungshorizont der Simultanplanung analysiert.
Es wird untersucht, welche Vorteilhaftigkeit die Wiederholungen der Simultanplanungen auf die Optimallösungen haben und wie groß der Einfluss auf die Optimallösungen durch die Aufnahme der vorherigen Entscheidung in die Simultanplanung ist. Wegen der sukzessiven Vorgänge in den Wiederholungen der simultanen Planungen spielen die anfänglichen Entscheidungen in allen Modellverfahren als Restriktion eine sehr große Rolle für die Optimallösungen. Dabei wird versucht, ein Tableau der kritischen Nettozahlungen in den Zahlungsströmen der Investitionsprojekte aufzubauen.[18] Allgemein ist das nur sinnvoll, wenn Simultanplanungen bei vollständiger Datenbeschaffung möglich sind. Der direkte Vergleich von der Aufnahme eines einzelnen Projekts in die wiederholte Simultanplanung ist mit Hilfe von kritischen Nettozahlungen möglich.

---

[16] Für die Durchführung der Sensitivitätsanalyse in Kapitel 4.3.3.1.
[17] Benner, W./Holster, J. (1997, Finanzwirtschaft und Steuern) S. 48-54.; Laux ,H./Gerke, F. (1969, Investition und Finanzplanung), S. 43-56.
[18] In Kapitel 3.3.2 und 4.3.5.

Die Auswirkung auf Optimallösungen wird untersucht. Der mit modellendogenen Kalkulationszinssätzen berechnete Wert bei der Übernahme der vorperiodischen Entscheidungsprojekte ergab einen negativen Wert. In diesem Fall werden bei betroffenen Projekten modellendogene Aufzinsungsfaktoren durch die Übernahme der vorperiodischen Optimallösungen keine Aussagekraft haben. Daher wird untersucht, wie groß die Auswirkung auf die neuen Optimallösungen durch die Übernahme der vorperiodischen Entscheidung ist. Schließlich wird ein kritischer Zahlungsstrom des Investitionsprojekts in der Teilperiode durch Sensitivitätsanalyse untersucht, um einen günstigeren Planungshorizont herauszufinden. Als Zielwert in der Simultanplanung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge wird der Vermögensendwert angenommen. Die Anwendungen der modellendogenen Kalkulationszinssätze werden von zahlreichen Autoren dargestellt. In der vorliegenden Arbeit werden sowohl (einperiodenbezogene) Forward Rates und Spot Rates [19] als auch die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren in Kapitel 3.3 für die kalkulatorische Berechnung angewendet.

Im vierten Kapitel wird besonders die Änderung der Umweltsituation betrachtet. Im Mittelpunkt steht die Suche nach dem vorteilhaften Planungshorizont bzw. Vermögensendwert bei unveränderten Umweltbedingungen (in Kapitel 4.2.). Bei den veränderten Umweltbedingungen (in Kapitel 4.3) wird untersucht, ob die Suche nach der Größe des Zahlungssaldos eines unterlassenen Investitionsprojekts für die identische Erreichung der vorteilhaften Optimallösung im Mittelpunkt steht. Dabei werden die sukzessiven Rechnungen durch Nicht-Ganzzahligkeit und Ganzzahligkeit getrennt durchgeführt. Diese Korrektur eines Zahlungssaldos des Investitionsprogramms wird als der gegenwärtige oder zukünftige Maßstab eines teilperiodischen Zahlungssaldos für den vorteilhaften Planungshorizont angesehen.

Schließlich wird die Variation eines ausgewählten Parameters (Grundkomponente für den Aufbau des Zahlungsstroms) mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse grafisch dargestellt. Dabei wird das Preis-Kosten-Verhältnis oder das Preis-Ausbringungsmengen-Verhältnis des Investitionsprogramms in einer Teilperiode als Beispiel genommen. Schlussbetrachtung und Ausblick werden abschließend im fünften Kapitel zusammengefasst.

---

[19] Fisher, I. (1930, The Theory of Interest); Steiner, P./Uhlir, H. (2001 Wertpaiernanlyse) S. 33-36; Schäfer, H. (2002 Unternehmensfinanzen) S. 450.

2. Theoretische Grundlagen der ausgewählten Investitionsmodell

2.1. Konzeption des Modells

Allgemein werden in traditionellen Mehrperiodenmodellen zur simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung (H. Hax und H. M. Weingartner) Investitions- und Finanzierungsmaßnahmen im Anfangszeitpunkt (t = 0) oder bei fortgeschrittenen Modellen zu unterschiedlichen Zeitpunkten realisiert. Für das dargestellte Modell tritt die explizite Einbeziehung aller zukünftigen Investitions- und Finanzierungsmöglichkeiten am Beginn des Planungszeitraums ins Kalkül. Unter diesem Gesichtpunkt werden Investitions- und Finanzierungsprogramme für alle Teilperioden simultan geplant. Anschließend wird der Vermögensendwert am Planungshorizont durch die Reinvestition freier finanzieller Mittel zum angegebenen Kalkulationszinssatz gesucht. Nach diesem Planungspunkt können gegenwärtige oder zukünftige Investitions- und Finanzierungsmöglichkeiten auf die gegenwärtige Entscheidung keinen Einfluss haben. [20] Unter diesem Aspekt der Datenbeschaffung sollte der Planungshorizont möglichst nah an der Gegenwart liegen.

Der Unterschied zwischen dem Mehrperiodenmodell (Modell von Hax und Weingartner) und der vorliegenden Arbeit besteht vor allem darin, dass die Simultanplanung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge im Laufe der Simultanplanung nach jeder Teilperiode in Abhängigkeit von der Planungssituation begrenzt korrigiert werden kann. Dabei werden drei zusätzliche Entscheidungsmodelle aufbauend auf einem Basismodell untersucht (Vgl. Kapitel 3).

1. Modell: Die neue Simultanplanung bei der Wiederholung der Investitions- und Finanzierungsprogramme wird durch die Übernahme der vorherigen gesamten Entscheidung unverändert dargestellt.[21]
2. Modell: Die neue Simultanplanung bei den Wiederholungen der Investitions- und Finanzierungsprogramme wird nur durch die zeitabhängige Übernahme der vorherigen Entscheidung dargestellt.[22]
3. Modell: Die neue Simultanplanung wird unabhängig von der vorherigen Entscheidung dargestellt.[23]

---

[20] Vgl. Blohm, H. / Lüder, K. (1995, Investition), S. 309.
[21] In Kapitel 3.2.2.1.1 und 3.2.2.2.1.
[22] Z. B. in Kapitel 3.2.2.1.2 und Kapitel 3.2.2.2.2 im Vergleich mit dem Kapitel 3.2.2.1.1 und dem Kapitel 3.2.2.2.1.
[23] In Kapitel 3.2.2.1.3 und 3.2.2.2.3.

Aus diesen drei Modellkonzeptionen soll ein vorteilhafter Vermögensendwert bzw. Planungshorizont herausgefiltert werden.
Dabei wird eine Sensitivitätsanalyse für simultan geplante Investitions- und Finanzierungsprogramme durchgeführt. Diese Untersuchung dient als Grundlage zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit bei den identisch wiederholten Simultanplanungen von Investitions- und Finanzierungsprogrammen und identischem Planungshorizont bei mehrfacher Entscheidungsfolge.
Die nicht identischen Planungshorizonte der Simultanplanungen von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge werden in Kapitel 4 untersucht.
Investitionsentscheidungen im mehrstufigen Modell können unter Annahme der Sicherheit oder Unsicherheit der eingeschlossenen Daten getroffen werden, wobei hier von Investitionsentscheidungen ausgegangen wird, die sich auf die Sicherheit der wiederholten simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramme stützen. Die zukünftigen Daten, die vor dem Planungsanfang erstellt sind, werden zur Modifikation des Basismodells mit dem ursprünglichen Entscheidungsplanungshorizont T = 5 festgelegt. Die Spezifikation der Modellvarianten sind die Finanzierungssituationen, die mit anfänglichen Kostensätzen der Finanzierungsprojekte unverändert in neuen Simultanplanungen angewendet werden.
In Kapitel 3.2.1 wird das Basismodell modifiziert und aufbauend darauf werden die wiederholten Simultanprogramme mit wiederholter Simultanplanung bei Berücksichtigung der sämtlichen vorperiodischen Entscheidungen[24] dargestellt, d.h. die vorherige Optimallösung für die zukünftigen Entscheidungen wird in darauf aufbauender Simultanplanung durch jeden gegenwärtigen Zeitpunkt als Restriktionen berücksichtigt.
Demgegenüber werden die vorherigen Optimallösungen für die Folgeentscheidungen nur im dazugehörenden Zeitpunkt berücksichtigt, d. h. es wird die wiederholte Simultanplanung mit vorperiodischen Entscheidung in t = 0 in Kapitel 3.2.2.1.2 und in t = 0 und 1 in Kapitel 3.2.2.2.2 berücksichtigt. Einer des günstigsten resultierenden methodischen Ansatzes, der sich durch den Vergleich mit dem Vermögendendwert als bestes ergibt, wird für die Kapitel 4.2 angewendet.
Anschließend werden die Änderungen der Umweltbedingungen z.B. die Auswirkung auf den Vermögensendwert durch Änderungen der Anschaffungspreise und Suche nach

[24] Vgl. Kapitel 3.2.2.1.1 mit der Folgesimultanplanung in Kapitel 3.2.2.2.1.

kritischen Zahlungsströmen sowie Durchführung der Sensitivitätsanalyse in Kapitel 3.3 und 4.3 untersucht.

2.2. Die Verfahrensübersicht über die Investitionsmodelle

Investitionsentscheidungen lassen sich wie folgt klassifizieren.[25]

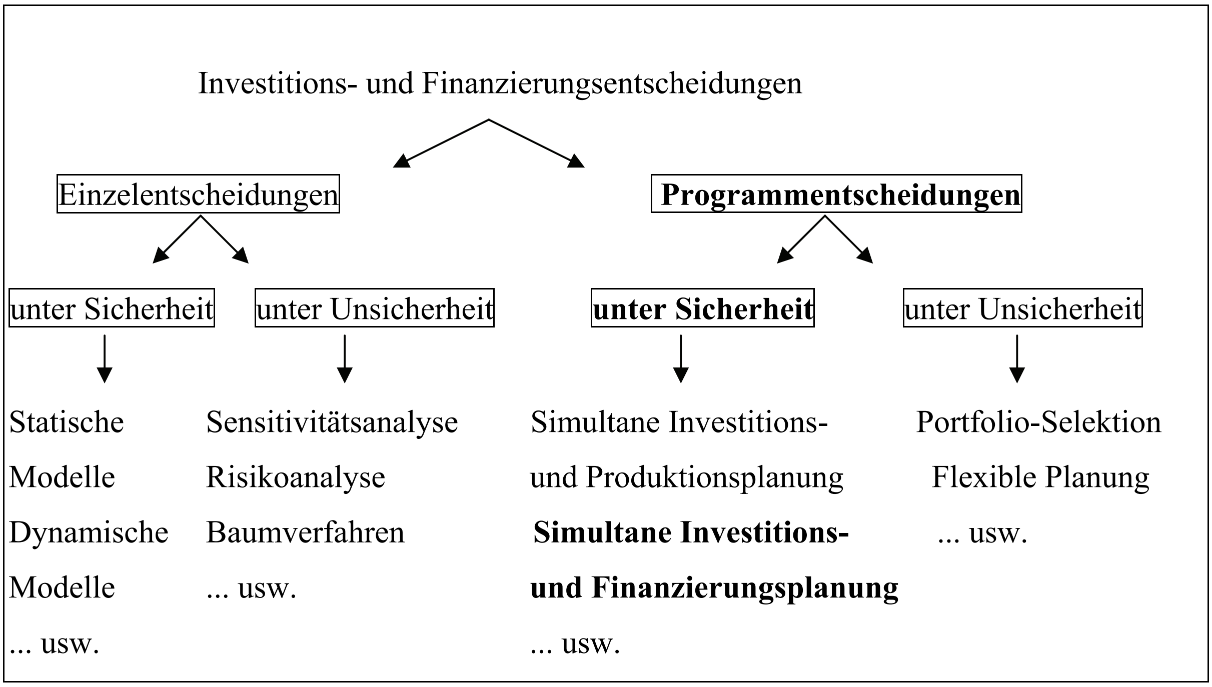


Abb.2-1 Vereinfachte Klassifizierung von Investitionsentscheidungsmodellen

Außerdem können Modelle für Programmentscheidungen bei Sicherheit der Daten den drei nachstehenden Ebenen zugeordnet werden:[26]

1. Modell zur Bestimmung des optimalen Investitionsprogramms bei vorgegebenem Kapitalbudget und Produktionsprogramm;
2. Simultane Investitions- und Produktionsplanung;
3. Simultane Investitions- und Finanzierungsplanung.

Weiterhin wird die simultane Investitions- und Finanzierungsplanung nach statischen[27] und dynamischen Modellen unterschieden. Ein dynamisches Modell kann nach einstufigem Modell (Modell von ALBACH)[28] und mehrstufigem Modell (Modell von HAX und

[25] Vgl. Götze, U./Bloech, J. (2004, Investitionsrechnung), S. 48.
[26] Vgl. Götze, U./Bloech, J. (2004, Investitionsrechnung), S. 315 – 370.
[27] Z.B. das einstufige Modell von DEAN.
[28] Vgl. Albach, H. (1962, Investition und Liquidität), S. 154 ff. und S. 305 ff.

WEINGARTNER) unterteilt werden. Wesentlicher Unterschied zwischen dem einstufigen Modell und dem mehrstufigen Modell sind neben der Mehrperiodigkeit die Reinvestitionen, die beim mehrstufigen Modell durch kurzfristige Finanzinvestitionen für jede Teilperiode sichergestellt sind. Der Ausgleich des Zahlungssaldos kann in jeder Teilperiode durch die Aufnahme liquider Mittel bzw. kurzfristige Finanzinvestitionen erfolgen.
Das mehrstufige Modell gilt unter bestimmten Annahmen[29]. Das vorliegende Optimierungsmodell basiert auf der Konzeption von Hax (1964) und Weingartner (1964).

2.2.1. Allgemeine Annahmen der Modelle[30]

Gegenüber dem statischen Dean-Modell[31] zeigt das dynamische mehrstufige Modell, dass es erlaubt ist, Kapitalbeschränkungen und Liquiditätsengpässe in mehreren Perioden zu erfassen. Für den Fall der Vermögensmaximierung wird das Problem der simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung mithilfe des Instrumentariums der linearen Programmierung gelöst. Dabei entstehen die Prämissen für die Formulierung des LP-Modells. Der allgemeine Modellansatz beruht im Einzelnen auf folgenden Annahmen:

1) Als Ziel des Investors wird das Streben nach Vermögen bzw. Vermögenszuwächsen unterstellt.
Die Zielfunktion wird nach Kruschwitz wie folgt geteilt; es besteht die Möglichkeit, das Vermögen zum Planungshorizont zu maximieren (Vermögensstreben), oder aber das Niveau der teilperiodischen Entnahmen bei gegebenem Endvermögen (Einkommensstreben) zu maximieren.[32] In der vorliegenden Arbeit wird der maximale Vermögensendwert ohne teilperiodische Entnahmen als Ziel unterstellt.
2) Jedem Investitionsprojekt muss eine Ein- und Auszahlung durch eine individuelle Zahlungsreihe eindeutig zugeordnet werden können. Die im Zeitpunkt t entstehenden Einzahlungs- bzw. Einnahmeüberschüsse können als negative Auszahlungen aufgefasst werden.[33] In diesem Fall findet die im Zeitpunkt t entstehende Einzahlung bzw. Einnahme

---

[29] Siehe Kapitel 2.1.1.
[30] Vgl. Kruschwitz, L. (2007, Investitionsrechnung), S. 250 ff. und 203; zur ähnlichen Prämisse von Götze, U./Bloech, J. (2004, Investitionsrechnung), S. 320 f.; Blohm, H./Lüder; K. (1995, Investition), S. 308 ff.
[31] Vgl. Dean, J. (1956, Kapital Budgeting), S. 80 ff.; Schmidt R. H. (1989, Investitions- und Finanzierungstheorie), S.109-114.; Betge, P. (1995, Investitionsplanung), S. 63-70.
[32] Vgl. Kruschwitz, L. (2007, Investitionsrechnung), S. 250 – 290; eine ähnliche Ausführung zur Zielbildung findet sich bei Bruns. Vgl. Bruns, T. (1990, Simultane Investitionsplanung), S. 170 ff.
[33] Vgl. Hax. H. (1985, Investitionstheorie), S. 86. In der vorliegenden Arbeit wird sie als Zahlungsüberschüsse (Zahlungsdifferenzen) bezeichnet.

statt, und unter diesem Gesichtspunkt ist der Auszahlungsüberschuss der Zahlungsreihe $a_{n,t}$ negativ.[34]

Die entstehenden Finanzüberschüsse werden sofort angelegt, während bei entstehenden Deckungslücken sofort Kredite geschlossen werden.[35] Sowohl der Beginn der Zahlungsreihe der Finanzierungsprojekte als auch der Vorzeichenverlauf bei Finanzierungsprojekten sind umgekehrt.

Die Zahlungsreihen eines Investitions- und Finanzierungsprogramms können sich nicht gegenseitig ausschließen und vollkommen unabhängig voneinander realisiert werden.

3) Das Produktionsprogramm des einzelnen Investitions- und Finanzierungsprojektes ist durch die Nutzungsdauer der Investitionsprojekte und die Laufzeit der Finanzierungsprojekte sowie weiterhin durch die Starttermine vorgegeben.

4) Es ist zwar nicht realistisch aber vorstellbar, dass alle Investitions- und Finanzierungsprojekte beliebig teilbar sind. Nicht-Ganzzahligkeit der Maschinen und Obligationen sind außerordentlich unrealistisch; trotzdem ist es auch vorstellbar, dass der Anteil eines einzelnen Projektes am Gesamtvolumen des Programms relativ klein ist.

5) Die Liquidität für alle berücksichtigten Teilperioden des Planungszeitraums ist vorhanden.

6) Die Basiszahlungen in der Teilperiode können vorhanden sein.

7) Der Planungshorizont (T) ist mindestens länger als eine Periode.

8) Jedes Projekt kann mindestens mehr als einmal in das Programm aufgenommen werden.

9) Das Ziel ist die Maximierung des Vermögensendwertes.

10) Für das Modell liegt in der gesamten Periode Datensicherheit vor.

2.2.2. Modellspezifische Annahmen

Für die Vorteilhaftigkeit der simultanen Planungshorizonte bei dem Simultanprogramm ist es notwendig weitere Annahmen zu treffen. Die weiteren Annahmen ergänzen die Annahmen aus Kapitel 2.1.1:

- Für das Modell liegt in der gesamten Periode nicht nur Datensicherheit ohne eine Änderung der Umweltzustände vor sondern auch bei einer Änderung der Umweltzustände in der Teilperiode.

  Für den Vergleich der Vorteilhaftigkeit der Planungshorizonte werden die unterschiedlichen simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramme bei

---

[34] Bezüglich des Auszahlungsüberschusses (Zahlungsdifferenzen) wird eine ähnliche Modelldarstellung der Zahlungsreihen wie von Hax. H., Götze, U./Bloech, J.; Blohm, H./Lüder; K. übernommen.

Mehrfachentscheidungsfolge angegeben. Die vorgestellten Planungshorizonte in den unterschiedlichen simultanen Investitions- und Finanzierungsprogrammen sind jeweils T = 3, 4 und 5.

Bei der identischen Wiederholung der simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramme ohne Umweltänderung werden die neuen Investitionsalternativen nicht zugelassen. Die Aufnahme der neuen Investitionsalternativen im simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm bei Mehrfachentscheidung werden nur angesichts der Änderungen der Umweltzustände betrachtet.

- Die Vermeidung der vorteilhaften Einflüsse für Optimallösungen durch den Ausgleich der Zahlungsströme des Investitionsprojekts i (IO_i) in den verschiedenen Planungszeiträumen.
- Trotz der Verlängerung der Simultanplanungen werden die Laufzeit der Finanzierungsprojekte, die jeweilige finanzielle Tilgungsmethode und Zinssätze der Finanzierungsprojekte mit vorgegebenen Bedingungen für die ganzen Simultanplanungen unverändert durchgehalten. Die unverändert gebliebenen Finanzkostensätze der Finanzierungsprojekte gelten in allen Umweltsituationen. Diese Bedingung wird in den nachstehenden Zahlungsvorgängen erläutert. Zusätzlich ist die neue Finanzierungsalternative im Planungsablauf nicht zugelassen, um die rechnerische Schwierigkeit des Nachweises für die Suche nach einem vorteilhaften Planungshorizont einzugrenzen.
- Die kalkulatorischen Nachweise werden unter der Bedingung von Nicht-Ganzzahligkeit erstellt.

  Umweltsituationen sind durch eine Teilperiode berücksichtigt, um Sensitivitätsanalysen für den Vergleich der Vorteilhaftigkeit der Planungshorizonte durchzuführen.
- Das Modell wird unter Datensicherheit nur mit vorherigen und gegenwärtigen Teilperioden berücksichtigt. Und die Korrektur für die späteren simultanen Programme in der gegenwärtigen Teilperiode ist nur mit der Änderung der Umweltsituation möglich.

  Die vorperiodigen Entscheidungen müssen unverändert im neuen gegenwärtigen simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm bei der folgenden Mehrfachentscheidung realisiert werden.

---

[35] Vgl. Blohm, H./ Lüder, K. (1995, Investition), S. 305.

In dieser Formulierung des linearen Programms für die Entscheidungssituation sind zunächst eine lineare Zielfunktion und lineare Nebenbedingungen zu beachten.

2.3. Relevante Komponenten der Investitions- und Finanzierungsmodelle

Der Grund des detaillierten Aufbaus der Komponenten liegt darin, dass das Tableau des kritischen Zahlungsstroms nach der Durchführung der Sensitivitätsanalyse des Zahlungsstroms des Investitionsprojekts i im Zeitpunkt t festgestellt wird. Mit kritischem Zahlungsstrom kann die partiale Analyse z.B. die Änderungen der Preise und Ausbringungsmengen auf Umweltzustände zurückgeführt werden.[36]

2.3.1. Zielsetzung und Zielfunktion des Modells

Die Investitionsentscheidung hängt von der Zielsetzung der Unternehmung ab, einer wirtschaftlichen Vorstellung, deren Verwirklichung vom Unternehmer angestrebt wird. Von allen denkbaren Zielvorstellungen lassen sich in der Investitionsrechnung nur monetäre Zielfunktionen berücksichtigen.[37]

Mit der Festlegung dieser Zielsetzung wird ein Planungshorizont im simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm fixiert. Es stellt sich das Problem, welcher Planungshorizont zweckmäßig ist. Dies wird in einem Modell mit mehrfacher Entscheidungsfolge untersucht. Dabei sind die Planungsdauer und finanzielle Zinssätze festgelegt sowie Zahlungen in der Teilperiode nach Umweltzuständen berücksichtigt.

Daher wird dieses Investitionsentscheidungsmodell in der Folge von Teilentscheidungen zu zukünftigen Zeitpunkten beeinflusst. Die Zielfunktion ist zwar von zukünftigen Umweltzuständen unabhängig aufgebaut, wird aber auf bereits getroffene Entscheidungen und Umweltsituationen in dem Entscheidungszeitpunkt bezogen.

In der Abb. 2-2 wird die Weiterentwicklung von Zielfunktionen nach Ablauf der Planungszeit schematisch dargestellt. Bei den Zielfunktionen ohne Berücksichtigung der Umweltzustände (oberer Teil der Darstellung) werden Zielfunktionen mit Wiederholungen der Simultanplanung gekennzeichnet. Dabei behalten die Zielfunktionen die vorjährigen Entscheidungen unverändert bei. Die Übernahme der vorjährigen Entscheidungen soll unter

---

[36] Siehe Kapitel 4.3.5.

[37] Vgl. Bloech, J. (1966, Investitionsmodelle), S. 14.; Rhode, R. (1981, Finanzplanung bei mehrfacher Zielsetzung). ;Kruschwitz, L. (2007, Investitionsrechnung), S. 10 f.; Haegert, L. (1971, Einfluss), S. 31 f.; Dinkelbach, W. (1962, Unternehmerische Entscheidungen), S.739-747.

Beachtung der neuen Nebenbedingungen als Gleichungssystem in der folgenden Simultanplanung eingegeben werden.[38]

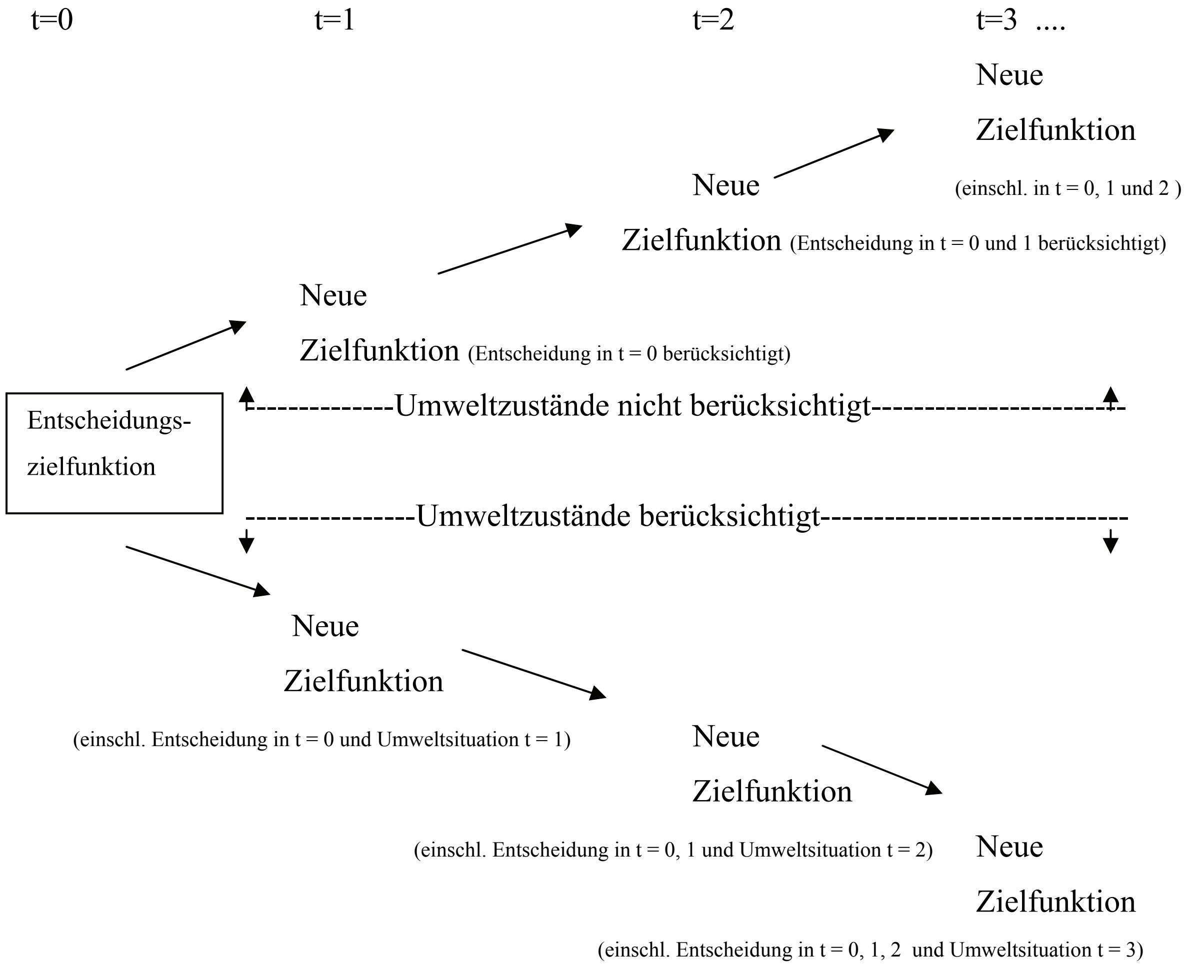


Abb. 2-2 Zielfunktionen nach Umweltsituationen

Bei den Zielfunktionen unter Berücksichtigung der Umweltzustände (unterer Teil der Darstellung) erfassen die Zielfunktionen sowohl die unveränderten vorjährigen Entscheidungen als auch veränderte Zahlungsströme nach Umweltzuständen. Die Nebenbedingungen werden in folgendem Kapital dargestellt.

Ein Überblick über die grundsätzlich denkbaren Zielfunktionen wird in Kapitel 3 und 4 gegeben.

---

[38] Z.B. Nebenbedingungen von (3-20) bis (3-25) und darauf folgende Darstellung auf der rechten Seite des Gleichungssystems in Tab. 3-12 in Kapitel 3.2.2.1.1.

Im oberen Teil (Umweltzustände nicht berücksichtigt) wird die gegenwärtige Sicherheit der Datenbeschaffung angenommen. Daher werden diese Programme unverändert wiederholt und die Optimallösungen gesucht. [39]

Demgegenüber sind die unteren Zielfunktionen (bei Berücksichtigung der Umweltzustände) als realitätsnahe Korrektur der Zielfunktion zu verstehen. Die unsicheren zukünftigen Daten und das Problem des entsprechenden vorteilhaften Planungshorizontes werden in jeder Planungsteilperiode im Hinblick auf veränderte Umweltbedingungen ergänzt.[40]

Hierbei wird es sinnvoll sein, die Sensitivitätsanalyse des mehrstufigen Modells durchzuführen.

Die Zielfunktion wird als Kriterium[41] für das Investitionsmodell[42], für diesen Fall folglich die Vermögensendwertmaximierung, zum Vergleich für den vorteilhaften Planungshorizont angewendet.[43]

Die kurzen Darstellungen der Zielfunktionen werden durch das Modell für den Fall der identischen Wiederholung des simultanen Programms und der nicht identischen Wiederholung des simultanen Programms vorgenommen.

Für das jeweilige Modell des simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramms bei Mehrfachentscheidungsfolge werden die vereinfachten Zielfunktionen nach Umweltzuständen wie folgt unterschieden:

1. Die ursprüngliche Zielfunktion beim Planungshorizont T

Investitionsprojekte und Finanzierungsmaßnahmen sind mit Zahlungsströmen verbunden. In einem Fall folgen Einzahlungen auf eine Auszahlung, im anderen Fall Auszahlungen auf eine Einzahlung. Mit $a_{n,t}$ wird nun die Auszahlung bezeichnet, die mit Investitionsprojekt *n* zum Zeitpunkt *t* verbunden ist. Daher können Einzahlungen als negative Auszahlungen aufgefasst werden. Falls eine Einzahlung aus Projekt *n* zum Zeitpunkt *t* stattfindet, ist $a_{n,t}$ in diesem Fall negativ. [44] In der vorliegenden Arbeit werden negative Auszahlungsüberschüsse (Zahlungsdiffrenzen) des Investitions- und Finanzierungsprojekts in

[39] Siehe Kapitel 3.2 und 4.2

[40] Siehe Kapitel 3.3 und 4.3

[41] Siehe Abb. 2-2 Zielfunktion nach Umweltsituationen.

[42] Vgl. Lücke, W. (1991, Investitionslexikon), S. 151 f. Davon werden die Zahlungen und die abgebildeten Vermögen in der vorliegenden Arbeit mehr angenährt.

[43] Z.B. Kapitel 3.2 und die darauf folgende Suche zum Vergleich für den vorteilhaften Planungshorizont in Kapitel 3.2.2.1.4 und 3.2.2.2.4. sowie Kapitel 4.1.3.2. und die darauf folgende Suche zum Vergleich für den vorteilhaften Planungshorizont in Kapitel 4.2.2.3, Kapitel 4.2.4.1 und Kapitel 4.2.4.2.

[44] Vgl. Hax, H.(1985, Investitionstheorie), S. 86.; Schneider, D. (1992, Investition), S. 20.

illustrierendem Zahlenbeispiel einbezogen. Einzahlungsüberschüsse des Investitions- und Finanzierungsprojekts können durch das umgekehrte Vorzeichen umformuliert werden.[45]

$$\mathcal{VE}_{T} = \mathcal{E}_{T} - \sum_{n=1}^{N-1} a_{n,T} * x_{n} - \sum_{m=1}^{M} d_{m,T} * y_{m} + (1+k) * x_{(N),T-1}$$

Vermögens endwert T	Eigenkapital- zuführung (extern) in Endperiode T	Zahlungsüberschüsse[46] der Investitionsprojekte in Endperiode T	Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte in Endperiode T	Aufgezinste kurzfristige Finanz- investition in Vorperiode T-1
	------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------------
	(Basiszahlung)	(Investitionszahlung)	(Finanzierungszahlung)	(Aufgezinste Finazmitelläberschüsse)

$$= x_{(N),T} \qquad \text{Maximierung!}$$

kurzfristige Finanzinvestition in Endperiode T

bzw. gesuchter Vermögensendwert

(Schlussentnahme)

2. Die Zielfunktion bei einmal wiederholtem simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm (Berücksichtigt keine Wiederholung des Finanzierungsprogramms)

$$\mathcal{VE}_{T'} = \mathcal{E}_{T'} - \sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,T'} * x_{n} - \sum_{m=1}^{M} d'_{m,T'} * y_{m} + (1+k) * x_{(N'),T'-1}$$

Eigenkapital- Zuführung(extern) in Periode T´	Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in Periode T´	Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte in Periode T´	Aufgezinste kurzfristige Finanz- investition in Periode T´-1

$$= x_{(N'),T'} \qquad \text{Maximierung!}$$

Kurzfristige Finanzinvestition in Periode T´ bzw. gesuchter Vermögensendwert

Wobei T´ die neue Endperiode ist.

Bei dem einmal wiederholten simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm müssen die Variablen des Investitionsprogramms berücksichtigt werden. Es müssen sowohl die neuen zusätzlichen Investitions- und Finanzierungsprojekte als auch Änderungen der Zahlungsströme in den Teilperioden im simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm bei mehrfacher Entscheidungsfolge mitkalkuliert werden. Die Zielfunktion wird wegen der Änderungen der Zahlungsströme in jeder Teilperiode berücksichtigt.

---

[45] $$\mathcal{E}_{T} = \sum_{n=1}^{N-1} a_{n,T} * x_{n} + \sum_{m=1}^{M} d_{m,T} * y_{m} - (1+k) * x_{(N),T-1} + x_{(N),T}$$

Eigenkapital- Zuführung (extern) in Endperiode T	Einzahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in Endperiode T	Einzahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte in Endperiode T	Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition in Vorperiode T-1	kurzfristige Finanz- Investition T

[46] Die Zahlungsströme werden durch Auszahlungsüberschüsse nach Hax, H. (1985, Investitionstheorie), S. 86-97 und Götze, U./Bloech, J. (2004, Investitionsrechnung), S. 337-348, und durch Ausgabeüberschüsse nach Blohm, H./ Lüder, K.; Schneider.D. (1992, Investiton), S.20ff. unterschiedlich dargestellt.

Im Planungsablauf werden die Änderungen der Zahlungsströme von Investitionen in einer Teilperiode durch a' und neue zusätzliche Investitionsprojekte sind durch x_n gekennzeichnet. Die maximal realisierbaren Einheiten des Investitionsprojekts lassen sich als $x_{(N)}$ zu $x_{(N')}$ neu formulieren.
Wie erwähnt, muss die Zielfunktion in jeder Umweltsituation und nach Planungsablauf mit neuen Daten versehen werden.

3. Die Zielfunktion bei dem zweimal wiederholten simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm (Berücksichtigt keine Wiederholung des Finanzierungsprogramms)

$$\mathcal{VE}_{\tilde{T}} = \mathcal{E}_{\tilde{T}} - \sum_{n=1}^{(\tilde{N}-1)} \tilde{a}_{n,\tilde{T}} * x_n - \sum_{m=1}^{M} \tilde{d}_{m,\tilde{T}} * y_m + (1+k) * x_{(N),\ \tilde{T}-1}$$

Eigenkapital-Zuführung (extern) in Periode $\tilde{T}$ | Zhlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in Periode $\tilde{T}$ | Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte in Periode $\tilde{T}$ | Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition in Periode $\tilde{T}$ -1

$$= x_{(N),\tilde{T}} \qquad \text{Maximierung!}$$

kurzfristige Finanzinvestition in Periode $\tilde{T}$
bzw. gesuchter Vermögensendwert

Wobei der neue Planungshorizont $\tilde{T}$ hier identisch T+2 angesehen werden soll.

2.3.2. Modellspezifische Nebenbedingungen

Bevor modellspezifische Nebenbedingungen zur Ermittelung der Vorteilhaftigkeit des Planungshorizonts dargestellt werden, sind die Zahlungsströme der Investitionsprojekte bei unterschiedlichen Planungshorizonten auszugleichen. Der Grund dafür liegt darin, den Einfluss der Zahlungsströme der Investitionsprojekte für Optimallösungen wegen der absoluten Dominanz der Zahlungsströme bei unterschiedlichen Planungshorizonten vermeiden zu können.

- Ein **Ausgleich der Zahlungsreihe** der Investitionsprojekte wird anhand der Kapitalwertmethode zwischen unterschiedlichen Planungshorizonten der simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramme durchgeführt. Mit Hilfe von modellendogenen Aufzinsungsfaktoren werden die neuen Zahlungsströme der aufgenommenen Investitionsprojekte bei den unterschiedlichen Planungshorizonten der Simultanprogramme nach der Durchführung der LP ausgeglichen. Vor dem Aufbau der Zahlungsströme in den Simultanplanungen aller illustrierenden Zahlenbeispiele ist es nötig, diese Bedingungen einzuhalten. Für den Ausgleich der Zahlungsströme in einer Teilperiode jedes Simultan-

programms wird das Newton-Verfahren[47] angewendet.[48] Beispielsweise ist der Kapitalwert des Investitionsprojekts 2 (IO_2) in einem 3-jährigen, 4-jährigen und 5-jährigen[49] simultanen Programm identisch, und der Kapitalwert des Investitionsprojekts 6 (IO_6) in einem 3-jährigen, 4-jährigen und 5-jährigen simultanen Programm.
Nach dem Ausgleich der Zahlungsströme kann keine Vorteilhaftigkeit für unterschiedliche Planungshorizonte der simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramme bei einem Investitionsprojekt i (IO_i) festgestellt werden. Beispielweise bedeutet dies, dass sich keine Vorteilhaftigkeit des Zahlungsstroms des Investitionsprojekts i (IO_i) zwischen dem 3-jährigen, 4-jährigen und 5-jährigen Simultanprogramm zeigt. Nur im Fall von unveränderten Umweltbedingungen werden die unterlassenen Investitionsprojekte in der Simultanplanung für Entscheidungsvariable nicht zugeordnet.

Modellspezifische Nebenbedingungen stehen im Zusammenhang mit Modellannahmen. Dazu sind neben allgemeinen finanzwirtschaftlichen Nebenbedingungen[50] die aus den simultanen Programmen bei mehrfacher Entscheidungsfolge entstehenden Nebenbedingungen zu beachten.

- Die aufgenommenen Investitionsprojekte werden unverändert im ganzen simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm fortgeführt. Die realisierten Investitionsprojekte werden durch die Festlegung in jedem getroffenen Tableau auf der rechten Seite (RS) in den Nebenbedingungen mit Gleichheitszeichen (=) gekennzeichnet.[51]

- Vorperiodische Ergebnisse der Finanzinvestitionen werden in den simultanen Programmen nicht beachtet. Die zur Aufnahme empfohlenen vorperiodischen Entscheidungen des Investitionsprojekts werden im zugehörigen Zeitpunkt für die Aufnahmemöglichkeit neu geprüft.

---

[47] In diesem Fall: $r_{k+1} = r_k$-(BKW/(d BKW)), wobei r_{k+1}: der gesuchte Wert, r_k:Ausgangswert, BKW: Barkapitalwert, d BKW: erste Ableitung der Barkapitalwert sind. Aus Kruschwitz, L. (1995, Investitionsrechnung), S. 111 ff. Mathematische Darstellung: $x_{n+1} = x_n - f(x_n)/f'(x_n)$

[48] Dabei ist es nötig, modellendogene Kalkulationszinssätze sowie interne Zinssätze, die im simultanen Programm nicht erforderlich sind, anzuwenden. Durch modellendogene Kalkulationszinssätze lassen sich die Grenzgewinne in der Simultanplanung berücksichtigen.

[49] Tab. 4-5 in Kapitel 4.2.1.2 in 3-jährigen und Tab. 4-14 in Kapitel 4.2.2.2.3 in 4-jährigen sowie Tab. 4-17 in Kapitel 4.2.3.2.3 in 5-jährigen simultanen Programm.

[50] Siehe Blohm, H./Lüder, K. (1995, Investition), S. 307 ff.; Götze, U./Bloech, J. (2004, Investitionsrechnung), S. 338 f.; Runzheimer, B. (1992, Operations Research I), S. 37 f. und S. 74-81.; Hansen, K. Meyer, M. (1979, Planungsverfahren), S. 56-59.

[51] Das wird als die von dem Zeitverlauf bedingte neue Nebenbedingung angesehen. z.B. Siehe Tab. 3-12 fette Schrift mit Gleichheitszeichen auf der rechten Seite.

- Die Änderung des Investitionsprojekts unter der Betrachtung der Umweltsituation wird nur in einer Teilperiode auf dem zugehörigen Zahlungssaldo in den Investitionsprojekten berücksichtigt. Die Änderung mehrerer Komponenten des Investitionsprojekts erschwert es, die exakte Auswirkung der einbezogenen Investitionsprojekte in der Optimallösung analysieren zu können. [52] Daher sollen die Änderungen der Komponenten nur für gegenwärtig sichergestellte Daten in der zugehörigen Teilperiode realistisch berücksichtigt werden.[53]

2.3.3. Zahlungsvorgänge

Der Begriff einer Investition lässt sich durch einen Periodenerfolg charakterisieren:

$ZS_{n,t} = - A_t + (P_t - a_{v,t})X_t + L_t$, (Periodenerfolg)

Wobei $ZS_{n,t}$ der Zahlungssaldo des Investitionsprojektes n zum Zeitpunkt t, Menge (X_t), Variable Kosten ($a_{v,t}$), Anschaffungskosten (A_t), Liquidationserlöse (L_t) sind.

Abb. 2-3 Aufbau der Zahlungskomponente

Der außerdem zu berechnende Periodenerfolg setzt sich zusammen aus:

Periodenerfolg $IO_{n,t} = (P_t - a_{v,t}) M_t - A_{f,t} + (L_t - RBWt)$,

wobei RBW_t: Restbuchwert in t, $(P_t - a_{v,t}) M_t$: (DB)Deckungsbeitrag, ($A_{f,t}$) : Fixe Kosten sind.

In den folgenden Tab. werden Komponente beider Größen von Priodenerfolg und Restbuchwert dargeboten.

Eine Zahlung des Investitions- und Finanzierungsprogramms[54] wird durch die folgenden Komponenten beeinflusst:

Die Zahlungsströme eines Investitionsprojektes werden durch Anschaffungsauszahlungen, laufende Aus- und Einzahlungen und Liquidationserlöse beeinflusst. Dabei wird der Zahlungsstrom aus o.g. Komponenten aufgebaut, zum einen um die LP-Bedingungen nicht zu verletzen und zum anderen, um das Komplexitätsproblem [55] zu vermeiden. Dieser

[52] Siehe Abb. 4-41.
[53] Siehe Tab. 4-42.
[54] Nutzungsdauer der Investitionsprojekts und Laufzeit des Finanzierungsprojekts werden fest angenommen im Vergleich zu Jackwerth, J.C. (1994, Dynamische Programming) S. 73 ff.
[55] Vgl. Gabler Wirtschafts Lexikon (1992 Ganzzahliges Optimierungsproblem: A-E) S. 1234 f.

Aufbau des Zahlungsstromes kann durch die Sensitivitätsanalyse in einem simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm bei mehrfacher Entscheidungsfolge vorteilhafter analysiert und prognostiziert werden. Folglich werden die Zahlungsreihen des Basistableaus bei den illustrierenden Zahlenbeispielen in Kapitel 3 und 4 nach Abb.2-3 angewendet:

Die Investitionen eines Unternehmens sind mit anfänglichen Auszahlungen bzw. Ausgaben und späteren Einzahlungen und Auszahlung (bzw. Einnahmen und Ausgaben) verbunden.[56] Das zeitliche Zahlungsproblem nach dem Planungsablauf kann die Änderung der Zahlungen und die Addition der im simultanen Programm befindlichen Investitions- und Finanzierungsprojekte unter dem Einfluss der Umweltbedingungen bewirken.[57] Zunächst soll allerdings auf die mit einem Investitionsprojekt verbundenen Zahlungsströme eingegangen werden.

Illustrierendes Beispiel als Basis für Kapitel 3

In diesem Investitionsprogramm wird ein Planungshorizont von T = 3 für die Investitionsprojekte angenommen. Als Illustration in den vorliegenden Zahlenbeispielen werden folgende Daten angenommen:

Aufgebaute Zahlungsströme in den Investitionsprojekten:

Z_t	IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7
Z_0	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000		
Z_1	-47.050	-27.600	-40.625	-80.200	-47.690	60.000	40.000
Z_2	-49.850	-28.660	-41.175	-74.200	-50.490	-43.000	-21.150
Z_3	-47.050	-28.129	-41.175	-89.200	-53.290	-40.459	-21.150

Die o.g. Zahlungsströme der Investitionsprojekte werden aus folgenden Daten aufgebaut: Dieses illustrierende Beispiel wird in Kapitel 3 als Grundmodell des Beispiels dargestellt und weitergeführt.

Anschaffungskosten (A_t)

	IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7
A_1	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000		
A_2						60.000	40.000

Ausbringungsmenge (M_t)

X_1	1000	700	900	1500	1000		
X_2	1050	720	910	1400	1050	1000	650
X_3	1000	710	910	1500	1000	954	650

[56] Vgl. dazu die begrifflichen Erklärungen bei: Hax, H. (1985, Investitionstheorie), S. 9; Schneider, D. (1992, Investition), S. 20. ; Schneider, E. (1973, Wirtschaftlichkeitsrechnung), S. 6. ; Schaäfer, E. (1991, Die Unternehmung), S. 316.; Olfert, K. (2003, Investition), S. 122f.

[57] Siehe Kapitel 4.3.

Preis (P_t)							
P_1	100	100	100	100	100	100	100
P_2	100	100	100	100	100	100	100
P_3	100	100	100	100	100	100	100

Variable Kosten ($a_{v,t}$)

$a_{v,1}$	44	47	45	40	44		
$a_{v,2}$	44	47	45	40	44	46	49
$a_{v,3}$	44	47	45	40	44	46	49

Fixe Kosten ($A_{f,t}$)

$A_{f,1}$	8950	9500	8875	9800	8310		
$A_{f,2}$	8950	9500	8875	9800	8310	11000	12000
$A_{f,3}$	8950	9500,67	8875	9800	8310	11056,7	12000

Liquidationserlöse für IO_i (L_T)

L_T	0	0	0	9000	5600	0	0

Illustrierendes Beispiel für Finanzierungsprojekte

Diese Kostensätze des Finanzierungsprogramms werden das ganze illustrierende Zahlenbeispiel hindurch unverändert angewendet. Das Finanzierungsprogramm lautet wie folgt:

	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4
Höchster Betrag	1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000
Kostensätze (konstant)	14% p.a.	12% p.a.	12% p.a.	13% p.a.
Art	Endtilgung	Endtilgung	Ratentilgung	Annuitätentilgung

Finanzierungsprogramm bei Planungshorizont T = 3

	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4[58]
t = 0	-1	-1		-1
t = 1	0	0	-1	0,42352
t = 2	0	0	0,12	0,42352
t = 3	$1,14^3$	$1,12^3$	1,12	0,42352
t = 4				

Finanzierungsprogramm bei Planungshorizont T +1

FO_1	FO_2	FO_3	FO_4
-1	-1		-1
0	0	-1	0,3361942
0	0	0,12	0,3361942
0	0	0,12	0,3361942
$1,14^4$	$1,12^4$	1,12	0,3361942

58 Finanzierungsprojekt 4 (FO_4) liegen die Annuitätentilgungen zu Grunde: $((1,13)^3*0,13)/((1,13)^3-1)$ bzw. $((1,13)^4*0,13)/((1,13)^4-1)$ bei Planungshorizont T+1. Dazu Busse v. C./Laßmann, G. (1990, Betriebswirtschaftstheorie 3), S.34 -40.

Dieses illustrierende Zahlenbeispiel ist als Grundlage des dritten und vierten Kapitels anzusehen. Darauf aufbauend wird die Simultanplanung je nach Umweltsituation weiter geführt.

2.4. Vollständiger Finanzplan (VOFI)

Der Begriff des vollständigen Finanzplanes[59] bezieht sich auf die explizite Kalkulation der finanziellen Mittel. Dabei werden die relevanten Zahlungen zu jedem Zeitpunkt berechnet.[60] Die allgemeine Erstellung des aus einer Investition abgeleiteten vollständigen Finanzplans ergibt sich wie folgt:

	t = 0	t = 1	,...,	t = T	
Zahlungsreihe			,...,		Strömungsgrößen
Eigenkapital			,...,		
Kredit			,...,		
Kontokorrentkredit			,...,		
Geldanlage			,...,		
Finanzierungssaldo			,...,		
Bestandsgröße			,...,		Bestands-größen
Bestandssaldo			,...,		

Der vollständige Finanzplan setzt sich aus Strömungsgrößen (von Zahlungsreihe bis Finanzierungssaldo) und Bestandsgrößen (Bestandsgröße und -saldo) zusammen.
Der vollständige Finanzplan wird dadurch charakterisiert, dass die einem Investitionsprojekt bzw. einer Geldanlage zurechenbaren entscheidungsrelevanten Daten einschließlich der monetären Konsequenzen in Form eines Finanzplanes tabellarisch erfasst werden.[61]
Beispielsweise kann das Verfahren zur Berechnung des Vermögensendwertes[62] hinsichtlich des Planungszeitraums von t = 0 bis T mithilfe eines vollständigen Finanzplanes und des Planungshorizonts T dargestellt werden:

$$\sum_{n=4,7} a_{n,t} * x_n + \sum_{m=1}^{4} d_{m,t} * y_m + x_{(N),0} + \sum_{t=1}^{T} (x_{(N),t} - (1+k) * x_{(N),t-1} - \mathcal{E}_t)$$

---

[59] Vgl. Everding, D. (1994, Investititonsrechnung), S. 103-110.; Götze, U./ Bloech, J. (2004, Investitions-rechnung), S. 157-161.; Heinhold, M. (1989, Investitionsrechnung), S. 114-119.
[60] Vgl. Betge, P. (1998, Investitionsplanung), S. 93 – 97.
[61] Vgl. Grob, H. L. (1989, Investitionsrechnung), S. 5.; Grob. H. L. (1990, Einführung), S. 57.; Heister, M. (1962, Rentabilitätsanalyse); Adam, D. (2000, Investitionscontrolling), S. 161 f. und 169 ff.; Mellwig, W. (1985, Investition), S. 2 ff.
[62] Siehe in Kapitel 3.2.1.4.

2.5. Darstellung mehrstufiger Entscheidungsprozesse hinsichtlich der Umweltsituationen

Die Darstellung mehrstufiger Entscheidungsprozesse macht es erforderlich, die Änderungen der Umweltsituationen sowohl im Hinblick auf Zielfunktion und Nebenbedingungen als auch auf die isolierten Simultanprogramme nach jedem Planungslauf neu zu formulieren.
Aus den folgenden Tabellen können die Änderungen der Komponenten (Koeffizienten)[63] der Investitionsprojekte als die Zahlen der Einheiten des Produktionsfaktors[64] bzw. als die Profitabilitäten beispielsweise als Stückgewinne, Deckungsbeiträge, Stückverluste von Erzeugnisarten oder die Kapitalwerte des einzelnen alternativen Investitionsprojekts angesehen werden.

Die Zahlung des Investitionsprojekts $a_{n,t}$ wird durch Wiederholungen der Simultanplanungen nicht identisch dargestellt. Diese Änderungen der Zahlung (Zahlungsdifferenzen) des Investitionsprojekts $a_{n,t}$ (Koeffizienten der Investitionsprojekte) müssen in der neuen Simultanplanung neu betrachtet werden. Es kann sich sowohl um einen einzelnen Anschaffungspreis des Investitionsprojekts bei einer Änderung der Umwelt als auch um die Zahlungswirkung nach der gesamten Simultanplanung durch Wiederholung der simultanen Programme handeln. Im folgenden Fall werden die beiden Änderungen der Investitionsprojekte berücksichtigt.

Die Zahlung (Zahlungsdifferenzen) des Finanzierungsprojekts $d_{m,t}$ (die Koeffizienten der Finanzierungsprojekte) lässt sich nach gegebenem simultanen Programm erweitern, d.h. die Zahlung des Finanzierungsprojekts $d_{m,t}$ wird nach erweitertem simultanen Programm mit den gegebenen Kostensätzen der Finanzierungsprojekte geändert.

1. Basis Simultanplanung

Für t = 0 bis T:

Suche nach der Optimallösung des jeweiligen simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramms.

Die finanzwirtschaftlichen Nebenbedingungen:[65]

---

[63] Vgl. Kruschwitz, L. (1995, Finanzierung), S. 370 ff.
[64] Vgl. Müller Merbach (1973, Operations Research), S. 132.
[65] Siehe 1. Zielfunktion (Die ursprüngliche Zielfunktion beim Planungshorizont T) in Kapitel 2.2.1.

Für t = 0

$$\sum_{n=1}^{(N-1)} a_{n,0} * x_n \quad + \quad \sum_{m=1}^{M} d_{m,0} * y_m \quad + \quad x_{(N),0} \quad = \quad \mathcal{E}_0$$

Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte zum Zeitpunkt t = 0	Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Finanzierungsprojekte zum Zeitpunkt t = 0	Die am Ende der Periode vorhandene kurzfristige Finanzinvestition zum Zeitpunkt t = 0	Zuführung von Eigenkapital zum Zeitpunkt t = 0 (Ext. Zuführung)

…,

Für den Planungshorizont T

$$\sum_{n=1}^{(N-1)} a_{n,T} * x_n \quad + \quad \sum_{m=1}^{M} d_{m,T} * y_m \quad - \ (1+k) * x_{(N),T-1} \quad + \ x_{(N),T} \quad = \mathcal{E}_T$$

Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in Periode T (T = 3)	Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte in Periode T (T = 3)	Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition in Periode T-1	Gesuchter Vermögens-endwert T (T = 3)	Zufühung von Eigenkapital (extern) in T (Ext. Zuführung)

2. Wiederholte Simultanplanung nach Teilperioden

Für t = 0 bis T+1:

Suche nach der Optimallösung des jeweiligen simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramms bei mehrfacher Entscheidungsfolge, wobei die Optimallösung der vorzeitigen Entscheidung in t = 0 in Nebenbedingungen abgesichert ist und die in t = 1 gegebene Umweltsituation in den Zahlungsströmen der Investitionsprojekte berücksichtigt wird. Je nach Umweltsituationen werden die in t = 1 neuen Investitionsprojekte im gesamten simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm zusammengesetzt.[66]

Die Zielfunktion[67] und finanzwirtschaftlichen Nebenbedingungen:

Für t = 0:

Die Optimallösung der Basis Simultanplanung von t = 0 wird übernommen. Dabei sollen die Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte von $\sum_{n=1}^{(N-1)} a_{n,0} * \ x_n$ zur bestimmten Realisierungsentscheidung [68] $a_{4,0}\ x_4$ in t = 0 und $a_{7,1}\ x_7$ in t = 1 nach Umweltsituationen unterschiedlich berücksichtigt werden.[69]

Die Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte und das bereitgestellte Eigenkapital (extern) in t = 0 bleiben unverändert.

---

66 Siehe Abb. 2-2.

67 Siehe 2. Zielfunktion (Die Zielfunktion beim einmal wiederholten simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm (Berücksichtigt keine Wiederholung des Finanzierungsprogramms zum Planungshorizont T+1) in Kapitel 2.2.1.

68 Illustrierendes Beispiel für Kapitel 3.

69 Nach Abb. 2-2.

Nach Änderung der Umweltbedingungen müssen die Änderungen sowohl der Zahlung des Investitionsprojekts $a_{n,t}$ (Koeffizienten des Investitionsprojekts) und der Zahlung des Finanzierungsprojekts $d_{m,t}$ als auch des maximal realisierbaren Umfangs des Investitionsprojektes unterschiedlich bezeichnet werden.[70] Dabei wird die allgemeine Formulierung durch $\sum_{i=1}^{I} a_{i,1} * x_n$ vereinfacht, weil Umweltzustände in Kapitel 3.2 und 4.2 nicht berücksichtigt werden. Demgegenüber werden Umweltzustände mit dem Verlauf der Planungen in Kapitel 3.3 und 4.3 berücksichtigt.[71]

Für t = 1:

(Aus der ersten Simultanplanung von Investitionsprojekten)

$$\sum_{i=1}^{I} a_{i,1} * x_n + \sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,1} * x_n + \sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,1} * x_n$$

Zahlungsüberschüsse der in t = 0 aufgenommenen Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung ab dem Zeitpunkt t = 1

(Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte nach veränderter Umweltbedingung)

$$+ \sum_{m=1}^{M} d'_{m,1} * y_m + x_{(N'),1} = \mathcal{E}_1$$

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der ersten Simultanplanung	Falls vorhanden, kurzfristige Finanzinvestition	Zuführung von Eigenkapital in Zeitpunkt t = 1 (Ext. Zuführung)

Für t = 2:

(Aus der ersten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (Aus der zweiten Simultanplanung von Investitionsprojekten)

$$\sum_{i=1}^{I} a_{i,2} * x_n + \sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,2} * x_n$$

Zahlungsüberschüsse der in t=0 aufgenommenen Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der in t =1 aufgenommenen Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der in t =1 aufgenommenen Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung

(Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte nach veränderten Umweltbedingungen)

$$+ \sum_{m=1}^{M} d'_{m,2} * y_m + x_{(N'),2} - (1+k) * x_{(N'),1} = \mathcal{E}_2$$

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte	Falls vorhanden, kurzfristige Finanzinvestition	Aufgezinste kurzfristige Finanz-investition in Periode t=1	Zuführung von Eigenkapital in Zeitpunkt t = 2 (Ext. Zuführung)

70 Vgl. Kapitel 3.2 mit Kapitel 3.3 sowie Kapitel 4.2 mit Kapitel 4.3

71 Siehe Abb. 2-2.

......

Für T+1:[72]

$$\sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,T+1} * x_n + \sum_{m=1}^{M} d'_{m,T+1} * y_m - (1+k) * x_{(N'),T} + x_{(N'),T+1} = \mathcal{E}_{T+1}$$

Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in Periode T+1 | Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte in Periode T | Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition in Periode T | Externe. Zuführung

3. Zweimal wiederholte Simultanplanung

Für t = 0 bis T+2:

Suche nach der Optimallösung des jeweiligen simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramms bei mehrfacher Entscheidungsfolge, wobei Optimallösungen der jeweiligen Entscheidungen in t = 0 und 1 in Nebenbedingungen abgesichert sind und wobei die Erweiterung der Planungshorizonte und die in t = 1 realistisch angefallene Umweltsituation in den Zahlungsströmen der Investitionsprojekte bereits zur Korrektur gebracht sind. Zusätzlich werden die in t = 2 je nach Umweltsituation periodisch zugehörigen neuen Investitionsprojekte im gesamten simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm zusammengesetzt.

Zielfunktion:[73]

$$\mathcal{VE} = \mathcal{E}_{T+2} - \sum_{n=1}^{(\tilde{N}-1)} \tilde{a}_{n,T+2} * x_n - \sum_{m=1}^{M} \tilde{d}_{m,T+2} * y_m + (1+k) * x_{(\tilde{N}),T+1}$$

Eigenkapitalzuführung in Periode T+2 (Ext. Zuführung) | Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in Periode T +2 | Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte in Periode T+2 | Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition in Periode T+1

$$= x_{(\tilde{N}),T+2} \qquad \text{Max!}$$

Kurzfristige Finanzinvestition in Periode T+2=5 bzw. gesuchter Vermögensendwert

[72] Die Zielfunktion ist identisch wie 2. Zielfunktion (Die Zielfunktion beim einmal wiederholten simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm (Berücksichtigt keine Wiederholung des Finanzierungsprogramms zum Planungshorizont T+1) in Kapitel 2.2.1.

[73] Siehe 3. Zielfunktion (Die Zielfunktion beim zweimal wiederholten simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm (Berücksichtigt keine Wiederholung des Finanzierungsprogramms zum Planungshorizont T+1) in Kapitel 2.2.1.

Diese Zielfunktion soll einerseits mit den vorperiodischen Entscheidungen der Simultanplanungen und andererseits mit neuen alternativen Investitions- und Finanzierungsprogrammen dargestellt werden.

Die finanzwirtschaftlichen Nebenbedingungen

Für t = 1:

Die Restriktionen ergeben sich durch Übernahme der vorperiodischen Entscheidungen in die Simultanplanung. Die Übernahme der Investitionsprojekte und der Finanzierungsprojekte wird nach einer neuen Formel berechnet:

$\sum_{i=1}^{I} a_{i,1} * x_i$: Optimallösungen der ersten Entscheidung aus dem ersten simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm (Basis Simultanplanung) in den Zeiträumen von t = 0 bis T = 3.

$\sum_{j=1}^{J} a'_{j,1} * x_j + \sum_{k=1}^{K} a'_{k,1} * x_k$: Übernahme der zu realisierenden Investitionsprojekte der Entscheidung aus dem ersten simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm und aus den zur Wahl stehenden Projekten aus der ersten und zweiten Simultanplanung, wobei die Anzahl der Investitionsprojekte und der Zahlungsüberschüsse der Investitionsalternative zum Zeitpunkt t durch die Übernahme der Simultanplanung als $a'_{n,1}$ statt $a_{n,t}$ neu definiert werden.

Für t =2:

(Aus der ersten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (In t=2 veränderte Umweltsituation)

$$\sum_{i=1}^{I} a_{i,2} * x_i + \sum_{j=1}^{J} a'_{j,2} * x_j + \sum_{k=1}^{K} a'_{k,2} * x_k + \sum_{n=1}^{(\tilde{N}-1)} \tilde{a}_{n,2} * x_n$$

$\sum_{i=1}^{I} a_{i,2} * x_i$	$\sum_{j=1}^{J} a'_{j,2} * x_j$	$\sum_{k=1}^{K} a'_{k,2} * x_k$	$\sum_{n=1}^{(\tilde{N}-1)} \tilde{a}_{n,2} * x_n$
Zahlungsüberschüsse der in t=0 aufgenommene Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung ab Zeitpunkt t = 1	Zahlungsüberschüsse der in t=1 aufgenommenen Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der in t=1 aufgenommenen Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte der zweiten und dritten Simultanplanungen

(Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in t=1 bei veränderter Umweltsituation)

$$+ \sum_{m=1}^{M} \tilde{d}_{m,2} * y_m + x_{(\tilde{N}),2} = \mathcal{E}_2$$

$\sum_{m=1}^{M} \tilde{d}_{m,2} * y_m$	$x_{(\tilde{N}),2}$	$\mathcal{E}_2$
Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der ersten Simultanplanung	Falls vorhanden, kurzfristige Finanzinvestition	Das bereits zugeführte Eigenkapital in Zeitpunkt t = 2 (Ext. Zuführung)

Wobei N nicht nur die neue und zur Auswahl stehenden Investitionsprojekte sondern auch die Anzahl der Realisierungsinvestitionsprojekt I, J und K beinhaltet.

...,

Für T+2:

$$\sum_{n=1}^{(\tilde{N}-1)} \tilde{a}_{n,T+2} * x_n + \sum_{m=1}^{M} \tilde{d}_{m,T+2} * y_m - (1+k) * x_{(\tilde{N}),T+1} + x_{(\tilde{N}),T+2} = \mathcal{E}_{T+2}$$

Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in Periode T +2	Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte in Periode T+2	Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition in Periode	Die kurzfristige Finanzinvestition

- Projektnebenbedingungen[74]

Die modellspezifischen Nebenbedingungen

Die zeitabhängigen modellspezifischen Nebenbedingungen tauchen nach der Simultanplanung des Investitions- und Finanzierungsprogramms bei mehrfacher Entscheidungsfolge auf. Vor erneuter Durchführung sind die Nebenbedingungen mit Gleichheitszeichen in den neuen Planungssituationen zu korrigieren. Hier sollen sowohl die vorjährigen Simultanplanungsentscheidungen von Investitionsprojekten und Finanzierungsprojekten als auch das Eigenkapital berücksichtigt werden.

In t = t: Suche nach der Optimallösung des jeweiligen simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramms bei mehrfacher Entscheidungsfolge, wobei Optimallösungen der Entscheidung in t = 0, 1 und t-1 in Nebenbedingungen abgesichert sind und die in t = t angefallenen Umweltsituationen in den Zahlungsströmen der Investitionsprojekte zur Korrektur gebracht sind. Zusätzlich werden die in t = t je nach Umweltsituation zugehörigen neuen Investitionsprojekte im gesamten simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm zusammengesetzt. Dabei werden die Komponenten nach Änderung der Umweltsituationen in den Teilperioden berücksichtigt.

Die Kostensätze der Finanzierungsprojekte werden nach der Erweiterung der laut Planungshorizonten angegebenen Kostensätze unverändert bleiben.

2.6. Lineare Optimierung

Auf die ersten linearen Modellansätze und Betrachtungsweisen wird in den 30er Jahren durch die Input-Output-Analyse von Leontief hingewiesen. Eine wichtige Methode stellt die Simplexmethode dar, die durch Dantzig in den vierziger Jahren zur Lösung von linearen

---

[74] Allgemeine Projektnebenbedingungen in den weiter unten illustrierenden Zahlenbeispielen, siehe Produktionsnebenbedingungen (3-5) bis (3-9).

Optimierungsmodellen entwickelt wurde.[75] Die Simplexmethode ist als eine Methode anzusehen, die sich zur Lösung linearer Optimierungsprobleme der Inversion von Matrizen bedient.[76]

Die Bezeichnung des Simplex-Algorithmus bezieht sich auf aufgespannte konvexe Polyeder.[77] Der Simplex-Algorithmus ist durch eine Generalisierung und Erweiterung der Methoden zur Lösung von linearen Gleichungssystemen bzw. Methoden zum Invertieren von Matrizen dargestellt.[78] Das allgemeine Zuordnungsproblem, Einsatzgrößen und Aufgaben usw. können durch Maximierung bzw. Minimierung einer linearen Zielfunktion dargestellt werden. Das Grundprinzip des Simplex-Algorithmus besteht darin, die Eckpunkte des Lösungsbereiches über den „steepest approach“ zu berechnen. Zur Inversion von Matrizen werden Umwandlungen der Restriktionen von Ungleichungen zu Gleichungen mit Hilfe von Schlupfvariablen (zusätzlichen Variablen) eingesetzt.[79] Die Zielfunktion ist unter Beachtung von Restriktionen und von Nichtnegativitätsbedingungen zu maximieren bzw. zu minimieren.

Dabei werden Nichtnegativitätsbedingungen von Schlupfvariablen (einschließlich aller eingegebenen Variablenvektoren) angesetzt, weil eine Negativität von Schlupfvariablen als die Überschreitung einer Kapazitätsgrenze zu verstehen ist.

Die rechnerischen Verfahren[80] beginnen mit einer zulässigen Lösung und werden fortgesetzt, bis eine weitere Verbesserung durch Iterationsverfahren nicht mehr möglich ist. Die gesuchte maximierende (minimierende) Optimallösung wird dadurch gefunden.

Die mathematische Vorgehensweise des Simplex-Algorithmus[81]

---

[75] Vgl. Diruf, G./Schönbauer, J. (1993, Operations Research), S. 34.; vgl. dazu die Darstellung des allgemeinen LP Problems von Gass, S. I. (1969, Linear Programming), S. 49-63.; Dürr, W./ Kleibohm, K. (1992, Operations Research), S. 20f. und S. 40-47.

[76] Neben der Simplexmethode gibt es die Multiplexmethode von Frisch, R. (1976, Multiplex Methode) sowie die Duplexmethode (1963, Duplex Methode), S. 103-116 und Triplexmethode (1968, Triplex-Verfahren), S. 145-154 von Künzi, H. P.

[77] Vgl. Kreko, B. (1970, Lineare Optimierung), S. 144.; Bloech, J. (1974, Optimierung), S. 31-39.

[78] Vgl. Müller-Merbach, H. (1973, Operations Research), S. 89.; Ackoff, R. L./Sasieni, M. W. (1970, Operations Research), S. 160.

[79] Zu weiteren ausführlichen Erklärungen siehe Bloech, J./Bogaschewsky, R./Götze, U./ Roland, F. (2004, Einführung), S. 156 – 169.; Bloech, J. (1974, Optimierung), S.17-21.

[80] Vgl.; Domschke, W./Drexl, A. (1991, Einführung), S. 18 – 32.; Bloech, J./Bogaschewsky, R./Götze, U./ Roland, F. (2004, Einführung), S. 157-169.

[81] Dazu die ausführliche Erklärung von Müller-Merbach, H. (1973, Operations Research), S. 188 – 132.; Bloech, J./ Bogaschewsky, R./Götze, U. Roland, F. (2004, Einführung), S. 161 – 169.; Woll, A. (1996, Wirtschaftslexikon), S.619f.

1. Umwandlung des Beschränkungssystems aus Ungleichungen in ein Gleichungssystem (Normalform) durch Einführung von Schlupfvariablen.[82]
2. Bestimmung der gegen eine Basisvariable auszutauschenden Nichtbasisvariablen.
3. Bestimmung der aus der Lösung zu eliminierenden Basisvariablen.
4. Bestimmung der Hilfszeilen, die unter das alte Tableau geschrieben werden.
5. Bestimmung der Elemente a^*_{ij} in dem neuen Simplex-Tableau.

2.6.1. Die Dualität der linearen Programmierung

Bei der Lösung einer LP nach dem Simplex-Algorithmus entstehen Dualwerte, die angesichts der Produktmengenbedingungen und Liquiditätsbedingungen interpretiert werden.

Dantzig[83] und Müller-Merbach[84] verweisen auf die Dualität der linearen Programmierung. Aus dem vorherigen Kapitel geben die Änderungen der Komponenten (Koeffizienten) der Investitionsprojekte bzw. die zusätzliche Aufnahme der Einheit des Investitionsprojektes angesichts der Produktmengenbedingungen den Nutzenzuwachs an. Die Änderungen der Komponenten (Koeffizienten) der Investitionsprojekte bzw. die zusätzliche Aufnahme der Einheit des Investitionsprojektes können darum als die Zahlen der Einheiten des Produktionsfaktors angesehen werden. Außerdem kann die nicht ausgenutzte Menge des Faktors auch in weitem Sinne als Schlupfvariable angesehen werden.[85] Die Problemformulierung stellt sich aufgrund des Dualitätstheorems der linearen Programmierung im Vergleich mit dem Primalwert unterschiedlich dar.

In der linearen Optimierung ist das Prinzip der Dualität theoretisch wie praktisch sehr wichtig. Das Dualitätstheorem der linearen Planungsrechnung besagt, dass jedem primalen linearen Optimierungsproblem ein duales lineares Optimierungsproblem zugeordnet werden kann, wobei die optimalen Lösungen der primalen und dualen Lösungen identisch sind.

Die bei der Lösung eines linearen Programms nach der Durchführung des Simplex-Algorithmus entstehenden Dualwerte informieren darüber, um welchen Betrag der Wert der

---

[82] Vgl. Domschke, W./ Drexl, A. (1991, Einführung), S. 111 ff.; Dirf, G./Schönbauer, J. (1993, Operations Research), S. 112 – 117.

[83] Vgl. Dantzig, G. B. (1963, Linear Programming), S. 123 ff.; (1966, Lineare Programmierung und Erweiterungen: Deutsche Übersetzung), S. 163 – 166.

[84] Vgl. Müller-Merbach (1973, Operations Research), S. 133ff.; Wolfe, P. (1959, The Simplex Method), S. 382 – 398.; Ellinger, T./Beuermann, G./Leisten, R. (1998, Operations Research), S. 59 – 66.; Ackoff, R. L./ Sasieni, M. S. (1970, Operations Research), S. 164 – 172..; Runzheimer, B. (1992, Operations Research I), S. 74-81.

[85] Vgl. Müller-Merbach (1973, Operations Research), S. 132.

Zielgröße steigen würde, wenn man die rechte Seite bei den Nebenbedingungen um eine marginale Einheit erhöhen würde, falls die Zielfunktion den Gewinn maximieren soll.

Aus ökonomischer Sicht handelt es sich dabei um Grenzgewinne.

Zu jedem Primalansatz zur Ermittlung des optimalen Programms lässt sich grundsätzlich ein Dualansatz formulieren. Dem ursprünglichen primalen Linearansatz zum Maximierungsproblem (1) ist der duale Ansatz eines Minimierungsproblems (2) gegenübergestellt.[86]

(1) Primalproblem:

Zielfunktion: Max G

$$G = G_0 - \sum_{j=1}^{J} c_j x_j$$

Nebenbedingung

$$y_i + \sum_{j=1}^{J} a_{ij} x_j = b_i$$

$x_j \geq 0$

$y_i \geq 0$

(2) Dualproblem:

Zielfunktion: Max ($-G$) bzw. Min G

$$G = G_0 + \sum_{i=1}^{I} b_i v_i$$

Nebenbedingung

$$w_j - \sum_{i=1}^{I} a_{ij} v_i = c_j$$

$v_i \geq 0$

$w_j \geq 0$,

wobei $j = 1,2, \ldots, J$ und $i = 1,2, \ldots, I$

Aufgrund der Dualität existiert symmetrisch zu einem Maximierungsproblem ein Minimierungsproblem.

Die mathematischen Zusammenhänge zwischen Primalproblem und Dualproblem werden bei der Erstellung des Dualproblems aus dem Primalproblem beschrieben und daraus abgeleitete Dualwerte[87] der linearen Programmierung über Bildung von Quotienten als gesuchte modellendogene Aufzinsungsfaktoren interpretiert werden können. Das gilt nur für die Dualwerte der Liquiditätsnebenbedingungen, falls die Liquiditätsnebenbedingungen betrachtet werden. Diese Interpretation stellt heraus; „Die Schlupfvariablen des

---

86 In Anlehnung an Dantzig, G. B. (1966, Lineare Programmierung), S. 163 – 167.; Barankin, E./Dorfman, R. (1956, A method for quadratic Programming) S. 340.; Bloech, J. (1974, Lineare Optimierung), S. 112 – 120.; Ackoff. R/Sasieni, M.W.(1970 Oprerations Research).; Meyer, H. (1979, Planungsverfahren), S. 21-65.; Dirf, G.. Schönbauer, J. (1993, Optimierungs Research Verfaren) S. 62-69.

87 Die Variablen im Primalproblem sind die Schattenpreise, Knappheitspreise, Knappheitswerte, Opportunitätskosten, internen Verrechungspreise, Faktorwerte u.a. der Schlupfvariablen im Dualproblem, siehe auch Albach, H. (1962, Investition und Liquidität), S. 107ff ; Bloech, J. (1974, Optimierung), S. 113 und 119 ff. Wegener, H. (1973 Die Optimierung) S.48 ff.; Hax, H. (1985, Investitionstheorie), S. 97-101.

Primalproblems sind die Schattenpreise der Problemvariablen im Dualproblem bzw. die Problemvariablen des Primalproblems sind die Schattenpreise der Schlupfvariablen des Dualproblems.“ [88] Nach Hax, H. (1985) muss man mit Aufzinsungsfaktoren eine im Zeitpunkt t erfolgende Zahlung multiplizieren, um ihren Barwert[89] im Zeitpunkt t = 0 zu erhalten.

Die Koeffizienten der Zielfunktion des Primalproblems c_j sind als Profitabilitäten (beispielsweise als Stückgewinne, Deckungsbeiträge, Stückverluste von Erzeugnisarten) oder als Kapitalwerte des einzelnen alternativen Investitionsprojekts zu verstehen. Hierbei handelt es sich um die auf eine Einheit der jeweiligen Entscheidungsvariablen bezogenen Zielerreichungsbeiträge.

Die zwischen Primal- und Dualansatz bestehenden ökonomischen Beziehungen bedeuten, dass den *x*-Werten als Variablen des Primalproblems im dualen Ansatz die *v*-Größen entsprechen.
Zum Zweck der Umformulierung von Ungleichung zu Gleichung werden künstliche Variablen (Schlupfvariablen) eingeführt. Diese künstlichen Variablen (Schlupfvariablen) werden durch y_j ($j = 1,2, ..., J$) bezeichnet.
Die Beziehungen der Opportunitätskosten bzw. Schattenpreise u.a. finden sich für die im Dual auftretenden *v*-Größen. Gemäß der Optimallösung weist das Primalproblem aus, welche Maximierung sich für den Zielwert unter Berücksichtigung aller Restriktionen erzielen lässt, welche Investitionsprojekte zur Realisierung dieser maximalen Zielfunktion aufgenommen werden, und in welchem Ausmaß die restriktiven Größen der Finanzierungsprojekte in Anspruch genommen werden.

Die restriktiven Größen des hier betrachteten Primalproblems entstehen aus Restriktionen, die in der jeweiligen Periode aufgrund begrenzter liquider Mittel bzw. Geldanlage- und Geldaufnahmemöglichkeiten bestehen, wobei denjenigen Ressourcen, die in den optimalen Lösungen völlig ausgeschöpft und somit zu Engpässen geworden sind, im Dualansatz *v*-Werte (> 0) zugeordnet werden.

---

[88] Vgl. Bloech, J. (1974, Optimierung), S. 113.
[89] Vgl. Bieg, H./Kussmaul, H. (2000, Investitions) S 116.; Götze, U./Bloech, J. (2004, Investitionsrechnung), S. 71

2.6.2. Modellendogene Aufzinsungsfaktoren

Die Dualwerte der Liquiditätsnebenbedingungen sind ein akkumulierter Aufzinsungsfaktor vom Anfangszeitpunkt bis zum Planungshorizont T. Der Dualwert der Liquiditätsnebenbedingung in der t-ten Periode gibt an, um welchen Betrag der Zielfunktionswert steigen würde, wenn eine zusätzliche Einheit der liquiden Mittel zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung stünde. Die im Modell abgeleiteten Dualwerte können hinsichtlich des entsprechenden Ausdrucks als die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren [90] bezeichnet werden.

Aus den modellendogenen Aufzinsungssätzen lassen sich die gesuchten, periodenabhängigen modellendogenen Kalkulationszinssätze mit Forward Rates und Spot Rates in den einzelnen Teilperioden ableiten.

Analog zur Kapitalwertmethode gelten die modellendogenen Kalkulationszinssätze ausschließlich bei der Nicht-Ganzzahligkeitsbedingung für die geeigneten Anwendungsmöglichkeiten. Im Fall der Ganzzahligkeitsbedingungen sind die modellendogenen Kalkulationszinssätze nicht immer im Kapitalwertkriterium anzuwenden.[91]

Mit den modellendogenen Kalkulationszinssätzen wird für einzelne Investitions- und Finanzierungsprojekte beurteilt, ob die einzelnen Investitions- und Finanzierungsprojekte mithilfe der Kapitalwert-Berechnung einen positiven oder negativen Wert haben. Wenn die Kapitalwert-Berechnung eines einzelnen Investitions- und Finanzierungsprojekts positiv ist, dann wird es im Optimalprogramm realisiert und anderenfalls wird es nicht realisiert.

Weitere Erklärungen und illustrierende Beispiele hierzu finden sich in Kapital 3.2.1.6.

2.6.2.1. Modellendogene Kalkulationszinssätze (Forward Rates und Spot Rates)

In Bezug auf die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren (q_t*) ergeben sich die modellendogenen Kalkulationsaufzinsungszinssätze (i_t*) unter Verwendung der Erwartungstheorie von Fisher[92].

Hier werden (modellendogen) Spot Rates abgeleitet.

---

[90] Die Anwendungen der modellendogenen Aufzinsungsfaktoren (mit Forward Rates und Spot Rates) werden hinsichtlich des Finanzierungsbereichs durch das Verfahren für den Vermögensendwert in Kapitel 3.2.1.5.1 und bezüglich der Sensitivitätsanalyse in Kapitel 3.3.3 und 4.3.3.1 sowie 4.3.3.2 dargestellt.

[91] Vgl. Hellwig, K. (1976, Bestimmung optimaler Investitionsprogramme), S. 166-171.

[92] Das ist der Zinsstrukturzusammenhang nach der Erwartungstheorie von Fisher, I. (1930, Interest). Nach Verfasser der Investitionsrechnung (1995) von Kruschwitz als modellendogene Kalkulationszinsfüße unter Verwendung der Kassazinssatz-Methode bezeichnet. Theorien zu Zeitstruktur der Zinssätze von Franke, G./Hax, H. (1999, Finanzwirtschaft), S. 382 ff.; Gerke, W./Bank, M. (1998, Finanzierung), S. 106 ff.

Beschreibung der Kapitalwert-Formel[93] mit modellendogenen Spot Rates:

Kapitalwert = $\sum_{t=0}^{T} a_t \, \pi_t$,

wobei a_t der Zahlungssaldo des Investitionsprojekts i in t ($ZS_{i,t}$) ist.

Hier wird π_t definiert: $\pi_t = \frac{d_t}{d_0}$ =

$\frac{\text{Dualwert der Liquiditätsbedingun der t-ten Periode}}{\text{Dualwert der Liquiditätsbedingun der -ten Periode}}$

Die Kapitalwertformel kann zu diesem Zweck auch anders definiert werden: $\pi_t = (1+ \hat{i}_{0,t})^{-t}$

$$\hat{i}_{0,t} = \sqrt[t]{\frac{1}{\pi_t}} - 1 = \sqrt[t]{\frac{d_0}{d_t}} - 1$$

Die Kapitalwertformel kann unter Verwendung der modellendogenen Kalkulationszinssätze umformuliert werden:

Kapitalwert (KW_0) = $\sum_{t=0}^{T} a_t \, \pi_t = \sum_{t=0}^{T} a_t \, (1+ \hat{i}_{0,t})^{-t}$, wobei a_t als Zahlungsdifferenzen definiert ist.

Z.B.: $KW_0 = ZS_{i,0} + ZS_{i,1} *(1+ \hat{i}_{0,1})^{-1} + ZS_{i,2} *(1+ \hat{i}_{0,2})^{-2} + ZS_{i,3}*(1+ \hat{i}_{0,3})^{-3}$, wobei T = 3

Bei den aufgenommenen Investitionsprojekten in der Optimallösung ergibt sich ein positiver Kapitalwert ($\geq$ 0), demgegenüber ist der Kapitalwert der unterlassenen Investitionsprojekte negativ ($\leq$ 0).

Der Zahlungsstrom der unterlassenen Investitionsprojekte kann in der Folgeperiode für die Aufnahme in der Optimallösung neu berechnet werden. In diesem Fall ist jeder periodenbezogene Zahlungsstrom als kritischer Zahlungssaldo anzusehen.

Mithilfe der modellendogenen Kalkulationszinssätze kann der kritische Zahlungssaldo[94] des unterlassenen Investitionsprojekts i ($ZS_{i,1}$) in t = 1 wie folgt berechnet werden:

---

93 Nach Kruschwitz, L. (2007, Investitionsrechnung) S. 283 ff. werden die modellendogenen Kalkulationszinssätze wie Kassazinsätze (Spot Rates) als die modellendogenen Kalkulationszinsfüße interpretiert.

94 In diesem Fall wird die Aufzinsung mit einer Spot Rate vorgenommen. Z.B. in Tab. 3-27 für den kritischen Zahlungssaldo mit Forward Rate bzw. Spot Rates.

Kapitalwert des $ZS_{i,1}$ = $\{(ZS_{i,0} + ZS_{i,2} * (1+ \hat{i}_{0,2})^{-2} + ZS_{i,3}*(1+ \hat{i}_{0,3})^{-3} - KW_0\} * (1+ \hat{i}_{0,1})$, wobei Planungshorizont T = 3 und die Größe des Kapitalwerts KW_0 wird Null gesetzt.

2.6.2.2. Zur Bestimmung mit (modellendogen) Forward Rates

$q_t^* = \prod_{\tau=t+1}^{T}(1 + i_\tau^*)$, wobei die modellendogenen Kalkulationszinssätze i_τ^* auf jede einzelne Teilperiode bezogen sind.[95]

Diese Formel kann durch die modellendogenen Kalkulationszinssätze wie folgt umgewandelt werden:

$q_2^* = 1+ i_3^*$ wobei ein modellendogener Aufzinsungsfaktor (q_i^*) durch modellendogene Kalkulationszinssätze umformuliert werden kann.

$q_1^* = (1+ i_2^*)(1+ i_3^*) = (1+ i_2^*)\, q_2^*$ wobei $i_2^* = (q_1^*/ q_2^* -1)$ ist.

$q_0^* = (1+ i_1^*)((1+ i_2^*)(1+ i_3^*) = (1+ i_1^*)\, q_1^*$ wobei $i_1^* = (q_0^*/ q_1^* -1)$ ist.

In diesem Fall[96] ist der Planungshorizont T = 3.

Kapitalwert zum Zeitpunkt t = 0 (KW_0) =

$ZS_{i,0} + ZS_{i,1}(1+ i_1^*)^{-1} + ZS_{i,2}\, \{(1+i_1^*)\, (1+i_2^*)\}^{-1} + ZS_{i,3}\, \{(1+i_1^*)\, (1+i_2^*)\, (1+i_3^*)\}^{-1}$

Unter Verwendung der endogenen Kalkulationszinssätze zur Diskontierung kann der Kapitalwert berechnet werden. Der sich ergebende Kapitalwert des unterlassenen Investitionsprojekts ist kleiner als null (≤ 0).

Der kritische Zahlungssaldo der unterlassenen Investitionsprojekte i in t = 1 ($ZS_{i,1}$) für die Aufnahme in die Optimallösung wird folgendermaßen berechnet:

$-ZS_{i,1} = [ZS_{i,0} + ZS_{i,2}\, \{(1+i_1^*)\, (1+i_2^*)\}^{-1} + ZS_{i,3}\, \{(1+i_1^*)\, (1+i_2^*)\, (1+i_3^*)\}^{-1} - KW_0]\, (1+ i_1^*)$, wobei $(1+ i_1^*)$ die Aufzinsung auf Teilperiode 1 und $KW_0 = 0$ sind.

[95] Wegener hat die Bestimmung modellendogener Kalkulationszinssätze mit dem Kuhn-Tucker-Theorem vorgenommen. vgl. Wegener, H. (1973, Die Optimierung), S. 48 ff.; Fisher, I. (1930, The Theory of Interest).

[96] Das ist Ein-Periode-Forward-Rates.

2.7. Vorgehensweise zur Ermittlung des Zahlungsaldos für identischen Vermögensendwert

Die Vorgehensweise zur Ermittlung des Zahlungsstroms für den identischen Vermögensendwert zwischen dem günstigen und ungünstigen simultanen Programm wird im Folgenden zusammengefasst, um z.B. den Zahlungsstrom des unterlassenen Projekts im Folgejahr für die Aufnahme in der Optimallösung vorkalkulieren zu können

1. Schritt: Suche nach Optimallösungen mit Hilfe von LP.
2. Schritt: Ausgleich der Zahlungsströme des Investitionsprojekts i zwischen den unterschiedlichen simultanen Programmen. Nach dem Ausgleich der Zahlungsströme des Investitionsprojekts wird das Basistableau angewendet.[97]
3. Schritt: erneute Durchführung der LP des Basistableaus für neue Optimallösungen
4. Schritt: Suche nach dem vorteilhaften Planungshorizont durch Vergleich der Vermögensendwerte zwischen den unterschiedlichen Simultanprogrammen.

Es folgt die Prognose des Zahlungsstroms im Folgejahr bei nicht vorteilhaftem Planungshorizont des Investitionsprojekts des Simultanprogramms. Das kann als die Suche nach dem kritischen Zahlungssaldo im Folgejahr angesehen werden.
Wenn die Größe des Zahlungssaldos des folgejährigen Investitionsprojekts in Bezug auf den vorteilhaften Planungshorizont erreicht werden soll, werden einige Durchläufe benötigt.

5. Schritt: Ausgleich der Vermögensendwerte zwischen vorteilhaftem simultanen Planungsprogramm und gesuchtem Planungsprogramm durch sukzessive Suchvorgänge.[98]

Danach kann ein Tableau der kritischen Zahlungsströme erstellt werden, anhand dessen die Anschaffungskosten, Preise, Kosten und Absatzmengen im Zusammenhang mit den anfänglichen Daten verglichen und analysiert werden können.

---

[97] Die dargestellten illustrierenden Zahlenbeispiele werden in jedem Kapitel durch diesen methodischen Ansatz für das Basistableau dargestellt.

[98] In diesem Fall werden so viele sukzessive Vorgänge durchgeführt, bis der höchste identische Vermögensendwert erreicht ist. Siehe Kapitel 4.3.3.3.

6. Schritt: Feststellung des kritischen Zahlungsaldos im Folgejahr im nicht vorteilhaften Planungshorizont des Simultanplanungsprogramms.[99]
7. Schritt: Änderungsmöglichkeiten zum Beispiel für Preis-Kosten-Absatzmenge mittels Durchführung der Sensitivitätsanalyse.[100]

Für den im 6. Schritt festzustellenden kritischen Zahlungssaldo im Folgejahr bei nicht vorteilhaftem Planungshorizont im Simultanplanungsprogramm und für die im 7. Schritt zu ermittelnden Beziehungen der Absatzmöglichkeiten oder den zu ermittelnden Intervallbereich für Preise und Kosten wird der Aufbau der oben ausgeführten jeweiligen Komponenten benötigt.

2.8. Sensitivitätsanalyse von Vorteilhaftigkeitskriterien und der Prognose

In Anbetracht der vorperiodischen und gegenwärtigen Datensicherheit von Investitions- und Finanzierungsprojekten [101] können sowohl Vorteilhaftigkeit des Planungshorizonts von simultanen Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge als auch der Einfluss der Ein- und Auszahlungen von Umweltentwicklungen abhängig untersucht werden. Dabei kann die Einbeziehung von zukünftigen Unsicherheitsstrukturen berücksichtigt werden.[102] In diesem Fall handelt es sich um kritische Zahlungsströme der Prognose von künftigen Daten.

Hinsichtlich der Unsicherheit der Daten beziehen sich Sensitivitätsanalysen auf die Investitionsrechnung zur zukünftigen Beurteilung des einzelnen Projekts.[103]

Die unterlassenen Investitionen können für die neue Aufnahmemöglichkeit in den Optimallösungen untersucht werden, um zu ermitteln, wie groß die Nettozahlung (bzw. Ein- und Auszahlung) in einer Teilperiode sein wird sowie wie groß die Nettozahlung (bzw. Ein- und Auszahlung) in einer Teilperiode angesichts der irreversiblen Investitionen nach ungünstiger Umweltentwicklung mit den wiederholten simultanen Programmen sein wird.

Mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen können die Investitionsplanungen und -controlling von simultanen Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge in Bezug auf zukünftige Änderungsprognosen im Vergleich mit den Ausgangsdaten besser bewertet und geplant werden.

---

[99] Für Beispiel des Tableaus im Tab.3-27.
[100] Vgl. Schulte, K.W. (1981, Wirtschaftlichkeitsrechnung), S. 172-176. Siehe Kapitel 4.3.5 und Abb. 4-41.
[101] Vgl. Bloech, J. (1988, Handwörtbuch der Wirtschaftswissenschaften) S. 342-349.
[102] Vgl. Gerke, W./Bank, M.: (1998, Finanzierung), S. 164 f.
[103] Zur allgemeinen Formulierung der Sensitivitätsanalyse Dinkelbach, W. (1969, Sensitivitätsanalysen), S. 25 ff.

Damit lässt sich mit der Sensitivitätsanalyse die Abhängigkeit zwischen der Zielgröße und der Änderung der Umweltsituationen in der Teilperiode erfassen. Diese Verfahren untersuchen den Einfluss auf die Vorteilhaftigkeitskriterien für die Zahlungsebene im Zusammenhang mit den Zielgrößen. Für die Sensitivitätsanalyse ist es von besonderer Bedeutung, den Einfluss von Schwankungen der Parameter in Bezug auf die Zahlungsebene für das Vorteilhaftigkeitskriterium des Planungshorizontes in dem Simultanprogramm zu untersuchen und zuverlässige Schätzwerte zu ermitteln.

Dabei werden einige Fragen aufgeworfen:

Wie weit darf der Wert von als unsicher erachteten Inputgrößen von dem ursprünglich angesetzten Wertansatz abweichen, ohne dass es zu einer Verletzung oder einem Widerspruch zu den vorherigen Entscheidungen unter vorteilhaftem Planungshorizont käme?

Beziehungsweise: Wie ändert sich der Vermögensendwert bei vorgegebener Abweichung eines Zahlungssaldos eines Investitionsprojektes im Vergleich zum ursprünglichem Wertansatz?

Mithilfe der Sensitivitätsanalyse soll das Problem der Interdependenz zwischen Input von z.B. Preis, Kosten, Ausbringungsmengen usw. und ihrem Output untersucht werden.[104]

Anhand der Sensitivitätsanalysen können folgende Probleme in dem Zahlungsstrom bei der Entscheidung über den vorteilhaften Planungshorizont im simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm bei mehrfacher Entscheidungsfolge dargestellt werden.[105]

1. Die Unsicherheit und das Risiko werden immer noch in das Vorteilhaftigkeits-kriterium bei der vorteilhaften Planungshorizontentscheidung integriert.
2. Es ist meistens nicht möglich, simultane Veränderungen mehrerer Parameter zu berücksichtigen (kein Szenariotechnik-Ansatz).

Hinsichtlich der Unsicherheit der Daten beziehen sich Sensitivitätsanalysen auf die Investitionsrechnung zur Beurteilung des einzelnen Projekts.

[104] Vgl. Gerk, W./Bank, M. (1998, Finanzierung), S. 164 f.

[105] Für diese Fragestellung muss die Optimallösung in einem simultanen Investitions- und Finanzierungs-programm ermittelt werden. Das methodische Beispiel wird in Kapitel 4.3.3. ausführlich dargestellt.

3. Das Entscheidungsmodell

3.1. Überblick über das Entscheidungsmodell

Es wird untersucht, einen günstigen Vermögensendwert mit gleichem Planungszeitraum der Simultanplanungen zu finden. Dabei werden die Umweltbedingungen der Simultanplanungen beachtet.

In Kapitel 3.2.1 wird das Basismodell modifiziert. Dabei werden die zukünftigen Daten, die vor dem Planungsanfang erstellt sind, zur Modifikation des Basismodells mit dem Entscheidungsplanungshorizont T = 5 festgelegt. Die Spezifikation der Modellvarianten ist die Finanzierungssituation, die mit anfangs angenommenen Kostensätzen der Finanzierungsprojekte unverändert in neuen Simultanplanungen angewendet wird.

Die neue Simultanplanung bei der Wiederholung der Investitions- und Finanzierungsprogramme wird durch die Übernahme der vorherigen gesamten Entscheidung in Kapitel 3.2.2.1.1 und 3.2.2.2.1 unverändert berücksichtigt.

Die Modelle bei unvollständigerer Datenbeschaffung werden durch die einmal identisch wiederholte Simultanplanung in Kapitel 3.2.2.1 und die zweimal identisch wiederholte Simultanplanung in Kapitel 3.2.2.2 dargestellt. Dabei werden die Berücksichtigung vorperiodischer Entscheidungen in die neue Simultanplanung bei den Wiederholungen der Investitions- und Finanzierungsprogramme nur durch die zeitabhängige Übernahme in Kapitel 3.2.2.1.2 und 3.2.2.2.2 unterteilt.

Dadurch wird ein besserer Vermögensendwert herausgefiltert, der als vorteilhaftiger Planungshorizont T = 5 anzusehen ist. . Anschließend werden die Änderungen der Umweltbedingungen mit Berücksichtigung der Auswirkung auf den Vermögensendwert durch Änderung der Umweltbedingung und darauf folgende kritische Zahlungsströmen in einer Teilperiode sowie Sensitivitätsanalyse in Kapitel 3.3 untersucht.

3.2. Darstellung der Planungssituationen bei unveränderten Umweltbedingungen

Im Folgenden wird das Basismodell mehrfach modifiziert. Diese Modifikationen der Simultanprogramme beziehen sich auf die Planungszeit. Anhand dieser Modifikationen soll die Vorteilhaftigkeit der Simultanprogramme aufgezeigt werden und die sich ergebenden Vermögensendwerte, wenn die Simultanprogramme durch Vorgabe der sich ergebenen identischen Wiederholungen nach jeder Teilperiode durchgeführt werden. Dabei werden die Zahlungsreihen durch die in Tab. 3-1 dargestellten Daten aufgebaut.[106]

Nach Durchführung der Simultanplanungen wird jeder Vermögensendwert für die Bestimmung der Vorteilhaftigkeit analytisch in Betracht gezogen.

Mit dem im Folgenden dargestellten Modellbeispiel und seinen Varianten soll die Bedeutung des expliziten Zeitplans für das Simultanprogramm verdeutlicht werden.

Als Entscheidungsprojekte werden Investitions- und Finanzierungsprojekte sowie Finanzanlagen, einschließlich Krediten, berücksichtigt.

Zeitlicher Ablauf der Simultanplanungen

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Der Planungshorizont wird im Basismodell auf T = 5 festgelegt. Dabei wird die Optimallösung des Simultanprogramms für den Planungszeitpunkt t = 0 untersucht.

Bei den wiederholten simultanen Programmen wird Folgendes untersucht:

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6
Planperiode	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	
	Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Eine neue Simultanplanung mit dem angenommenen Planungszeitpunkt t = 1 wird bei Wiederholung der Investitions- und Finanzierungsprogramme mit Übernahme der gesamten vorherigen Ergebnisse untersucht. Die vorperiodische Entscheidung wird vollständig in eine neue Simultanplanung übernommen.

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6
Planperiode	*0*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	
	Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Die neue Simultanplanung wird bei der Wiederholung nur durch die zeitabhängige Übernahme der vorperiodischen Entscheidung t = 0 in einer neue Simultanplanung übernommen, wobei die Entscheidung des Basismodells im Zeitraum t = 0 unverändert in

[106] Die detaillierte Wirkung der Änderung der Umweltbedingungen bei der Sensitivitätsanalyse wird in Kapitel 3.3 behandelt. In diesem Kapitel werden die periodenbezogenen kritischen Zahlungen betrachtet.

dem Simultanprogramm als Restriktionen berücksichtigt werden muss. Damit wird dieses Modell der Simultanplanung als realitätsnäher angesehen.
Wegen der wiederholten Durchführung der Simultanplanung zum Zeitpunkt t = 1 wird der neue Planungshorizont auf T+1 = 6 erweitert. Bei t = 1 als Planungszeitpunkt wird die neue Optimallösung der beiden Simultanprogramme untersucht, wobei die vorherige Entscheidung des Basismodells unverändert in dem Simultanprogramm als Restriktionen berücksichtigt werden muss.

Wenn die Simultanprogramme noch einmal wiederholt werden, dann ergibt sich Folgendes:

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6	7
Planperiode	*0*	*1*	**2**	**3**	**4**	**5**		
	Planperiode	*0*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	
		Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Bei Durchführung der wiederholten Simultanplanung zum Zeitpunkt t = 2 erweitert sich der Planungshorizont auf T+2 = 7. Bei t = 2 wird die neue Optimallösung des gesamten Simultanprogramms untersucht, wobei sowohl die Entscheidung des Basismodells im Zeitraum t = 0 aus dem ersten Simultanprogramm (im Planungshorizont T) als auch die Entscheidung zum Planungszeitpunkt t = 1 aus beiden Simultanprogrammen (mit Planungshorizont T+1) im gesamten Simultanprogramm als Restriktionen berücksichtigt werden müssen.

3.2.1. Aufbau und Darstellung des Modells

3.2.1.1. Basismodell

Im Folgenden wird das Basismodell des in Kapitel 3.2.1.2. dargelegten Zahlenbeispiels im Hinblick auf Zielfunktion und Nebenbedingungen auf unterschiedliche Weise dargestellt. Die detaillierte Formulierung von (3-1) bis (3-9) wird nach Planungsablauf der Teilperiode ergänzt. Beide Formulierungen werden mit VOFI in einem illustrierenden Beispiel nachgeprüft.
Aufbauend auf diesem Modell wird die Darstellung der Planungssituationen bei unveränderten Umweltbedingungen nach Planungsablauf der Teilperiode fortgesetzt.[107]

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**					

Zielfunktion:

$$\mathcal{VE} = \mathcal{E}_5 - \sum_{n=1}^{9} a_{n,5} * x_n - \sum_{m=1}^{4} d_{m,5} * y_m + (1+0{,}08) * x_{(10),4} \qquad (3\text{-}1)$$

Vermögens-endwert	Ext. zugführtes Eigenkapital in Periode 5	Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in Teilperiode 5	Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte in Teilperiode T	Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition in Teilperiode T-1

$$= x_{(10),5} \qquad (3\text{-}2)$$

Gesuchter Vermögensendwert

Der Vermögensendwert aus (3-2) wird als hypothetische kurzfristige Finanzinvestition angesehen.[108] Ein Diskontierungsproblem taucht nicht auf, weil die Zielfunktion nicht mit dem Barwert, sondern mit dem Vermögensendwert ermittelt wird. Der Vermögensendwert wird als der bis zur letzten Periode anfallende Finanzüberschuss auf Grund der durchgeführten Projekte interpretiert.

Liquiditätsnebenbedingungen:

Für t = 0

$$\sum_{n=1}^{9} a_{n,0} * x_n + \sum_{m=1}^{4} d_{m,0} * y_m + x_{(N),0} = \mathcal{E}_0 \qquad (3\text{-}3)$$

Die zur Wahl stehenden Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte[109]	Die zur Wahl stehenden Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte[110]	Die am Ende der Periode vorhandene kurzfristige Finanzinvestition[111]	Ext. Zuführung von Eigenkapital zum Zeitpunkt t = 0

, …,

Für T = 5

$$\sum_{n=1}^{9} a_{n,5} * x_n + \sum_{m=1}^{4} d_{m,5} * y_m - (1+0{,}08) * x_{(N),4} + x_{(10),5} = \mathcal{E}_5 \qquad (3\text{-}4)$$

Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in Periode T = 5	Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte in Periode T = 5	Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition in Periode t = 4[112]	Kurzfristige Finanzinvestition	Ext. Zuführung von Eigenkapital zum Zeitpunkt T = 5

107 Dieses Modell der illustrierenden Zahlenbeispiele wird in Kapitel 4 unterschiedlich dargestellt.
108 Vgl. Götze, U./Bloech, J. (2004, Investitionsrechnung), S. 338 f.
109 Eine andere Darstellung ist „Zahlungsdifferenzen der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte in t = 0“.
110 Eine andere Darstellung ist „Zahlungsdifferenzen der zur Wahl stehenden Finanzierungsprojekte in t = 0“.
111 Eine andere Darstellung ist „Einzahlung aus der in der vorherigen Periode getätigten kurzfristigen Finanzinvestition“.
112 Eine andere Darstellung ist „Einzahlung aus der in t = 4 getätigten kurzfristigen Finanzinvestition“.

Projektnebenbedingungen:

$x_n \leq X_{(n)}$ für n = 1,…, N-1 (3-5)

$y_m \leq Y_m$ für m = 1,…, M (3-6)

$x_n \geq 0$ für n = 1,…, N-1 (3-7)

$x_{(N),t} \geq 0$ für t = 0,…, T-1 (3-8)

$y_m \geq 0$ für m = 1,…, M (3-9)

Die Anzahl der Einheiten aller Investitionsprojekte x_n und aller Finanzierungsprojekte y_m zeigt jeweils die Höchstgrenzen, das bedeutet, dass eine maximal realisierbare Anzahl nicht überschreiten werden darf, wobei sie vom Anfang der Investitions- und Finanzierungsprogramme bis zum Planungshorizont T explizit berücksichtigt wird.

Für die Investitionsprojekte x_n, Finanzierungsprojekte y_m und die kurzfristigen Finanzinvestitionen $x_{(8),t}$ sind Nicht-Negativitätsbedingungen zu erfüllen, wobei die Erfüllung der Nicht-Negativitätsbedingungen der Finanzierungsprojekte y_m und der kurzfristigen Finanzinvestitionen $x_{(8),t}$ das finanzielle Gleichgewicht sicher stellen.

Wenn ein Finanzmittelüberschuss in einer Teilperiode vorhanden ist, so wird er als kurzfristige Finanzinvestition mit Verzinsung für eine Periode angelegt.

Wenn sich in einer Teilperiode eine Finanzmittelunterdeckung ergibt, so wäre es theoretisch auch möglich, die Finanzierungslücke durch eine Aufnahme von Krediten zu decken.[113] Wenn die Investitionsprojekte (x_n) ganzzahlig sind, sind sie der Realität nahe. Hingegen taucht bei Ganzzahligkeitsbedingungen das Problem auf, dass keine geeigneten modellendogenen Kalkulationszinssätze, die aus einem modellendogenen Aufzinsungsfaktor berechnet werden, abgeleitet werden können. Die modellendogenen Kalkulationszinssätze bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen können knappe Ressourcen, die als Schattenpreis der Liquidationsnebenbedingungen für die Periode oder als Opportunitätskosten bezeichnet werden,[114] bewertet werden.

[113] Vgl. Blohm, H./Lüder, K. (1995, Investition), S. 291. Im Lauf des Programms ist die Aufnahme der Finanzierungsprojekte möglich, aber dies verlangt komplizierte Rechnungsvorgänge.

[114] Vgl. Bloech, J./ Bogaschewsky, R./ Götze, U./Roland, F. (2004, Einführung), S. 161-169.

3.2.1.2. Darstellung des Zahlenbeispiels

Grundkomponente für den Aufbau der Zahlungsreihe nach Perodenerfolg

Die Zahlungsreihen (Periodenerfolg)[115] ($ZS_{IOn,t}$) dieser Modellvorstellung setzten sich aus den Anschaffungskosten (A_t), dem Preis (P_t), den variablen ($a_{v,t}$) und fixen ($A_{f,t}$) Kosten, Ausbringungsmengen (M_t) und Liquidationserlösen(L_T) zusammen.

Es gilt somit: $ZS_{IOn,t} = - A_t + (P_t - a_{v,t})M_t - A_{f,t} + L_T$

Die Grundkomponenten der Zahlungsreihe werden wie folgt aufgebaut:[116]

	IO1	IO2	IO3	IO4	IO5	IO6	IO7	IO8	IO9
$Preis_t$									
P_1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P_2	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P_3	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P_4	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P_5	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Variable Kosten ($a_{v,t}$)									
av_1	44	47	46	40	44				
av_2	45	46	45	40	45	46	49		
av_3	45	47	44	38	43	45	50	46	48
av_4	46	46	44	38	44	44	49	46	48
av_5	47	45	44	38	43	43	48	46	48
Fixe Kosten ($A_{f,t}$)									
Af_1	6860	9345	8800	9000	8280				
Af_2	6750	9300	8700	8900	8200	1040	1150		
Af_3	6550	9380	8620	8660	8110	1125	1200	1300	1200
Af_4	6360	9110	8500	8580	8140	880	1150	1240	1080
Af_5	6290	8825	8480	8700	8180	760	1180	1220	1080
L_T	0	0	0	9000	5600	0	0		
Nutzungsdauer	5	5	5	5	5	4	4	3	3
Ausbringungsmenge (M_t)									
X_1	860	565	750	1280	930				
X_2	850	550	760	1300	920	460	350		
X_3	850	560	770	1330	930	455	360	400	250
X_4	840	565	775	1340	940	480	350	360	240
X_5	830	575	780	1350	940	480	340	380	240

Tab. 3-1 Grundkomponente für den Aufbau der Zahlungsreihe (Peridoenerfolg)

115 In allen folgenden Tab. wird Periodenerfolg dargeboten, der sich aus DB und RBW rekrutiert.

116 Durch diese Grundkomponenten wird die Konstellation der Inputgrößen für die Sensitivitätsanalyse des Zahlungssaldos von Investitionsprojekt i in einer Teilperiode bestimmt. Siehe Abb. 4-41 in Kapitel 4.3.5.

Das Ziel der detaillierten Grundkomponenten für den Aufbau der Zahlungsreihe kann dadurch untersucht werden, dass der Einfluss auf die Optimallösung im Lauf der Simultanplanung durch die mögliche Änderung einer Komponente in einer Teilperiode untersucht werden kann.[117] Der Einfluss auf die Optimallösung einer Änderung der Liquidationserlöse in der Simultanplanung wird als nicht wichtig angesehen.

Variable für das Basismodell der Simultanplanung:

Vier Finanzierungsprojekte: Finanzierungsmöglichkeiten werden durch die Aufnahme unterschiedlicher Krediten gedeckt: Annuität, unterschiedliche Ratenrückzahlungen.
Sechs kurzfristige Investitionen:
Die in einer Periode entstehenden Finanzmittelüberschüsse werden zu einem Zinssatz von 8% für alle Perioden konstant angelegt.

Investitionsprojekte:

Neun Investitionsprojekte: Fünf Investitionsprojekte laufen im Zeitraum von t = 0 bis 5 Planperioden, zwei Investitionsprojekte im Zeitraum von t = 1 bis 5 Planperioden und zwei Investitionsprojekte von t = 2 bis 5 Planperioden.

Ziel ist es, das Vermögen im Planungshorizont zu maximieren. Dabei ist für neun Investitionsprojekte folgendes bekannt:

Fünf Investitionsprojektmöglichkeiten zum Zeitpunkt t = 0 (IO_1, IO_2, IO_3, IO_4 und IO_5)
Zwei Investitionsprojektmöglichkeit zum Zeitpunkt t = 1 (IO_6 und IO_7)
Zwei Investitionsprojektmöglichkeit zum Zeitpunkt t = 2 (IO_8 und IO_9)

Der folgende Aufbau der Zahlungsströme der Investitionsprojekte lässt sich mit Tab. 3-1 als Grundkomponente für den Aufbau der Zahlungsreihe strukturieren.

[117] Siehe Kapitel 3.3.

	IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	IO_8	IO_9
t =0	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000				
t =1	-41.300	-20.600	-31.700	-67.800	-43.800	60.000	40.000		
t =2	-40.000	-20.400	-33.100	-69.100	-42.400	-23.800	-16.700	50.000	30.000
t =3	-40.200	-20.300	-34.500	-73.800	-44.900	-23.900	-16.800	-20.300	-11.800
t =4	-39.000	-21.400	-34.900	-74.500	-44.500	-26.000	-16.700	-18.200	-11.400
t =5	-37.700	-22.800	-35.200	-75.000	-45.400	-26.600	-16.500	-19.300	-11.400

Tab. 3-2 Zahlungsströme der Investitionsprojekte des Basismodells

Finanzierungsprogramm:[118]

Die Finanzierungsprojekte 1, 2 und 4 (FO_1, FO_2 und FO_4) sind in voller Höhe in t = 0 einzahlungswirksam. Dagegen kann Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) außer in t = 0 auch in t = 1 realisiert werden. Finanzierungsprojekt 1 (FO_1) stellt für eine Höchstgrenze von 1.350.000 GE eine Finanzierung bei Zinsaufwendungen von 14% dar. Tilgung und Zinszahlungen sollen zum Zeitpunkt t = 5 zurückbezahlt werden.

Für das Finanzierungsprojekt 2 (FO_2) gelten Maximalbeträge in Höhe von 800.000 GE mit einer günstigeren Finanzierung bei 12 %. Tilgung und Zinszahlungen sollen zum Zeitpunkt t = 5 erfolgen. Für Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) zum Zeitpunkt t = 1, gilt eine Höchstgrenze von 1.000.000 GE. Die Finanzierung erfolgt in vier Raten bei 12%, die Rückzahlung des Kredits im letzten Jahr.

	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4
t =0	-1	-1		-1
t =1	0	0	-1	0,284314543
t =2	0	0	0,12	0,284314543
t =3	0	0	0,12	0,284314543
t =4	0	0	0,12	0,284314543
t =5	1,925414582	1,762341683	1,12	0,284314543

Tab.3-3 Zahlungsströme der Finanzierungsprojekte des Basismodells

Für das Finanzierungsprojekt 4 (FO_4) gilt eine Höchstgrenze von 1.000.000 GE. Tilgungen und Zahlungen sollen annuitätisch in t = 1 bis t = 5 bei einem Zinssatz von 13 % erfolgen.

[118] Nach Kunz, B. R. (1984, Investitionsrechnung), S. 13.; Kilger, W./ Scheer, A. W. (1981, Investitions- und Finanzierungsplanung), S. 157-175.; Schmidt, R. B. (1984, Unternehmungsinvestition), S. 18 werden Finanzierungen durch Einsatz finanzieller Mittel zum Zweck Erzielung von Einzahlung in späterer Zeit berücksichtigt. Siehe Finanzierungsformen: Eilenberger, G.(1994, Betriebliche Finanzwirtschaft), S. 231 ff.; Schmidt, R. H. (1989, Investitions- und Finanzierungstheorie) S. 179-193. Sie sind in der vorliegenden Arbit irrelevant.

Alle Finanzierungsprojekte dürfen während des gesamten Planungszeitraums maximal einmal durchgeführt werden.

Darüber hinaus sind die kurzfristigen Finanzinvestitionen bei simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung in der Teilperiode zu beachten, falls ein liquider Überschuss in der Teilperiode vorliegt.

Die kurzfristigen Finanzinvestitionen werden zu einem Zinssatz von 8 % im Verlauf des gesamten Planungszeitraums angelegt (FI_0, FI_1, FI_2, FI_3, FI_4 und FI_5).

	FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4	FI_5
t =0	1					
t =1	-1,08	1				
t =2		-1,08	1			
t =3			-1,08	1		
t =4				-1,08	1	
t =5					-1,08	1

Tab. 3-4 Die kurzfristigen Finanzinvestitionen des Basismodells

Außerdem stehen liquide Mittel in Höhe von 50.000 GE zum Zeitpunkt t = 0 zur Verfügung.

	IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	IO_8	IO_9	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4	FI_5		RS
																			1		
0	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000					-1	-1		-1	1							50.000
1	-41.300	-20.600	-31.700	-67.800	-43.800	60.000	40.000			0	0	-1	0,284	-1,08	1					=	0
2	-40.000	-20.400	-33.100	-69.100	-42.400	-23.800	-16.700	50.000	30.000	0	0	0,12	0,284		-1,08	1				=	0
3	-40.200	-20.300	-34.500	-73.800	-44.900	-23.900	-16.800	-20.300	-11.800	0	0	0,12	0,284			-1,08	1			=	0
4	-39.000	-21.400	-34.900	-74.500	-44.500	-26.000	-16.700	-18.200	-11.400	0	0	0,12	0,284				-1,08	1		=	0
5	-37.700	-22.800	-35.200	-75.000	-45.400	-26.600	-16.500	-19.300	-11.400	1,925	1,762	1,12	0,284					-1,08	1	=	0
										1										≤	1.350.000
											1									≤	800.000
												1								≤	1.000.000
													1							≤	1.000.000
	1																			≥	0
		1																		≥	0
			1																	≥	0
				1																≥	0
					1															≥	0
						1														≥	0
							1													≥	0
								1												≥	0
									1											≥	0
										1										≥	0
											1									≥	0
												1								≥	0
													1							≥	0
														1						≥	0
															1					≥	0
																1				≥	0
																	1			≥	0
																		1		≥	0

Tab. 3-5 Tableau des Basismodells für ein lineares Programm bei simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung

Das dargestellte Tableau des Basismodells für ein lineares Programm bei simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung (Tab. 3-5) setzt sich aus der Investitionsplanung (Tab. 3-2), der Finanzierungsplanung (Tab. 3-3), den kurzfristigen Finanzinvestitionen (Tab. 3-4.) und den Liquiditäts-, Projektbedingungen zusammen.
Die Investitions- und Finanzierungsprojekte sowie kurzfristigen Finanzinvestitionen sollen Nicht-Negativitätsbedingungen erfüllen.

Mit Hilfe der EDV wird die oben erwähnte Optimallösung herausgefunden.
Die Optimallösung des Programms lautet:

IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	IO_8	IO_9
0	0	0	18,82[119]	0	0	49,80[120]	0	0
FO_1	FO_2	FO_3	FO_4					
1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000					
FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4	FI_5			
0	0	1.728.018,25	3.687.728,36	5.812.411,94	**3.097.339,33**[121]			

Tab.3-6 Die Optimallösungen des Basismodells bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen

Gemäß dieser Optimallösung wird empfohlen, die Investitionsprojekte IO_4 (18,82-mal) und IO_7 (49,80-mal) aus den zur Wahl stehenden Investitionsprojektsmöglichkeiten aufzunehmen. Die Finanzierung soll in der Höhe von 1.350.000 GE (FO_1), 800.000 GE (FO_2), 1.000.000 GE (FO_3) und 1.000.000 GE (FO_4) in Anspruch genommen werden. Eine kurzfristige Finanzinvestition wird zu den Zeitpunkten $t = 2$, $t = 3$, $t = 4$ und $t = 5$ in Höhe von 1.728.018,25 GE bei Finanzinvestition 2 (FI_2), 3.687.728,36 GE bei Finanzinvestition 3 (FI_3), 5.812.411,94 GE bei Finanzinvestition 4 (FI_4) und 3.097.339,33 GE bei Finanzinvestition 5 (FI_5) vorgeschlagen. Daraus folgt der Vermögensendwert ($T = 5$) in Höhe von 3.097.339,33 GE.
Außer den Optimallösungen sind die an dem Mehrfachmodell gebundenen Gegebenheiten die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren. Für das illustrierende Beispiel lauten die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren:

[119] Die Größe der Zahlungsströme und Planungsräume erfordern eine Genauigkeit der Zahlen. (z.B. nicht nur die genauen modellendogenen Aufzinsungsfaktoren, sondern auch die exakten Zahlen der Optimallösung für die Sensitivitätsanalyse.
Abgerundet. Die genaue Zahl lautet: 18,8235294117647.

[120] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet: 49,7980187690622.

[121] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet: 3.097.339,32907585.

q_0*	q_1*	q_2*	q_3*	q_4*	q_5*
2,68233754898824	1,87921776	1,259712	1,1664	1,08	1

Tab. 3-7 Die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren des Basismodells

3.2.1.3. Interpretation der modellendogenen Aufzinsungsfaktoren.

Die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren ergeben sich nach der Durchführung der Simplex-Methode aus dem Optimaltableau. Sie sind als ein Zwischenergebnis für die modellendogenen Kalkulationszinssätze bzw. -zinsfüße anzusehen.[122] Aus ihnen werden sukzessive die modellendogenen Kalkulationszinssätze berechnet. Mit den modellendogenen Kalkulationszinssätzen (mit Forward Rates bzw. Spot Rates) werden einzelne Investitions- und Finanzierungsprojekte ohne neue Durchführung der ganzen Programme mit der Simplex-Methode beurteilt. Dabei lassen sich Kapitalwerte für die zur Wahl stehenden neuen Zusatzprojekte zur Beurteilung verwenden. Unter Verwendung der endogenen Kalkulationszinssätze kann der Kapitalwert für diese zur Wahl stehenden neuen Zusatzprojekte berechnet werden. Falls Investitions- oder Finanzierungsprojekte einen positiven Kapitalwert haben, dann werden diese Investitions- oder Finanzierungsprojekte in das Optimalprogramm aufgenommen. Mit einem negativen Kapitalwert werden sie nicht aufgenommen.

Demgegenüber hat in diesem Kapitel die Beurteilung des einzelnen Zusatzprojektes mit den modellendogenen Aufzinsungsfaktoren aufgrund der akkumulierten periodischen Zinsungen geringe Bedeutung. Darum ist die Durchführung der vollständigen Finanzplan-Analyse mit den modellendogenen Kalkulationszinssätzen (Forward Rates bzw. Spot Rates sinnvoll im Mehrperiodenmodell.[123]

3.2.1.3.1. Anwendung auf den Investitionsbereich

$$\sum_{t=0}^{T} a_{n,t} * x_n * q_t * = 0 \tag{3-10}$$

(3-10) Die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren sollen nach Durchführung des Simplex-Algorithmus durch die Summe des aufgenommenen Investitionsprojektes mit allen

[122] Vgl. Götz, U./ Bloech, J. (2004, Investitionsrechnung), S. 343 ff.; Kruschwitz, L. (2007, Investitionsrechnung), S. 280 – 287. und dazu (1995, Investitionsrechnung), S. 214 ff. Diese modellendogenen Aufzinsungsfaktoren werden in Kapitel 3 und 4 durch Forward Rates und Spot Rates geteilt dargestellt.

[123] In Kapitel 4 werden aufgrund der unterschiedlichen Planungsdauer der verschiedenen Simultanplanungen die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren für den Ausgleich der Zahlungsströme einer unterschiedlichen Planungsdauer durch den Kapitalwert verwendet. Siehe Kapitel 3.2.1.6.

periodenbezogenen Aufzinsungsfaktoren multiplizierten Zahlungsstroms des Investitionsprojektes von Anfang bis zum Ende des Planungszeitraums gleich Null sein. Das erweist sich zumindest für die Optimallösung der simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung als korrekt etabliert, und zwar ohne Zuhilfenahme der modellendogenen Kalkulationszinssätze. In diesem Fall wird Kapitalwert für den Zahlungsstrom des Investitionsprojektes ausschließlich unter der Bedingung der Nicht-Ganzzahligkeit behandelt.[124]

Mit Hilfe der modellendogenen Aufzinsungsfaktoren lassen sich Investitionsprojekte und kurzfristige Finanzinvestitionen bewerten. Ergibt sich bei Berechnung des Investitions- und Finanzierungsprogramms ein Wert von null, dann wird die Lösung des dualen Optimalproblems ohne Anwendung der modellendogenen Kalkulationszinssätze (Forward Rates und Spot Rates) gelöst. Dabei sollen Investitionsprojekt und Finanzinvestitionen sich zu null addieren. Im illustrierenden Beispiel sind die Investitionsprojekte 4 (IO_4) und 7 (IO_7) dargestellt.

Anwendung der modellendogenen Aufzinsungsfaktoren:

$$(IO_4): 170.000 * 2{,}6823375 - 67.800 * 1{,}879218 - 69.100 * 1{,}259712 - 73.800 * 1{,}1664 - 74.500 * 1{,}08 - 75.000 * 1 = 0$$

$$(IO_7): 40.000 * 1{,}879218 - 16.700 * 1{,}259712 - 16.800 * 1{,}1664 - 16.700 * 1{,}08 - 16.500 * 1 = 0 \qquad (3\text{-}11)$$

Das Rechensverfahren ist so zu verstehen, dass alle periodenbezogenen modellendogenen Aufzinsungsfaktoren sich zur Beurteilung der reduzierten Kosten[125] des Investitionsprojekts berechnen lassen. Aus (3-11) ergeben sich für die Investitionsprojekte 4 (IO_4) und 7 (IO_7) jeweils keine reduzierten Kosten. Das heißt, die Realisierung der Investitionsprojekte 4 (IO_4) 18,82 mal und 7 (IO_7) 49,80 mal sind in diesem Fall völlig optimal.

Der Unterschied zu den modellendogenen Kalkulationszinssätzen ist, dass der Kapitalwert durch die Verwendungen der einzelnen teilperiodenbezogenen modellendogenen Kalkulationszinssätze zur Diskontierung berechnet wird. Daraus wird der resultierende Kapitalwert für die Aufnahmemöglichkeit des zur Wahl stehenden Investitionsprojekts in das Optimalprogramm berechnet und die Aufnahmeentscheidung getroffen.

---

[124] Siehe Kapitel 3.2.1.5.

[125] Die reduzierten Kosten werden als der Schattenpreis der Liquiditätsnebenbedingung zum Zeitpunkt t oder in diesem Fall als modellendogene Aufzinsungsfaktoren interpretiert. Beispielsweise gibt die Verzinsung bei einer externen Zuführung des Eigenkapitals in t an, wie sich ein extern zugeführtes Eigenkapital bis zum Zeitpunkt T verzinst.

Wenn auf eine Einheit des aufgenommenen Investitionsprojekts 4 (IO_4) verzichtet würde, dann könnten die unterlassenen Investitionsprojekte bis zu dem unten berechneten Wert von 149,8524 GE pro Einheit zugelassen werden. Die reduzierten Kosten mit den geänderten neuen modellendogenen Kalkulationsfaktoren[126] sind wie folgt nachzuweisen.
Falls auf eine Einheit des aufgenommenen Investitionsprojekts 4 (IO_4) verzichtet wird:

170.000*2,681456-67.800*1,8792178-69.100*1,259712-73.800*1,1664-74.500*1,08-75.000*1 = **-149,85 GE**

Dabei reduzierte sich das mit der Simplex-Methode bestimmte Optimalprogramm wegen des Verzichts auf eine Einheit des Investitionsprojekts 4 um **-149,85 GE**.
Die neue Durchführung der LP ergibt sich aus der neuen Optimallösung und den modellendogenen Aufzinsungsfaktoren, wobei der neue Vermögensendwert in Höhe von 3.097.105,74 GE berechnet wird. Dieser Maximalwert ist sicherlich weniger als die kalkulatorisch abgezogenen Werte von 3.097.189,48 GE (= 3.097.339,33 – 149,85). In diesem Fall lauten die Möglichkeiten, die suboptimal unterlassenen Investitionsprojekte aufzunehmen und/oder einen niedrigeren Vermögensendwert in Kauf zu nehmen.[127]
Darum lassen sich die Opportunitätskosten des zugelassenen Werts von 149,85 GE durch die Aufnahme der unterlassenen Investitionsprojekte rein rechnerisch auf jeden Fall nicht erreichen. Daher ist es notwendig, eine erneute Optimierung durchzuführen. Nach der Durchführung der Sensitivitätsanalyse ergeben sich neue modellendogene Aufzinsungsfaktoren.

q^*_0	q^*_1	q^*_2	q^*_3	q^*_4	q^*_5	Vermögensendwert
2,681456	1,8792178	1,259712	1,1664	1,08	1	3.097.105,74 GE

Tab. 3-8 Die neuen modellendogenen Aufzinsungsfaktoren nach dem Verzicht auf eine Einheit des Investitionsprojekts 4 (IO_4) und Optimallösung

Demgegenüber kann eine Einheit eines bestimmten Investitionsprojekts i in den Plan eingebracht werden. In diesem Fall bedeutet die zulässige Zunahme nach der Optimallösung Folgendes: Wenn eine Einheit jeweiliger unterlassenen Investitionsprojekte (IO_1,IO_2, IO_3, IO_5 oder IO_6) mit je einer Einheit in den Plan eingebracht wird, wird der Vermögends-

126 Siehe Tab. 3-8.

127 Wobei der Vermögensendwert lautet: 3.097.105,73547319 GE. Gemäß der Optimallösung werden Investitionsprojekt 4, 5 und 7 jeweils IO_4:17,26-mal IO_5: 2,52-mal IO_7: 49,92-mal und alle Finanzierungsprojekte mit höchsten Grenzen zur Realisierung empfohlen. Vgl. Tab. 3-6.

endwert jeweils um 112,61 GE[128], 116,95 GE, 186,53, 92,56 GE 92,56 GE und 214,96 GE verringert.[129]

Je eine Einheit der Aufnahme des Investitionsprojekts 1 (IO_1) verringert die Optimallösung von 112,61GE:

95.000*2,682337549 - 41.300*1,87921776 - 40.000*1,259712 - 40.200*1,1664 - 39.000*1,08 - 37.700*1 = **-112,61 GE**

Aus Tab 3-6 und der neuen Optimallösung bei der Aufnahme einer Einheit des Investitionsprojektes 1 (IO_1) wird der Vermögensendwert (3.097.226,72 GE) um 112,61 GE verringert. Der neue Vermögensendwert ergibt sich nach reiner Kalkulation aus dem identischen Wert (3.097.339,33 - 112,61 = 3.097.226,72 GE). Das mit der Simplex-Methode nicht bestimmte Optimalprogramm verändert sich durch die Einbeziehung von Investitionsprojekten. Mit Hilfe der EDV kann man die neue Optimierungslösung dazu nachweisen.

In diesem Fall werden erst die Optimallösungen gesucht dann wird erneut versucht einer Einheit des unterlassenen Investitionsprojekts 1 (IO_1) aufzunehmen.[130]

Gegenüber den Investitionsprojekten und kurzfristigen Finanzinvestitionen lassen sich die finanziellen Mittel kalkulatorisch für den Vermögensendwert berechnen.

3.2.1.3.2. Die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren im Finanzierungsbereich

In der finanziellen Ansicht können die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren für den Vermögensendwert angewendet werden.

Der Vermögensendwert wird durch Multiplikation des eingesetzten Eigenkapitals mit dem periodenbezogenen Aufzinsungsfaktor[131] und die dazu realisierten Finanzierungsprojekte werden durch Multiplikation mit den jeweiligen modellendogenen Aufzinsungsfaktoren berechnet.

[128] Wobei die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren lauten: q^*_0 : 2,682337549, q^*_1 : 1,87921776, q^*_2: 1,259712, q^*_3 : 1,1664, q^*_4 : 1,08, q^*_5 : 1
Vermögensendwert: 3.097.226,71526815 GE.

[129] Die Berechnung der jeweiligen modellendogenen Aufzinsungsfaktoren des unterlassenen Investitionsprojekts erfordert die Durchführung der Simplex-Methode.

[130] Siehe Anhang : Die Suboptimallösung mit Aufnahme des unterlassenen Investitionsprojekts1 (IO_1).

[131] Die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren werden aus Tab. 3-7 übernommen.

Weiterhin kann die Optimallösung mit Hilfe von modellendogenen Aufzinsungsfaktoren berechnet werden. Die Verfahren werden im folgenden Kapitel ausführlich behandelt und hier davon eine Formel kurz dargestellt.

$$\sum E_t * q^*_t + \sum_{m=1}^{M} d_{m,t} * y_m * q^*_t = \text{Vermögendsendwert} \tag{3-12}$$

Neue Koeffizienten der Finanzierungsprojekte: $\sum_{m=1}^{M} d_{m,t} * (q^*_t)$ (Wobei t = 0,1, …, T)

(FO1): -1 * (2,6823375)+ 1,92541458*(1) = -0,756922967

(FO2): -1 * (2,6823375) + 1,762341683*(1) = -0,919995866

(FO3): -1 * (1,8792178) + 0,12 * (1,259712) + 0,12 * (1,1664) + 0,12 * (1,08) + 1,12 * (1) = -0,33848432

(FO4): -1 * (2,6823375) + 0,2843145 * (1,8792178) + 0,2843145 * (1,259712) + 0,2843145 * (1,1664) + 0,2843145 * (1,08) + 0,2843145 * (1) = -0,866895434 (3-13)

Hinsichtlich des Finanzierungsbereichs kann der Vermögensendwert mit Hilfe des durch die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren berechneten Koeffizienten der Finanzierungsprojekte kalkuliert werden.

Eigenmittel:	50.000 * 2,6823375	=	134.116,875
Finanzinvestition FO1:	1.350.000 * 0,756922967	=	1.021.846,005
FO2:	800.000 * 0,919995866	=	735.996,693
FO3:	1.000.000 * 0,33848432	=	338.484,32
FO4:	1.000.000 * 0,866895434	=	866.895,434
Summe			**3.097.339,33**

Hier wird die Summe als Vermögensendwert von allen verfügbaren liquiden Finanzierungsmöglichkeiten berechnet, wobei sich einige Fragen ergeben.
Welchen Endwert hat das Eigenkapital in der letzten Planungszeit gebracht?
Wie hoch sind die aus Krediten entstehenden Opportunitätskosten?
Das Eigenkapital wird mit dem modellendogenen Aufzinsungsfaktor (q^*_0 = 2,6823375 aus Tab. 3-7) berechnet und bei den 4 Krediten können die Koeffizienten der Finanzierungsprojekte jeweils als Opportunitätskosten (FO_1 = 0,756922967, FO_2 = 0,919995866,

$FO_3 = 0{,}33848432$ und $FO_4 = 0{,}866895434$)[132] in dieser Simultanplanung interpretiert werden. In diesem Fall ergibt sich Finanzierungsprojekt 2 als eine vorteilhafte finanzielle Bedingung. Demgegenüber wird die annuitätische Tilgung des Finanzierungsprojekts 3 als eine ungünstigste Bedingung in diesem Modell angesehen.[133]

3.2.1.3.3. Anwendung der kurzfristigen Finanzinvestitionen

Wie für Investitionsprojekte gelten diese Aufzinsungsfaktoren für kurzfristige Finanzinvestitionen. Falls die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren folgendes Gesetz (3-14) erfüllen, wird in Teilperiode t die kurzfristige Finanzinvestition vorhanden sein. Folglich können die Finanzinvestitionen 2 (FI_2), 3 (FI_3) und 4 (FI_4) kalkuliert werden.

$q_t - (1+h) * q_{(t+1)} = 0$ (t = 0, 1, 2,…, T) wobei *h* der Zinssatz der kurzfristigen Finanzinvestitionen für eine Periode ist. (3-14)

(3-14) Die Beurteilung der kurzfristigen Finanzinvestitionen wird auch auf das Investitionsprojekt angewendet. Falls kein Differenzbetrag zwischen dem Anfang und Schluss der Teilperiode mit den jeweiligen Aufzinsungsfaktoren (q_t) und (q_{t+1}) vorhanden ist, ergeben sich diese aus den kurzfristigen Finanzinvestitionen.

(FI_0): 1 2,6823375 -1,08*1,8792178*	=	*0,652782*	*In t=0 keine Finanzinvestition*	
(FI_1): 1 1,8792178 -1,08*1,259712*	=	*0,5187288*	*In t=1 keine Finanzinvestition*	
(FI_2): 1* 1,259712 -1,08*1,1664	=	0		
(FI_3) : 1* 1,1664 -1,08*1,08	=	0		
(FI_4): 1* 1.08 -1,08*1	=	0		(3-15)

(3-15) Beispielweise gibt es bei (FI_0) und (FI_1) keine kurzfristigen Finanzinvestitionen. Im Gegensatz dazu gibt es bei (FI_2), (FI_3) und (FI_4) eine kurzfristige Finanzinvestition.

3.2.1.4. Methode der Vollständigen Finanzpläne (VOFI) - Analyse

Bei den vollständigen Finanzplänen werden sowohl zeitliche Zahlungsströme der Investitionsprojekte als auch finanzielle Zahlungen explizit berücksichtigt.[134]

---

[132] Siehe (3-13)
[133] In den Modelluntersuchungen bringt die Annuitätstilgung die niedrigste Rendite.
[134] Vgl. Grob, H. L. (1984, Vorteilhaftigkeitsanalyse), S. 16-23.

Dabei erbringt die Annuitätstilgungsmethode die niedrigste Rendite in den vorliegenden Modelluntersuchungen (Simultanplanung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge).
Aus Tab. 3-6 (die Optimallösungen des Basismodells bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen) werden VOFI nach Teilperioden aufgestellt.

t = 0
Investitionsprojekt 4 (IO_4) 3.200.000 GE (=170.000*18,92353) beschafft.
Finanzierungsprojekt FO_1 in Höhe von 1.350.000 GE, FO_2 in Höhe von 800.000 GE und FO_4 in Höhe von 1.000.000 GE als Kredit aufgenommen.
Eigenkapital steht in Höhe von 50.000 GE zur Verfügung.[135]

t = 1
Investitionsprojekt 4 (IO_4) 1.276.235,29 GE als Nettozahlung erbracht und Investitionsprojekt 7 (IO_7) 1.991.920,75 GE (=40.000*49,798) beschafft.
Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) in Höhe von 1.000.000 GE als Kredit aufgenommen und Finanzierungsprojekt 4 (FO_4) in Höhe von 284.314,54 GE zurückbezahlt.

t = 2
Investitionsprojekt 4 (IO_4) 1.300.705,88 GE (=69.100*18,8235) und IO_7 831.626,91 GE (=16.700*49,7980) als Nettozahlung erbracht.
Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) in Höhe von 120.000 GE und Finanzierungsprojekt 4 (FO_4) in Höhe von 284.314,54 GE zurückbezahlt. Dabei werden überschüssige Nettozahlungen als kurzfristige Finanzinvestition 2 (FI_2) in Höhe von 1.728.018,2524 GE angelegt.

t = 3
Investitionsprojekt 4 (IO_4) 1.389.176,47 GE (=69.100*18,8235) und Investitionsprojekt 7 (IO_7) 836.606,72 GE (=16.700*49,7980) als Nettozahlung erbracht.
Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) in Höhe von 120.000 GE und Finanzierungsprojekt 4 (FO_4) in Höhe von 284.314,54 GE zurückbezahlt.

[135] Das Eigenkapital steht jedes Mal zu Beginn der Planung in ganzen illustrierenden Zahlenbeispielen zur Verfügung. Die Einflüsse auf den Vermögensendwert mit Eigenkapital können in einer weiteren Teilperiode durch modellendogene Kalkulationszinssätze berechnet werden. Die vorliegenden illustrierenden Zahlenbeispiele werden in Kapitel 4 nicht behandelt.

Überschüssige Nettozahlungen werden dabei als kurzfristige Finanzinvestition 2 (FI_2) in Höhe von 1.728.018,2524 GE angelegt.

t = 4

Investitionsprojekt 4 (IO_4) 1.402.352,94 GE und Investitionsprojekt 7 (IO_7) 831.626,91 GE als Nettozahlung erbracht.

Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) in Höhe von 120.000 GE und Finanzierungsprojekt 4 (FO_4) in Höhe von 284.314,54 GE zurückbezahlt. Überschüssige Nettozahlungen werden dabei als kurzfristige Finanzinvestition 4 (FI_4) in Höhe von 3.687.728,355 GE angelegt.

t = 5

Investitionsprojekt 4 (IO_4) 1.411.764,71 GE und Investitionsprojekt 7 (IO_7) 821.667,31 GE als Nettozahlung erbracht.

Finanzierungsprojekt 1 (FO_1) in Höhe von 2.599.310,69 GE, Finanzierungsprojekt 2 (FO_2) in Höhe von 1.409.873,35 GE, Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) in Höhe von 1.120.000 GE und Finanzierungsprojekt 4 (FO_4) in Höhe von 284.314,54 GE mit Tilgung und Zinsen zurückbezahlt.

Der maximale Vermögensendwert lautet: 3.097.339,33 GE.

3.2.1.5. Verfahren zur Berechnung der Optimallösung

Für die Berechnung nach der Vermögensendwertmethode werden mehrer Varianten getrennt untersucht:

Optimallösung des Finanzierungsbereichs [136], Optimallösung der gesamten Planungszeiträume [137] und Optimallösung zum Planungshorizont T (die Maximierung des Endvermögens) [138].

---

[136] In Kapitel 3.2.1.5.1.

[137] In Kapitel 3.2.1.5.3

[138] In Kapitel 3.2.1.5.2. In Anbetracht der Maximierung des Endvermögens des simultanen Programms bezieht sich der Planungshorizont T auf den Finanzüberschuss sämtlicher Zahlungen der Investitions- und Finanzierungsprojekte sowie das Eigenkapital. Der ähnliche methodische Ansatz steht (Modell für den Fall des Vermögensstrebens) in der Investitionsrechnung. Kruschwitz, L. (2007, Investitionsrechnung), S. 276 – 287. Diese Kalkulation der Maximierung des Endwertsvermögens ist nur hinsichtlich des Planungshorizonts T betrachtet.

3.2.1.5.1. Verfahren zur Berechnung des Vermögensendwerts hinsichtlich des Finanzierungsbereichs

Mit Hilfe der modellendogenen Aufzinsungsfaktoren lässt sich der Finanzierungsbereich berechnen. Dabei werden die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren und die bereits berechneten Koeffizienten der Finanzierungsprojekte (3-13) für dieses Verfahren angewendet.

Der Vermögensendwert hinsichtlich des Finanzierungsbereichs wird aus Kapitel 3.2.1.3.2 noch einmal zusammengefasst:

Eigenmittel:	50.000 * 2,6823375[139]	=	134.116,875
Finanzinvestition FO_1:	1.350.000 * 0,756922967[140]	=	1.021.846,005
FO_2:	800.000 * 0,919995866	=	735.996,693
FO_3:	1.000.000 * 0,33848432	=	338.484,32
FO_4:	1.000.000 * 0,866895434	=	866.895,434
Summe			**3.097.339,33**

3.2.1.5.2. Verfahren zur Berechnung des Endvermögens zum Planungshorizont T

Beim Verfahren zur Maximierung des Endvermögens im Modell simultaner Investitions- und Finanzierungsprojektentscheidung soll die Zielfunktion nur im Planungshorizont T betrachtet werden.

IO_4:	-75.000	*	18,823529	=	-1.411.765,71
IO_7:	-16.500	*	49,798019	=	-821.667,31
FO_1:	1,92541458	*	1.350.000	=	2.599.310,69
FO_2:	1,76234168	*	800.000	=	1.409.873,35
FO_3 :	1,12	*	1.000.000	=	1.120.000
FO_4:	0,2843145	*	1.000.000	=	284.314,54
FI_4:	-1.08	*	5.812.411,93	=	-6.277.404,89
Summe	⇧		⇧	=	**-3.097.339,33**
	(aus Tab 3-5)	*	(aus Tab 3-6)		

[139] Aus Tab.3-7

[140] Vgl. Siehe (3-13) Neue Koeffizienten der Finanzierungsprojekte.

3.2.1.5.3. Verfahren für Vermögensendwert hinsichtlich der gesamten Planungszeiträume

Im vorherigen Kapitel wird das Endvermögen in der letzten Teilperiode T berechnet. Gegenüber dem Verfahren des Endvermögens soll die Zielfunktion beim Vermögensendwertsverfahren in dem gesamten Planungszeitraum beachtet werden.
Daraus ergibt sich folgende Zielfunktion:

$$\sum_{n \in I} a_{n,t} * x_n + \sum_{m \in F} d_{m,t} * y_m + x_{(N),0} + \sum_{t=1}^{T} (x_{(N),t} - (1+0{,}08) * x_{(N),t-1}) - \mathcal{E}_t)$$

Wobei *I* die Menge der realisierten Investitionsprojekte und *F* die Menge der realisierten Finanzierungsprojekte bezeichnen.
Mit dem illustrierenden Beispiel für t = 0,..., 5 ergibt sich folgende Zielfunktion.

$$\sum_{n \in \{4,7\}} a_{n,t} * x_n + \sum_{m=1}^{4} d_{m,t} * y_m + x_{(N),0} + \sum_{t=1}^{T} (x_{(N),t} - (1+0{,}08) * x_{(N),t-1} - \mathcal{E}_t)$$

Dabei ergibt sich ein identischer Vermögensendwert in Höhe von **-3.097.339,33 GE** wie beim Verfahren des Endvermögens der simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung.

$$\sum_{n \in \{4,7\}} a_{n,t} * x_n =$$

18,823529*(170.000 –67.800 –69.100 –73.800 –74.500 –75.000) + 49,7980188 * (40.000 –16.700 –16.800 –16.700 –16.500) = -4.909.842,3953

$$\sum_{m=1}^{4} d_{m,t} * y_m =$$

1.350.000*(-1 + 1,92541458) +800.000*(-1 + 1,762341683) + 1.000.000(-1 +0,12 +0,12 +0,12 +1,12) +1.000.000*4* 0,284314543 = 2.760.755,7496

$$x_{(N),0} + \sum_{t=1}^{T} (x_{(N),t} - (1+0{,}08) * x_{(N),t-1}) =$$

(1.728.018,252441+ 3.687.728,355190 + 5.812.411,934870)*-0,08 = -898.252,6834

$\mathcal{E}_t$ = - 50.000

Summe = **-3.097.339,33**

Wegen einer Auszahlungsansicht der Zahlungsströme ergibt sich ein negativer Vermögensendwert.

In Tab. 3-9 werden die modellendogenen Kalkulationszinssätze (i_τ^*) mit Forward Rates und Spot Rates dargestellt.

Spot Rates

$\hat{i}_1$	0,427369199
$\hat{i}_2$	0,459221035
$\hat{i}_3$	0,319943392
$\hat{i}_4$	0,255371944
$\hat{i}_5$	0,218155375

Forward Rates

i_1*	0,427369
I_2*	0,491784
I_3*	0,08
I_4*	0,08
I_5*	0,08

Tab. 3-9 Forward Rates (i_t^*) bzw. Spot Rates ($\hat{i}_t$)

Mit Forward Rates bzw. Spots Rates wird der Kapitalwert der Zahlungsreihe des Investitionsprojekts i (IO_i, i= 1, …, 9) kalkuliert.

IO_1	IO_2	IO_3	**IO_4**	IO_5	IO_6	**IO_7**	IO_8	IO_9
-41,98340583	-43,5988	-69,5415	**0**	-34,50571	-80,13906	**0**	-131,11	-117,748

Tab. 3-10 Kapitalwert der Zahlungsreihe des Investitionsprojekts i mit Forward Rates bzw. Spot Rates

Der nach Forward Rates bzw. Spot Rates gerechnete Kapitalwert der Zahlungsreihe des Investitionsprojekts 4 und 7 ergibt eine Empfehlung zur Realisierung.

Eine Verwendung der Forward Rates und Spot Rates erscheint daher vor allem zur Beurteilung von Zusatzprojekten möglich, die zur Wahl stehen, nachdem eine Optimierung für das Investitions- und Finanzierungsprogramm erfolgt ist.

Beispielsweise errechnet sich der Kapitalwert zur Beurteilung des neu zur Wahl stehenden Zusatzinvestitionsprojekts i (IO_i) mit dem Zahlungsstrom (-17.000, 67.800, 69.100, 73.800, 74.500,74.000) wie folgt.

Berechnung des Kapitalwerts für das Zusatzinvestitionsprojekt i (IO_i) mit Forward Rates:

Zusatzinvestitionsprojekt i (IO_i) =

$$-17.000 + \frac{67.800}{(1+0{,}427369199)} + \frac{69.100}{(1+0{,}427369199)*(1+0{,}459221035)} +$$

$$\frac{73.800}{(1+0{,}427369199)*(1+0{,}459221035)*(1+0{,}319943392)} +$$

$$\frac{74.500}{(1+0{,}427369199)*(1+0{,}459221035)*(1+0{,}319943392)*(1+0{,}255371944)} +$$

$$\frac{74.000}{(1{,}427369199)*(1{,}459221035)*(1{,}319943392)*(1{,}255371944)*(1{,}218155375)} \leq \mathbf{0}$$

Berechnung des Kapitalwerts für das Zusatzinvestitionsprojekt i (IO_i) mit Spot Rates

$$(IO_i) \quad = -17.000 + \frac{67.800}{1{,}427369199} + \frac{69.100}{1{,}491783646^2} + \frac{73.800}{1{,}08^3} + \frac{74.500}{1{,}08^4} + \frac{74.000}{1{,}08^5} \leq \mathbf{0}$$

Das Zusatzinvestitionsprojekt i (IO_i) ergibt sich nach Berechnung mit Forward Rates und Spot Rates negativ. Dieses Zusatzinvestitionsprojekt i **(IO_i)** soll nicht in das Optimalprogramm aufgenommen werden. Wenn demgegenüber die Berechnung des zur Wahl stehenden Zusatzinvestitionsprojekts j (IO_j) positiv wäre, dann würde das Optimalprogramm durch Einbeziehung von Zusatzinvestitionsprojekt mit Simplex-Methode neu bestimmt werden.

Im angenommenen Beispiel sind die modellendogenen Kalkulationsabzinsungsfaktoren in Form von Forward Rates und Spot Rates auf die Beurteilung einzelner Investitions- und Finanzierungsprojekte ohne Durchführung Simplex-Methode anzuwenden.[141]

3.2.1.6. Einbeziehung bei Ganzzahligkeit

Das bisher bereits behandelte mehrstufige Modell zur simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung enthält die Annahme, dass Investitions- und Finanzierungsprojekte beliebig teilbar sind, was aber realitätsfern ist Daher sind Ganzzahligkeitsbedingungen erforderlich. Der Vermögensendwert und die Vorteilhaftigkeit der Simultanplanungen sollen durch Ganzzahligkeit auch realistisch bestimmt werden. Die Bestimmung der Optimallösung bei Ganzzahligkeitsbedingungen kann ein Problem darstellen. [142] Die

---

[141] Dazu haben einige Verfasser die Kapitalwertmethode angewendet. Für dem Fall bestehen keine Unterschiede für Soll- und Habenzinssätze, folglich $i = i_S = i_H$. Siehe die Anwendung der modellendogenen Aufzinsungsfaktoren in Kapitel 3.2.1.3.2.

[142] Mit heuristischem Lösungsverfahren kann zwar in der Regel nicht die Optimallösung ermittelt werden, es werden aber bei relativ geringerem Rechenaufwand (z.B. eine geringe Zahl von Variablen und einbezogenen Perioden usw.) gute Lösungen bestimmt. Vgl. Fischer, J. (1981 Heuristische Investitionsplanung), S. 296 ff.

Optimallösung bei Ganzzahligkeit ist zwar für den Zweck der Modelluntersuchung nicht relevant aber mit Zuammenhang von der Ermittlung des gesuchten Zahlungsstroms im nachfolgenden Kapitel 4.3.3.2.3 und in Kapitel 4.3.3.3 dargestellt.
Die Optimallösungen der Ganzzahligkeit lauten wie folgt:

IO1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	IO_8	IO_9
2	0	1	16	2	0	50	0	0
		FO_1	FO_2	FO_3	FO_4			
		1.350.000	800.000	997.614,543	1.000.000			
FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4	FI_5			
0	0	1.734.471,71	3.694.701,16	5.815.148,96	3.095.935,02			

Tab.3-11 Optimallösungen mit Ganzzahligkeitsbedingungen beim Basismodell

Wie Tab. 3-11 zeigt, wird die Optimallösung mit der Ganzzahligkeitsbedingung erreicht. 2 Einheiten des Investitionsprojekts 1 (IO_1), 1 Einheit des Investitionsprojekts 3 (IO_3), 16 Einheiten des Investitionsprojekts 4 (IO_4), 2 Einheiten des Investitionsprojekts 5 (IO_5) und 50 Einheiten des Investitionsprojekts 7 (IO_7) sind realisierbar. Die Finanzierung soll in Höhe von 1.350.000 GE (FO_1), 800.000 GE (FO_2), 997.614,5434 GE (FO_3) und 1.000.000 GE (FO_4) in Anspruch genommen werden. Eine kurzfristige Finanzinvestition wird in den Zeitpunkten $t = 2$, $t = 3$, $t = 4$ und $t = 5$ jeweils in Höhe von 1.734.471,7114 GE (FI_2), 3.694.701,1598 GE (FI_3), 5.815.148,9640 GE (FI_4) und 3.095.935,0164 GE (FI_5) vorgeschlagen. Der Investor erreicht den Vermögensendwert in Höhe von 3.095.935,0164 GE.

Der Vermögensendwert bei Ganzzahligkeitsbedingungen ist auf jeden Fall kleiner als bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen.

3.2.2. Das wiederholte Modell bei unvollständiger Datenbeschaffung

Im Folgenden werden die Optimallösungen bei unvollständiger und vollständiger Datenbeschaffung miteinander verglichen. Zu Beginn der Simultanplanung ist die Maximal-lösung bei vollständiger Datenbeschaffung vorteilhafter als bei unvollständiger Daten-beschaffung in der Simultanplanung bei mehrfacher Entscheidungsfolge. Das kann durch die dargestellten Modelle bewiesen werden.

Die unvollständige Datenbeschaffung lässt sich in der Simultanplanung des Investitions- und Finanzierungsprogramms nach dem Zeitablauf zur neuen Simultanplanung nacheinander einbeziehen. Ein Ansatz für das simultane Investitions- und Finanzierungsprogramm bezieht sich auf die identische Wiederholung nach einer Teilperiode. Dabei wird die Darstellung der simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung durch den Unterschied zwischen einem abhängigen und unabhängigen Simultanprogramm (Kapitel 3.2.3) untersucht.

Kapitel 3.2.2 besteht aus Kapitel 3.2.2.1 (Die einmal identisch wiederholte Simultanplanung) und 3.2.2.2 (Die zweimal identisch wiederholte Simultanplanung). Dabei wird die wiederholte Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten Simultanplanung (in Kapitel 3.2.2.1.1. und 3.2.2.2.1) und der Entscheidung in Teilperiode t = 0 (in Kapitel 3.2.2.1.2. und 3.2.2.2.2.) sowie die Simultanplanung bei vollständiger Datenbeschaffung (in Kapitel 3.2.2.1.3. und 3.2.2.2.3.) unterteilt.

Schließlich wird ein vorteilhafter Vermögensendwert jeweils aus den Modellen in Kapitel 3.2.2.1.4 und 3.2.2.2.4 untersucht.

3.2.2.1. Die einmal identisch wiederholte Simultanplanung

Unter der einmal identisch wiederholten Simultanplanung werden drei Modellvergleiche zwischen den unterschiedlich aufgebauten Ansätzen untersucht.

In Kapitel 3.2.2.1.1 wird durch Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten gesamten Entscheidung die erste Entscheidung in einem neuen Simultanprogramm ohne Änderungen dargestellt. In Kapitel 3.2.2.1.2 wird durch Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten periodischen Entscheidung (t = 0) ein neues simultanes Programm aufgebaut. Diese beiden Modellversuche werden mit der Simultanplanung bei vollständiger Datenbeschaffung vor dem Planungsbeginn in Kapitel 3.2.2.1.3. verglichen. Anschließend wird in Kapitel 3.2.2.1.4. der höchste Vermögensendwert gefunden.

3.2.2.1.1. Einmal wiederholte Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten Simultanplanung

Die erste Optimallösung aus dem Basismodell wird in einer neuen Simultanplanung berücksichtigt. Die gesamte Entscheidung der ersten Simultanplanung wird als Restriktion in einer neuen Simultanplanung eingebracht.

Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten Entscheidungen:

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6	
Planperiode	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	←	muss realisiert werden
	Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	

Die obere simultane Investitions- und Finanzierungsplanung wurde im vorherigen Kapitel durchgeführt. Die Optimallösungen müssen in dem neu aufgebauten Modell vollständig bis T realisiert werden. Anschließend wird eine wiederholte Simultanplanung in t = 1 in das Modell integriert.
In der vorliegenden Problemstellung liegt das Modell der wiederholten Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten Optimallösungen zur simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung vor.

- Zielfunktion

Die neue Zielfunktion wird wegen der Erweiterung des Planungshorizontes im Planungshorizont T+1 neu dargestellt. Sie wird in (3-19) und (3-20) zusammengefasst gemittelt.

$$\mathcal{VE}_{T+1} = \underbrace{\mathcal{E}_{T+1}}_{\substack{\text{Eigenkapital}\\ \text{in der Periode}\\ \text{T+1=6 (ext.}\\ \text{Zuführung)}}} - \underbrace{\sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,T+1} * x_n}_{\substack{\text{Zahlungsüberschüsse der}\\ \text{Investitionsprojekte in der Periode}\\ \text{T+1 bezogen auf die ersten}\\ \text{und zweiten Planungen}}} - \underbrace{\sum_{m=1}^{M'} d'_{m,T+1} * y_m}_{\substack{\text{Zahlungsüberschüsse}\\ \text{der Finanzierungsprojekte}\\ \text{in der Periode T+1 bezogen}\\ \text{auf die erste und zweite Planung}}} + \underbrace{(1+k) * x_{(N'),T}}_{\substack{\text{Aufgezinste kurzfristige Finanz-}\\ \text{investition in der Periode T}}} \quad (3\text{-}16)$$

$$= \underbrace{x_{(N'),T+1}}_{\substack{\text{kurzfristige Finanzinvestition in der Periode}\\ \text{T+1 bzw. gesuchter Vermögensendwert}}} \qquad \text{Maximierung!} \qquad \text{wobei } T = 5 \qquad (3\text{-}17)$$

Wobei

a': die Zusammensetzung der Zahlungsüberschüsse je Einheit der Investitionsalternative im Zeitraum t = 0, …, T und einer nach einem Jahr identisch wiederholten Investitionsalternative im Zeitraum t = 1, …, T+1 ist. Dabei entsteht die neue Anzahl der realisierbaren Investitionsalternativen N’-1. Dabei sind die Zusammensetzungen der Zahlungsüberschüsse der zu realisierenden Investitionsalternativen der ersten Entscheidung a im neuen simultanen Programm vorhanden. Schließlich wird aufgrund der unterschiedlichen Modelldarstellungen der Zahlungsüberschüsse je Einheit der Investitionsalternative a' dargestellt.

d': die Zusammensetzung der Zahlungsüberschüsse je Einheit der zu realisierenden Finanzierungsalternativen im Zeitraum t = 0, …, T und einer nach einem Jahr identisch wiederholten Finanzierungsalternativen m im Zeitraum t = 0, 1, …, T+1 ist. Dabei entsteht eine neue Anzahl von Finanzierungsmöglichkeiten M’.

- Liquiditätsnebenbedingungen

Die Liquiditätsnebenbedingungen sind nach dem Zeitablauf wie die Zielfunktionen von t = 0 bis 5 und t = 0 bis T+1 = 6 geteilt dargestellt.

Für t = 0: Berücksichtigung auf Liquiditätsnebenbedingungen (3-3) und (3-4). Die realisierbaren Investitions- und Finanzierungsprojekte sind bereits in Tab. 3-6 (Optimallösungen des Basismodells) bestimmt.

Daher werden hier eine Anzahl des Investitionsprojekts und der Umfang der Inanspruchnahme auf die Finanzinvestition im Zeitraum t = 1, …, T+1 als N' und M' statt N und M unterschiedlich gezeigt.

Die allgemeinen Liquiditätsnebenbedingungen in den Zeiträumen von $1 \leq t \leq T+1$ werden im Folgenden formuliert.

Für $1 \leq t \leq T$

(Aus der ersten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (Aus der gesamten Simultanplanung von Investitionsprojekten)

$$\sum_{n=1}^{(N-1)} a_{n,t} * x_n \quad + \quad \sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,t} * x_n$$

Zahlungsüberschüsse der in t=0 aufgenommenen Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung

Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte der ersten und zweiten Simultanplanung

(Aus der gesamten Simultanplanung vom Finanzbereich)

$$+ \sum_{m=1}^{M} d_{m,t} * y_m + \sum_{m=1}^{M'} d'_{m,t} * y_m + x_{(N'),t} - (1+0{,}08) * x_{(N'),t-1} = \mathcal{E}_t \qquad (3\text{-}18)$$

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der gesamten Simultanplanung

kurzfristige Finanzinvestition

Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition aus der gesamten Simultanplanung

Extern Zuführung von Eigenkapital zum Zeitpunkt t

(3-18) In der Periode t = T wird die erste Simultanplanung der Investitions- und Finanzierungsprogramme abgeschlossen.

Die Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung setzen sich aus den Zahlungsüberschüssen der Investitionsprojekte aus der vorperiodischen ersten Simultanplanung und der wiederholten Simultanplanung zusammen.

Für T+1 (3-19) wird eine Nebenbedingung dargestellt. Diese Formulierung der letzten Teilperiode wird als Zielfunktion angesehen.

$$\sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,T} * x_n + \sum_{m=1}^{M'} d'_{m,T+1} * y_m + x_{(N'),T+1} - (1+k) * x_{(N'),T} = \mathcal{E}_{T+1} \quad (3\text{-}19)$$

Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte	Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte	kurzfristige Finanzinvestition	Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition	Ext. Zuführung Eigenkapital zum Zeitpunkt T+1

- Projektnebenbedingungen:

Bei der Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten Entscheidung sind die Projektnebenbedingungen deshalb wichtig, weil die erste Entscheidung in der Vorperiode als Restriktionen dargestellt werden kann.

Aus der Optimallösung (Tab. 3-6) sind das Investitionsprojekt 4 (IO_4) zu Beginn der Planung sofort und das Investitionsprojekt 7 (IO_7) ab t = 1 zu realisieren.

In den Finanzierungsprojekten ab (3-22) bis (3-25) werden die oben erwähnten Investitionsprojekte(3-20)und (3-21) gleichmäßig in Simultanplanung realisiert.

$x_{4,0}$	=	18,82	(Zahl aus illustrierendem Beispiel)	(3-20)
$x_{7,1}$	=	49,80	(Zahl aus illustrieredem Beispiel)	(3-21)
$y_{1,0}$	=	1.350.000	(Zahl aus illustrierendem Beispiel)	(3-22)
$y_{2,0}$	=	800.000	(Zahl aus illustrierendem Beispiel)	(3-23)
$y_{3,1}$	=	1.000.000	(Zahl aus illustrierendem Beispiel)	(3-24)
$y_{4,0}$	=	1.000.000	(Zahl aus illustrierendem Beispiel)	(3-25)
x_n	$\leq$	$X_{(n)}$	für n = 1,..., (N'-1)	(3-26)
y_m	$\leq$	Y_m	für m = 1,..., M'	(3-27)
x_n	$\geq$	0	für n = 1,..., N'-1	(3-28)
y_m	$\geq$	0	für m = 1,..., M'	(3-29)
$x_{(N'),t}$	$\geq$	0	für t = 0,..., T	(3-30)

Von (3-20) bis (3-25): Die in t = 0 aufgenommenen Investitions- und Finanzierungsprojekte stammen aus der ersten Simultanplanung in den Zeiträumen von t = 0 bis zum Planungshorizont T. Sie sind in der zugehörigen Periode zu realisieren. In Tab. 3-12. erden die oben genannten Projektnebenbedingungen auf der rechten Seite (RS) des Gleichungssystems dargestellt.

- Illustration des Zahlenbeispiels

Nach den Optimallösungen aus Kapitel 3.2.1.2 wurde das Investitionsprojekt 4 (IO_4 = 18,82353 Einheiten) zum Zeitpunkt t = 0 realisiert, während die Investitionsprojekte 7 (IO_7 = 49,7980188 Einheiten) zum Zeitpunk t = 1 zur Realisierung empfohlen wurden.

In Tab 3-12 sind die aufgenommenen Investitionsprojekte (3-20) und (3-21) sowie die aufgenommenen Finanzierungsprojekte von (3-22) bis (3-25) auf der rechten Seite des Tableaus durch die Restriktionen mit Hilfe des Gleichheitszeichens (=) dargestellt.

Die zur Wahl stehenden Investitions- und Finanzierungsprojekte aus der identisch wiederholten Investitions- und Finanzierungsplanung sowie Finanzinvestitionen werden positiv ($\geq$) auf der rechten Seite des Gleichungssystems dargestellt. Dabei werden sowohl die Nichtnegativitätsbedingungen ($\geq$) der Investitions- und Finanzierungsprojekte als auch die Höchstgrenzen der Finanzierungsprojekte ($\leq$) begrenzt. Der Modellaufbau der Simultanplanung wird mit den unterlassenen Investitions- und Finanzierungsprojekten der vorherigen Simultanplanung miteinbezogen, wenn sie zur zugehörigen Teilperiode immer noch zur Wahl stehen können. Nach dem Modellansatz sind Investitionsprojekt 6 (IO_6), 8 (IO_8) und 9 (IO_9) in Tab.3-12 wieder dargestellt, obwohl sie bereits in der vorperiodischen Entscheidung nicht in der Optimallösung[143] auftauchten.

[143] Siehe Tab. 3-6. Die Optimallösungen des Basismodells bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen.

	IO_4	IO_6	IO_7	IO_8	IO_9	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}	IO_{8A}	IO_{9A}	FO_{1A}	FO_{2A}	FO_{3A}	FO_{4A}	FI_{0A}	FI_{0A}	FI_{1A}	FI_{2A}	FI_{3A}	FI_{4A}	FI_{5A}		RS
0	170.000					-1	-1		-1														1							=	50.000
1	-67.800	60.000	40.000			0	0	-1	0,284	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000					-1	-1		-1	-1,08	1						=	50.000
2	-69.100	-23.800	-16.700	50.000	30.000	0	0	0,12	0,284	-41.300	-20.600	-31.700	-67.800	-43.800	60.000	40.000			0	0	-1	0,284		-1,08	1					=	0
3	-73.800	-23.900	-16.800	-20.300	-11.800	0	0	0,12	0,284	-40.000	-20.400	-33.100	-69.100	-42.400	-23.800	-16.700	50.000	30.000	0	0	0,12	0,284			-1,08	1				=	0
4	-74.500	-26.000	-16.700	-18.200	-11.400	0	0	0,12	0,284	-40.200	-20.300	-34.500	-73.800	-44.900	-23.900	-16.800	-20.300	-11.800	0	0	0,12	0,284				-1,08	1			=	0
5	-75.000	-26.600	-16.500	-19.300	-11.400	1,925	1,762	1,12	0,284	-39.000	-21.400	-34.900	-74.500	-44.500	-26.000	-16.700	-18.200	-11.400	0	0	0,12	0,284					-1,08	1		=	0
6										-37.700	-22.800	-35.200	-75.000	-45.400	-26.600	-16.500	-19.300	-11.400	1,925	1,762	1,12	0,284						-1,08	1	=	0
	1																													=	**18,82**
		1																												≥	0
			1																											=	**49,798**
				1																										≥	0
					1																									≥	0
						1																								=	**1.350.000**
							1																							=	**800.000**
								1																						=	**1.000.000**
									1																					=	**1.000.000**
										1																				≥	0
											1																			≥	0
												1																		≥	0
													1																	≥	0
														1																≥	0
															1															≥	0
																1														≥	0
																	1													≥	0
																		1												≥	0
																			1											≤	1.350.000
																				1										≤	800.000
																					1									≤	1.000.000
																						1								≤	1.000.000
																							1	1	1	1	1	1		≥	0

Tab. 3-12 Tableau für ein lineares Programm bei der identisch wiederholten simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung in Bezug auf die Übernahme der ersten Entscheidung

Die Optimallösung unter Nichtnegativitätsbedingungen lautet:

IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	IO_8	IO_9	Zeit
0	0	0	18,823529	0	0	49,79801877	0	0	
FO_1	FO_2	FO_3	FO_4						
1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000						0,…,5
FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4	FI_5				
0	0	0	4.270.935,52	0	0				
IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	$IO7_A$	IO_{8A}	IO_{9A}	
0	0	0	18,823529	0	0	92,99847508	0	0	
FO_{1A}	FO_{2A}	FO_{3A}	FO_{4A}						1,...,6
1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000						
				FI_{5A}	FI_{6A}	FI_{7A}			
				8.989.510,90	9.079.719,14	7.338.838,64			

Tab. 3-13 Optimallösungen der identisch wiederholten Simultanplanung bezüglich der ersten Entscheidung

Nach der Optimallösung wird empfohlen, die Realisierungen der Investitions- und Finanzierungsprojekte in der ersten Simultanplanung gleich festzusetzen. Eine weitere Optimallösung der identisch wiederholten Simultanplanung bezüglich der ersten Entscheidung (IO_4, IO_7, FO_1, FO_2, FO_3 und FO_4) in den Zeiträumen von t = 1 bis T+1 = 6 ergibt, dass sowohl das Investitionsprojekt (IO_{4A}) 18,823529-mal zum Zeitpunkt t = 1 und (IO_{7A}) 92,99847508 zum Zeitpunkt t = 2 als auch die Finanzierungsprojekte (FO_{1A}), (FO_{2A}), (FO_{4A}) zum Zeitpunkt t = 1 und (FO_{3A}) zum Zeitpunkt t = 2 realisiert werden sollen. Zum Zeitpunkt t = 4, t = 5 und t = 6 wird eine kurzfristige Finanzinvestition in Höhe von 8.989.510,90 GE (FI_{5A}), 9.079.719,14 GE (FI_{6A}) sowie 7.338.838,64 GE (FI_{7A}) vorgeschlagen. Der Vermögensendwert beziffert sich bei der kurzfristigen Finanzinvestition zum Zeitpunkt t = 6 auf 7.338.838,64 GE (FI_{7A}).

Die Optimallösungen werden in der zweimal wiederholten Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten und zweiten Entscheidung als Restriktionen dargestellt.

3.2.2.1.2. Wiederholte Simultanplanung unter Berücksichtigung der Entscheidung in t = 0

Angesichts des Ablaufs der Planungszeit wird das Modell von den Simultanplanungen für Investitions- und Finanzierungsprogramme als realitätsnah dargestellt.

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6
Planperiode	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	
	Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

↑

Ausschließlich in der Teilperiode t = 0 wurde das Investitionsprogramm realisiert

- Zielfunktion

Zielfunktionen werden nach dem Zeitablauf unterschiedlich aufgebaut.

Beim Planungshorizont T+1 wird die Zielfunktion unter der Berücksichtigung des Planungshorizonts T (3-16) und (3-17) aufgebaut.

Die Zielfunktion aus (3-4) und (3-5) beim Planungshorizont T wird wie folgt umformuliert:

$$\underbrace{\mathcal{VE}_T}_{} = \underbrace{\mathcal{E}_T}_{\substack{\text{Eigenkapital}\\ \text{in der Periode}\\ \text{T=5 (Ext.}\\ \text{Zuführung)}}} - \underbrace{\sum_{n=1}^{(N-1)} a_{n,T} * x_n}_{\substack{\text{Zahlungsüberschüsse der}\\ \text{Investitionsprojekte in der Periode}\\ \text{T, bezogen auf die erste Planung}}} - \underbrace{\sum_{m=1}^{M} d_{m,T} * y_m}_{\substack{\text{Zahlungsüberschüsse}\\ \text{der Finanzierungsprojekte}\\ \text{in der Periode T}}} + \underbrace{(1+k) * x_{(N),T-1}}_{\substack{\text{Aufgezinste kurzfristige Finanz-}\\ \text{investition in der Periode T-1}}} \tag{3-31}$$

$$= \underbrace{x_{(N),T}}_{\substack{\text{Kurzfristige Finanzinvestition in der Periode}\\ \text{T bzw. gesuchter Vermögensendwert}}}$$

Die neue Zielfunktion beim Planungshorizont T+1:

$$\mathcal{VE}_{T+1} = \underbrace{\mathcal{E}_{T+1}}_{\substack{\text{Eigenkapital}\\ \text{in der Periode}\\ \text{T+1=6 (Ext.}\\ \text{Zuführung)}}} - \underbrace{\sum_{n=1}^{(N^*-1)} a^*_{n,T+1} * x_n}_{\substack{\text{Zahlungsüberschüsse der}\\ \text{Investitionsprojekte in der Periode}\\ \text{T+1, bezogen auf die erste}\\ \text{und zweite Planung}}} - \underbrace{\sum_{m=1}^{M^*} d^*_{m,T+1} * y_m}_{\substack{\text{Zahlungsüberschüsse}\\ \text{der Finanzierungsprojekte}\\ \text{in der Periode T+1}}} + \underbrace{(1+k) * x_{(N^*),T}}_{\substack{\text{Aufgezinste kurzfristige Finanz-}\\ \text{investition in der Periode T}}} \tag{3-32}$$

$$= \underbrace{x_{(N^*),T+1}}_{\substack{\text{Kurzfristige Finanzinvestition in der Periode}\\ \text{T+1 bzw. gesuchter Vermögensendwert}}} \tag{3-33}$$

Wobei

a^* : die gesamten Zahlungsüberschüsse aus einer Investitionsalternative n ($a_{n,t}$) und einer nach einem Jahr identisch wiederholten Investitionsalternative ($a^*_{n,t}$) im Zeitraum t = 1, …, T+1 sind, wobei eine neue Anzahl der realisierbaren Investitionsalternativen N*-1 entsteht.

Dabei ergibt sich der Unterschied zwischen der Anzahl der Zusammensetzungen der Zahlungsüberschüsse (die geänderten Zahlungsdifferenzen) durch die Investitionsalternative a und a' aus diesem neuen Simultanprogramm, das unterschiedliche Möglichkeiten der Investitionsalternativen in den Modelldarstellungen aufweist.

d^*: die gesamten Zahlungsüberschüsse (die geänderten Zahlungsdifferenzen) aus einer Finanzierungsalternative m und einer nach einem Jahr identisch wiederholten Finanzierungsalternative m im Zeitraum t = 0, 1, …, T+1 sind, wobei die neue Anzahl der realisierbaren Finanzierungsmöglichkeiten M*-1 entsteht.

- Liquiditätsnebenbedingungen

Liquiditätsnebenbedingungen sind wie die Zielfunktion nach Zeitablauf geteilt dargestellt.

In t = 0: Übernahme der Entscheidung der ersten Simultanplanung in Liquiditätsnebenbedingungen.

Die allgemeinen Liquiditätsnebenbedingungen im Zeitraum von $1 \leq t \leq T+1$ ist wie folgt formuliert:

$$\sum_{n=1}^{(N^*-1)} a^*_{n,t+1} * x_n + \sum_{m=1}^{M^*} d^*_{m,t+1} * y_m - (1+k) * x_{(N^*),t-1} + x_{(N^*),t} = E_t \quad (3\text{-}34)$$

Die oben beschriebene Formulierung[144] (3-34) kann nach dem Zeitablauf wie folgt ausführlich erläutert werden.

In t = 1: Die erste und wiederholte Anzahl der Einheiten des Investitionsprojekts N*-1 muss in der ganzen Simultanplanung eingeschlossen werden, damit die Optimallösung der ersten Simultanplanung in den gesamten Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei Wiederholungen der Investitionsprojekte ohne Verletzung der Restriktionen eingehalten werden soll.

144 In Tab. 3-5 werden **Z**ahlungsüberschüsse der Investitions- und Finanzierungsprojekte bei Zielfunktion statt

$\sum_{n=1}^{(N^*-1)} a^*_{n,T+1} * x_n$ und $\sum_{m=1}^{M^*} d^*_{m,T+1} * y_m$ durch $\sum_{n=1}^{(N^*-1)} a_{nA,t} * x_{nA}$ und $\sum_{m=1}^{M^*} d_{mA,t} * y_{mA}$

umformuliert.

Ab t = 1 zeigen sich die Unterschiede zum vorherigen Kapitel 3.2.2.1.1, nämlich dass die Anzahl der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte nach dem Zeitverlauf nicht gleich sind. Ein deutlicher Unterschied zu Kapitel 3.2.2.1.1 wird im illustrierenden Beispiel aus Tab. 3-15 (Tableau für ein lineares Programm bei der identisch wiederholten simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung) gezeigt. Im Vergleich zu Tab. 3-12 (Tableau für ein lineares Programm bei der identisch wiederholten simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung im Bezug auf die Übernahme der ersten Entscheidung) ist das Investitionsprojekt 6 (IO_6) in diesem Fall in t = 1 positiv ($\geq$) dargestellt.

Für t = 1

(Aus der ersten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (Aus der zweiten Simultanplanung von Investitionsprojekten)

$$\underbrace{\sum_{n=1}^{(N-1)} a_{n,1} * x_n}_{\substack{\text{Zahlungsüberschüsse}\\\text{der in t=0 aufgenommenen}\\\text{Investitionsprojekte der}\\\text{ersten Simultanplanung}}} + \underbrace{\sum_{n=1}^{(N^*-1)} a^*_{n,1} * x_n}_{\substack{\text{Zahlungsüberschüsse}\\\text{der zur Wahl stehenden}\\\text{Investitionsprojekte der}\\\text{ersten Simultanplanung}}} + \underbrace{\sum_{n=1}^{(N^*-1)} a^*_{n,t} * x_n}_{\substack{\text{Zahlungsüberschüsse}\\\text{der Investitionsprojekte der}\\\text{zweiten Simultanplanung}\\\text{ab Zeitpunkt t = 1}}}$$

(Aus der gesamten Simultanplanung vom Finanzbereich)

$$+ \underbrace{\sum_{m=1}^{M} d_{m,1} * y_m + \sum_{m=1}^{M^*} d^*_{m,t} * y_m}_{\substack{\text{Zahlungsüberschüsse}\\\text{der Finanzierungsprojekte}\\\text{der gesamten}\\\text{Simultanplanung}}} + \underbrace{x_{(N^*),1}}_{\substack{\text{kurzfristige}\\\text{Finanzinvestition}}} - \underbrace{(1+0{,}08) * x_{(N^*),0}}_{\substack{\text{Aufgezinste kurzfristige}\\\text{Finanzinvestition aus}\\\text{der gesamten}\\\text{Simultanplanung}}} = \underbrace{\mathcal{E}_1}_{\substack{\text{(Externe Zuführung)}\\\text{Eigenkapital zum}\\\text{Zeitpunkt t = 1}}} \qquad (3\text{-}35)$$

(3-35) Die Formulierung in t = 1 besteht nicht nur in der Optimallösung der ersten Simultanplanung, sondern auch in der wiederholten Simultanplanung. Dabei sind die in t = 0 bereits aufgenommenen Investitions- und Finanzierungsprojekte unverändert im Simultanprogramm realisierbar. Schließlich wird die neue Optimallösung mit dem zur Wahl stehenden Investitions- und Finanzierungsprogramm aus der ersten Simultanplanung und mit der wiederholten Simultanplanung gesucht.

Die kurzfristige Finanzinvestition der ersten und zweiten Simultanplanung nach den Optimallösungen muss nicht zwingend identisch bleiben. Daher wird die aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition $(1+0{,}08)* x_{(N),0}$ hier nicht übernommen (3-6). Die neue Formulierung der aufgezinsten kurzfristigen Finanzinvestition $(1+0{,}08)* x_{(N^*),0}$ aus (3-35) bedeutet, dass in diesem Fall die aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition in der neuen Simultanplanung unabhängig von der Entscheidung der Vorperiode ist. Beim Modell des

Vermögensendwertes können die Bedingungen der Finanzinvestitionen der nachstehenden Simultanplanung in einer neuen Optimierung nicht berücksichtigt werden.

Für $2 \leq t \leq T$

Für $2 \leq t \leq T$

(Aus der ersten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (Aus der zweiten Simultanplanung von Investitionsprojekten)

$$\sum_{n=1}^{(N-1)} a_{n,t} * x_n + \sum_{n=1}^{(N^*-1)} a^*_{n,t} * x_n + \sum_{n=1}^{(N^*-1)} a^*_{n,t-1} * x_n$$

Zahlungsüberschüsse der in t realisierbaren Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung

Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung

Zahlungsüberschüsse der in t realisierbaren Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung

Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte aus der zweiten Simultanplanung

(Aus der gesamten Simultanplanung vom Finanzbereich)

$$+ \sum_{m=1}^{M} d_{m,t} * y_m + \sum_{m=1}^{M^*} d^*_{m,t} * y_m + x_{(N^*),t} - (1+0{,}08) * x_{(N^*),t-1} = \mathcal{E}_t \qquad (3\text{-}36)$$

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der gesamten Simultanplanung

kurzfristige Finanzinvestition

Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition aus der gesamten Simultanplanung

(Externe Zuführung) Eigenkapital zum Zeitpunkt t

(3-36) In der Periode t = T wird die erste Simultanplanung der Investitions- und Finanzierungsprogramme abgeschlossen.

Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung werden sowohl als Zahlungsüberschüsse der in t = 1 realisierten Investitionsprojekte als auch als die zum Zeitpunkt t = 2 zur Wahl stehenden Investitionsprojekte interpretiert.

Wie oben erläutert wird, können die Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der ersten Simultanplanung auf unterschiedliche Weise dargestellt werden. Nach den angegebenen Bedingungen der Finanzierungsmöglichkeiten und Verbindlichkeiten werden die Auszahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der ersten Simultanplanung und der gesamten Simultanplanung im Zeitraum von zwei bis T unterschiedlich berücksichtigt.

Für T+1

$$\sum_{n=1}^{(N^*-1)} a^*_{n,T} * x_n + \sum_{m=1}^{M^*} d^*_{m,T+1} * y_m + x_{(N^*),T+1} - (1+k) * x_{(N^*),T} = \mathcal{E}_{T+1} \qquad (3\text{-}37)$$

Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte

kurzfristige Finanzinvestition

Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition

(Externe Zuführung) Eigenkapital zum Zeitpunkt T+1

Für T+1 werden die identisch wiederholten Investitions- und Finanzierungsprojekte in der Simultanplanung vorhanden sein.

- Projektnebenbedingungen:

Die Projektnebenbedingungen bei der ersten Simultanplanung werden von (3-5) bis (3-9) erläutert. Nach allgemeiner Formulierung der Liquiditätsnebenbedingungen in den Zeiträumen von $1 \leq t \leq T+1$ (3-37) bedeuten Projektnebenbedingungen für die gesamte Simultanplanung folgendes:

Die Projektnebenbedingungen beziehen sich auf die zeitliche Abgrenzung der Investitionsprojekte. Die Projektnebenbedingungen von (3-38) bis (3-41) sind für den Zeitraum von t = 0 bis T begrenzt. Anschließend gelten die Projektnebenbedingungen von (3-42) bis (3-46) für den Zeitraum von t = 1 bis T+1 nach Wiederholung der Investitions- und Finanzierungsplanung.

$x_{4,0}$	=	18,82	(Zahl aus illustrierendem Beispiel)	(3-38)
$y_{1,0}$	=	1.350.000	(Zahl aus illustrierendem Beispiel)	(3-39)
$y_{2,0}$	=	800.000	(Zahl aus illustrierendem Beispiel)	(3-40)
$y_{4,0}$	=	1.000.000	(Zahl aus illustrierendem Beispiel)	(3-41)
x_n	$\leq X_{(n)}$	für $n = 1,\ldots,(N^*-1)$		(3-42)
y_m	$\leq Y_m$	für $m = 1,\ldots, M^*$		(3-43)
x_n	≥ 0	für $n = 1,\ldots, N^*-1$		(3-44)
y_m	≥ 0	für $m = 1,\ldots, M^*$		(3-45)
$x_{(N^*),t}$	≥ 0	für $t = 0,\ldots, T$		(3-46)

Von (3-38) bis (3-41): Das in t = 0 aufgenommene Investitionsprojekt 4 (IO_4) und die Finanzierungsprojekte 1, 2 und 4 ($FO_{1,\ 2\ \text{und}\ 4}$) werden im gesamten Simultanprogramm unverändert eingesetzt, wie sie sich aus der ersten Simultanplanung als Optimallösung ergeben haben.

Ab (3-42): Um unterschiedliche Variablen zwischen dem Basismodell und der wiederholten Simultanplanung zu zeigen, werden maximal realisierbare Einheiten des Investitionsprojekts und der maximal realisierbare Umfang des Finanzierungsprojekts jeweils durch $x_n \leq X_{(n)}$ für $n = 1,\ldots,(N^*-1)$ und $y_m \leq Y_m$ für $m = 1,\ldots, M^*$ dargestellt. Dabei sind die aufgenommenen sowie zur Wahl stehenden Investitionsprojekte der ersten und wiederholten Investitionsprojekte für die gesamte Simultanplanung eingeschlossen. Alle Investitions- und Finanzierungsprojektbedingungen zeigen, dass die Anzahl der Einheiten aller Investitionsprojekte x_n und Finanzierungsprojekte y_m eine Höchstgrenze nicht überschreiten dürfen. Mit den Nebenbedingungen für (3-44) und (3-45) sowie (3-46) wird gefordert, dass Nichtnegativitätsbedingungen für die Investitionsprojekte x_n und Finanzierungsprojekte y_m sowie die kurzfristigen Finanzinvestitionen $x_{(N^*),t}$ eingehalten werden müssen. Das Ausmaß der Realisierung der gesamten kurzfristigen Finanzinvestitionen im Zeitraum von t = 1 bis T + 1 ist unabhängig von der ersten kurzfristigen Finanzinvestition.

- Illustration des Zahlenbeispiels

In Tab. 3-15. (Tableau für ein lineares Programm bei der identisch wiederholten simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung) wird die in t = 1 identisch wiederholte Simultanplanung nach dem Zeitverlauf dargestellt.
Auf der rechten Seite des Tableaus (RS) = Restriktionen zeigt sich das Investitionsprojekt 6 mit positiver Ungleichung, wobei die Möglichkeit der Realisierung des Investitionsprojekts 6 im simultanen Programm zur Wahl steht. Folglich wird hier nur das Simultanplanung mit vorheriger Entscheidung in t = 0 berücksichtigt. Dabei wird das aus der vorperiodischen Entscheidung zur Realisierung empfohlene Investitionsprojekt 7 in der neuen Simultanplanung zur Wahl dargestellt.
Die Optimallösung befindet sich in Tab. 3-14 (Optimallösungen bei der identisch wiederholten Simultanplanung). In T+1 wird ein Vermögensendwert in Höhe von 8.207.740,55 GE berechnet. Dieser Vermögensendwert ist höher als der Vermögensendwert (aus Tab. 3-13) der wiederholten Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten Simultanplanung.

IO_4 18,82	IO_{4A} 30,54	IO_{7A} 92,07					
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3 1.000.000	FO_4 1.000.000	FO_{1A} 1.350.000	FO_{2A} 800.000	FO_{3A} 1.000.000	FO_{4A} 1.000.000
FI_{0A} 0	FI_{1A} 0	FI_{2A} 0	FI_{3A} 4.228.453	FI_{4A} 8.961.107	FI_{5A} 9.084.773	FI_{6A} 8.207.740,55	

Tab.3-14 Optimallösungen bei der identisch wiederholten Simultanplanung unter Berücksichtigung des Zeitraums t = 0

	IO_4	IO_6	IO_7	IO_8	IO_9	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}	IO_{8A}	IO_{9A}	FO_{1A}	FO_{2A}	FO_{3A}	FO_{4A}	FI_{0A}	FI_{0A}	FI_{1A}	FI_{2A}	FI_{3A}	FI_{4A}	FI_{5A}		RS
0	170.000					-1	-1		-1														1							=	50.000
1	-67.800	60.000	40.000			0	0	-1	0,284	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000					-1	-1		-1	-1,08	1						=	50.000
2	-69.100	-23.800	-16.700	50.000	30.000	0	0	0,12	0,284	-41.300	-20.600	-31.700	-67.800	-43.800	60.000	40.000			0	0	-1	0,284		-1,08	1					=	0
3	-73.800	-23.900	-16.800	-20.300	-11.800	0	0	0,12	0,284	-40.000	-20.400	-33.100	-69.100	-42.400	-23.800	-16.700	50.000	30.000	0	0	0,12	0,284			-1,08	1				=	0
4	-74.500	-26.000	-16.700	-18.200	-11.400	0	0	0,12	0,284	-40.200	-20.300	-34.500	-73.800	-44.900	-23.900	-16.800	-20.300	-11.800	0	0	0,12	0,284				-1,08	1			=	0
5	-75.000	-26.600	-16.500	-19.300	-11.400	1,925	1,762	1,12	0,284	-39.000	-21.400	-34.900	-74.500	-44.500	-26.000	-16.700	-18.200	-11.400	0	0	0,12	0,284					-1,08	1		=	0
6										-37.700	-22.800	-35.200	-75.000	-45.400	-26.600	-16.500	-19.300	-11.400	1,925	1,762	1,12	0,284						-1,08	1	=	0
	1																													=	**18,82**
		1																												≥	0
			1																											≥	0
				1																										≥	0
					1																									≥	0
						1																								=	**1.350.000**
							1																							=	**800.000**
								1																						≤	1.000.000
									1																					=	**1.000.000**
										1																				≥	0
											1																			≥	0
												1																		≥	0
													1																	≥	0
														1																≥	0
															1															≥	0
																1														≥	0
																	1													≥	0
																		1												≥	0
																			1											≤	1.350.000
																				1										≤	800.000
																					1									≤	1.000.000
																						1								≤	1.000.000
																							1	1	1	1	1	1		≥	0

Tab. 3-15 Tableau für ein lineares Programm bei der identisch wiederholten simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung nach Zeitablauf unter Berücksichtigung des Zeitraums t = 0

3.2.2.1.3. Simultanplanung bei vollständiger Datenbeschaffung

Wenn ein Investor eine Investitions- und Finanzierungsplanung in einem Planungszeitraum von t = 0 bis 5 Jahren plant und anschließend die gleiche Planung ein Jahr später (t = 1) unabhängig von der ersten Planung macht, dann kann folgender Plan aufgestellt werden.

In diesem Kapitel geht es um die vollständige Datenbeschaffung zur Anfangsphase der Simultanplanung in t = 0. Dabei werden die Optimallösungen mit denen der vorherigen Kapitel verglichen um zu ermitteln, welche Modellsituation am vorteilhaftesten in Bezug auf die Datenbeschaffung ist.

Simultanplanung bei vollständiger Datenbeschaffung

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6
Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	
	Planperiode **0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	

Die oben dargestellte Planung ist zwar eine wiederholte Simultanplanung, aber wie eine normale Simultanplanung anzusehen. Die Zielfunktion und Nebenbedingungen werden nicht dargestellt. Der Grund liegt in der Formulierungsähnlichkeit mit Kapitel 3.2.1. (Basismodell).

In Tab 3-17 werden Tableaus für ein lineares Programm bei vollständiger Datenbeschaffung zu Beginn der Planung aufgestellt.

Die Optimallösung lautet wie folgt:

IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	IO_8	IO_9	t
33,6842105	0	0	0	0	0	0	0	0	
FO_1	FO_2	FO_3	FO_4						0,..,5
1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000						
FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4	FI_5				
0	0	0	4.278.711,83	9.015.456,25	0				
IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}	IO_{8A}	IO_{9A}	
0	0	0	31,2167256	0	0	94,38083324	0	0	
FO_{1A}	FO_{2A}	FO_{3A}	FO_{4A}						1,..,6
1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000						
	FI_{0A}	FI_{1A}	FI_{2A}	FI_{3A}	FI_{4A}	FI_{5A}			
	0	0	0	0	9.090.581,34	8.302.868,44			

Tab.3-16 Optimallösung bei vollständiger Datenbeschaffung vor Planungsbeginn

< Planungszeitraum t = 0 bis 5 >< Planungszeitraum t = 1 bis 6 >

	IO_1	IO_2		…		IO_6	IO_7	IO_8	IO_9	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}	IO_{8A}	IO_{9A}	FO_{1A}	FO_{2A}	FO_{3A}	FO_{4A}	FI_{0A}	FI_{0A}	FI_{1A}	FI_{2A}	FI_{3A}	FI_{4A}	FI_{5A}		RS
0	95.000	50.000		…						-1	-1		-1														1							=	50.000
1	-41.300	-20.600		…		60.000	40.000			0	0	-1	0,284	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000					-1	-1		-1	-1,08	1						=	50.000
2	-40.000	-20.400		…		-23.800	-16.700	50.000	30.000	0	0	0,12	0,284	-41.300	-20.600	-31.700	-67.800	-43.800	60.000	40.000			0	0	-1	0,284		-1,08	1					=	0
3	-40.200	-20.300		…		-23.900	-16.800	-20.300	-11.800	0	0	0,12	0,284	-40.000	-20.400	-33.100	-69.100	-42.400	-23.800	-16.700	50.000	30.000	0	0	0,12	0,284			-1,08	1				=	0
4	-39.000	-21.400		…		-26.000	-16.700	-18.200	-11.400	0	0	0,12	0,284	-40.200	-20.300	-34.500	-73.800	-44.900	-23.900	-16.800	-20.300	-11.800	0	0	0,12	0,284				-1,08	1			=	0
5	-37.700	-22.800		…		-26.600	-16.500	-19.300	-11.400	1,925	1,762	1,12	0,284	-39.000	-21.400	-34.900	-74.500	-44.500	-26.000	-16.700	-18.200	-11.400	0	0	0,12	0,284					-1,08	1		=	0
6				…										-37.700	-22.800	-35.200	-75.000	-45.400	-26.600	-16.500	-19.300	-11.400	1,925	1,762	1,12	0,284						-1,08	1	=	0
	1	1		…																														≥	0
				…		1																												≥	0
				…			1																											≥	0
				…				1																										≥	0
				…					1																									≥	0
				…						1																								≤	1.350.000
				…							1																							≤	800.000
				…								1																						≤	1.000.000
				…									1																					≤	1.000.000
				…										1																				≥	0
				…											1																			≥	0
				…												1																		≥	0
				…													1																	≥	0
				…														1																≥	0
				…															1															≥	0
				…																1														≥	0
				…																	1													≥	0
				…																		1												≥	0
				…																			1											≤	1.350.000
				…																				1										≤	800.000
				…																					1									≤	1.000.000
				…																						1								≤	1.000.000
				…																							1	1	1	1	1	1		≥	0

Tab. 3-17. Tableau für ein lineares Programm mit identisch wiederholter simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung bei vollständiger Datenbeschaffung in t = 0

3.2.2.1.4. Zusammenfassung aus 3 Modellvorstellungen

1. Modellvorstellung I: Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten Entscheidung

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6	
Planperiode	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*		← muss realisiert werden
	Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	

Vermögensendwert : 7.338.838,64

Aus Tab. 3-13 . Optimallösungen der identisch wiederholten Simultanplanung bezüglich der Übernahme der ersten Entscheidung

2. Modellvorstellung II: Simultanplanung unter Berücksichtigung der Entscheidung in t = 0

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6
Planperiode	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	
	Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

↑

Ausschließlich in Teilperiode t = 0 wurde das Investitionsprogramm realisiert!

Vermögensendwert: 8.207.740,55

Aus Tab 3-14. Optimallösungen bei der identisch wiederholten Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten Periode

3. Modellvorstellung III: Simultanplanung bei vollständiger Datenbeschaffung vor Planungsbeginn.

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6
Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	
	Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Vermögensendwert: 8.302.868,44

Aus Tab. 3-16. Optimallösungen bei vollständiger Datenbeschaffung zu Beginn der Planung

- Fazit

Eine vollständige Datenbeschaffung in t = 0 ergab den höchsten Vermögensendwert. Aber die Modellvorstellung III ist nicht realitätsnah im Hinblick auf die Änderung der Umweltzustände.

Im Gegensatz zur Modellvorstellung III wird die Modellvorstellung II als am realitätsnähesten und flexibelsten eingestuft. Mit den Änderungen der Umweltbedingungen kann sie weitgehend Datenänderungen in die neue Planung einbauen, und somit anpassungsfähig sein.

Der höchste Vermögensendwert:
1. Modellvorstellung III. 2. Modellvorstellung II. 3. Modellvorstellung I.

Realistische Ansicht:
1. Modellvorstellung II. 2. Modellvorstellung I. 3. Modellvorstellung III.

Planungsflexibilität:
Modellvorstellung II.

Wobei:

Modellvorstellung I: Wiederholte Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten Simultanplanung (Kapitel 3.2.2.1.1).

Modellvorstellung II: Wiederholte Simultanplanung unter Berücksichtigung der Entscheidung t = 0 (Kapitel 3.2.2.1.2).

Modellvorstellung III: Simultanplanung bei vollständiger Datenbeschaffung in t = 0 (Kapitel 3.2.2.1.3).

Das simultane Investitions- und Finanzierungsprogramm kann zwar flexibel auf die Änderung der Umweltbedingungen reagieren, aber in Kapitel 3.2.2. wurden die Optimallösungen durch die angegebenen Daten für den maximalen Vermögensendwert miteinander verglichen. Daher wird eine zusätzliche Erweiterung des Planungszeitraums keinen großen Einfluss im Vergleich zu dem geänderten Umweltzustand haben. Diese Modellvorstellung wird vorteilhaft, wenn im Investitions- und Finanzierungsbereich kaum Umweltveränderung herrscht.

3.2.2.2. Die zweimal identisch wiederholte Simultanplanung

Gegenüber Kapitel 3.2.2.1. mit einer einmal identischen Wiederholung der Simultanplanung wird im folgenden Kapitel die zweimalige identische Wiederholung der Simultanplanung untersucht. Dabei wird der Planungszeitraum sich automatisch bis T + 2 = 7 verlängern.

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6	7
Planperiode	0	1	**2**	**3**	**4**	**5**		
Planperiode		0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	
Planperiode			**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
			↑					

In der Teilperiode t = 2 wird nach der Optimallösung gesucht.

In Kapitel 3.2.2.2.1 (Simultanplanung) werden sukzessive Einflüsse der ersten und zweiten Optimallösung aufgenommen. Die Realisierung der zur Wahl stehenden Investitions- und Finanzierungsprojekte ist in der gegenwärtigen Simultanplanung völlig abhängig von den vorherigen Entscheidungen der Simultanplanung. Dabei können sich die unterlassenen Investitions- und Finanzierungsprojekte aus der ersten und zweiten Simultanplanung als nicht relevant in der gegenwärtigen Simultanplanung zeigen.

Der Aufbau der Simultanplanung in Kapitel 3.2.2.2.1 besteht darin, dass die Simultanplanung unter Berücksichtigung der Entscheidungen von Kapitel 3.2.1 und der darauf folgenden Kapitel 3.2.2.1.1 sukzessiv durchgeführt wird.

In Kapitel 3.2.2.2.2. wird die Simultanplanung unter Berücksichtigung der Entscheidungen in Teilperiode t = 0 und 1 untersucht. Dabei sind die zu t = 2 zugehörigen Investitionsprojekte 8 (IO_8) und 9 (IO_9) aus dem Basismodell und Investitionsprojekte 6A (IO_{6A})) und7A (IO_{7A}) aus der einmal wiederholten Simultanplanung in dem illustrierenden Zahlenbeispiel relevant.

Wegen der ausführlichen Darstellungen im vorherigen Kapitel wird hier die Formulierung der Zielfunktion gekürzt und nur die zusammenfassenden Ergebnisse aus den Zahlenbeispielen dargestellt.

In Kapitel 3.2.2.2.3. wird die Simultanplanung bei vollständiger Datenbeschaffung in T + 2 untersucht. Der methodische Ansatz ist identisch wie in Kapitel 3.2.2.1.3.

3.2.2.2.1. Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten und zweiten Entscheidung

In diesem Kapitel wird die Optimallösung der vorherigen Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten und zweiten Entscheidung übernommen und die neue Optimallösung in t = 2 gesucht. Die Übernahme der ersten und zweiten Entscheidung wird als Restriktionen betrachtet.

Die dargestellte Planungssituation lautet wie folgt:

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6	7	
Planperiode	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*		↖	
	Planperiode	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	←	sind zu realisieren!
		Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	(Kapitel 3.2.2.2.1.)
	↑	↑							

In der Teilperiode t = 0 und 1 können Investitionsprogramme realisiert werden! (Kapitel 3.2.2.2.2)

Die oben genannte Planungssituation wird mit einem neu illustrierenden Zahlenbeispiel in Tab. 3-18 aufgebaut.

Wobei:

das Eigenkapital in Höhe von 50.000 GE in t = 2 zur Verfügung steht. Weiterhin gibt es die Möglichkeit, über das Finanzierungsprojekt jeweils in den Höchstgrenzen zu verfügen.

Die neue Simultanplanung wird sowohl mit der Optimallösung der ersten und zweiten Entscheidung als auch mit den unterlassenen Investitions- und Finanzierungsprojekten, die bei den alten Simultanplanungen in t = 2 angeschafft werden sollten, aufgebaut. Die aufgenommenen Investitionsprojekte 4 (IO_4) und 7 (IO_7) und die unterlassenen Investitionsprojekte 8 (IO_8) und 9 (IO_9) aus dem Basismodell der ersten Simultanplanung sowie die aufgenommenen Investitionsprojekte 4A (IO_{4A}) und 7A (IO_{7A}) und die unterlassenen Investitionsprojekte 8A (IO_{8A}) und 9A (IO_{9A}) aus der zweiten Simultanplanung werden in der neuen Simultanplanung betrachtet.

Der identische methodische Ansatz gilt auch für Finanzierungsprojekte in der neuen Simultanplanung.

Die aufgenommenen Finanzierungsprojekte werden als Gleichung auf der rechten Seite des Ausgangstableaus als Nebenbedingungen dargestellt. Die kurzfristigen Finanzinvestitionen 0B, 1B, 2B,…, 7B (FI_{0B} ….. FI_{7B}) werden zu Gunsten der Übersichtlichkeit vereinfacht.

	IO_4	IO_7	IO_8	IO_9	IO_{4A}	IO_{7A}	IO_{8A}	IO_{9A}	IO_{1B}	IO_{2B}	IO_{3B}	IO_{4B}	IO_{5B}	IO_{6B}	IO_{7B}	IO_{8B}	IO_{9B}	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FO_{1A}	FO_{2A}	FO_{3A}	FO_{4A}	FO_{1B}	FO_{2B}	FO_{3B}	FO_{4B}	FI_{0B}	…	FI_{6B}	FI_{7B}		RS
0	170.000																	-1	-1		-1									1				=	**50.000**
1	-67.800	40.000			170.000													0	0	-1	0,284	-1	-1		-1					-1,08				=	**50.000**
2	-69.100	-16.700	50.000	30.000	-67.800	40.000			95.000	50.000	80.000	170.000	105.000					0	0	0,12	0,284	0	0	-1	0,284	-1	-1		-1		…			=	50.000
3	-73.800	-16.800	-20.300	-11.800	-69.100	-16.700	50.000	30.000	-41.300	-20.600	-31.700	-67.800	-43.800	60.000	40.000			0	0	0,12	0,284	0	0	0,12	0,284	0	0	-1	0,284		…			=	0
4	-74.500	-16.700	-18.200	-11.400	-73.800	-16.800	-20.300	-11.800	-40.000	-20.400	-33.100	-69.100	-42.400	-23.800	-16.700	50.000	30.000	0	0	0,12	0,284	0	0	0,12	0,284	0	0	0,12	0,284		…			=	0
5	-75.000	-16.500	-19.300	-11.400	-74.500	-16.700	-18.200	-11.400	-40.200	-20.300	-34.500	-73.800	-44.900	-23.900	-16.800	-20.300	-11.800	1,925	1,762	1,12	0,284	0	0	0,12	0,284	0	0	0,12	0,284		…			=	0
6					-75.000	-16.500	-19.300	-11.400	-39.000	-21.400	-34.900	-74.500	-44.500	-26.000	-16.700	-18.200	-11.400					1,925	1,762	1,12	0,284	0	0	0,12	0,284			1		=	0
7									-37.700	-22.800	-35.200	-75.000	-45.400	-26.600	-16.500	-19.300	-11.400									1,925	1,762	1,12	0,284			-1,08	1	=	**0**
			1	1			1	1																										≥	0
	1																																	=	**18,82**
		1																																=	**49,798**
					1																													=	**18,82**
						1																												=	**92,998**
									1																									≥	**0**
										1																								≥	0
											1																							≥	0
												1																						≥	0
													1																					≥	0
														1																				≥	0
															1																			≥	0
																1	1																	≥	0
																		1																=	**1.350.000**
																			1															=	**800.000**
																				1														=	**1.000.000**
																					1													=	**1.000.000**
																										1								≤	1.350.000
																											1							≤	800.000
																												1						≤	1.000.000
																													1					≤	1.000.000
																														1	….	1		≥	0
																						1												=	1.350.000
																							1											=	800.000
																								1										=	1.000.000
																									1									=	1.000.000

Tab. 3-18 Tableau für ein lineares Programm mit zweimal identisch wiederholten Simultanplanungen in Bezug auf Übernahmen der Optimallösungen aus der ersten und zweiten Simultanplanung

Die Optimallösung lautet:

IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	IO_8	IO_9	t
0	0	0	18,823529	0	0	49,79801877	0	0	
		FO_1	FO_2	FO_3	FO_4				0,..,5
		1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000				
FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4	FI_5				
0	0	0	0	7.888.035,03	0				
IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}	IO_{8A}	IO_{9A}	
0	0	0	18,823529	0	0	92,99848	0	0	
		FO_{1A}	$FO2_A$	FO_{3A}	FO_{4A}				1,..,6
		1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000				
	FI_{0A}	FI_{1A}	FI_{2A}	FI_{3A}	FI_{4A}	FI_{5A}			
	0	0	0	0	0	0			
IO_{1B}	IO_{2B}	IO_{3B}	IO_{4B}	IO_{5B}	IO_{6B}	IO_{7B}	IO_{8B}	IO_{9B}	
0	0	0	18,823529	0	0	156,57138	0	0	
									2,..,7
		FI_{0B}	FI_{1B}	FI_{2B}	FI_{3B}	FI_{4B}	FI_{5B}		
		0	0	0	11.505.386,3	13.571.339,69	**13.358.741,80**		

Tab. 3-19 Optimallösung der identisch wiederholten Simultanplanung bezüglich der ersten und zweiten Entscheidungen

Gemäß der Optimallösung muss die sukzessive Realisierung der Investitions- und Finanzierungsprojekte der ersten und zweiten Simultanplanung als Nebenbedingung gelten.[145]

Investitionsprojekt 4 (IO_4): 18,82, Investitionsprojekt 7 (IO_7): 49,798

Investitionsprojekt 4A (IO_{4A}): 18,82, Investitionsprojekt 7A (IO_{7A}): 92,998

Einschließlich dieser Nebenbedingungen wird als Optimallösung der Investitionsprojekte empfohlen:

Investitionsprojekt 4B (IO_{4B}): 18,82, Investitionsprojekt 7B (IO_{7B}): 156,57

Außerdem wird für alle zugehörigen Finanzierungsprojekte empfohlen, die Finanzierungsprojekte mit vollen Beträgen in Anspruch zu nehmen.

[145] In Tab 3-18 werden die vorperiodischen Entscheidungen als Restriktion auf der rechten Seite des Gleichungssystems dargestellt. Diese Nebenbedingungen, mit den fett markierten Zahlen, stammen aus Tab. 3-13.

Der maximale Vermögensendwert bzw. die kurzfristige Finanzinvestition zum Zeitpunkt T+2 ergibt sich in Höhe von 13.358.741,80 (FI_{5B}).

3.2.2.2.2. Simultanplanung unter Berücksichtigung von Teilperiode t = 0 und 1

Im Vergleich zum vorherigen Kapitel 3.2.2.2.1. (Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten und zweiten Entscheidung) wird in diesem Kapitel die Optimallösung der vorherigen Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten und zweiten Entscheidung der Teilperiode übernommen. Die Unterschiede zum vorherigen Kapitel sind, dass die zukünftigen zu empfehlenden (nicht zu der Teilperiode passenden) Investitions- und Finanzierungsprojekte als nicht relevant übernommen werden sollen.

Im diesen Kapitel soll die gegenwärtige Simultanplanung durch die ausschließliche Übernahme der vorperiodischen Entscheidung und die Betrachtung der zur Teilperiode gehörigen Investitions- und Finanzierungsprojekte durchgeführt werden. Dabei werden die unterlassenen und zur Wahl stehenden Investitions- und Finanzierungsprojekte, die aus den alten Simultanplanungen in der zugehörigen Teilperiode (t = 2) angeschafft werden sollen sowie neue Investitions- und Finanzierungsprojekte in der gegenwärtigen Simultanplanung für die neue Optimallösung aufgestellt.

Beispielsweise sollen die Investitionsprojekte 4 (IO_4) und 4A (IO_{4A}) aus den vorperiodischen sukzessiven Endscheidungen in der gegenwärtigen Simultanplanung betrachtet werden. Als Ergebnis der Simultanplanung unter Berücksichtigung von Teilperiode t = 0 und 1 wurde das Investitionsprojekt 4 (IO_4) und 4A (IO_{4A}) jeweils 18,82- und 30,54-mal realisiert.[146] Daher werden in Teilperiode t = 2 die bisher nicht aufgenommenen Investitionsprojekte 7 (IO_7) und 7A (IO_{7A}) in der Nebenbedingung der neuen Simultanplanung zur Auswahl gestellt.

Außerdem sollen die unterlassenen Investitionsprojekte 8 (IO_8) und 9 (IO_9) aus dem Basismodell sowie die Investitionsprojekte 8A (IO_{8A}) und 9A (IO_{9A}) aus der zweiten Simultanplanung in der neuen Simultanplanung betrachtet werden.

Der identische methodische Ansatz gilt für Finanzierungsprojekte. Das Finanzierungsprojekt 3B wird in der gegenwärtigen Simultanplanung zur Auswahl gestellt.

Die realisierten Investitions- und Finanzierungsprojekte aus den vorherigen Optimallösungen sollen sich in den neuen Optimallösungen identisch ergeben.

Die dargestellte Planungssituation lautet wie folgt:

[146] Siehe Kapitel 3.2.2.1.2 und Tab. 3-14 Optimallösungen.

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6	7
Planperiode	*0*	*1*	**2**	**3**	**4**	**5**		
Planperiode		*0*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	
Planperiode			**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Sukzessive Optimallösungen beeinflussen die Realisierung der Investitionsprojekte der jeweiligen Teilperiode

Auf diese Weise werden die mehrmalig wiederholten Simultanplanungen zum jeweiligen Zeitpunkt der zugehörigen Investitions- und Finanzierungsprogramme mit Hilfe der EDV durchgeführt.

Mit diesem Ansatzpunkt bei identisch wiederholter Simultanplanung wird es in der Regel zutreffen, dass die Betrachtungen aus den sukzessiven Reihenfolgekombinationen dementsprechend zu jeweiligen Optimallösungen führen müssen.

Im Folgenden wird die Planungssituation mit einem neu illustrierenden Zahlenbeispiel in einem Tableau aufgebaut. Das Tableau bezieht sich auf Tab. 3-14 (Optimallösungen bei der identisch wiederholten Simultanplanung mit Berücksichtigung des Zeitraums t = 0 und 1).

Wobei:

Das Eigenkapital in Höhe von 50.000 GE in t = 2 zur Verfügung steht. Außer bei Finanzierungsprojekt 3B (FO_{3B}) gibt es die Möglichkeit, über das Finanzierungsprojekt jeweils in den Höchstgrenzen zu verfügen. Das aufgenommene Investitionsprojekt 4 (IO_4) in t = 0 und das darauf sukzessive resultierende Investitionsprojekt 4A (IO_{4A}) in t = 1 aus der zweiten Simultanplanung geht in Form einer Gleichung in die Nebenbedingungen ein.[147]

---

[147] Vgl. die unterschiedliche Darstellung der Investitionsprojekte 4 (IO_4) und 7 (IO_7) sowie Investitionsprojekte 4A (IO_{4A}) und 7A (IO_{7A}) als Restriktion auf der rechten Seite des Gleichungssystems gegenüber Tab. 3-18.

	IO_4	IO_7	IO_8	IO_9	IO_{4A}	IO_{7A}	IO_{8A}	IO_{9A}	IO_{1B}	IO_{2B}	IO_{3B}	IO_{4B}	IO_{5B}	IO_{6B}	IO_{7B}	IO_{8B}	IO_{9B}	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FO_{1A}	FO_{2A}	FO_{3A}	FO_{4A}	FO_{1B}	FO_{2B}	FO_{3B}	FO_{4B}	FI_{0B}	…	FI_{6B}	FI_{7B}		RS
0	170.000																	-1	-1		-1									1				=	**50.000**
1	-67.800	40.000			170.000													0	0	-1	0,284	-1	-1		-1					-1,08				=	**50.000**
2	-69.100	-16.700	50.000	30.000	-67.800	40.000			95.000	50.000	80.000	170.000	105.000					0	0	0,12	0,284	0	0	-1	0,284	-1	-1		-1		…			=	50.000
3	-73.800	-16.800	-20.300	-11.800	-69.100	-16.700	50.000	30.000	-41.300	-20.600	-31.700	-67.800	-43.800	60.000	40.000			0	0	0,12	0,284	0	0	0,12	0,284	0	0	-1	0,284		…			=	0
4	-74.500	-16.700	-18.200	-11.400	-73.800	-16.800	-20.300	-11.800	-40.000	-20.400	-33.100	-69.100	-42.400	-23.800	-16.700	50.000	30.000	0	0	0,12	0,284	0	0	0,12	0,284	0	0	0,12	0,284		…			=	0
5	-75.000	-16.500	-19.300	-11.400	-74.500	-16.700	-18.200	-11.400	-40.200	-20.300	-34.500	-73.800	-44.900	-23.900	-16.800	-20.300	-11.800	1,925	1,762	1,12	0,284	0	0	0,12	0,284	0	0	0,12	0,284		…			=	0
6					-75.000	-16.500	-19.300	-11.400	-39.000	-21.400	-34.900	-74.500	-44.500	-26.000	-16.700	-18.200	-11.400					1,925	1,762	1,12	0,284	0	0	0,12	0,284			1		=	0
7									-37.700	-22.800	-35.200	-75.000	-45.400	-26.600	-16.500	-19.300	-11.400									1,925	1,762	1,12	0,284			-1,08	1	=	**0**
			1	1			1	1																										≥	0
	1																																	=	**18,82**
		1																																=	**0**
					1																													=	**30,54**
						1																												≥	**0**
									1																									≥	**0**
										1																								≥	0
											1																							≥	0
												1																						≥	0
													1																					≥	0
														1																				≥	0
															1																			≥	0
																1	1																	≥	0
																		1																=	**1.350.000**
																			1															=	**800.000**
																				1														=	**1.000.000**
																					1													=	**1.000.000**
																										1								≤	1.350.000
																											1							≤	800.000
																												1						≤	1.000.000
																													1					≤	1.000.000
																														1	….	1		≥	0
																						1												=	1.350.000
																							1											=	800.000
																								1										≤	1.000.000
																									1									=	1.000.000

Tab. 3-20 Tableau für ein lineares Programm bei zweimal identisch wiederholter Simultanplanung unter Berücksichtigung von Teilperiode t = 0 und 1

Daraus ergeben sich folgende Optimallösungen:

IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	IO_8	IO_9	t
0	0	0	18,8235	0	0	**0**	0	0	
		FO_1	FO_2	FO_3	FO_4				0,..,5
		1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000				
FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4	FI_5				
0	0	0	0,00	0	0				
IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}	IO_{8A}	IO_{9A}	
0	0	0	30,5407	0	0	**0**	0	0	
		FO_{1A}	FO_{2A}	FO_{3A}	FO_{4A}				1,..,6
		1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000				
	FI_{0A}	FI_{1A}	FI_{2A}	FI_{3A}	FI_{4A}	FI_{5A}			
	0	0	0	0	0	0			
IO_{1B}	IO_{2B}	IO_{3B}	IO_{4B}	IO_{5B}	IO_{6B}	IO_{7B}	IO_{8B}	IO_{9B}	
0	0	0	40,4867	0	0	153,7898	0	0	
		FO_{1B}	FO_{2B}	FO_{3B}	FO_{4B}				2,..,7
		1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000				
		FI_{0B}	FI_{1B}	FI_{2B}	FI_{3B}	FI_{4B}	FI_{5B}		
		0	0	7.809.234,16	11.470.48,6	14.445.408,82	**15.881.577,95**		

Tab. 3-21 Optimallösungen der identisch wiederholten Simultanplanung bezüglich Teilperiode t = 0 und 1

3.2.2.2.3. Simultanplanung bei vollständiger Datenbeschaffung für T+2

Der methodische Ansatzpunkt entspricht dem in Kapitel 3.2.2.1.3. Es sieht so aus, dass die Datenbeschaffung zu Beginn der Planungszeit t = 0 vollständig ist.

In Tab. 3-22 wird die gesamte Simultanplanung durch die identischen Wiederholungen dargestellt. Bei vollständiger Datenbeschaffung werden jedes Investitions- und Finanzierungsprojekt als die zur Auswahl stehenden Variablen angesehen.

	IO_1	IO_2	….	IO_9	IO_{1A}	IO_{2A}	….	IO_{9A}	IO_{1B}	IO_{2B}	IO_{3B}	IO_{4B}	IO_{5B}	IO_{6B}	IO_{7B}	IO_{8B}	IO_{9B}	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FO_{1A}	FO_{2A}	FO_{3A}	FO_{4A}	FO_{1B}	FO_{2B}	FO_{3B}	FO_{4B}	FI_{0B}	….	FI_{6B}	FI_{7B}		RS
0	95.000	50.000	….				….											-1	-1		-1									1	….			=	**50.000**
1	-41.300	-20.600	….		95.000	50.000	….											0	0	-1	0,284	-1	-1		-1					-1,08	….			=	**50.000**
2	-40.000	-20.400	….	30.000	-41.300	-20.600	….		95.000	50.000	80.000	170.000	105.000					0	0	0,12	0,284	0	0	-1	0,284	-1	-1		-1		….			=	50.000
3	-40.200	-20.300	….	-11.800	-40.000	-20.400	….	30.000	-41.300	-20.600	-31.700	-67.800	-43.800	60.000	40.000			0	0	0,12	0,284	0	0	0,12	0,284	0	0	-1	0,284		….			=	0
4	-39.000	-21.400	….	-11.400	-40.200	-20.300	….	-11.800	-40.000	-20.400	-33.100	-69.100	-42.400	-23.800	-16.700	50.000	30.000	0	0	0,12	0,284	0	0	0,12	0,284	0	0	0,12	0,284		….			=	0
5	-37.700	-22.800	….	-11.400	-39.000	-21.400	….	-11.400	-40.200	-20.300	-34.500	-73.800	-44.900	-23.900	-16.800	-20.300	-11.800	1,925	1,762	1,12	0,284	0	0	0,12	0,284	0	0	0,12	0,284		….			=	0
6			….		-37.700	-22.800	….	-11.400	-39.000	-21.400	-34.900	-74.500	-44.500	-26.000	-16.700	-18.200	-11.400					1,925	1,762	1,12	0,284	0	0	0,12	0,284		….	1		=	0
7			….				….		-37.700	-22.800	-35.200	-75.000	-45.400	-26.600	-16.500	-19.300	-11.400									1,925	1,762	1,12	0,284		….	-1,08	1	=	**0**
	1		….				….																								….			≥	0
		1	….				….																								….			≥	**0**
			….	1			….																								….			≥	**0**
			….		1		….																								….			≥	**0**
			….			1	….																								….			≥	**0**
			….				….	1																							….			≥	**0**
			….				….		1																						….			≥	0
			….				….			1																					….			≥	0
			….				….				1																				….			≥	0
			….				….					1																			….			≥	0
			….				….						1																		….			≥	0
			….				….							1																	….			≥	0
			….				….								1	1	1														….			≥	0
			….				….											1													….			≤	**1.350.000**
			….				….												1												….			≤	**800.000**
			….				….													1											….			≤	**1.000.000**
			….				….														1										….			≤	**1.000.000**
			….				….															1									….			≤	1.350.000
			….				….																1								….			≤	800.000
			….				….																	1							….			≤	1.000.000
			….				….																		1						….			≤	1.000.000
			….				….																							1	….	1		≥	0
			….				….																			1					….			≤	1.350.000
			….				….																				1				….			≤	800.000
			….				….																					1			….			≤	1.000.000
			….				….																						1		….			≤	1.000.000

Tab. 3-22 Tableau für ein lineares Programm mit zweimal identisch wiederholter simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung bei vollständiger Datenbeschaffung

Die Optimallösung ist folgende:

IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	IO_8	IO_9	t
33,68	0	0	0	0	0	0	0	0	
		FO_1	FO_2	FO_3	FO_4				0,..,5
		1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000				
FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4	FI_5				
0	0	0	0	7.911.662,55	0				
IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}	IO_{8A}	IO_{9A}	
55,86	0	0	0	0	0	0	0	0	
		FO_{1A}	FO_{2A}	FO_{3A}	FO_{4A}				1,..,6
		1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000				
	FI_{0A}	FI_{1A}	FI_{2A}	FI_{3A}	FI_{4A}	FI_{5A}			
	0	0	0	0	0	0			
IO_{1B}	IO_{2B}	IO_{3B}	IO_{4B}	IO_{5B}	IO_{6B}	IO_{7B}	IO_{8B}	IO_{9B}	
0	0	0	42,15188	0	0	158,8379869	0	0	
		FO_{1B}	FO_{2B}	FO_{3B}	FO_{4B}				2,..,7
		1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000				
		FI0B	FI_{1B}	FI_{2B}	FI_{3B}	FI_{4B}	FI_{5B}		
		0	0	0	11.550.249	14.555.345,62	**16.208.493,50**		

Tab. 3-23 Optimallösungen der zweimal identisch wiederholten Simultanplanung bezüglich der vollständigen Datenbeschaffung

Gemäß diesen Optimallösungen wird empfohlen, das Investitionsprojekt 1 (IO_1) 33,6842-mal, Investitionsprojekt 1A (IO_{1A}) 55,86-mal und Investitionsprojekt 4B (IO_{4B}) 42,15-mal zu realisieren. Die Finanzierungsprojekte 1 (FO_1), 2 (FO_2), 3 (FO_3), 4 (FO_4) und 1A (FO_{1A}), 2A (FO_{2A}), 3A (FO_{3A}), 4A (FO_{4A}) sowie 1B (FO_{1B}), 2B (FO_{2B}), 3B (FO_{3B}), 4B(FO_{4B}) sollten jeweils in der maximalen Höhe von 1.350.000 GE, 800.000 GE, 1.000.000 GE und 1.000.000 GE in Anspruch genommen werden. Zu den Zeitpunkten t = 4, 5 und 6 ergeben sich kurzfristige Finanzinvestitionen in Höhe von jeweils 7.911.662,55 GE, 11.550.249 GE und 14.555.345,62 GE. Daraus ergibt sich der Vermögensendwert des Optimalprogramms in Höhe von 16.208.493,50 GE.

Die Realisierung des Investitionsprojekts unterscheidet sich deutlich von den Optimallösungen der vorherigen Kapitel.

3.2.2.2.4. Zusammenfassung der 3 Modellvorstellungen

Modellvorstellung I: Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten Entscheidung

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6	7	
Planperiode	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*			sind zu realisieren
	Planperiode	0	1	2	3	4	5		
		Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	

Vermögensendwert : 13.358.741,80

Aus Tab. 3-18 Optimallösungen der identisch wiederholten Simultanplanung bezüglich der Übernahme der ersten und zweiten Entscheidung.

Modellvorstellung II: Simultanplanung unter Berücksichtigung der Entscheidung in t = 0 & 1

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6	7
Planperiode	0	1	**2**	**3**	**4**	**5**		
	Planperiode	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	
		Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Ausschließlich in Teilperiode t = 0 und 1 wurde das Investitionsprogramm realisiert!

Vermögensendwert: 15.881.577,95

Aus Tab. 3-21 Optimallösungen der identisch wiederholten Simultanplanung bezüglich der Teilperiode t = 0 und 1

Modellvorstellung III: Simultanplanung bei vollständiger Datenbeschaffung

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5	6	7
Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**		
	Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	
		Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Vermögensendwert: 16.208.493,50

Aus Tab. 3-22 Optimallösungen der zweimal identisch wiederholten Simultanplanung bezüglich der vollständigen Datenbeschaffung

- Fazit

Die aus den Zusammenfassungen resultierende Betrachtung ist identisch mit der der einmal wiederholten Simultanplanung[148].
Eine vollständige Datenbeschaffung bei den Planungen in t = 0 ist wichtig für den höchsten Vermögensendwert. Zu diesem Fall gehört die Modellvorstellung III (Simultanplanung bei vollständiger Datenbeschaffung) vor Planungsbeginn. Aber die Modellvorstellung III ist nicht realitätsnah und bezüglich der Umweltbedingungen nicht beachtet.

Gegenüber der Modellvorstellung III zeigt sich Modellvorstellung II als realitätsnahestes und flexibelstes Modell. Mit den Änderungen der Umweltbedingungen kann sie die größte Anpassungsfähigkeit in der neuen Planung aufbauen.

Der höchste Vermögensendwert:
1. Modellvorstellung III. 2. Modellvorstellung II. 3. Modellvorstellung I.

Realistische Ansicht:
1. Modellvorstellung II. 2. Modellvorstellung I. 3. Modellvorstellung III.

Planungsflexibilität:
Modellvorstellung II.

Die Auswahl der anfänglichen Investitions- und Finanzierungsprojekte ist sehr wichtig, besonders für die Investitionsprojekte.

Für die sukzessiven Vorgänge in den Wiederholungen der Simultanplanungen spielen die anfänglichen Entscheidungen in allen Modellverfahren eine sehr große Rolle für die Ergebnisse der identischen Wiederholungen der simultanen Programme.

[148] Siehe Kapitel 3.2.2.1.

3.3. Änderungen der Umweltbedingungen

Anhand des Entscheidungsbaumverfahrens ist die eine optimale Entscheidung für den Beginn des Planungszeitraums unter Berücksichtigung der unterschiedlichen möglichen Umweltzustände und der Folgeentscheidungen zu ermitteln.[149] Im Vergleich dazu lässt sich die Lösung komplexer Planungsprobleme unter Berücksichtigung der vorperiodischen Entscheidungen und gegenwärtigen sowie zukünftigen Änderungen der Umweltbedingungen ermitteln.

Die vorgegebenen Anschaffungskosten der Anlage sowie die Zahlungsreihe in den simultanen Programmen verursachen in der betrachteten Periode tatsächlich Änderungen der Optimallösungen. Im vorigen Kapitel kann die Änderung eines Anschaffungspreises häufig einen Einfluss auf den Vermögensendwert haben. Allerdings ist es problematisch, wenn die Änderungen bei mehreren Variablen für die Messung des exakten Einflusses auf den Vermögensendwert unübersichtlich werden. Deshalb werden ceteris paribus Analysen vorgenommen.

Die Auswirkung auf den Vermögensendwert wird durch die Änderung der Anschaffungspreise der Investitionsprojekte bei wiederholter Simultanplanung untersucht. In der Praxis können sich die Anschaffungspreise einer Anlage durch den technischen Fortschritt im Lauf der Planungszeit deutlich verändern. In der Regel sind die historischen Preise mit den neuen Preisen nicht unmittelbar vergleichbar.

Daher wird in Kapitel 3.3.1 das Modell der Änderungen der Umweltbedingungen mit Auswirkung auf Vermögendendwert durch Änderungen der Anschaffungspreise und in Kapitel 3.3.2 die Suche nach kritischen Zahlungsströmen[150] in einer Teilperiode untersucht. Hinsichtlich der Suche nach der Zahlungsreihe in jeder Teilperiode wird ein kritischer Zahlungsstrom der Investitionsprojekte durch die modellendogenen Kalkulationszinssätze berechnet.

Anschließend wird in Kapitel 3.3.3 eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.[151] In diesem Kapitel wird das Modell unter den Bedingungen der vollständigen Datenbeschaffung unterstellt.

Gegenüber dem Modell der wiederholten Simultanplanungen sollen die vorperiodischen Entscheidungen in die neuen Simultanplanungen als Restriktionen übernommen werden.[152]

---

[149] Vgl. Franke, G./Hax, H. (1999, Finanzwirtschaft des Unternehmens und Kapitalmarkt), S. 275 ff.
[150] Siehe Tab.3-27. Kritische Nettozahlungen bei vollständiger Datenbeschaffung.
[151] Vgl. Dinkelbach, W. (1969, sensitivitätsanalyse) S. 25 ff. Siehe Sensitivitätsanalyse in Kapitel 4.3.3.
[152] Siehe Kapitel 4.3.

3.3.1. Auswirkung auf den Vermögensendwert durch Änderung der Anschaffungspreise

Wie bereits erwähnt, können die Anschaffungspreise der Anlage durch den technischen Fortschritt beeinflusst werden. Daher ist die Untersuchung der simultanen Programme durch die Änderung der Anschaffungspreise realitätsnah.

Die Auswirkung auf den Vermögensendwert durch Änderung der Anschaffungspreise der Investitionsprojekte wird mit Hilfe der vorherigen Zahlenbeispiele untersucht. Die Änderungen der Zahlungsströme werden nur in einer Teilperiode des Investitionsprojekts einbezogen.

In dem vorherigen Tableau aus Tab. 3-5 (Tableau des Basismodells) und Tab. 3-6 (Die Optimallösungen des Basismodells) wird festgestellt, dass die Investitions- und Finanzierungsplanung ohne Änderung der Umweltbedingungen durch diejenigen Investitionsprojekte realisiert wird, die einen positiven Kapitalwert der aufgenommenen Investitions- und Finanzierungsprojekte erzielen. In diesem Fall kann die Aufnahme eines einzelnen Investitionsprojekts durch die kalkulatorischen Darstellungen des teilperiodenbezogenen kritischen Wertes für eine direkte Realisierungsmöglichkeit ohne Hilfe der zusätzlichen Durchführung von LP beurteilt werden.

Demgegenüber ergeben sich aus den Optimallösungen die Kapitalwerte der gegenwärtig aufgenommenen Investitionsprojekte zwar als positiv, aber der Kapitalwert der aus der ersten Simultanplanung übernommenen gesamten Investitionsprojekte 4 (IO_4) und 7 (IO_7) in Kapitel 3.2.2.1.1 (Wiederholte Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten Simultanplanung) sowie das aus der Entscheidung nur in Teilperiode t = 0 in der ersten Simultanplanung übernommene Investitionsprojekt 4 (IO_4) in Kapitel 3.2.2.1.2 (Wiederholte Simultanplanung unter Berücksichtigung der Entscheidung zum Zeitpunkt t = 0) als negativ. Dies liegt daran, dass die zu realisierenden Investitionsprojekte 4 (IO_4) und 7 (IO_7) aus der vorherigen Simultanplanung zum Zeitpunkt t = 0 übernommen wurden und deshalb nun als Restriktionen[153] einzusetzen sind.

Dabei lauten die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren bei der wiederholten Simultanplanung unter Berücksichtigung der ersten Simultanplanung (im Kapitel 3.2.2.1.1) wie folgt:

---

[153] Siehe (3-20) (3-21) Kapitel 3.2.2.1.1.

q_0	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6
3,3978449849812	2,682337548988	1,87921776	1,259712	1,1664	1,08	1

In diesem Fall hatten die Kapitalwerte ohne Änderung der Anschaffungspreise der Investitionsprojekte 4 und 7 einen negativen Wert von -1.487,32 und -5.135,17.

Daraus folgt der jeweilige Vermögensendwert nach den Optimallösungen in Höhe von 8.207.740,55 GE und 7.338.8383,64 GE.

In Kapitel 3.2.2.1.3 (Simultanplanung bei vollständiger Datenbeschaffung)[154] ergaben sich bei Anwendung der modellendogenen Aufzinsungsfaktoren keine negativen Kapitalwerte[155] der aufgenommenen Investitionsprojekte. Dabei ergeben sich positive Kapitalwerte für die Investitionsprojekte 1 und 4A sowie 7A. Der Vermögensendwert betrug 8.302.868,44 GE.

Die Berechnungen der Kapitalwerte der Projekte bei wiederholter Simultanplanung bei vollständiger Datenbeschaffung werden mit den folgenden modellendogenen Aufzinsungsfaktoren durchgeführt.

q^*_0	q^*_1	q^*_2	q^*_3	q^*_4	q^*_5	q^*_6
3,3978449849837	2,68233754898987	1,87921776	1,259712	1,1664	1,08	1

Tab. 3-24 Die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren bei vollständiger Datenbeschaffung

Mit den modellendogenen Aufzinsungsfaktoren bei vollständiger Datenbeschaffung resultieren Kapitalwerte der Investitionsprojekte:

t	t = 0					t = 1		t = 2		t = 1					t = 2		t = 3	
IO_i	IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	IO_8	IO_9	IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}	IO_{8A}	IO_{9A}
KW	0	-336,4	-709,9	-1487,3	-621,2	-7962	-5135	-7745	-4680,3	-33,14	-34,42	-54,89	0	-27,24	-63,26	0	-103,5	-92,9

Tab. 3-25 Kapitalwert im Planungszeitraum von t = 0 bis T+1 = 6 [156]

Diese Zusammenfassungen wurden durch die bisherigen Modelluntersuchungen der unveränderten Umweltbedingungen unter Berücksichtigung der vorperiodischen Entscheidungen durch die sukzessiven Vorgänge erklärt.

Aus diesem Grund sollen Simultanplanungen bei Änderung der Umweltzustände jedes Mal für die Optimallösung neu untersucht werden. Im vorliegenden Kapitel wird eine Teilperiode der unterlassenen Investitionsprojekte betrachtet.

---

[154] Siehe Tab. 3-17.

[155] Siehe Tab. 3-28. In diesem Fall wird Investitionsprojekt 1 zur Realisierung empfohlen, statt Investitionsprojekte 4 und 7.

[156] Die oben genannten Kapitalwerte der Investitionsprojekte 4 (-1.487,32) und 7 (-5.135,17) wie im Kapitel 3.2.2.1.1 sind genau genommen nicht identisch, wenn sie nicht abgerundet werden. Der Grund liegt darin, dass die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren beider Modelle unterschiedlich sind.

Der auf den Kapitalwert negativ wirkende Zahlungssaldo des Investitionsprojekts in der Teilperiode wird weiter daraufhin untersucht, in welchem Maß der Zahlungssaldo des unterlassenen Investitionsprojekts i (IO_i) in einer Teilperiode t geändert werden kann, damit die gegenwärtigen oder zukünftigen Entscheidungen der Optimallösung eingehalten werden können. In diesen Fall werden die modellendogenen Kalkulationszinssätze verwendet.
Die gesuchten Zahlungsströme werden als die kritischen Zahlungsströme der Investitionsprojekte in einer Teilperiode angesehen.

3.3.2. Suche nach kritischen Zahlungsströmen in einer Teilperiode

Zwar sollen die Optimallösungen bei Änderung der Umweltzustände jedes Mal durchgeführt werden, aber es soll auch die Auswirkung des Umweltzustands auf die Zahlungsströme einer Teilperiode untersucht werden.
Beispielsweise kann für das unterlassene Investitionsprojekt i (IO_i) durch Änderung der Umweltzustände zum gegenwärtigen oder zukünftigen Zeitpunkt eine mögliche Aufnahme überprüft werden. Es wird geprüft, in welchem Maß die Zahlungsströme des unterlassenen Investitionsprojekts i (IO_i) in der Teilperiode geändert werden können, damit das Investitionsprojekt wieder in das simultane Programm mehrfacher Entscheidungsfolge aufgenommen werden kann. Dabei wird die Untersuchung des Investitionsprojekts 6 (IO_6) in der Teilperiode t = 1 dem illustrierenden Zahlenbeispiel [157] in Kapitel 3.2.2.1.2 übernommen. Durch Änderung der Umweltzustände wird der erwartete Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 6 (IO_6) in der Teilperiode t = 1 berechnet. In diesem Fall spielen die modellendogenen Kalkulationszinssätze eine sehr wichtige Rolle. Aus Tab. 3-24 resultieren Forward Rates und Spot Rates.
Für die Suche nach den kritischen Zahlungsströmen in der Teilperiode können Forward Rates und Spots Rates angewendet werden.
Der gesuchte Zahlungsstaldo des Investitionsprojekts i in der Teilperiode (z.B. t = 1) lautet gemäß Forward Rates und Spots Rates:

Anwendung mit Spot Rates:

$$ZS_{i,1} = \{(ZS_{i,0} + ZS_{i,2} *(1+ \hat{i}_{0,2})^{-2} + ZS_{i,3}*(1+ \hat{i}_{0,3})^{-3} + ZS_{i,4}*(1+ \hat{i}_{0,4})^{-4}+ ZS_{i,5}*(1+ \hat{i}_{0,5})^{-5}+ ZS_{i,6}*(1+ \hat{i}_{0,6})^{-6}\} * (1+ \hat{i}_{0,1})$$

[157] Siehe Tab. 3-14 Optimallösungen und Tab. 3-15.

Anwendung mit Forward Rates:

$ZS_{i,1} = [ZS_{i,0} + ZS_{i,2}\ \{(1+i^*_1)\ (1+i^*_2)\}^{-1} + ZS_{i,3}\ \{(1+i^*_1)\ (1+i^*_2)\ (1+i^*_3)\}^{-1} + ZS_{i,4}\ \{(1+i^*_1)\ (1+i^*_2)\ (1+i^*_3)\ (1+i^*_4)\ \}^{-1} + ZS_{i,5}\ \{(1+i^*_1)\ (1+i^*_2)\ (1+i^*_3)\ (1+i^*_4)\ (1+i^*_5)\ \}^{-1} + ZS_{i,6}\ \{(1+i^*_1)\ (1+i^*_2)\ (1+i^*_3)\ (1+i^*_4)\ (1+i^*_5)\ (1+i^*_6)\ \}^{-1}]\ (1+ i^*_1)$

Forward Rates		Spot Rates	
i_1*	0,266747723925668	$\hat{i}_1$	0,266747723925668
i_2*	0,427369199080065	$\hat{i}_2$	0,34466229371403
i_3*	0,491783645785703	$\hat{i}_3$	0,392015587506765
i_4*	0,08	$\hat{i}_4$	0,306438627472329
i_5*	0,08	$\hat{i}_5$	0,257638897697039
i_6*	0,08	$\hat{i}_6$	0,226122683301841

Tab. 3-26 Forward Rates und Spot Rates

Für die Suche nach den kritischen Zahlungsströmen in der Teilperiode t = 1 werden die folgenden Schritte durch Abzinsung auf t = 0 und Aufzinsung auf t = 1mit Spot Rates durchgeführt:

Der gesuchte Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 6 (IO_6) in der Teilperiode t =1:[158]

$(ZS_{6,2} * \hat{i}_2^{-2} + ZS_{6,3} * \hat{i}_3^{-3} + ZS_{6,4} * \hat{i}_4^{-4} + ZS_{6,5} * \hat{i}_5^{-5}) * (1+ \hat{i}_1)$

$[\{23.800/(1+0{,}344662293714)^2\}+\{23.900/(1+0{,}392015587507)^3\}+$ ← Abzinsung auf t = 0

$\{26.000/(1+0{,}306438627472)^4\}+\{26.600/(1+0{,}257638897697)^5\}]*$

$(1+0{,}266747723925668)$ ← Aufzinsung auf t = 1

= 49.914,26211

Der Wert des ersten Zahlungssaldos des Investitionsprojekts 6 (IO_6) beträgt in t = 1 49.914,26 GE [159]. In diesem Fall ist der Betrag von 49.914,26 GE als kritischer Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 6 (IO_6) in der Teilperiode t = 1 anzusehen. Dabei lautet der Vermögensendwert in der Teilperiode t = 18.207.740,55 GE.

Mit diesem methodischen Ansatz können die kritischen Zahlungsströme der Investitionsprojekte in jeder Teilperiode t berechnet werden.

---

[158] Methodische Ansatz: Siehe Kapitel 3.2.1.3.

[159] Abgerundet. Der genaue Betrag lautet: 49.914,2621101142 GE.

t	IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	IO_8	IO_9	IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}	IO_{8A}	IO_{9A}
0	95.000	49.664	79.290	168.513	104.379													
1	-41.300	-21.026	-32.599	-69.684	-44.587	49.914,26	33.495			94.958	49.956	79.930	170.000	104.965				
2	-40.000	-21.008	-34.383	-71.789	-43.523	-38.196	-25.985	35.996	21.537	-41.360	-20.662	-31.799	-67.800	-43.849	59.886	40.000		
3	-40.200	-21.207	-36.415	-77.812	-46.575	-45.376	-30.651	-41.191	-24.424	-40.089	-20.493	-33.248	-69.100	-42.473	-23.971	-16.700	49.721	29.749
4	-39.000	-22.380	-36.968	-78.833	-46.310	-49.194	-31.659	-40.762	-25.034	-40.297	-20.400	-34.660	-73.800	-44.979	-24.084	-16.800	-20.602	-12.071
5	-37.700	-23.858	-37.433	-79.679	-47.354	-51.649	-32.656	-43.667	-26.125	-39.104	-21.508	-35.073	-74.500	-44.586	-26.199	-16.700	-18.526	-11.692
6										-37.813	-22.917	-35.387	-75.000	-45.493	-26.815	-16.500	-19.652	-11.716

Tab. 3-27 Kritische Nettozahlungen bei vollständiger Datenbeschaffung

In Tab. 3-27 werden die gesamten kritischen Nettozahlungen zum Zeitpunkt t = 0 dargestellt. Beliefe sich beispielsweise die Nettozahlung des Investitionsprojekt 3 (IO_3) in Teilperiode t = 3 auf mehr als 34.383 GE, würde das Investitionsprojekt 3 in die Optimallösungen aufgenommen.

Zum Zeitpunkt t soll die kritischen Nettozahlungen neu berechnet werden. Dabei sollen die vorperiodischen Entscheidungen von Zeitraum t = 0 bis t-1 als Restriktionen eingeführt werden.

Daraus ergibt sich der kritische Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 6 (IO_6) zum Zeitpunkt t = 1.

	Altes Tableau			
	aufgenommen	***verzichtet***	empfohlen	empfohlen
	IO_4	***IO_6***	IO_{4A}	IO_{7A}
0	170.000			
1	-67.800	*60.000*	170.000	
2	-69.100	*-23.800*	-67.800	40.000
3	-73.800	*-23.900*	-69.100	-16.700
4	-74.500	*-26.000*	-73.800	-16.800
5	-75.000	*-26.000*	-74.500	-16.700
6			-75.000	-16.500

Vermögensendwert: 8.207.740,55 GE

⇨

Neues Tableau			
aufgenommen	aufgenommen	***verzichtet***	empfohlen
IO_4	IO_6	***IO_{4A}***	IO_{7A}
170.000			
-67.800	**49.914,25**	*170.000*	
-69.100	-23.800	*-67.800*	40.000
-73.800	-23.900	*-69.100*	-16.700
-74.500	-26.000	*-73.800*	-16.800
-75.000	-26.000	*-74.500*	-16.700
		-75.000	-16.500

Vermögensendwert: 8.207.743,93 GE

Tab.3-28 Der für die Aufnahme des unterlassenen Investitionsprojekts 6 (aus dem alten Tableau) durch Suche nach dem kritischen Zahlungssaldo zum Planungszeitpunkt t = 1

Die Tab. 3-28 wird hier nur vereinfacht dargestellt. Dabei wird im alten Tableau (Tab. 3-14) Investitionsprojekt 6 nicht zur Realisierung empfohlen. Demgegenüber wird Investitionsprojekt 6 im neuen Tableau zur Realisierung empfohlen, wenn es sich unterhalb des kritischen Anschaffungspreises befindet.

Das zum Zeitpunkt t = 0 aufgenommene Investitionsprojekt 4 (IO_4) aus den alten Optimallösungen ergibt einen negativen Kapitalwert, da der Anschaffungspreis relativ höher ist als der kritische Anschaffungspreis des Investitionsprojekts 6. Gemäß der Optimallösung aus dem neu angenommenen Anschaffungspreis des Investitionsprojekts 6 (IO_6) aus dem neuem Tableau (Tab.3-28) wird empfohlen, Investitionsprojekt 7 (IO_7) statt Investitionsprojekt 4A (IO_{4A}) ab t = 1 zu realisieren.

In gleicher Weise können die nicht zu realisierenden Investitionsprojekte in der Teilperiode durch die Suche nach dem kritischen Zahlungssaldo zum Planungszeitpunkt t begrenzt korrigiert werden.

Wenn in der Simultanplanung bei vollständiger Datenbeschaffung Investitionsprojekt 1 (IO_1) statt Investitionsprojekt 4 (IO_4) zur Realisierung empfohlen würde und die darauf sukzessiv aufgestellte Simultanplanung mit kritischem Anschaffungspreis des Investitionsprojekts 6 in Höhe von 49.194,26 GE sein würde, dann ergäbe sich ein höchster Vermögensendwert in Höhe von 8.302.869,04GE. Wenn die Anschaffungspreise des Investitionsprojekts 6 (IO_6) 49.914,25 GE aus Tab. 3-28 betragen würden, dann ergäbe sich ein Vermögensendwert in Höhe von 8.302.871,89 GE im Vergleich mit Tab.3-16.

3.3.3. Die Durchführung der Sensitivitätsanalyse

Hier wird mit Hilfe einer vereinfachten Sensitivitätsanalyse die Aufnahme des zum Zeitpunkt t = 1 in die Optimallösung aufzunehmenden Investitionsprojekts 6 (IO_6) aus dem vorherigen Kapitel überprüft.

Bei dem Rechnungsverfahren werden die genauen Zahlen der berechneten Dateien sukzessiv analysiert.

In dem Beispiel wurde der Anschaffungspreis des Investitionsprojekts 6 (49.914,25 GE) niedriger als der kritische Anschaffungspreis[160] (49.914,261101142 GE) angenommen.

Annahme: der Anschaffungspreis des Investitionsprojekts 6 beträgt 49.914,25 GE in t = 1
Realisierung des Investitionsprojekts 6: 104,02 Einheiten
Vermögensendwert: 8.207.743,93 GE[161]

Wenn der Anschaffungspreis des Investitionsprojekts 6 in t = 1 beispielsweise 49.914,25 GE betrüge, würde gemäß der Optimallösungen das Investitionsprojekt 6 (IO_6) 104,02-mal[162] aufgenommen.

[160] Aus Tab.3-27.
[161] Abgerundet. Der genaue Vermögensendwert lautet: 8.207.743,9318334 GE.
[162] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet: 104,016803833825.

Der Vermögensendwert lautet 8.207.743,93 GE. Dieser Differenzbetrag zwischen kritischem und aufgenommenem Zahlungssaldo (49.914,262110114 - 49.914,25 = 0,012110114 GE) stammt aus:

1) Der Differenzbetrag zwischen beiden Vermögensendwerten (8.207.743,93 GE – 8.207.740,55 GE = 3,3788208934 GE zwischen Tab 3-28 und Tab. 3-16) wird durch einen modellendogenen Aufzinsungsfaktor in Teilperiode t geteilt.
2) Der Differenzbetrag beider Vermögensendwerte wird durch den dazugehörigen modell-endogenen Kalkulationsfaktor in t = 1 geteilt.
(Differenzbetrag)/q^*_1 = (3,3788208934)/ 2,68233754898824 = 1,259655368
3) Dieser Betrag 1,259655368 wird durch die zur Realisierung empfohlenen Einheiten des Investitionsprojekts (IO_6 = 104,0168038) geteilt.
(1,259655368)/ (104,0168038) = 0,012110114 GE.
Damit wird der Differenzbetrag zwischen kritischem und aufgenommenem Zahlungssaldo (49.914,261101142 - 49.914,25 = 0,012110114 GE) nachgewiesen.
(1,259655368)/(104,016803833825Einheit) = 0,012110114 GE.
Damit wird auch die Anwendung der modellendogenen Aufzinsungsfaktoren nachgewiesen. Wenn der Anschaffungspreis des in t = 0 unterlassenen Investitionsprojekts 6 in der kommenden Teilperiode mindestens günstiger als 49.914,26 GE wird, dann wird Investitionsprojekt 6 statt des in t = 0 empfohlenen Investitionsprojekts 4A in den Optimallösungen aufgenommen.

Der Vergleich der im vorherigen Kapitel dargestellten kritischen Nettozahlungen mit den anderen Zahlungsströmen der Investitionsprojekte ist nur sinnvoll, wenn Simultan-planungen bei vollständiger Datenbeschaffung möglich sind. Bei dem direkten Vergleich mit Hilfe von kritischen Nettozahlungen können die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren durch Übernahme der vorherigen Entscheidung in eine neue Simultanplanung verzerrte Informationen liefern, weil modellendogene Aufzinsungsfaktoren keine Aussagekraft auf die Übernahme dieser Projekte der vorherigen Entscheidung haben können. Es wird festgestellt, dass der Kapitalwert der Investitionsprojekte durch die Übernahme der vorperiodischen Entscheidung die neuen Optimallösungen negativ in den neuen Optimal-lösungen beeinflusst.

4. Vorteilhafte Planungshorizonte

4.1. Konzeption des Modells

Unter Realitätsaspekten wird die Untersuchung dieses Kapitels mit Modellvorstellung II aus vorherigem Kapitel 3.2.2.1.2 und 3.2.2.2.2 angewendet.
In Kapitel 4.1.1 werden Prämissen angenommen, dabei werden die illustrierenden Beispiele von Kapitel 3 unterschiedlich dargestellt. Der Unterschied zu Kapitel 3 ist der Finanzierungsbereich. Die Erweiterung des Planungshorizonts erfordert neue Kostensätze der Finanzierungsprojekte wegen der Wiederholung der simultanen Programme.

Im Kapitel 4.2 der vorliegenden Arbeit wird der günstigere bzw. vorteilhafte Vermögensendwert von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei drei unterschiedlichen Planungshorizonten und mehrfacher Entscheidungsfolge untersucht:

1. Für t = 0 die Suche nach den Vermögensendwerten unterschiedlicher Simultanplanungen; Planungshorizont T_i (i = 3, 4 und 5 in illustrierenden Beispielen).
2. Eine 3-jährige Simultanplanung nach einem Jahr(Periode) später für t = 1 erneut wiederholt, um die Vorteilhaftigkeit des Vermögensendwerts im Planungshorizont T+1 = 4 mit dem Vermögensendwert der 4-jährigen Simultanplanung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge vergleichen zu können.
3. Für den Zeitpunkt t = 2 werden die beiden o. g. Simultanplanungen erneut durchgeführt, um den günstigeren bzw. vorteilhafteren Vermögensendwert der unterstersuchten gesamten Simultanplanungen von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge suchen zu können.

Daraus ergibt sich ein Ergebnis für die Ermittlung des Höchstwerts der Vermögensendwerte zwischen zweimal wiederholter 3-jähriger Simultanplanung und einmal wiederholter 4-jähriger sowie 5-jähriger Simultanplanung.

Im Kapitel 4.3 wird der Einfluss auf den optimalen Vermögensendwert nach Umweltänderungen untersucht und daraus der jeweilige vorteilhafte Planungshorizont ermittelt.

Die folgenden Modellvarianten zur Bestimmung optimaler Investitions- und Finanzierungsmöglichkeiten werden bis zum Planungshorizont mit und ohne Umweltänderungen vorgestellt.

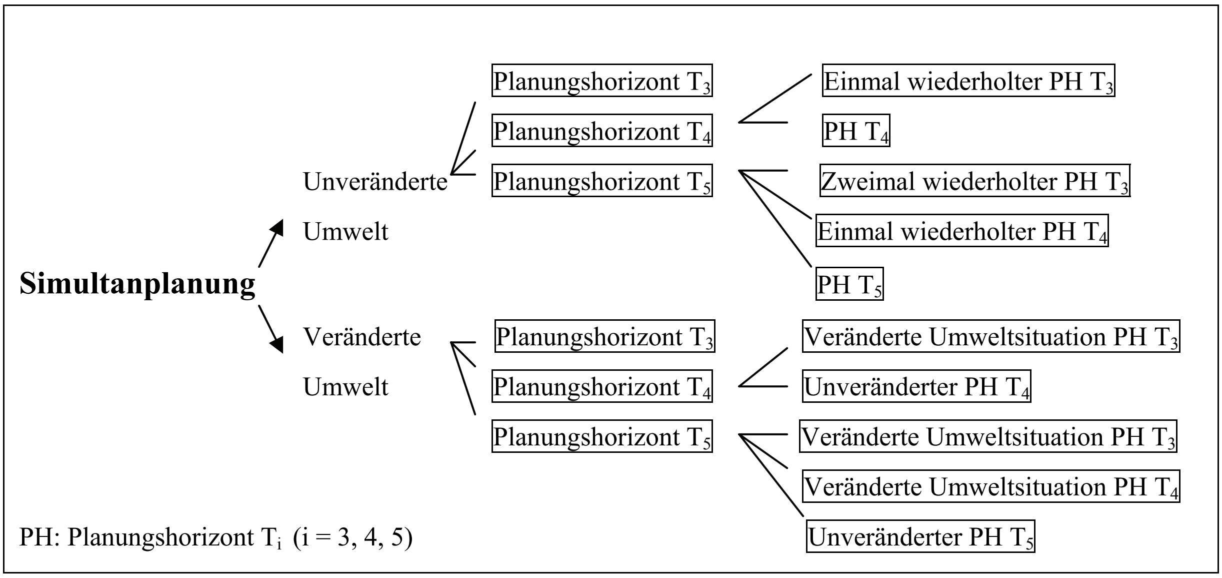


Abb. 4-1 Darstellung der Simultanplanung bei unveränderten und veränderten Umweltsituationen

4.1.1. Prämissen

Bezogen auf vorteilhafte Planungshorizonte stellt die interne Komplexität der simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung ein Problem dar. In diesem Fall herrscht relativ geringe Komplexität als externe Kondition. Hierzu gehört Beispielweise:

- die Vergleichbarkeit für unterschiedliche Planungshorizonte für die Zielfunktion,
- die Größe der Zahlungsströme,
- die Größe des zeitlichen Einflusses der Zahlungsströme auf den Vermögensendwert und
- die Berücksichtigung von Finanzierungsvariablen mit unterschiedlichen Konditionen.

Zur Lösung dieses Problems werden folgende Annahmen gemacht. Die Lebensdauer der Investitionen kann nicht gestreckt werden, dafür wird aber die wiederholte Durchführung Investition im Rahmen der simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung nach einer Teilperiode zugelassen. Die unterschiedliche Größe der Zahlungsströme in den Teilperioden der verschiedenen Investitionsprogramme beeinflusst den Vermögensendwert. Die günstigeren Zahlungsströme der Investitionsprojekte aus den Simultanprogrammen können die Entscheidung bei den Wiederholungen der simultanen Programme beeinflussen. Dadurch werden die zur Wahl stehenden Investitionsprojekte in den neuen Simultanplanungen nachteilig beeinflusst. Aus diesem Grund wird der Kapitalwert der Zahlungsströme der Investitionsprojekte in dieser Modelluntersuchung angewendet. Der Kapitalwert jedes Investitionsprojekts wird mit Hilfe der modellendogenen Kalkulationszinssätze identisch unterstellt. [163] Die Zahlungsströme der Investitionsprojekte in den Simultanplanungen werden nach der Durchführung der Vermögensendwertmethode ausgeglichen. Außerdem werden für Finanzierungsprojekte i bei unterschiedlichen Simultanplanungen gleiche Zinssätze angesetzt. Wenn der Kapitalwert der jeweiligen aufgenommenen Investitionsprojekte den gleichen Wert hat (1.) und die jeweiligen gleichen Finanzierungszinssätze gelten (2.), dann kann der Zielwert der gesuchten Investitions- und Finanzierungsprojekte für die Entscheidung nach unveränderter Umweltsituation angenähert werden.[164] Daher ist dieser Vorgang sinnvoll, vor allem um einen vorteilhaften oder günstigeren Planungshorizont herauszufinden.

Dem Modellansatz liegt die Formulierung des Modells von Hax-Weingartner zugrunde.[165] Zusätzlich werden folgende Annahmen gemacht:

1. Kapitalwertmethode wird für die Ausgleichung der Zahlungsgröße in jedem Investitionsprojekt in der ersten Simultanplanung angewendet.
2. Für die aufgenommenen Investitionsprojekte soll sich der gleiche Kapitalwert bei unterschiedlichen Planungshorizonten der Simultanplanungen von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge ergeben.
3. Die jeweiligen Finanzierungsprojekte haben gleiche Zinssätze bei unterschiedlichen Planungshorizonten und stehen jeder Simultanplanung einmal zur Verfügung.
4. Eigenkapital steht am Anfang der Simultanplanung jeder Simultanplanung einmal zur Verfügung.
5. Die kurzfristige Finanzinvestition steht in jeder Teilperiode unbegrenzt zur Verfügung, wenn eine neue Simultanplanung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen durchgeführt wird.

---

[163] Siehe Investitionsprojekt 2 und 6 in Teilperiode $t = 3$ (Z3) aus Kapitel 4.2.1.2.

[164] Bei dem Mollversuch der veränderten Umwelt wird auf diesem Ansatzpunkt aufgebaut.

[165] Vgl. Götze, U./ Bloech, J. (2004, Investitionsrechnung), S. 337-348.; Blohm, H./Lüder, K. (1995, Investition), S. 308 ff.; Kruschwitz, L. (2007, Investitionsrechnung), S. 265-287.

Die Annahmen 1 bis 4 werden für den vorteilhaften Planungshorizont durch einheitliche Bedingungen angenommen. Es wird für die Untersuchung des Vergleiches der unterschiedlichen simultanen Investitionsprogramme sinnvoll, wenn Investitionsprojekte der jeweiligen 3-, 4- oder 5-jährige Simultanplanung den identischen Kapitalwert ergeben. Es stellt sich dann die Frage, was eine vernünftige Auswahl in der mehrfachen Entscheidungsfolge darstellt. Diese Auswahl wird anhand des Vermögensendwerts entschieden – aufgrund der ersten Prämisse liegt ein einheitlicher Maßstab vor. Bei gleichen Bedingungen von Finanzanlage, Anlagevermögen und Kapitalwert können leichter Entscheidungen bei unterschiedlichen Horizonten der Simultanplanung getroffen werden.

Die externen Prämissen bei veränderten Umweltbedingungen lauten folgendermaßen:

- Änderung der Zahlungsströme nach dem Ende jeder Teilperiode,
- neue Investitionsmöglichkeiten,
- Änderung der Finanzierungskonditionen,
- neue Variable der Eigenkapitalkondition.

Aus realistischen Erwägungen kommt eine Änderung der Umweltsituation in Frage. Die Zahlungsströme werden durch Preis, Kosten, Anschaffungskosten, etc. beeinflusst. Daher ist es vor allem schwierig, die genauen Zahlungsströme der jeweiligen Investitionsprojekte zu vergleichen. Es gibt auch die Möglichkeit, dass die Investitionsprojekte nach jeder Teilperiode zur Auswahl stehen können. Aus diesem Grunde müssen nicht nur die Investitionsprojekte, sondern auch die Finanzierungsprojekte sowie das Eigenkapital nach jeder Teilperiode betrachtet werden. Es ergeben sich immer neue Daten, die zeitvariabel sind.
Das lineare Gleichungssystem wird sukzessiv nach den Teilperioden des Planungszeitraums mit Hilfe der Simplexmethode mit der Zielvariablen des Vermögensendwerts gelöst.

4.1.2. Anwendungsbereich

Zu Beginn des Planungszeitraums können alle Informationen für das Mehrperiodenmodell beschafft werden. Durch die explizite Einbeziehung aller zukünftigen Investitions- und Finanzierungsmöglichkeiten wird das Hax-Weingartner-Modell für alle Teilperioden simultan geplant. [166] Die hier vorgenommene Simultanplanung von Investitions- und

[166] Vgl. Blohm, H./Lüder, K. (1995 Investition), S. 305.

Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge nimmt gegenüber dem Hax-Weingartner-Modell eine größere Anzahl von Investitions- und Finanzierungsmöglichkeiten an. Darüber hinaus werden die Investitionsmöglichkeiten nach jeder Teilperiode überprüft und gegebenenfalls revidiert. Die unterlassenen Investitions- und Finanzierungsprojekte sind nach der Teilperiode nicht mehr realisierbar, aber in der wiederholten neuen Simultanplanung können die unterlassenen Investitions- und Finanzierungsprojekte, die nach der Teilperiode realistisch revidiert wurden, wieder aufgenommen werden.

Daraus folgt die höhere Komplexität der Anzahl von Variablen und Nebenbedingungen. Dadurch werden die Änderungen der Umweltzustände mit der Zeit flexibel in dem neuen Investitions- und Finanzierungsprogramm berücksichtigt und angepasst, und der Investor kann auch bessere Entscheidungen nach Eintritt der Unternehmungszustände treffen. Insbesondere durch die Ganzzahligkeit können die rechentechnischen Grenzen der EDV erreicht werden.

In der praktischen Anwendung sind Simultanplanungen bei mehrfachen Entscheidungen laufend revisionsbedürftig. Es handelt sich also um praktisch unvermeidbare Unvollkommenheiten der Simultanplanung, die nach der Optimierung eine laufende Planrevision ermöglichen, ohne die aufgenommenen Investitionsprojekte zu ändern. Die Änderung[167] bereits angeschaffter Investitionsprojekte, die sowohl zu einem späteren als auch in einem vorangehenden Zeitpunkt durchzuführen sind, können tatsächlich anfallende Zahlungen in der neu aufgebauten Simultanplanung in Betracht ziehen und zu einer verbesserten Entscheidung führen. Theoretisch ist die Suche nach dem vorteilhaften Planungshorizont sinnvoll und bringt ein realistisches Ergebnis.
In der Praxis wird bei der Einbeziehung der Unternehmungszustände und -situationen auf größere Schwierigkeiten gestoßen, da die Interaktionen zwischen den Investitionsprojekten sowie die Desinvestitionsmöglichkeit[168] nicht berücksichtigt werden. Darüber hinaus berücksichtigt das Modell nicht alle möglichen zukünftigen Entwicklungen. Insbesondere bei einer Ganzzahligkeit der Investitionsprojekte sind rasch die Grenzen der rechnerischen Durchführbarkeit erreicht.

[167] Dies gilt nicht nur für eine externe Änderung der Umweltbedingungen, sondern auch für interne Änderungen. Die Änderungen der qualitativen und quantitativen Elastizität der bereits angeschafften Anlagen sind tatsächlich anfallende Zahlungen.
[168] Vgl. Blohm, H./Lüder, K. (1995, Investition), S. 309.

4.1.3. Das Problem des Planungszeiträume und des Umweltzustandes

Angesichts des Planungshorizontes ist es schwierig, einen vorteilhaften Planungshorizont unter verschiedenen Simultanplanungen bei mehrfacher Endscheidungsfolge zu bestimmen. Die Größen der Zahlungsreihe der simultanen Programme in unterschiedlichen Planungszeiträumen sind problematisch für den Vergleich der Vorteilhaftigkeit der Planungshorizonte. Besonders der vorteilhafte Planungshorizont unter der Berücksichtigung der Einflüsse des Umweltzustands auf die neue Simultanplanung wird mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse gesucht.

4.1.3.1. Das Problem des Planungszeitraums

Die Beschränkung des Betrachtungszeitraums wird aufgrund der Integrationsmöglichkeit des Modells ausgewählt. Diese Formulierung bringt deutlich zum Ausdruck, dass hier in der vorliegenden Arbeit beispielsweise die drei unterschiedlichen Planungszeiträume bzw. Planungshorizonte dargestellt werden. Zur Überwindung des Problems des Planungszeitraums werden die jeweiligen Investitionsprojekte bei den Wiederholungen der Simultanplanungen, die identische Zahlungsreihen besitzen, angenommen. Die unterschiedlichen Planungszeiträume haben ein Einfluss auf den Vergleich der Vorteilhaftigkeit der Simultanplanung. Eine kürzere oder längere Simultanplanung kann unterschiedliche Ergebnisse durch die Größe der Zahlungsreihe des jeweiligen simultanen Programms bringen. Die Reihenfolge und Größe der Zahlungsströme in der Teilperiode für identischen Kapitalwert der Investitionsprojekte i (IO_i) können auch einen Einfluss auf die unterschiedlichen Optimallösungen bringen. Daher werden alle Zahlungsströme der Investitionsprojekte mit dem (kritischen) internen Zinssatz ausgeglichen. Der Kapitalwert der aufgenommenen Investitionsprojekte ist gleich. Zum Beispiel wird vor Beginn der Vorstellung der Simultanplanung der Kapitalwert der Zahlungsreihe von Investitionsprojekt i (IO_i) eines 3-jährigen simultanen Programms gleich mit dem Kapitalwert der Zahlungsreihe von Investitionsprojekts i (IO_i) eines 4- und 5-jährigen simultanen Programms kalkuliert. Danach werden die kürzeren Investitions- und Finanzierungsprogramme nach einer Teilperiode so lange wiederholt durchgeführt, bis das Ende des längsten Investitionsprojekts erreicht ist.

Die gesuchte Vorteilhaftigkeit wird zunächst ohne und später mit Berücksichtigung der Ganzzahligkeit untersucht. Mit Ganzzahligkeitsbedingungen kann die Vorteilhaftigkeit zwischen unterschiedlichen Planungszeiträumen nicht genau verglichen werden. Die realistischen, zeitnah geänderten Zahlungsströme werden im Kapitel 4.3 näher untersucht.

4.1.3.2. Planungszeitplan

Um den identischen Planungshorizont (T = 5) zu erreichen, werden die 3- und 4-jährigen Simultanplanungen jeweils zweimal und einmal wiederholt.

(1) Eine 5-jährige Simultanplanung

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Gegenüber

(2) Eine einmal wiederholte 4-jährige Simultanplanung

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	
Zeit		**0**	**1**	**2**	**3**	**4**

Gegenüber

(3) Eine zweimal wiederholte 3-jährige Simultanplanung

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**		
Zeit		**0**	**1**	**2**	**3**	
Zeit			**0**	**1**	**2**	**3**

Um vorteilhafte Planungshorizonte anhand des Vermögensendwerts vergleichen zu können, werden die folgenden drei Planungszeitpläne dargestellt.

Die Simultanplanung (2) wird mit Beginn in t = 0 durch die explizite Einbeziehung künftiger Investitions- und Finanzierungsmöglichkeiten der bis zum Planungshorizont T = 4 verfügbaren Daten gelöst. Nach der Teilperiode t = 1 wird eine Wiederholung des Investitions- und Finanzierungsprogramms unter Einfluss der von der ersten Simultanplanung bestimmten Optimallösung eine neue Optimallösung von null bis fünf bestimmt.

In gleicher Weise wird die Simultanplanung (3) mit dem Planungshorizont T = 3 unternommen. In t = 1 wird eine Wiederholung durchgeführt und in t = 2 wird die neue Optimallösung mit der zweiten Wiederholung eines Investitions- und Finanzierungsprogramms t = 2 unter Berücksichtigung der simultanplanungsbezogenen Optimallösungen bestimmt.

4.1.4. Verfahren zur Ermittlung der Zahlungsströme entlang des Zeitablaufs

Für die Ermittlung des optimalen Horizonts können dieselben (monatlich, vierteljährlich, jährlich) Perioden, aber unterschiedliche Planungshorizonte angesetzt werden. Die Planungszeiträume der Investitions- und Finanzierungsplanung werden von null bis drei, null bis vier und null bis fünf neu untersucht.[169] Die Gründe liegen darin, dass die Nivellierungen der Zahlungsströme der einzelnen Projekte bei unterschiedlichen Planungshorizonten der Investitionsprojekte durchgeführt werden können.

Das vorliegende Tableau der Zahlungsströme besteht aus den vereinfachten Komponenten Anschaffungspreis, Preis, Fixkosten, variable Kosten und Absatzmenge, um Umweltänderungen berücksichtigen zu können.[170]

Die Reihenfolge und Größe der Zahlungsströme in der Teilperiode mit identischem Kapitalwert der Investitionsprojekte i (IO_i) haben einen unterschiedlichen Einfluss auf die Optimallösungen. Eine teilperiodenbezogene Einflussgröße wird durch den modellendogenen Aufzinsungsfaktor gemessen. Darüber hinaus stehen die modellendogenen Kalkulationszinssätze in Verwendung zur Beurteilung einzelner Investitions- und Finanzierungsprojekte.[171] Dadurch kann der günstigere Einfluss der Teilperiode auf den Vermögensendwert bestimmt werden. Trotzdem wird nicht festgelegt, dass ein Zahlungsstrom in einer anfänglichen Teilperiode einen höheren Zielwert ergibt als ein größerer Zahlungsstrom in einer späteren Teilperiode. Die Gründe liegen darin, dass Rendite und Finanzierungsstrukturen (einschl. periodenbezogene Tilgungsmethoden) in dem Simplextableau entlang des Zeitablaufs der Planung den Vermögensendwert beeinflussen. Nach der Durchführung jeder Simultanplanung mit Hilfe eines LP-Modells kann die teilperiodenbezogene Höhe der Zahlungsströme ausgewählt werden. Im Zeitablauf der Simultanplanungen wird sie in der Änderung der Umweltsituation angewendet. Die im

---

[169] Vgl. im Kapitel 4 werden neue illustrierende Zahlenbeispiele in das Simplextableau eingesetzt. Vergleich mit Kapitel 3.

[170] Im Simplextableau sind die Einzahlungen bzw. Einnahmen und Auszahlungen bzw. Ausgaben gerundet. Allgemein spielen die Komponenten und Zahlungsbezeichnungen bei dem mehrfachen Modell keine Rolle. Siehe ähnliche Darstellung aus Tab.3-2 in Kapitel 3.2.1.2.

[171] Vgl. Götze, U./ Bloech, J. (2004, Investitionsrechnung), S. 344 f.

mehrperiodischen Modell existierenden modellendogenen Kalkulationszinsfüße oder –sätze lassen sich nicht nur für die Aufnahme ins Programm konkurrierender Projekte,[172] sondern für die Verzinsung einzelner Perioden des Planungszeitraums[173] interpretieren. Dies wird im Kapitel 4.3.3 dargestellt.

Die im Zeitablauf unveränderte Darstellung der Finanzüberschüsse der Investitions- und Finanzierungsplanung wird als Vermittlung der Grundlagen vereinfacht (Kapitel 4.2.1). Wenn die Umweltbedingungen sich ständig ändern, dann wird das Modell nicht im Grundansatz verändert, sondern durch dynamische Optimierungen in der jeweiligen Periode angepasst. Trotzdem verbleiben Schwierigkeiten beim Vergleich der Simultanplanungen.

4.1.4.1. Ein Planungshorizont als Ansatz der Grundlage

Der kürzeste Planungshorizont basiert auf der Vergleichsgrundlage der Simultanplanungen bei der Wiederholungsmöglichkeit nach einer Teilperiode in der Simultanplanung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge. Wenn eine kürzeste Simultanplanung gelöst wird, wird in diesem Fall eine optimale Lösung erhalten und als ein Maßstab des Planungshorizonts aus allen gesamten Simultanplanungen angenommen. Darauf kann der gesuchte vorteilhafte Planungshorizont aus den Wiederholungen in den gesamten Simultanplanungen weiter aufgebaut und iterativ herausgefunden werden. Im alternativen Fall kann der längste Planungshorizont nach der Teilperiode durch die Wiederholung der Simultanplanung ein Vergleichsproblem mit vielen Restriktionen auftauchen lassen. Wenn sich weiterhin Zahlungsströme ändern würden, dann ergäben sich Schwierigkeiten in der Sensitivitätsanalyse beim Vergleich vorteilhafter Planungshorizonte. Um diese Schwierigkeit der Messung auf variable Zahlungsströme vermeiden zu können, sind unveränderte Zahlungsströme für diesen Ansatzpunkt erforderlich.

4.1.4.2. Versuch zur Bestimmung eines modellspezifischen internen Kalkulationszinssatzes

Der Ausgleich der Zahlungsgrößen jeweiliger Investitionsprojekte wird mit Hilfe vom Newton-Verfahren durchgeführt. Dabei ergeben sich die modellspezifischen internen Kalkulationszinssätze. Damit werden Kapitalwerte eines aufgenommenen Investitionsprojekts i (IO_i) mit den Kapitalwerten der Investitionsprojekte i (IO_i) aller Simultan-

[172] Vgl. Kruschwitz, L. (2007, Investitionsrechnung), S.283.
[173] Vgl. Götze, U./ Bloech, J. (2004, Investitionsrechnung), S. 343, ff .

planungen nivelliert. Es wird angenommen, dass ein Investor unterschiedliche Planungshorizonte der verschiedenen Simultanplanungen von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge zur Auswahl hat. Es stellt sich die Frage, wie die Vorteilhaftigkeit von verschiedenen Planungshorizonten verglichen werden kann. Deshalb ist hier von dem modellspezifischen internen Zinssatz die Rede, um die Zahlungsströme unter jeweils identischen Finanzierungszuständen zu vergleichen.

4.1.4.3. Die Einflüsse der Tilgungsmethode auf dem Vermögensendwert

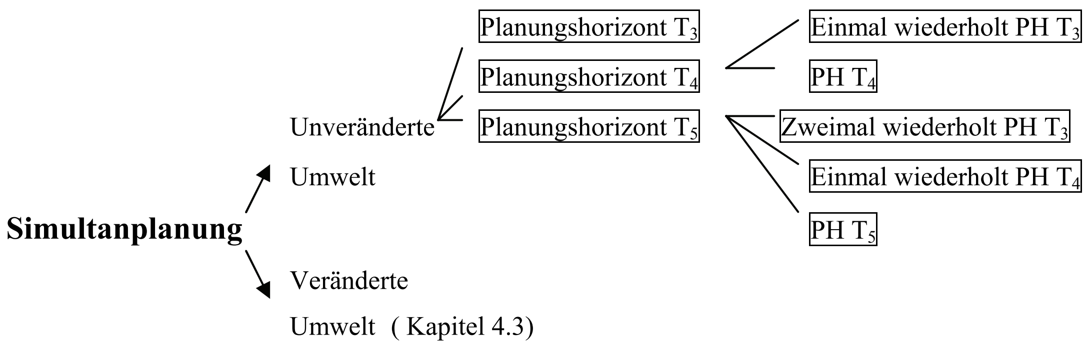
Hinsichtlich der Zins- und Tilgungszahlungen wird festgestellt, dass die bei Kreditaufnahme vereinbarten Annuitäten, Endtilgungen und Ratentilgungen vor Projektbeginn feststehen und als gegebene Größen eingehalten werden. Die Finanzierungsmethode mit einem einheitlichen Zinssatz liefert den unterschiedlichen Zielwert in den optimalen Lösungen der Simultanplanungen. Aus finanzwirtschaftlicher Sicht ergeben die Kapitalwerte der Tilgungen den gleichen Wert. Die vorliegende Untersuchung beweist, dass annuitätische Tilgungen im Gegensatz zu Endtilgungsmethode den geringeren Vermögensendwert ergeben.[174] Dies kann mit den modellendogenen Kalkulationszinssätzen kalkuliert werden. Die Größe der Zahlungsströme beeinflusst die Rentabilität in der Teilperiode. Die Gründe liegen darin, dass die Tilgungszinssätze und die Rentabilität der Zahlungsströme höher als die Zinssätze der Finanzinvestitionen sind. Die Annuitätstilgung jeder Teilperiode benachteiligt den Vermögensendwert im Vergleich zur Endtilgungsmethode. Wenn die Rentabilität der Nettozahlungen geringer als der Zinssatz der Finanzinvestitionen wäre, ist das Simplextableau nicht lösbar.

4.2. Vorteilhafte Planungshorizonte bei unveränderten Umweltbedingungen

In der folgenden Übersicht, die sich auch auf die Ausführungen im Kapitel 4.1 stützt, wird die Untersuchung der Simultanplanung nach Periodizität bei unveränderten Umweltbedingungen gegliedert. Im Kapitel 4.2.1 werden die Optimallösungen der simultanen Planungen bei Planungshorizont $T = 3$, im Kapitel 4.2.2 bei Planungshorizont $T = 4$ und im Kapitel 4.2.3 bei Planungshorizont $T = 5$ ermittelt. Anschließend wird im Kapitel 4.2.4 die Ermittlung und Diskussion des vorteilhaften Planungshorizonts zusammengefasst. Die Veränderung der Planungssituationen nach den Teilperioden wird im Kapitel 4.3. mit neuer Zielfunktion und modellspezifischen Nebenbedingungen dargestellt.

---

[174] Vgl. Beispiel im Kapitel 4.2.1.2 illustrierendes Zahlenbeispiel für den Planungszeitraum von $t = 0$ bis $T = 3$.



PH: Planungshorizont T_i (i = 3, 4 und 5)

Abb. 4-2 Darstellung der Simultanplanung nach Planungssituation bei unveränderten Umweltbedingungen.

4.2.1. Ermittlung der optimalen Investitions- und Finanzierungsplanung bei Planungshorizont T = 3

Im Kapitel 4.2.1. wird die optimale Investitions- und Finanzierungsplanung mit dem Planungshorizont (PH) T = 3 als Ausgangspunkt ermittelt. Im Kapitel 4.2.1.1 wird der maximale Vermögensendwert im Planungshorizont T = 3 als Grundlage beschrieben, die mit der Erstreckung der Planungsperioden zu bedingten Restriktionen in den weiteren Simultanplanungen führt. Die Anwendung der Linearen-Programmierungs-Modellrechnung ist als allgemeine Darstellung nicht überschaubar. Daher bedarf es eines illustrierenden Beispiels, das im Kapitel 4.2.1.2 dargestellt wird.

4.2.1.1. Die Ermittlung des Vermögensendwerts mit Hilfe eines LP-Modells

Zielfunktion und Nebenbedingungen werden auf die Teilperiode bezogen entlang des Zeitablaufs formuliert. In dem Linearen-Programmierungs-Modells wird verlangt, dass das kurzfristige finanzielle Gleichgewicht innerhalb der Nebenbedingungen gewährleistet wird und einen Finanzüberschuss aufweist. Werden lineare Beziehungen unterstellt und mehrere Perioden als dynamisch sowie die zeitlich-vertikalen Verflechtungen als simultan in Betracht gezogen, sind die analytischen und rechnerischen Voraussetzungen für die Programmierung geschaffen. Dank der Beziehungen der zeitlich-vertikalen Verflechtungen kann sowohl der zukünftige beeinflussbare einzelne Zahlungssaldo in der Teilperiode, der so genannte kritische Zahlungssaldo, als auch der zukünftige Kostensatz eines Finanzierungsprojekts iterativ kalkuliert werden.[175]

Auf der Grundlage bestimmter Beschränkungen und vorgegebener Zahlungsströme ergeben sich entsprechend der zur Verfügung stehenden Entscheidungsvariablen Durchführungsmöglichkeiten nachstehender Investitions- und Finanzierungsprogramme bei mehrfacher Entscheidungsfolge. Die Realisierung der Art, Höhe und zeitlichen Verteilung der Einzahlungen und Auszahlungen richten sich nach der Zielfunktion des Modells. In der nachstehenden Form werden die Zielfunktion und die Liquiditätsbedingungen formuliert.

Zeitpunkt	0	1	2	3
Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**

4.2.1.1.1. Zielsetzung und Zielfunktion

Die Formulierung der Zielfunktion und Nebenbedingungen werden anhand des illustrierenden Zahlenbeispiels[176] vorgestellt.

Die deterministische Formulierung der Abläufe des Planungszeitraums kann unter Verwendung der nachstehend aufgeführten VOFI-Analyse angewendet werden.

- Zielfunktion

$$\mathcal{VE} = \mathcal{E}_3 - \sum_{n=1}^{7} a_{n,3} * x_n - \sum_{m=1}^{4} d_{m,3} * y_m + (1+0{,}08) * x_{(8),2} \qquad (4\text{-}1)$$

$$= x_{(8),3} \quad \text{Max!} \qquad (4\text{-}2)$$

(4-1) Die für den Gesamtplanungszeitraum T zu maximierende Zielfunktion ergibt sich unter Berücksichtigung der verschiedenen Zeitpunkte der Rückzahlungsperiode oder Betrachtungsperioden.

Entsprechend (4-2) wird der Vermögensendwert als eine hypothetische kurzfristige Finanzinvestition angesehen.

4.2.1.1.2. Die allgemeinen Nebenbedingungen

Die dargestellten Nebenbedingungen werden entsprechend den zeitlichen Vorgängen jeder Teilperiode formuliert.

---

[175] Vgl. Im diesem Fall werden Kapitel 4.3 dargestellt.

[176] Die illustrierenden Zahlungsströme der Investitionsprojekte in Kapitel 4 sind nicht identisch mit Kapitel 3. Die Finanzierungsrestriktionen sind jedoch nicht identisch.

Die Maximierung des Vermögensendwerts erfolgt im Rahmen bestimmter Nebenbedingungen. Diese zerfallen in Bedingungen von der Liquiditätsseite und der produktionsspezifischen Restriktionsseite (Produktbedingungen).

- Liquiditätsnebenbedingungen

Für t = 0

$$\sum_{n=1}^{5} a_{n,0} * x_n + \sum_{m \in \{1,2,4\}} d_{m,0} * y_m + x_{(8),0} = \mathcal{E}_0 \qquad (4\text{-}3)$$

(4-3) Die Summe aus den Produkten von vorgegebenem Zahlungsstrom und Anzahl der Investitionsprojekte x_n wird zu der Summe der mit dem Tilgungssatz multiplizierten Finanzierungsprojekte y_m addiert, die aus den in der Periode t = 0 entstandenen Anschaffungskosten der Investitionsprojekte x_n und den Kreditaufnahmen der Finanzierungsprojekte und Eigenmittel $\mathcal{E}_0$ herrühren. In jeder Periode entsprechen die Zahlungsüberschüsse den Eigenmitteln, wobei die kurzfristige Finanzinvestition $x_{(8),0}$ nicht negativ sein darf.

Für $1 \leq t \leq 2$

$$\sum_{n \in \{2,6,7\}} a_{n,t} * x_n + \sum_{m=1}^{4} d_{m,t} * y_m + x_{(8),t} - (1+0{,}08) * x_{(8),t-1} = \mathcal{E}_t \qquad (4\text{-}4)$$

(4-4) Investitionsprojekte werden zu dem bereits in der Vorperiode t = 0 aufgenommenen Investitionsprojekt 2 (x_2) summiert und die gegenwärtig zur Auswahl stehenden Investitionsprojekte 6 (x_6) und 7 (x_7) in Zeitpunkt t = 1 integriert. In Zeitpunkt t = 1 werden die in der Vorperiode aufgenommenen 3 Finanzierungsprojekte $y_{1,\ 2\ und\ 4}$ mit den jeweiligen Tilgungszinssätzen multipliziert und summiert. Weiterhin wird die Durchführungsmöglichkeit neuer Kreditaufnahmen (Finanzierungsprojekt y_3) gesucht. Die in der Vorperiode vorhandene Liquidität, die zu einem Zinssatz von 8 % als Finanzinvestition angelegt worden ist [(1+0,08) * $x_{(8),t-1}$], wird in Liquiditätsnebenbedingungen einkalkuliert, so wie die am Ende der Teilperiode entstehenden Finanzüberschüsse $x_{(8),t}$ mitkalkuliert werden. Alle kurzfristigen Finanzinvestitionen $x_{(8)t}$ müssen nichtnegativ sein. Die in der Teilperiode erwirtschafteten Finanzmittelüberschüsse werden in unbegrenzter Höhe zu einem vorgegebenen Zinssatz angelegt. Ab der Periode t = 2 steht dann keine weitere Möglichkeit der Kreditaufnahme zur Verfügung.

Für T = 3

$$\sum_{n\in\{2,6\}} a_{n,3} * x_n + \sum_{m=1}^{4} d_{m,3} * y_m + x_{(8),3} - (1+0{,}08) * x_{(8),2} = \mathcal{E}_3 \qquad (4\text{-}5)$$

(4-5) kann als Zielfunktion interpretiert werden. Es werden die Finanzmittelüberschüsse $x_{(8)3}$ gesucht.[177] Alle Tilgungen der Finanzierungsprojekte y_m sind erfolgt. Gemäß der Optimallösung aus Tab. 4-6 beim Planungshorizont T = 3 wird die Durchführung der Investitionsprojekte 2 (x_2) und 6 (x_6) und aller Finanzierungsprojekte ($y_{1,\ 2,\ 3 \text{ und } 4}$) empfohlen.

- Projektnebenbedingungen:

$$x_n \leq \mathcal{X}_{(7)} \qquad (4\text{-}6)$$

$$y_m \leq \mathcal{Y}_4 \qquad (4\text{-}7)$$

$$x_n \geq 0 \qquad (4\text{-}8)$$

$$x_{(8),t} \geq 0 \qquad (4\text{-}9)$$

$$y_m \geq 0 \qquad (4\text{-}10)$$

(4-6) und (4-7): Die Anzahl der Einheiten aller Investitionsprojekte x_n und aller Finanzierungsprojekte y_m darf eine maximal realisierbare Anzahl oder Höchstgrenze nicht überschreiten. Sie werden vom Anfang der Investitions- und Finanzierungsprogramme bis zum Planungshorizont T explizit berücksichtigt. Nach (4-8) sind Nichtnegativitätsbedingungen zu erfüllen. In der Realität muss die Anzahl der Investitionsprojekte (x_n) ganzzahlig sein. Die vorliegenden illustrierenden Beispiele werden mit und ohne Ganzzahligkeitsbedingung durchgeführt, der Vergleich der Vorteilhaftigkeit eines Planungshorizontes verwendet allerdings keine Ganzzahligkeitsbedingung.

Nach (4-9) und (4-10) sind für die Finanzierungsprojekte y_m und die kurzfristigen Finanzinvestitionen $x_{(8),t}$ Nichtnegativitätsbedingungen zu erfüllen, um das finanzielle Gleich-

[177] Siehe gesuchte Zielfunktion (4-1).

gewicht sicherzustellen. (4-9) bedeutet, wenn ein Finanzmittelüberschuss in einer Teilperiode vorhanden ist, dass der Finanzmittelüberschuss als kurzfristige Finanzinvestition mit einer Verzinsung für eine Periode angelegt wird.

4.2.1.2. Illustrierendes Zahlenbeispiel für den Planungszeitraum von t = 0 bis T = 3

In Tabelle 4-3 wird eine Investitions- und Finanzierungsplanung für den Planungszeitraum von t = 0 bis T = 3 aufgezeigt. Das Vermögen wird im Planungshorizont maximiert. 7 Sach-Investitionsprojekte n (IO_1, IO_2, IO_3, IO_4, IO_5, IO_6 und IO_7) sind bekannt.

	IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7
Z0	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000		
Z1	-47.050	-27.600	-40.625	-80.200	-47.690	60.000	40.000
Z2	-49.850	-28.660	-41.175	-74.200	-50.490	-43.000	-21.150
Z3	-47.050	-28.129	-41.175	-89.200	-53.290	-40.459	-21.150

Tab. 4-3 Zahlungsströme im Planungshorizont T = 3

Außerdem stehen vier Finanzierungsmöglichkeiten (FO_1, FO_2, FO_3, und FO_4) und die jeweilige Summe der Finanzierungsmöglichkeiten als einmalige Angebote zur Verfügung. Bei den Finanzierungsmöglichkeiten soll Finanzierungsprojekt 1 (FO_1) maximal die Summe von 1.350.000 GE mit einem Zinssatz von 14 % und bei Finanzierungsprojekt 2 (FO_2) die maximale Summe von 800.000 GE mit einem Zinssatz von 12 % nach drei Jahren abschließend getilgt werden. Finanzierungsprojekt 4 (FO_4) wird mit einer Summe von maximal 1.000.000 GE mit Zins- und Zinseszins (13 %) annuitätisch getilgt. Alle drei Finanzierungsprojekte können im Zeitraum von t = 0 bis T = 3 einmal realisiert werden. Das Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) stellt eine Finanzierung in einer maximalen Höhe von 1.000.000 GE zu Kosten von 12 % Zinsen im Zeitraum von eins bis drei dar.

	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	RS
Z0	-1	-1		-1	1				50.000
Z1	0	0	-1	0,4235	-1,08	1			0
Z2	0	0	0,12	0,4235		-1,08	1		0
Z3	1,4815	1,4049	1,12	0,4235			-1,08	1	0

Tab. 4-4 Die Finanzierungsmöglichkeiten und Finanzinvestitionen

Darüber hinaus bestehen Finanzinvestitionen im gesamten Planungszeitraum. Eine Finanzinvestition erlaubt die Anlage beliebiger Beträge zu gleich bleibenden Zinssätzen von

8 % (FI_1, FI_2, und FI_3). Der Anfangsbestand (t = 0) an liquiden Mitteln beträgt 50.000 GE. Die Finanzierungsmöglichkeiten und Finanzinvestitionen sind in Tabelle 4-4 illustriert.

In Tab 4-5 sind die negativ dargestellten Auszahlungsüberschüsse als Einzahlungsüberschüsse anzusehen.
Zielfunktion[178] kann nach (4-1) wie folgt dargestellt werden.
Zielfunktion (Vermögensendwert) Max!:

$$-47.050\,x_{(1),3} - 28.129\,x_{(2),3} - 41.175\,x_{(3),3} - 89.200\,x_{(4),3} - 53.290\,x_{(5),3} - 40.459\,x_{(6),3} - 21.150\,x_{(7),3} - 1{,}08\,x_{(8),2} + 1{,}4815\,y_{(1),3} + 1{,}4049\,y_{(2),3} + 1{,}12\,y_{(3).3} + 0{,}4235\,y_{(4),3}$$

bzw.

Zielfunktion kann nach (4-2) in Tab. 4-5 dargestellt werden:

$$-47.050\,x_{(1),3} - 28.129\,x_{(2),3} - 41.175\,x_{(3),3} - 89.200\,x_{(4),3} - 53.290\,x_{(5),3} - 40.459\,x_{(6),3} - 21.150\,x_{(7),3} - 1{,}08\,x_{(8),2} + \boxed{x_{(8),3}} + 1{,}4815\,y_{(1),3} + 1{,}4049\,y_{(2),3} + 1{,}12\,y_{(3).3} + 0{,}4235\,y_{(4),3} = 0$$

Diese soll max. gesuchte Zielgröße die kurzfristige Finanzinvestition $x_{(8),3}$ werden.

In der Tabelle bezieht sich das Gleichungszeichen (=) auf die Durchführung des Projekts mit der angegeben Bedingung.
In diesen Fall ist der gesuchte Vermögensendwert nach (4-2) eine kurzfristige Finanzinvestition $x_{(8),3}$ bzw. Zahlungsüberschuss der Investitionsprojekte in Planungshorizont T.
In den Nebenbedingungen der Tabelle dürfen Finanzierungsprojekte jeweilige Höchstgrenzen nicht überschreiten. Diese Nebenbedingung wird durch Ungleichungszeichen mit $\leq$ dargestellt.
Nichtnegativitätsbedingungen werden durch Ungleichungszeichen mit $\geq$ bei der Nebenbedingung in der Tabelle dargestellt.

178 Die Zielfunktion wird im Kapitel 3.2.1.5 mit ausführlichen Berechnungen dargestellt.

	Investitionsprojekte							Finanzierungsprojekte				Kurzfristige Finanzinv.				Nebenbedingung	
	IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FI_0	FI_1	FI_2	FI_3		
0	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000			-1	-1		-1	1				=	50.000
1	-47.050	-27.600	-40.625	-80.200	-47.690	60.000	40.000	0	0	-1	0,4235	-1,08	1			=	0
2	-49.850	-28.660	-41.175	-74.200	-50.490	-43.000	-21.150	0	0	0,12	0,4235		-1,08	1		=	0
3	-47.050	-28.129	-41.175	-89.200	-53.290	-40.459	-21.150	1,4815	1,4049	1,12	0,4235			-1,08	1	=	0
								1								≤	1.350.000
									1							≤	800.000
										1						≤	1.000.000
											1					≤	1.000.000
	1															≥	0
		1														≥	0
			1													≥	0
				1												≥	0
					1											≥	0
						1										≥	0
							1									≥	0
												1				≥	0
													1			≥	0
														1		≥	0

Tab. 4-5 Basistableau für ein lineares Programm bei simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung im Planungszeitraum von t = 0 bis T = 3.

Tab. 4-5 stellt die optimale Kombination der Investitions- und Finanzierungsprojekte im Planungszeitraum von t = 0 bis 3 dar. Die Tabelle enthält die Zielfunktion, die die kurzfristige Finanzinvestition (FI_3) am Ende des Investitions- und Finanzierungsprogramms T = 3 maximiert. Die Liquiditätsbedingungen für die Finanzinvestition sind jeweils unbegrenzt. Es werden die maximalen Lösungen in der optimalen Investitions- und Finanzierungsplanung gesucht. Die optimale Kombination aus allen Projekten mit der kurzfristigen Finanzinvestition (FI_3) als Zielfunktion wird mit Hilfe der linearen Programmierung gelöst. Die Lösung sieht wie folgt aus.

IO_1 0	IO_2 64	IO_3 0	IO_4 0	IO_5 0	IO_6 39,048	IO_7 0
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3 1.000.000	FO_4 1.000.000			
FI_0 0	FI_1 0	FI_2 2.969.780,6179	FI_3 1.919.945,8879			

Tab. 4-6 Optimallösungen im Planungshorizont T = 3

Die optimale Lösung zeigt, dass in der Periode t = 0 Investitionsprojekt 2 (IO_2) 64-mal durchzuführen und in der Periode t = 1 Investitionsprojekt 6 (IO_6) 39,048-mal durchzuführen ist. Die Finanzierung dieses Investitionsprogramms erfolgt über die liquiden Mittel sowie über die einmalig aufnehmbaren Finanzierungsprojekte. In der dritten Periode t = 2 herrscht Finanzmittelüberschuss in Höhe von 2.969.780,62 GE, der zu einem Zinssatz von 8 % als kurzfristige Finanzinvestition angelegt wird. In der vierten Periode t = 3 wird der maximale Vermögensendwert von 1.919.945,89 GE erreicht.

In Periode t = 2 wird deutlich, dass die kurzfristigen Finanzinvestitionen in Höhe von 2.969.780,6179 GE höher sind als der maximale Vermögensendwert, da die kurzfristige Finanzinvestition in Zusammenhang mit den Finanzierungstilgungen steht. Die Finanzierungsendtilgung (FO_1 und FO_2) und Ratenzahlung des Finanzierungsprojekts 3 (FO_3) erfolgt zum größten Teil im Planungshorizont T = 3.

Im Vergleich zu der annuitätischen Finanzierungstilgungsmethode ergibt sich hier ein größerer maximaler Vermögensendwert. Wenn alle Finanzierungsprojekte zwar unterschiedliche Zinssätze haben, z. B. Finanzierungsprojekt 1, 2, 3 und 4 jeweils in Höhe von 14 % (FO_1), 12 % (FO_2), 12 % (FO_3) und 13 % (FO_4), aber annuitätisch getilgt werden,

so ergibt sich der Vermögensendwert in Höhe von 1.835.954,71 GE (Tab. 4-7), der ungünstiger ist als obiger Vermögensendwert (Tab. 4-6). Daraus kann in dieser Struktur des Simplextableaus gefolgert werden, dass sich ein höherer Vermögensendwert ergibt, wenn die Finanzierungsprojekte ausschließlich in der Planungsperiode T = 3 endgetilgt werden.
Im diesem Fall sind die kurzfristigen Finanzinvestitionen bei Endtilgungen vorteilhafter als bei Annuitätstilgungen, weil die Annuitätstilgungen in allen Perioden höhere Einbußen der Rentabilität bei der Simultanplanung als bei der Endtilgungsmethode zur Folge haben.

IO_1 0	IO_2 64	IO_3 0	IO_4 0	IO_5 0	IO_6 23,81	IO_7 0
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3 1.000.000	FO_4 1.000.000			
FI_0 0	FI_1 0	FI_2 928.076,36565	FI_3 1.835.954,7053			

Tab. 4-7 Optimallösung bei Annuitätstilgungen in T = 3

Bei der Optimallösung eines linearen Programms nach der Simplexmethode entstehen generell modellendogene Aufzinsungsfaktoren bzw. Dualwerte (q_t^*), die als Grenzvermögensendwertsteigerungen betracht werden. In diesem Fall können Schattenpreis oder Opportunitätskosten [179] sowie Grenzgewinne [180] begrifflich verglichen werden können. [181] In Bezug auf das oben angegebene Zahlenbeispiel des Vermögens-maximierungsfalls (Tab. 4-6) werden die folgenden Grenzvermögensendwertsteigerungen (q_t^*) ermittelt.

$q_0^* = 1{,}9811165$ $\quad$ $q_1^* = 1{,}4483222$ $\quad$ $q_2^* = 1{,}08$ $\quad$ $q_3^* = 1{,}00$

Daraus resultieren die folgenden modellendogenen Kalkulationszinsfüße, die als Verzinsung des eingesetzten Kapitals für die einzelnen Perioden des Planungszeitraums interpretiert werden. In Tab. 4-8 werden die modellendogenen Kalkulationszinssätze (i_τ^*) nach Forward Rates und Spots Rates dargestellt.

---

179 Vgl. Schattenpreis von Götze, U./ Bloech, J. (2004, Investitionsrechnung), S. 342 f.
180 Vgl. Grenznutzen von Kruschwitz, L. (2007, Investitionsrechnung), S. 282 ff.
181 Methodischer Ansatz mit Schlupfvariablen im Optimaltableau der Simplexmethode wird beschrieben in Bloech, J./Bogaschewsky, R./Götze, U./Roland, F. (2004, Einführung), S. 161 ff.

Forward Rates

i_1*	0,3678769950471829
i_2*	0,341039049745998
i_3*	0,08

Spot Rates

$\hat{i}_1$	0,3678769950471829
$\hat{i}_2$	0,354388060548692
$\hat{i}_3$	0,2559432090322

Tab. 4-8 Forward Rates (i_t^*) und Spot Rates ($\hat{i}_t$)

Mit Forward Rates bzw. Spot Rates ergeben die ausgewählten Investitionsprojekte 2 und 6 positive Kapitalwerte.

In der vorliegenden Arbeit kommt dem unterstellten Planungshorizont eine dominierende Bedeutung zu. Im Weiteren wird unterstellt, dass die entsprechenden Planungsbeispiele analysiert wurden.

4.2.1.3. Vermögensendwertberechnung mit VOFI-Analyse

Die Optimallösungen können mit Hilfe von VOFI-Analyse in jeder Teilperiode aufgegliedert und kontrolliert werden.

VOFI in einer Teilperiode t = 0

Auszahlung:	IO_2: 64 * -50.000	= -3.200.000
Einzahlung:	FO_1	= 1.350.000
	FO_2	= 800.000
	FO_4	= 1.000.000
Anfangsbestand:		= 50.000
Summe:		= 0

Am Ende der Teilperiode ergibt sich kein Liquiditätsüberschuss.

VOFI in einer Teilperiode t = 1

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:	IO_6: 39,04796716[182] * -60.000	= -2.342.878,03
	FO_4: 0,42352197 * -1.000.000	= - 423.521,97
Einzahlung:	FO_3	= 1.000.000,00
	IO_2: 64* 27.600	= 1.766.400,00
Summe:		= 0,00

Am Ende der Teilperiode t = 1 ergibt sich kein Liquiditätsüberschuss.

[182] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet: 39,0479671646756

VOFI in einer Teilperiode t = 2

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:

FO_3:	0,12 * -1.000.000	=	- 120.000,00
FO_4:	0,42352197 * -1.000.000	=	- 423.521,97

Einzahlung:

IO_2:	64 * 28.660	=	1.834.240,00
IO_6:	39,04796716 * 43.000	=	1.679.062,59
Summe:		=	2.969.780,62

Am Ende der Planperiode: Liquiditätsüberschüsse in Höhe von 2.969.780,62 GE [183]

VOFI in einer Teilperiode T = 3

Auszahlung:

FO_1:	$1{,}14^3$ * -1.350.000	=	-2.000.084,40
FO_2:	$1{,}12^3$ *- 800.000	=	-1.123.942,40
FO_3:	1,12 *- 1.000.000	=	- 1.120.000,00
FO_4:	0,42352197 * -1.000.000	=	- 423.521,97

Einzahlung:

IO_2:	64 * 28.129,3279[184]	=	1.800.276,98
IO_6:	39,04796716 * 40.459,3304	=	1.579.854,61
FI_3:	2.969.780,62 * 1,08	=	3.207.363,07
Summe:		=	1.919.945,89

Am Ende der Investitions- und Finanzierungsplanung ergibt sich ein maximaler Vermögensendwert in Höhe von 1.919.945,89 GE.

Hiermit werden die Optimallösungen mit Hilfe der VOFI-Analyse in der einzelnen Teilperiode für die Überschüsse der kurzfristigen Finanzinvestitionen analysiert.

[183] Abgerundet. Die genaue Liquiditätsüberschuss lautet: 2.969.780,61796159

[184] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet: 28.129,327881543

4.2.2. Versuche zur Bestimmung des vorteilhaften Planungshorizontes von t = 0 bis T = 4

Im Kapitel 4.2.2 wird ein vorteilhafter Planungshorizont durch Vergleich mit einer vierjährigen und einer wiederholten dreijährigen Simultanplanung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge gesucht.

Zeitpunkt	0	1	2	3	4
Zeit	*0*	**1**	**2**	**3**	
Zeit		**0**	**1**	**2**	**3**
	⇑				

(In Teilperiode t = 0 wurde die Optimallösung der ersten Simultanplanung realisiert.)

In diesem Kapitel wird die Vorteilhaftigkeit des Planungshorizontes T = 4 zwischen einmal wiederholter dreijähriger (Kapitel 4.2.2.1) und einmaliger Durchführung einer vierjährigen Simultanplanung (Kapitel 4.2.2.2) verglichen. Im Kapitel 4.2.2.3 werden die Ergebnisse zusammengefasst. Daraus wird der vorteilhafte Planungshorizont aus den gesamten Simultanplanungen in den Zeiträumen von t = 0 bis 4 ermittelt.
Dabei müssen die Zielfunktion und die Nebenbedingungen besonders beachtet werden, da die Zielfunktion und die Nebenbedingungen im Zeitablauf geändert werden. Nach Ablauf der Simultanplanung sind Investitions- und Finanzierungsmöglichkeiten nach der Teilperiode neu vorhanden. Die Anzahl der Einheiten der Investitionsprojekte (n = 1,…, N-1), die zu Beginn der Simultanplanungen beschafft wurden, muss für die Teilperiode t = l neu kalkuliert werden. Dafür ändern sich Zielfunktion und Nebenbedingungen nach den Bedingungen der neuen Investitions- und Finanzierungsprogramme. Aus finanzwirtschaftlicher Sicht werden die Tilgungszinssätze des illustrierenden Beispiels im Kapitel 4.2.1.2 übernommen, in dem die Finanzierungstilgungssätze bei unterschiedlichen Planungshorizonten T = 3 oder 4, 5 mit dem jeweiligen einheitlichen Tilgungszinssatz des Finanzierungsprojekts übereinstimmen. Diese Annahmen wurden oben beim Aufbau des Modells in Zielfunktion und Nebenbedingungen formuliert.

4.2.2.1. Einmal wiederholte 3-jährige Simultanplanung bei mehrfacher Entscheidungsfolge

Im vorliegenden Kapitel wird die einmal wiederholte 3-jährige Simultanplanung formuliert. Zielfunktion und Nebenbedingungen werden nach Einfluss auf die in Zeitpunkt t = 1 zur Verfügung stehende Simultanplanung dargestellt. Dabei sind die periodenbezogenen Restriktionen zu beachten.

4.2.2.1.1. Zielfunktion des LP-Modells

Die Zielfunktion des Modells wurde schon in vorherigem Kapitel dargestellt.[185]
Die Formulierung der Zielfunktion (3-35) und (3-36) wird für das illustrierede Beispiel durch die folgende Formulierung transformiert:

$$\mathcal{VE} = \mathcal{E}_4 - \sum_{n=1}^{7} a_{n,4} * x_n - \sum_{m=1}^{4} d'_{m,4} * y_m + (1+0{,}08) * x_{(15),3} \tag{4-11}$$

$$= x_{(15),4} \tag{4-12}$$

Die Formulierung der Auszahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in Periode T kann statt $\sum_{n=1}^{(N-1)} a_{n,T} * x_n$ durch $\sum_{n=1}^{N'-1} a'_{n,T+1} * x_n$ (dabei ist N´-1 die Anzahl der bereits aufgenommenen und gegenwärtig zur Auswahl stehenden plus der Anzahl der neu hinzukommenden Investitionsprojekte) dargestellt werden, weil die vom Planungszeitpunkt t = 0 begonnenen Investitionsprojekte i (IO_i) (i = 1,..., n) der ersten Simultanplanung im letzten Planungszeitpunkt T+1 (in diesem Fall T + 1 = 4) nach der Wiederholung der neuen Investitionsprojekte nicht mehr vorhanden sind.[186] Der erste Planungshorizont T wird als Grundlage des Planungszeitraums angesehen. Der Planungshorizont der zweiten Simultanplanung wird bis T + 1 strukturiert. Die Formulierung der Investitionsprojekte wird auf das neue Investitionsprogramm umgestellt. Daraufhin ist die in t = 0 aufgrund des ersten Investitions- und Finanzierungsprogramms getroffene Entscheidung zu beachten, da die realisierte Entscheidung der Investitionsprojekte im Zeitpunkt t = 0 feststeht.
Diese Formulierung berücksichtigt, dass Datenbeschaffungen der ersten Simultanplanung von Anfang an und der zweiten Simultanplanung vom Planungszeitpunkt t = 1 an erfasst werden. In diesem Sinne liegt jetzt eine größere Anzahl an Investitionsprojekten im Zeitpunkt t = 0 und T + 1 vor. Anschließend muss die Anzahl der Einheiten des

---

[185] Siehe (3-32) und (3-33) in Kapitel 3.2.2.1.2.
[186] Die Zielfunktion der Modellvorstellung lässt sich auf unterschiedliche Weise formulieren. Die obige Formulierung ist auf die erste Simultanplanung angewiesen. Siehe Zeile Z4 in Tab. 4-9 um ein Jahr verschobene Investitionsplanungen.

Investitionsprojekts von (N´-1) im Zusammenhang mit dem Ausgangstableau der Simultanplanung neu formuliert werden. Durch die identische Wiederholung der Investitionsprojekte wird die gesamte Anzahl der Einheiten des Investitionsprojekts verdoppelt, die sich auf das erste Investitions- und Finanzierungsprogramm im Ausgangstableau des Simplex-Algorithmus bezieht. Aufgrund der aus dem Investitions- und Finanzierungsprogramm im Ausgangstableau des Simplex-Algorithmus stammenden Anzahl der Einheiten des Investitionsprojekts müssen Interdependenzen zwischen erster und zweiter Simultanplanung beachtet werden. Folglich sind die obigen Formulierungen von der Periode t abhängig.

Die anfänglich angegebenen Zinssätze (aus Tab. 4-4) der jeweiligen Finanzierungsprojekte bleiben zwar unverändert aber die Auszahlungsüberschüsse je Einheit des Finanzierungsprojekts m im Zeitpunkt t werden nach der Erweiterung des Planungshorizonts mit dazu passenden Kostensätzen der Finanzierungsprojekte neu berechnet.

Dadurch werden die Parameter der Auszahlungsüberschüsse je Einheit des Finanzierungsprojekts m im Zeitpunkt t im Planungshorizont T + 1 als Kostensätze der Finanzierungsprojekte in $d'_{m,t}$ geändert. Die gesamten Investitions- und Finanzierungsprogramme werden für sämtliche Perioden durch die zeitlichen Abhängigkeiten der Finanzierungsprogramme berücksichtigt.

Die finanzwirtschaftlichen Nebenbedingungen

Liquiditätsnebenbedingungen

Für t = 0

$$\sum_{n=1}^{(N-1)} a_{n,0} * x_n \quad + \quad \sum_{m=1}^{M} d_{m,0} * y_m \quad + \quad x_{(N),0} \quad = \quad \mathcal{E}_0 \qquad (4\text{- }13)$$

Die bereits aufgenommenen Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte aus erster Simultanplanung im Planungszeitraum von 0 bis 3	Die bereits aufgenommenen Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte aus erster Simultanplanung im Planungszeitraum von 0 bis 3	Die am Ende der Periode vorhandene kurzfristige Finanzinvestition aus gesamter Simultanplanung im Planungszeitraum von 0 bis 4	Das bereitgestellte Eigenkapital zum Zeitpunkt t = 0 (Ext. Zuführung)

Die finanzwirtschaftlichen Nebenbedingungen setzen sich aus Liquiditäts- und Projektbedingungen sowie den zeitabhängigen spezifischen Bedingungen zusammen.

Die Formulierung des illustrierenden Beispiels in Teilperiode t = 0 lautet wie folgt:

$$\sum_{n=1}^{5} a_{n,0} * x_n + \sum_{m \in \{1,2,4\}} d_{m,0} * y_m + x_{(8),0} = \mathcal{E}_0$$

Diese vereinfachte Formulierung[187] bezieht sich auf die vorherige Entscheidung der ersten Simultanplanung des Investitions- und Finanzierungsprogramms.

(4-13) Zu Beginn der ersten Simultanplanung ist die Anzahl der Einheiten des Investitionsprojekts N-1. Die Anzahl der Einheiten des Investitionsprojekts ab t = 1 soll in der ganzen Simultanplanung neu definiert werden.

Ab Teilperiode t = 1 muss die Anzahl der Einheiten des Investitionsprojekts aus der Optimallösung der ersten Simultanplanung zu den gesamten Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei Wiederholungen des simultanen Programms eingerechnet werden. Folglich wird die Anzahl der Einheiten des Investitionsprojekts durch N' -1 beschrieben.

Bei dem illustrierenden Beispiel gibt es am Anfang der Simultanplanung sieben Investitionsprojekte, die Achte ist eine Finanzinvestition.

(4-14) Im Vergleich mit obiger Teilperiode t = 0 werden nicht nur die Anzahl der Investitionsprojekte sondern auch die Kostensätze der Finanzierungsprojekte ab der Teilperiode t = 1 in Liquiditätsnebenbedingungen nach den Umweltzuständen berücksichtigt.

Sowohl durch die zu realisierenden Einheiten des Investitionsprojekts x_n und dem zu realisierenden Umfang des Finanzierungsprojekts y_m (m = 1,…, M) aus der vorperiodischen Entscheidung im Zeitpunkt von t = 0 als auch durch das wiederholte Investitions- und Finanzierungsprojekt im Zeitpunkt von t = 1 wird eine neue Simultanplanung aufgebaut. Dabei werden die anfänglichen Kostensätze der Finanzierungen im Zeitpunkt von t = 1 neu gerechnet, weil in der anfänglichen Simultanplanung in der Teilperiode t = 0 zukünftige Umweltänderungen nicht berücksichtigt werden konnten.

Die finanzwirtschaftlichen Nebenbedingungen setzen sich aus Liquiditäts-, Projekt- und den zeitabhängigen spezifischen Bedingungen zusammen.

Die maximal realisierbaren Einheiten des Investitionsprojekts bei dem wiederholten simultanen Programm beträgt elf durch die Einberechnung des zu realisierenden Investitionsprojekts (IO_2) aus der vorperiodischen Optimallösung und den zwei zur Wahl stehenden Investitionsprojekten (IO_6 und IO_7) sowie dem wiederholten simultanen Programm (von IO_1 bis IO_7) und der kurzfristigen Finanzinvestition.

[187] Siehe Tab.4-6 Optimallösungen im Planungshorizont T = 3 und Einsatz des Eigenkapitals in t = 0.

Die maximal realisierbaren Einheiten des Investitionsprojekts werden durch das neue Zeichen von N' dargestellt.

Anschließend ist Finanzinvestition $x_{(11),1}$ vorhanden und es sollte die nachstehende Periode t = 2 mit der aufgezinsten kurzfristigen Finanzinvestition fortgesetzt werden.[188]

Für t = 1

(Aus der ersten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (Aus der zweiten Simultanplanung von Investitionsprojekten)

$$\sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,t} * x_n \quad + \quad \sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,t-1} * x_n$$

Zahlungsüberschüsse der in t=0 aufgenommenen Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung | Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung | Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung ab Zeitpunkt t = 1

(Aus der gesamten Simultanplanung vom Finanzbereich)

$$+\sum_{m=1}^{M} d'_{m,1} * y_m \quad + \quad x_{(N'),1} \quad - \quad (1+0,08) * x_{(N'),0} \quad = \quad E_1 \qquad (4\text{-}14)$$

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der gesamten Simultanplanung | Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition der gesamten Simultanplanung | Finanzinvestition aus der gesamten Simultanplanung | (Ext. Zuführung) Eigenkapital in Zeitpunkt t = 1

-Investitionsprojekte:

Die Formulierung besteht in der ersten Simultanplanung des Planungszeitraums von t = 0 bis 3 und dem in der Periode t = 1 zur Wahl stehenden neuen Investitions- und Finanzierungsprogramm. Die Zahlungsüberschüsse der in t = 0 aufgenommenen Investitionsprojekte $\sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,1} * x_n$ aus erster Simultanplanung sind in jeder Teilperiode unverändert zu realisieren. In Zeitpunkt t = 1 werden die Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte $\sum_{n=1}^{N'-1} a_{n,1} * x_n$, die aus der ersten Simultanplanung stammen, und die Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte $\sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,t-1} * x_n$ der zweiten Simultanplanung der identisch wiederholten ersten Investitionsprojekte in den Zeiträumen von t = 1 bis zu dem Planungshorizont T+1 für die neue Optimallösung

[188] Im diesem Fall des Modells sind kurzfristige Finanzinvestitionen nicht relevant außer der letzten kurzfristigen Finanzinvestition, weil die neue Optimallösungen durch Änderungen der periodischen Simultanplanung in jeder Periode nötig sind. Dabei sind sie ausschließlich im Planungshorizont von Bedeutung. Wenn sie durch Restriktion in den Nebenbedingungen dargestellt würden, dann wird die Optimallösung beeinträchtigt.

ermittelt. Die neue Formulierung der Simultanplanung in Zeitpunkt t = 1 ist abhängig von der ersten Simultanplanung. Hierbei werden die Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte $\sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,t-1} * x_n$ in der zweiten Simultanplanung aus den Zahlungsüberschüssen der Investitionsprojekte $\sum_{n=1}^{(N-1)} a_{n,0} * x_n$ der ersten Simultanplanung übernommen. Dabei erstreckt sich der neue Planungshorizont auf T + 1.

-Finanzierungsprojekte:

Die in der Teilperiode t = 0 angewendeten Kostensätze der Finanzierungsprojekte müssen ab Teilperiode t = 1 durch die neuen Kostensätze berechnet werden. Ab Zeitpunkt t = 1 sind für die Auszahlungen der Finanzierungsprojekte die veränderten Kostensätze der Finanzierungsprojekte wegen der Erweiterung des Planungshorizontes zu beachten. Daraus folgt, dass die Auszahlungen zum Zeitpunkt t = 1 mit den erneuerten Kostensätzen $\sum_{m=1}^{M} d'_{m,1} * y_m$ zum Vergleich mit dem Zeitraum t =0 unterschiedlich angewendet werden.

In dieser Modellvorstellung werden die Finanzierungsprojekte (FO_i, i = 1, 2, 3, und 4) mit Höchstgrenzen jeweils mit Tilgungen und Zahlungen bis zum Planungshorizont angenommen: Bei der Erweiterung der Simultanplanung werden die Finanzierungsprojekte jeweils mit gleichem Tilgungssatz verlängert.[189]

Die zeitliche Abhängigkeit der Finanzierungsprojekte wird bei der Wiederholung über angegebene Zinssätze modifiziert. In dieser Modelldarstellung wird es zur Reduktion zur Komplexität vereinfacht.

- Finanzinvestition:

Nach dem Modell wird die Anzahl der Investitionsprojekte in der Teilperiode von t = 1 bis T+1 zwar in Tableau 4-9 verdoppelt, aber für die Anzahl der realisierten Einheiten der Investitionsprojekte zählen nur die in t = 0 aufgenommenen Investitionsprojekte und die zur Wahl stehenden Investitionsprojekte in t = 1.

Die kurzfristige Finanzinvestition der ersten und zweiten Simultanplanung nach den

---

[189] Vgl. Illustrierendes Beispiel für Finanzierungsprojekte in Kapitel 2.2.3 und Tab 3-3 in Kapitel 3.2.1.2.

Optimallösungen muss nicht zwingend identisch bleiben.[190] Auf jeden Fall sind die Bedingungen der Finanzinvestitionen der nachstehenden Simultanplanung wegen Zulassung einer neuen Optimierung in den Investitions- und Finanzierungsprogrammen nicht zu berücksichtigen.

Für $2 \leq t \leq T$

(Aus der ersten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (Aus der zweiten Simultanplanung von Investitionsprojekten)

$$\sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,t} * x_n \quad + \quad \sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,t-1} * x_n$$

Zahlungsüberschüsse der in t zu realisierenden Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der in der Vorperiode aufgenommenen Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der in der Vorperiode aufgenommenen Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte aus der zweiten Simultanplanung

$$+ \sum_{m=1}^{M} d'_{m,t} * y_m + x_{N',t} - (1+k) * x_{N',t-1} = \mathcal{E}_T \qquad (4\text{-}15)$$

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte	kurzfristige Finanzinvestition	Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition	Eigenkapital zum Zeitpunkt t (Ext. Zuführung)

Dabei sollen die realisierten vorperiodischen Entscheidungen der Investitions- und Finanzierungsprojekte der ersten und zweiten Simultanplanung sowie die zur Auswahl stehenden Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung beachtet werden.

(4-15) In Periode t = T wird die erste Simultanplanung der Investitions- und Finanzierungs-programme abgeschlossen.

Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung werden sowohl als Zahlungsüberschüsse der in t = 1 realisierten Investitionsprojekte als auch als die in Zeitpunkt t = 2 zur Wahl stehenden Investitionsprojekte interpretiert.

---

[190] Falls sie identisch sein soll, könnten Schwierigkeiten bei der Suche nach der Optimallösung auftreten. Wenn sie nicht identisch sind, widerspricht die von der Vorperiode abhängige kurzfristige Finanzinvestition in der Realität den periodischen Entnahmen der Finanzierung im betrachteten Modell. Es ist bei der Simultanplanung möglich, dass das neu eingesetzte Eigenkapital mit modellendogenen Kalkulationszinssätzen und Kostenzinssätzen der Finanzinvestition ausschließlich in der betrachteten Periode aus der gesamten Simultanplanung kalkulatorisch ergänzt werden kann, damit die kurzfristige Finanzinvestition der Zweiten der Optimallösungen unter Bedingung der Abhängigkeit der ersten Finanzinvestition der Vorperiode identisch sein kann. Es werden modellspezifische Nebenbedingungen notwendig, um die Realitätsnähe der in der Vorperiode getroffenen Entscheidung zu erreichen und um den Widerspruch mit der gegenwärtigen Entscheidung zu vermeiden. Bei der Suche nach der Vorteilhaftigkeit der Vermögendsendwerte ist diese Frage in diesem Fall nicht relevant.

Wie oben erläutert, lassen sich die Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der ersten Simultanplanung auf unterschiedliche Weise darstellen. Gemäß den angegebenen Bedingungen der Finanzierungsmöglichkeiten und Verbindlichkeiten werden die Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der ersten Simultanplanung und der gesamten Simultanplanung in den Zeiträumen von zwei bis T unterschiedlich berücksichtigt.

Für T+1

$$\underbrace{\sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,T} * x_n}_{\text{Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte}} + \underbrace{\sum_{m=1}^{M} d'_{m,T+1} * y_m}_{\text{Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte}} + \underbrace{x_{N',T+1}}_{\text{kurzfristige Finanzinvestition}} - \underbrace{(1+k)* x_{N',T}}_{\text{Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition}} = \underbrace{\mathcal{E}_{T+1}}_{\text{Eigenkapital zum Zeitpunkt T+1}} \quad (4\text{-}16)$$

Die Formulierung des illustrierenden Beispiels in jeder Teilperiode $2 \leq t \leq T$ lautet wie folgt:

$$\sum_{n\in\{2,6\}} a_{n,3} * x_n + \sum_{m=1}^{4} d'_{m,4} * y_m + x_{(15),4} - (1+0{,}08) * x_{(15),3} = \mathcal{E}_4$$

Realisierte Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte $IO_{2,3}$ und $IO_{6,3}$	Zahlungsüberschüsse der Finanzierungs-überschüsse	Finanzinvestition T = 4	Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition t = 3

Anschließend wird in der Teilperiode T+1, der letzten Periode, der maximale Vermögensendwert gesucht. Der Vermögensendwert wird durch die Zahlungsmittelüberschüsse bzw. der letzten hypothetischen kurzfristigen Finanzinvestition dargestellt. Der Zahlungsüberschuss der Investitionsprojekte der letzten Periode $\sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,T} * x_n$ ist auf den identischen Zahlungsstrom der ersten Simultanplanung bezogen und im Zeitablauf formuliert. Er wird als $\sum_{n=1}^{N'} a_{n,T+1} * x_n$ im Zeitpunkt T+1 umformuliert. In diesem Fall wird die Anzahl der Einheiten des Investitionsprojekts N´ neu definiert.

- Projektnebenbedingungen:

x_n	$\leq \mathcal{X}_n$	für n = 1,..., N-1	für die erste Simultanplanung	(4-17)
x_n	$\leq \mathbf{X}_n$	für n = 1,..., N´-1	für die gesamte Simultanplanung	(4-18)
y_m	$\leq \mathcal{Y}_m$	für m = 1,..., M		(4-19)
x_n	≥ 0	für n = 1,..., N´-1		(4-20)

y_m	≥ 0	für $m = 1,\ldots, M$		(4-21)
$x_{(N),t}$	≥ 0	für t = 0,..., T-1 bzw. T	für die erste Simultanplanung	(4-22)
$x_{N'-1,t}$	≥ 0	für t = 0,..., T bzw. T+1	für die gesamte Simultanplanung	(4-23)

Die vereinfachte Beschreibung des illustrierenden Beispiels der Projektnebenbedingungen (4-17), (4-18) und (4-20) lautet wie folgt:

$x_n \leq \mathbf{X}_{(10)}$ für n = 1,..., (N′-1) und die aufgenommenen (IO_2) sowie zur Wahl stehenden Investitionsprojekte (IO_6, IO_7 und wiederholte IO_n) für die gesamte Simultanplanung. In diesem Fall ist die oben beschriebene Projektbedingung genauer als $x_n \leq \mathbf{X}_{(15)}$. Alle Investitionsprojekte erhalten Nichtnegativitätsbedingungen. Die Projektbedingungen besagen, dass Investitionsprojekte zeitlich getrennt werden. Projektbedingung (4-17) ist für den Zeitraum von t = 0 bis T begrenzt,[191] (4-18) gilt für die Zeiträume von t = 0 bis T+1 nach der Wiederholung der Investitions- und Finanzierungsplanung. Alle Investitions- und Finanzierungsprojektbedingungen zeigen, dass die Anzahl der Einheiten aller Investitionsprojekte x_n und (4-19) Finanzierungsprojekte y_m eine Höchstgrenze nicht überschreiten dürfen. Die Bedingungen (4-20) bis (4-23) fordern, dass Nichtnegativitätsbedingungen für die Investitionsprojekte x_n, die Finanzierungsprojekte y_m und die kurzfristigen Finanzinvestitionen $x_{N',t}$ (in diesem Fall $x_{(8),t}$ in der ersten Simultanplanung) eingehalten werden müssen.

(4-23) Das Ausmaß der Realisierung der gesamten kurzfristigen Finanzinvestitionen im Zeitraum von t = 1 bis T + 1 ist unabhängig von der ersten kurzfristigen Finanzinvestition. Die Bedingungen (4-18), (4-20) und (4-23) sind zu Beginn der Simultanplanung in t = 0 noch nicht bekannt, weil die zweiten Investitions- und Finanzierungsprojekte zu diesem Zeitpunkt noch nicht betrachtet werden dürfen.

4.2.2.1.2. Die zeitabhängigen spezifischen Bedingungen

Die zeitabhängigen spezifischen Nebenbedingungen tauchen bei der Simultanplanung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge auf. Jede Planungssituation muss explizit berücksichtigt werden und dazu muss für jedes Jahr ein neuer Simplex-Algorithmus durchgeführt werden. Nach der Durchführung ändern sich die Nebenbedingungen entsprechend den neuen Planungssituationen. Hierbei müssen sowohl

[191] Siehe Projektbedingungen (4-6).

die vorjährigen Simultanplanungsentscheidungen des Investitions- und Finanzierungsprogramms als auch die Finanzinvestitionen berücksichtigt werden.

x_n	Die Anzahl der aufgenommenen Investitionsprojekte der ersten simultanen Planung, die unverändert bis zum Ende der Planung zu realisieren sind	(4-24)
y_m	Der Umfang der Inanspruchnahme der Finanzierungsprojekte aus der ersten Simultanplanung, die unverändert bis zum Ende der Planung zu realisieren sind	(4-25)
$\mathcal{E}_0$	Betrag der Eigenmittel von t = 0 ist in der ganzen Simultanplanung unverändert zu belassen	(4-26)
$d'_{m,t}$	Die geänderten Kostenzinssätze der Finanzierungsprojekte	(4-27)

(4-24) und (4-25): Den aufgenommenen Investitionsprojekten und Finanzierungsprojekten der ersten Simultanplanung (x_n und y_m) wird keine geänderte Schreibweise in neue Simultanplanung zugewiesen. Daher wird die Anzahl der aufgenommenen Investitions- und Finanzierungsprojekte als spezifische Bedingung eingeführt. Anschließend werden die von der ersten Optimallösung nicht realisierten Investitions- und Finanzierungsprojekte in Hinblick auf Aufnahmemöglichkeiten in die neuen Optimallösungen untersucht. Das heißt, hier soll die Simultanplanung von Kapitel 4.2.1 mit den Ergebnissen übernommen werden.[192] Diese Restriktion ist der höchste Einflussfaktor auf den Vermögensendwert in der wiederholten Simultanplanung.

(4-26) Die in der Periode t = 0 eingesetzten Eigenmittel müssen wie oben erwähnt als spezifische Bedingung in der gesamten Simultanplanung identisch eingesetzt werden. Das bereits zugeführte Eigenmittel werden in der nächsten Periode eingesetzt.

(4-27) Die Kostensätze der Finanzierungsprojekte sind nach der Erweiterung des Planungshorizonts neu zu kalkulieren.[193]

Die zeitabhängigen modellspezifischen Restriktionen bei der nicht identischen mehrfachen Simultanplanung können zu Schwierigkeiten bei der Durchführung des Simplexalgorithmus führen. Für alle Zeitpunkte ist unter Umweltänderungen sicherzustellen, dass die

---

[192] Investitionsprojekt 2 $x_n = 64$ wird als Restriktion übernommen

[193] Aufgrund der finanzwirtschaftlichen Ansicht ist Annuitätstilgung nach der ersten Tilgungssituation schwierig. Hier wird eine vereinfachte Kalkulation durchgeführt.

Auszahlungsüberschüsse den Eigenmitteln und den Finanzierungsprojekten entsprechen.[194] Dazu muss jede Entscheidung der Vorperiode in allen Simultanplanungen ohne Widersprüche bzw. Verletzung der Restriktionen eingehalten werden. Dies erfolgt mit Hilfe der zusätzlichen Forderung einer nichtnegativen Liquidität, die einer kurzfristigen Finanzinvestition entspricht.

Falls die vorperiodische Liquidität im neuen Investitions- und Finanzierungsprogramm eingehalten werden soll, wird eine zusätzliche finanzielle Hilfe in dem simultanen Programm benötigt. Diese Restriktion ist weder bei einem rechnerischen Vorgang des Simplexalgorithmus noch bei der gesuchten Zielsetzung relevant. Der Grund liegt darin, dass kurzfristige Finanzinvestitionen in einer betroffenen Periode durch einen rechnerischen Vorgang des Simplex-Algorithmus interpretiert werden sollen. [195]

4.2.2.1.3. Illustrierendes Zahlenbeispiel bei einem Planungszeitraum von t = 0 bis T+1

In diesem Kapitel wird die Darstellung eines Beispiels in Planungszeiträumen von t = 0 bis T + 1= 4 illustriert.

Gemäß des im Kapitel 4.2.1.2 illustrierenden Zahlenbeispiels wird das Investitionsprojekt 2 (IO_2) 64-mal realisiert und die Finanzierungsprojekte 1, 2 und 4 (FO_1, FO_2 und FO_4) in der Teilperiode t = 0 genutzt. Außerdem wird das Investitionsprojekt 6 (IO_6) 23,81-mal und Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) in Periode t = 1 zur Realisierung empfohlen. In diesem illustrierenden Zahlenbeispiel werden die Entscheidungen in t = 0 der ersten Simultanplanung übernommen und ab Periode t = 1 wird die neue Optimallösung mit dem wiederholten Investitionsprogramm gesucht.

Um die vorteilhaften Planungshorizonte der Investitions- und Finanzierungsplanungen zu vergleichen, wurde ein Investitions- und Finanzierungsprojekt unmittelbar nach einem Jahr

---

[194] Die Zuführung vom Eigenmittel werden in der nächsten Periode eingesetzt. Die Eigenmittel werden mit den modellendogenen Kalkulationszinssätzen für den eingesetzten Betrag kalkuliert und letztlich vom Vermögensendwert abgezogen.

[195] Der fehlende Differenzbetrag der kurzfristigen Finanzinvestition zwischen der ersten und der neuen Simplexplanung soll in der Praxis durch Eigenkapital ersetzt werden können. Anschließend muss der Vermögensendwert mit Hilfe von modellendogenen Kalkulationszinssätzen und Zinssätzen der Finanzinvestition für den eingesetzten Differenzbetrag abgezogen werden. In diesem Kapitel wurde der Differenzbetrag der Finanzinvestition nicht behandelt, weil die identische Wiederholung der Investitionsprojekte und die Eigenmittel sowie die Kostensätze der Finanzierungsprojekte gleich geblieben sind. Dieser Differenzbetrag der Finanzinvestition wird hier nicht behandelt, weil diese methodische Untersuchung zwar kalkulatorisch möglich ist aber zu keiner Optimallösung führt.

wiederholt. Das nach einem Jahr identisch wiederholte Investitions- und Finanzierungsprojekt kommt zwar selten in der Praxis vor, doch ist es für bestimmte Entscheidungssituationen von Bedeutung. Diese vereinfachte Modellvorstellung kann nach den gleichen Kriterien für die Vorteilhaftigkeit der Planungshorizonte beurteilt werden.

In diesem Kapitel wird die Vorteilhaftigkeit zwischen einem identisch wiederholten Investitionsprogramm unter Berücksichtigung der Finanzierungsrestriktion untersucht, um es mit einer Investitions- und Finanzierungsplanung mit einem Planungshorizont von vier Jahren zu vergleichen. Um die Kriterien zu halten, werden Finanzierungsprojekte mit gleich bleibenden Zinssätzen angewendet.

1. Um ein Jahr verschobene Investitionsplanung: Planungszeitraum von t = 0 bis T = 4

	IO_1	IO_2	*IO_3*	*IO_4*	*IO_5*	IO_6	IO_7	IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}
Z0	*95.000*	50.000	*80.000*	*170.000*	*105.000*									
Z1	*-47.050*	-27.600	*-40.625*	*-80.200*	*-47.690*	60.000	40.000	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000		
Z2	*-49.850*	-28.660	*-41.175*	*-74.200*	*-50.490*	-43.000	-21.150	-47.050	-27.600	-40.625	-80.200	-47.690	60.000	40.000
Z3	*-47.050*	-28.129	*-41.175*	*-89.200*	*-53.290*	-40.459	-21.150	-49.850	-28.660	-41.175	-74.200	-50.490	-43.000	-21.150
Z4								-47.050	-28.129	-41.175	-89.200	-53.290	-40.459	-21.150

Tab. 4-9 Um ein Jahr verschobene Investitionsplanungen

Die kursiv dargestellten Investitionsprojekte 1, 3, 4 und 5 (IO_1, IO_3, IO_4 und IO_5) sind alle unterlassene Investitionsprojekte, die auf keinen Fall in der wiederholten Simultanplanung in t = 1 berücksichtigt werden dürfen. Demgegenüber müssen die Investitionsprojekte 6 und 7 in Periode t = 1 mit dem wiederholten Investitionsprogramm beachtet werden. Die unterlassenen Investitionsprojekte werden in der Periode t = 1 in der neuen Planung eingesetzt und mit Hilfe des Simplex-Algorithmus optimiert. Hier wird untersucht, ob dies Einfluss auf die neue Optimallösung hat. Die Investitionsprojekte des wiederholten Investitionsprogramms sind als $IO_{1A,\dots,7A}$ in der Tableau neu bezeichnet, sie sind identisch mit den jeweiligen vorjährigen Investitionsprojekten $IO_{1,\dots,7}$.

2. Berücksichtigung der sich um ein Jahr länger erstreckenden Finanzierungsplanungen

Die vier Finanzierungsmöglichkeiten (FO_1, FO_2, FO_3, und FO_4) werden angenommen und die jeweilige Summe der Finanzierungsmöglichkeiten sind einmalige Angebote im Zeitpunkt t = 0. Durch die Finanzierungsmöglichkeit FO_1 soll maximal eine Summe von 1.350.000 bei einem Zinssatz von 14 % und durch FO_2 eine maximale Summe von 800.000

bei einem Zinssatz von 12 % nach vier Jahren zurückgezahlt werden. Bei der Finanzierungsmöglichkeit FO_4 wird 1.000.000 mit Zins- und Zinseszins (13 %) annuitätisch bestimmt. Die drei Finanzierungsprojekte lassen sich im Zeitraum bis T = 4 realisieren. Die Finanzierungsmöglichkeit FO_3 stellt eine Finanzierung in einer maximalen Höhe von 1.000.000 zu Kosten von 12 % Zinsen im Zeitraum von t = 1 bis 4 dar.

Darüber hinaus erstrecken sich Finanzinvestitionen bis zum Planungshorizont T+1. Über den Investitions- und Finanzierungsplanungszeitraum können beliebige Beträge zu gleich bleibenden Zinsen von 8 % (FI_1, FI_2 und FI_3) angelegt werden. Zur Abgrenzung werden die Finanzinvestition FI'_0, FI'_1, FI'_2 und FI'_3 statt FI_1, FI_2, FI_3 und FI_4, die sich jeweils auf Teilperiode 1, 2, 3 und 4 beziehen, modifiziert. Der Anfangsbestand (t = 0) an liquiden Mitteln steht wie im vorherigen Kapitel unverändert in Höhe von 50.000 zur Verfügung. Die Finanzierungsmöglichkeiten und Finanzinvestitionen sind in Tab. 4-10 illustriert.

	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FI_0	FI'_0	FI'_1	FI'_2	FI'_3
Z_0	-1	-1		-1	1				
Z1	0	0	-1	0,33619	-1,08	1			
Z_2	0	0	0,12	0,33619		-1,08	1		
Z_3	0	0	0,12	0,33619			-1,08	1	
Z_4	1,68896	1,57352	1,12	0,33619				-1,08	1

Tab. 4-10 Die Finanzierungsmöglichkeiten und Finanzinvestitionen

3. Investitions- und Finanzierungsplanung

Insgesamt wird die optimale Kombination aus Tab. 4-9 und Tab. 4-10 in Tab. 4-11 zusammengestellt. Das Tableau für ein lineares Programm bei simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung nach einem Jahr zeigt das folgende Tableau Tab. 4-11.

Tab. 4-11 enthält das Basis-Tableau für ein Programm bei simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung, das mit der Zielfunktion einen Maximalwert von Finanzinvestitionen (FI'_3 bzw. FI_4) zum Planungshorizont (T = 4 bzw. die auf die ersten Planungshorizonte bezogenen Planungshorizonte T+1 = 4) ergibt.

In Tab. 4-11 müssen die gesamten oben erwähnten Bedingungen berücksichtigt werden.

Auf der rechten Seite des Gleichungssystems (RS) werden die ursprünglichen Ungleichungen nach der Einführung des zweiten Investitions- und Finanzierungsprogramms zu Gleichungen modifiziert. [196]

4. Zusammenfassung und Erklärungen der modellspezifischen Restriktionen

Aufgrund der modellspezifischen Restriktionen wird das Interdependenzproblem berücksichtigt. Analog zu den erläuterten Durchführungen zum Grundmodell im Kapitel 4.2.1.2 ist das Simultanplanungsproblem für die folgende Datensituation zu lösen. Für die Planungszeiträume von t = 0 bis T+1 = 4 wurden folgende Restriktionen mit wiederholtem Investitionsprogramm untersucht.

Das in der nullten Periode 64-mal aufgenommene Investitionsprojekt 2 muss in der wiederholten Simultanplanung realisiert werden.[197]

Anschließend ist Investitionsprojekt 2 (IO_2) in der gegenwärtigen Simultanplanung durchzuführen. Die Ungleichung des ursprünglichen Investitionsprojekts 2 (IO_2) wird in eine Gleichung umgewandelt, ebenso wie die aufgenommenen Finanzierungsprojekte 1, 2 und 4 jeweils in ursprünglicher Höhe durch Gleichungen im neuen Tableau aufgenommen werden müssen. Die unterlassenen Investitionsprojekte werden hier entfernt (Sie sind im Tableau auf der rechten Seite des Gleichungssystems (RS) auf Null gesetzt.). Das bedeutet, dass die unterlassenen Investitionsprojekte aus dem vorjährigen Planungszeitraum, in diesem Fall Investitionsprojekte 1, 3, 4, und 5 (IO_1, IO_3, IO_4, und IO_5), nicht mehr im Zeitraum von t = 1 bis T+1 = 4 der Simultanplanung zur Verfügung stehen. So können die Restriktionen der aufgenommenen Investitions- und Finanzierungsprojekte auf der rechten Seite des Gleichungssystems gleich dargestellt werden, um Verletzungen der Modell-vorstellung zu vermeiden.

Im Tableau gelten für das gegenwärtig zur Realisierung stehende Investitionsprojekt (IO_2), die gegenwärtig zur Wahl stehenden Investitionsprojekte IO_6, IO_7 aus der ersten Simultanplanung und zur neuen Wahl stehenden Investitionsprojekte $IO_{1A}, \ldots$, IO_{5A} und zukünftig möglichen Investitionsprojekten (IO_{6A} und IO_{7A}) aus dem wiederholten Investitionsprojekt Nichtnegativitätsbedingungen. Obwohl das Investitionsprojekt 6 aus

[196] Vgl. Tab. 4-5 Basis-Tableau für ein Programm bei simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung im Planungszeitraum von t = 0 bis T = 3.

[197] Siehe Investitionsprojekt 2 im Gleichungssystem ($IO_2 = 64$) auf der rechten Seite in Tab. 4-11.

erster Optimierung zur Realisierung empfohlen wurde, wird es in der gesamten Simultanplanung als zur Wahl stehendes Projekt betrachtet. Es wird keine Ganzzahligkeit unterstellt, damit der genaue kalkulatorische Weg und die Ergebnisse nachvollzogen bzw. mit den Ergebnissen der ersten Simultanplanung verglichen werden können, weil die Ganzzahligkeitsbedingungen die Aussagekraft für Sensitivitätsanalysen beschränken.[198]
Auf der rechten Seite des Gleichungssystems (RS) in dem Tableau stehen außer dem Anfangsbestand keine weiteren Eigenmittel zur Verfügung. Wenn liquide Mittel in weiteren Perioden zur Verfügung stehen, kann die Auswirkung der eingesetzten liquiden Mittel durch die modellendogenen Kalkulationszinssätze und Zinssatzfaktoren auf die kurzfristige Finanzinvestition zwar genau gemessen werden, aber es herrscht ein Komplexitätsproblem beim Vergleich der Vorteilhaftigkeit der Planungshorizonte. Die Komplexitätsunterschiede zwischen den beiden aus der ersten und zweiten Simultanplanung stammenden unabhängigen modellendogenen Aufzinsungsfaktoren haben keine Aussagekraft für die Vorteilhaftigkeit des Planungshorizonts. Daher werden hier die liquiden Mittel unverändert einmalig dargestellt.

Gesucht wird der maximale Vermögensendwert, der für die Suche des vorteilhaften Planungshorizonts mit Kapitel 4.2.2.2 verglichen werden kann. Zur Bestimmung der optimalen Vermögensendwerte wird zunächst die LP herangezogen.

[198] Kruschwitz L. (1995, Investitionsrechnung), S. 213ff.

	IO_2	IO_6	IO_7	IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4	RS
0	50.000										-1	-1		-1	1					= 50.000
1	-27.600	60.000	40.000	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000			0	0	-1	0,336	-1,08	1				= 0
2	-28.660	-43.000	-21.150	-47.050	-27.600	-40.625	-80.200	-47.690	60.000	40.000	0	0	0,12	0,336		-1,08	1			= 0
3	-28.129	-40.459	-21.150	-49.850	-28.660	-41.175	-74.200	-50.490	-43.000	-21.150	0	0	0,12	0,336			-1,08	1		= 0
4				-47.050	-28.129	-41.175	-89.200	-53.290	-40.459	-21.150	1,69	1.57	1.12	0,336				-1,08	1	= 0
											1									=1.350.000
												1								=800.000
													1							≤ 1.000.000
														1						=1.000.000
	1																			= 64
																				≥ 0
																				≥ 0
																				≥ 0
		1																		≥ 0
			1																	≥ 0
				1																≥ 0
					1															≥ 0
						1														≥ 0
							1													≥ 0
								1												≥ 0
									1											≥ 0
										1										≥ 0
															1					≥ 0
																1				≥ 0
																	1			≥ 0
																		1		≥ 0

Tab. 4-11 Basis-Tableau für ein lineares Programm bei simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung im Planungszeitraum von t = 0 bis T+1= 4.

Die Optimallösung des Programms lautet[199]:

IO_2 64				IO_{2A} 48,60	IO_{6A} 45,32
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3 1.000.000	FO_4 1.000.000		
FI_0 0	FI_1 0	FI_2 0	FI_3 4.686.065,66	FI_4 3.266.878,37	

Tab. 4-12 Optimale Lösungen bei Planungszeitraum von t = 0 bis T+1 = 4

Nach der optimalen Lösung wird Investitionsprojekt 2 (IO_2) 64-mal in t = 0, Investitionsprojekt 2 (IO_{2A}) 48,60-mal und Investitionsprojekt 6 (IO_{6A}) 45,32-mal in t = 1 durchgeführt. Die Finanzierung dieses Investitionsprogramms erfolgt über die liquiden Mittel sowie über die einmalig durchführbaren Finanzierungsprojekte. In t = 3 ergeben sich Finanzmittelüberschüsse in Höhe von 4.686.065,66 GE, die zu einem Zinssatz von 8% als Finanzinvestition angelegt werden. In der letzten Periode wird der maximale Vermögensendwert 3.266.878,37 GE erreicht.

Im Bezug auf das oben angegebene illustrierende Zahlenbeispiel der Vermögensendwertmethode ergeben sich als Nebenergebnisse der Optimierungsrechnung folgende modellendogene Aufzinsungsfaktoren:

Modellendogene Aufzinsungsfaktoren q_t^*:

$q_0^* = 2{,}30733148950767$ $q_1^* = 1{,}98111639759606$ $q_2^* = 1{,}44832217385$ $q_3^* = 1{,}08$ $q_4^* = 1$

Daraus ergeben sich modellendogene Ein-Perioden-Forward-Rates:

i_1*	0,164662254225672
i_2*	0,367869962475104
i_3*	0,341039049861111
i_4*	0,08

Tab. 4-13 Forward Rates (i_t^*)

[199] IO_{2A}: genau aufgenommenes Investitionsprojekt : 48,6041160518678 ohne Ganzzahligkeit, IO_{6A}: genau aufgenommenes Investitionsprojekt : 45,3253234270823 ohne Ganzzahligkeit.

4.2.2.1.4. Vermögensendwertberechnung mit VOFI-Analyse

Die Optimallösungen können mit Hilfe der VOFI-Analyse in jeder Teilperiode aufgegliedert und kontrolliert werden.

VOFI in einer Teilperiode t = 0

Auszahlung:	IO_2 : 64 * -50.000	= -3.200.000
Einzahlung:	FO_1	= 1.350.000
	FO_2	= 800.000
	FO_4	= 1.000.000
Anfangsbestand:		= 50.000
Summe:		= 0

Am Ende der Planperiode ergeben sich keine Liquiditätsüberschüsse

VOFI in einer Teilperiode t = 1

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:	IO_{2A}: 48,60411605 * -50.000	= -2.430.205,80
	FO_4 : 0,336194197 * -1.000.000	= - 336.194,20
Einzahlung:	FO_3	= 1.000.000,00
	IO_2 : 64* 27.600	= 1.766.400,00
Summe:		= 0,00

Am Ende der Planperiode ergeben sich keine Liquiditätsüberschüsse.

VOFI in einer Teilperiode t = 2

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:	FO_3 : 0,12 * -1.000.000	= - 120.000,00
	FO_4 : 0,336194197 * -1.000.000	= - 336.194,20
	IO_{6A}: 45,32532343*-60.000	= -2.719.519,40
Einzahlung:	IO_2 : 64 * 28.660	= 1.834.240,00
	IO_{2A}: 48,60411605 * 27.600	= 1341473,60
Summe:		= 0,00

Am Ende der Planperiode ergeben sich keine Liquiditätsüberschüsse.

VOFI in einer Teilperiode t = 3

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:	FO_3 : 0,12 * -1.000.000	=	- 120.000,00
	FO_4 : 0,336194197 * -1.000.000	=	- 336.194,20
Einzahlung:	IO_2 : 64 * 28.129	=	1.800.276,98
	IO_{2A}: 48,60411605 * 28.660	=	1.392.993,97
	IO_{6A}: 45,32532343*43.000	=	1.948.988,91
Summe:		=	4.686.065,66

Am Ende der Teilperiode ergeben sich Liquiditätsüberschüsse in Höhe von 4.686.065,66 GE.

VOFI in einer Teilperiode T = 4

Auszahlung:			
	FO_1 : $1{,}14^4$ * -1.350.000	=	- 2.280.096,22
	FO_2 : $1{,}12^4$ * -800.000	=	- 1.258.815,49
	FO_3 : 1,12 * -1.000.000	=	- 1.120.000,00
	FO_4 : 0,336194197 * -1.000.000	=	- 336.194,20
Einzahlung:			
	IO_{2A}: 48,60411605 * 28.129[200]	=	1.367.201,12
	IO_{6A}: 45,32532343* 40.459[201]	=	1.833.832,24
	FI_4 : 4.686.065,66* 1,08	=	5.060.950,91
Summe:		=	3.266.878,36

Am Ende der Investitions- und Finanzierungsplanung ergibt sich ein maximaler Vermögensendwert in Höhe von 3.266.878,36 GE.

---

[200] Der genaue Einzahlungsbetrag ist 28.129,3279 GE. Der Grund für den genauen Einzahlungsbetrag liegt darin, dass die Zahlungsausgleichung der unterschiedlichen Investitionsprogramme auf das Basistableau zurückgeführt ist.

[201] Der genaue Einzahlungsbetrag ist 40.459,330431GE..

4.2.2.2. Einmalige Durchführung eines vierjährigen simultanen Programms

4.2.2.2.1. Modellspezifischer Ansatz des Kapitalwerts bei den Zahlungsströmen

Wie im vorherigen Kapitel wird die Kapitalwertmethode auf die Zahlungsströme der unterschiedlichen Investitions- und Finanzierungsprogramme zum Vergleich der Planungshorizonte angewendet.[202] Es ist nach dieser Ansicht sinnvoll, weil die Entscheidung für den Fall der Vorteilhaftigkeit unterschiedlicher Planungshorizonten unter den Kriterien identischer Kapitalwerte der jeweiligen Investitionsprojekte getroffen werden kann.

4.2.2.2.2. Die Ermittlung des Vermögensendwerts mit Hilfe eines LP-Modells

Zeitpunkt	0	1	2	3	4
Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**

Zielfunktion und Liquiditätsnebenbedingungen sind im illustrierenden Zahlenbeispiel folgender Maßen verkürzt.[203]

Zielfunktion:

$$\mathcal{VE}_4 = \mathcal{E}_4 - \sum_{n=1}^{N-1} a_{n,4} * x_n - \sum_{m=1}^{M} d_{m,4} * y_m + (1+0{,}08) * x_{(N),3} = x_{(N),4}$$

Liquiditätsnebenbedingungen:

Für t = 0

$$\sum_{n=1}^{5} a_{n,0} * x_n + \sum_{m \in \{1,2,4\}} d_{m,0} * y_m + x_{(8),0} = \mathcal{E}_0$$

Für t = 1

$$a_{2,1} * x_2 + \sum_{n \in \{6,7\}} a_{n,1} * x_n + \sum_{m=1}^{4} d_{m,1} * y_m + x_{(8),1} - (1+0{,}08) * x_{(8),0} = \mathcal{E}_t$$

Für $2 \leq t \leq T$

$$\sum_{n \in \{2,6\}} a_{n,t} * x_n + \sum_{m=1}^{4} d_{m,t} * y_m + x_{(8),t} - (1+0{,}08) * x_{(8),t-1} = \mathcal{E}_t$$

4.2.2.2.3. Illustrierendes Zahlenbeispiel

---

[202] Im illustrierenden Zahlenbeispiel wird der Ausgleich der Zahlungsreihe der unterschiedlichen Simultanplanung durch den Zahlungssaldo in einer Teilperiode modifiziert.

[203] Dazu siehe die allgemein üblichen Produktionsnebenbedingungen. Im Kapitel 2.2.2.

	IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4		RS
0	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000			-1	-1		-1	1					=	50.000
1	-42.010	-22.300	-37.325	-80.200	-47.690	60.000	40.000	0	0	-1	0,33619	-1,08	1				=	0
2	-45.370	-24.420	-37.600	-77.200	-53.290	-29.500	-21.150	0	0	0,12	0,33619		-1,08	1			=	0
3	-47.050	-24.420	-38.535	-81.700	-50.490	-32.200	-21.130	0	0	0,12	0,33619			-1,08	1		=	0
4	-47.050	-24.221	-38.150	-83.200	-47.690	-31.598	-20.640	1,68896	1,7352	1,12	0,33619				-1,08	1	=	0
								1									≤	1.350.000
									1								≤	800.000
										1							≤	1.000.000
											1						≤	1.000.000
	1																≥	0
		1															≥	0
			1														≥	0
				1													≥	0
					1												≥	0
						1											≥	0
							1					1					≥	0
													1				≥	0
														1			≥	0
															1		≥	0

Tab. 4-14 Basis-Tableau für ein lineares Programm bei Simultanplanung im Planungszeitraum von t = 0 bis T = 4

Die Optimallösung des Programms lautet:

IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7
0	64	0	0	0	34,85	0
FO_1	FO_2	FO_3	FO_4			
1.350.000	800.000	1.000.000	1.000.000			
FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4		
0	0	2.134.763,66	4.534.403,66	2.553.363,94		

Tab.4-15 Die Optimallösung

Die Optimallösung bedeutet, dass das Investitionsprojekt 2 (IO_2) 64-mal in t = 0 und Investitionsprojekt 6 (IO_6) 34,85-mal in t = 1 durchgeführt wird. Die Finanzierung dieses Investitionsprogramms erfolgt über die liquiden Mittel (t_0 = 50.000) sowie die jeweils einmalig durchführbaren Finanzierungsprojekte (FO_i, i = 1, 2, 3, und 4). In t = 2 stehen Finanzmittelüberschüsse in Höhe von 2.134.763,66 GE zur Verfügung, die zu einem Zinssatz von 8% als Finanzinvestition angelegt werden. Anschließend ergeben sich in t = 3 Finanzmittelüberschüsse in Höhe von 4.534.403,66 GE, die weiterhin zu einem Zinssatz von 8% als Finanzinvestition angelegt werden. In der letzten Periode wird der maximale Endwert 2.553.363,94 GE erreicht.

Im Bezug auf das oben angegebene illustrierende Zahlenbeispiel der Vermögensendwertmethode werden als Nebenergebnisse der Optimierungsrechnung folgende modellendogene Aufzinsungsfaktoren q_t^* berechnet:

$$q_0^* = 2{,}33070634003577 \quad q_1^* = 1{,}679714442995 \quad q_2^* = 1{,}1664 \quad q_3^* = 1{,}08 \quad q_4^* = 1$$

Daraus resultieren Ein-Perioden-Forward-Rates und Spot Rates wie folgt:

Forward Rates (modellendogen) Spot Rates (modellendogen)

i_1*	0,387561052270305	$\hat{i}_1$	0,387561052270305
i_2*	0,4400843990012	$\hat{i}_2$	0,413578800080192
i_3*	0,08	$\hat{i}_3$	0,292273982422041
i_4*	0,08	$\hat{i}_4$	0,235582900531813

Tab. 4-16 Ein-Perioden- Forward-Rates (i_t^*) und –Spot-Rates ($\hat{i}_t$)

4.2.2.2.4. Vermögensendwertberechnung mit VOFI-Analyse

Die Optimallösungen können mit Hilfe der VOFI-Analyse in jeder Teilperiode aufgegliedert und kontrolliert werden.

VOFI in einer Teilperiode t = 0

Auszahlung:	IO_2 : 64 * -50.000	= -3.200.000
Einzahlung:	FO_1	= 1.350.000
	FO_2	= 800.000
	FO_4	= 1.000.000
Anfangsbestand:		= 50.000
Summe:		= 0

Am Ende der Planperiode ergeben sich keine Liquiditätsüberschüsse.

VOFI in einer Teilperiode t = 1

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:	IO_6 : 34,85009671 * -60.000	= - 2.091.005,80
	FO_4: 0,336194197 * -1.000.000	= - 336.194,20
Einzahlung:	FO_3	= 1.000.000,00
	IO_2 : 64* 22.300	= 1.427.200,00
Summe:		= 0,00

Am Ende der Planperiode ergeben sich keine Liquiditätsüberschüsse.

VOFI in einer Teilperiode t = 2

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:	FO_3 : 0,12 * -1.000.000	= - 120.000,00
	FO_4 : 0,336194197 * -1.000.000	= - 336.194,20
Einzahlung:	IO_2 : 64 * 24.420	= 1.562.880,00
	IO_6 : 34,85009671 * 29.500	= 1.028.077,85
Summe:		= 2.134.763,65

Am Ende der Teilperiode ergeben sich Liquiditätsüberschüsse in Höhe von 2.134.763,65 GE[204].

[204] Abgerundet. Die genaue Liquiditätsüberschüsse lautet: 2.134.763,65553514 GE.

VOFI in einer Teilperiode t = 3

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:	FO_3 : 0,12 * -1.000.000	=	- 120.000,00
	FO_4 : 0,336194197 * -1.000.000	=	- 336.194,20
Einzahlung:	IO_2 : 64 * 24.420	=	1.562.880,00
	IO_6 : 34,85009671 * 32.200	=	1.122.173,11
	FI : 2.134.763,655 * 1.08	=	2.305.544,75
Summe:		=	4.534.403,66

Am Ende der Teilperiode ergeben sich Liquiditätsüberschüsse in Höhe von 4.534.403,66 GE[205].

VOFI in einer Periode T = 4

Auszahlung:			
	FO_1: $1{,}14^4$ * -1.350.000	=	- 2.280.096,21
	FO_2: $1{,}12^4$ * -800.000	=	- 1.258.815,49
	FO_3: 1,12 * -1.000.000	=	- 1.120.000,00
	FO_4: 0,336194197 * -1.000.000	=	- 336.194,20
Einzahlung:			
	IO_2: 64 * 24.220[206]	=	1.550.118,20
	IO_6: 34,85009671 * 31.598[207]	=	1.101.195,68
	FI_4 : 4.534.403,6646* 1,08	=	4.897.155,96
Summe:		=	2.553.363,94

Am Ende der Investitions- und Finanzierungsplanung ergibt sich ein maximaler Vermögensendwert in Höhe von 2.553.363,94 GE.

[205] Abgerundet. Der genaue Liquiditätsüberschuss lautet: 4.534.403.66462978 GE.
[206] Der genaue Einzahlungsbetrag lautet: 24.220,596923 GE.
[207] Der genaue Einzahlungsbetrag lautet: 31.598,0665797 GE.

4.2.2.3. Fazit: Vergleich der vorteilhaften Planungshorizonte zwischen 4- und 3-jährigen Simultanplanungen

Vergleich der vorteilhaften Planungshorizonte zwischen drei und vierjährigen Simultanplanung unter identischen Finanzierungsbedingungen und Kapitalwerten der Zahlungsreihe:

1. Vermögensendwert der dreijährigen Simultanplanung

Maximaler Vermögensendwert (FI_3) 1.919.945,8879 GE

2. Vermögensendwert der vierjährigen Simultanplanung

Maximaler Vermögensendwert (FI_4) 2.553.363,94 GE

Die vierjährige Simultanplanung hat Vorteilhaftigkeit. Deshalb verwerfen wir die dreijährige Simultanplanung. Die restlichen Modelle sind noch zu untersuchen.

3. wiederholte 3-jährige Investitions- und Finanzierungsplanung im Planungszeitraum von t = 0 bis 4

Zeitpunkt	0	1	2	3	4
Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**	
	Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**

Maximaler Vermögensendwert (FI_{3A} bzw. FI_4) 3.266.878,37 GE

Im Zeitraum t = 0 bis 4 zeigt die wiederholte Investitions- und Finanzierungsplanung einen höheren maximalen Vermögensendwert in Höhe von 3.266.878,37 GE im Vergleich zur einmaligen vierjährigen Investitions- und Finanzierungsplanung mit einem Vermögensendwert in Höhe von 2.553.363,94 GE. Folglich ist die wiederholte dreijährige Investitions- und Finanzierungsplanung für diesen Planungszeitraum vorteilhafter als die vierjährige Investitions- und Finanzierungsplanung.

4.2.3. Versuche zur Bestimmung des vorteilhaften Planungshorizonts T = 5

Für die vorliegenden Versuche zur Bestimmung des vorteilhaften Planungshorizonts T = 5 werden die fünfjährige Simultanplanung mit den drei und 4-jährigen simultanen Investitions- und Finanzierungsprogrammen verglichen. Dabei wird die 3- und 4-jährige Simultanplanung jeweils zweimal und einmal wiederholt, um einen identischen Planungszeitpunkt 5 zu erreichen. Das vorteilhafteste simultane Programm ergibt sich aus dem Vergleich der Vermögensendwerte. Im Kapitel 4.2.3.1 wird die zeitliche Darstellung der Planungssituationen verdeutlicht und im Kapitel 4.2.3.2.5 und 4.2.3.4.5 die Vermögensendwertmethode mit VOFI-Analyse durchgeführt.

4.2.3.1. Die zeitliche Darstellung der Planungssituationen bei 5-jährigen Planungen

Zur Übersicht werden die gesamten Untersuchungsstrukturen dargestellt.

1. 5-jähriges Simultanprogramm (Kapitel 4.2.3.2)

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

2. Einmal wiederholtes 4-jähriges Simultanprogramm bei mehrfacher Entscheidungsfolge (Kapitel 4.2.3.3)

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	
	Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**

3. Zweimal wiederholtes 3-jähriges Simultanprogramm bei mehrfacher Entscheidungsfolge (Kapitel 4.2.3.4)

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**		
	Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**	
		Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**

4.2.3.2. 5-jähriges Simultanprogramm

4.2.3.2.1. Modellspezifischer Kapitalwertansatz der Zahlungsströme

Zur Verwendung des Kapitalwertansatzes kann kein beliebiger Diskontierungszinssatz, sondern nur der Einheitszinssatz verwendet werden. Für den Einheitszinssatz wird ein interner Zinssatz berechnet, um die folgenden drei Planungshorizonte zu vergleichen: T+2 mit zweimal wiederholter 3-jähriger Simultanplanung, T+1 mit einmal wiederholter 4-jähriger Simultanplanung und 5-jährige Simultanplanung. Bei der Normalinvestition[208] sind die nach der Planung aufgenommenen Investitionsprojekte mit gleichem Kapitalwert vor der Durchführung der LP ausgeglichen.

Die Investitionen müssen bei unterschiedlicher zeitlicher Struktur der Planungsperiode vergleichbar gemacht werden, sodass der Kapitalwert am Beginn des Planungszeitpunkts identisch ist.

4.2.3.2.2. Ermittlung des maximalen Vermögensendwerts mit Hilfe eines LP-Modells

In dem Planungshorizont T = 5 wird ein neues Investitionsprogramm eingeführt. In der Planungszeit t = 2 werden zwei neue Investitionsprojekte IO_8 und IO_9 eingeführt.

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Planperiode	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Zielfunktion und Produktionsnebenbedingungen wurden weggelassen.[209]

4.2.3.2.3. Illustrierendes Zahlenbeispiel

Bei den illustrierenden Zahlenbeispiel werden ab t = 2 werden 3-jährige neue Investitionsprojekte eingeführt. Einschließlich werden ungünstiger Kapitalwert der Zahlungsströme der Investitionsprojekte 8 (IO_8) und 9 (IO_9) eingeführt, ob sie eine Einfluss der Optimallösungen treffen können. Bei dem 5-jährigen simultanen Programm werden die Finanzierungsprojekte zwar mit angebenden Kostensätzen aber mit sich erweiternden Planungshorizont berechnet. Sonstige Bedingungen bleiben unverändert.

---

[208] Die Normalinvestition beginnt mit einer Auszahlung, auf die Einzahlungen folgen; vgl. Lutz, F. V. (1951, Investment), S. 5f.

[209] Siehe ähnlicher Aufbau der Zielfunktion und Nebenbedingungen in Kapitel 4.2.1.1 und 4.2.2.2.

	IO1	IO2	IO3	IO4	IO5	IO6	IO7	IO8	IO9	FO1	FO2	FO3	FO4	FI	FI1	FI2	FI3	FI4	FI5		RS
0	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000					-1	-1		-1	1						=	50.000
1	-42.010	-20.600	-32.240	-69.000	-43.800	60.000	40.000			0	0	-1	0,2843	-1,08	1					=	0
2	-40.000	-20.940	-33.100	-69.700	-43.225	-24.880	-17.210	50.000	30.000	0	0	0,12	0,2843		-1,08	1				=	0
3	-40.200	-20.300	-35.060	-73.800	-45.185	-25.550	-16.550	-17.600	-10.240	0	0	0,12	0,2843			-1,08	1			=	0
4	-39.270	-21.940	-34.900	-74.500	-44.500	-26.000	-16.700	-17.660	-10.880	0	0	0,12	0,2843				-1,08	1		=	0
5	-37.965	-23.075	-35.200	-75.000	-45.400	-26.600	-17.280	-18.220	-10.880	1,9254	1,7623	1,12	0,2843					-1,08	1	=	0
										1										≤	1.350.000
											1									≤	800.000
												1								≤	1.000.000
													1							≤	1.000.000
	1																			≥	0
		1																		≥	0
			1																	≥	0
				1																≥	0
					1															≥	0
						1														≥	0
							1													≥	0
								1												≥	0
									1											≥	0
														1						≥	0
															1					≥	0
																1				≥	0
																	1			≥	0
																		1		≥	0

Tab.4-17 Basis-Tableau für ein lineares Programm bei simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung im Planungszeitraum von t = 0 bis T = 5

Die optimale Lösung lautet:

IO_1 0	IO_2 64	IO_3 0	IO_4 0	IO_5 0	IO_6 33,90[210]	IO_7 0
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3 1.000.000	FO_4 1.000.000		IO_8 0	IO_9 0
FI_0 0	FI_1 0	FI_2 1.779.312,89	FI_3 3.682.724,77	FI_4 5.858.625,24	FI_5 3.292.395,57	

Tab. 4-18 Die Optimallösungen bei Planungszeitraum von t = 0 bis T = 5

Entsprechend der optimalen Lösung wird Investitionsprojekt 2 (IO_2) 64-mal in t = 0 und Investitionsprojekt 6 (IO_6) 33,90-mal in t = 1 durchgeführt. Die Finanzierung dieses Investitionsprogramms sowie die einmalig durchführbaren Finanzierungsprojekte erfolgen über die liquiden Mittel. In t = 2 herrschen Finanzmittelüberschüsse in Höhe von 1.779.312,89 GE, die zu einem Zinssatz von 8 % als Finanzinvestition angelegt werden. Anschließend in t = 3 und 4 ergeben sich Finanzmittelüberschüsse in Höhe von 3.682.724,77 GE und 5.858.625,24 GE, die zu einem Zinssatz von 8 % als Finanzinvestition weiter angelegt werden. In der letzten Periode wird der maximale Vermögensendwert 3.292.395,57 GE erzielt.

Im Bezug auf das oben angegebene illustrierende Zahlenbeispiel der Vermögensendwert-methode werden als Nebenergebnis der Optimierungsrechnung folgende modellendogene Aufzinsungsfaktoren q_t^* ermittelt:

$q_0^* = 2{,}73184878024534$ $q_1^* = 1{,}93038590933334$ $q_2^* = 1{,}259712$ $q_3^* = 1{,}1664$ $q_4^* = 1{,}08$ $q_5^* = 1$

Aus den modellendogenen Aufzinsungsfaktoren lassen sich modellendogen Ein-Perioden-Forward-Rates (i_t^*) und Spots Rates ($\hat{i}_t$) ableiten.

Forward Rates (modellendogen) Spot Rates (modellendogen)

i_1*	0,415182719184265
i_2*	0,532402572439833
i_3*	0,08
i_4*	0,08
i_5*	0,08

$\hat{i}_1$	0,415182719184265
$\hat{i}_2$	0,472626782097340
$\hat{i}_3$	0,328015207210065
$\hat{i}_4$	0,261125261290539
$\hat{i}_5$	0,222619536280292

Tab. 4-19 Ein-Perioden- Forward-Rates (i_t^*) und Spot Rates ($\hat{i}_t$) beim PH T = 5

[210] Abgerundet. Die genaue aufgenommene Zahl lautet: 33,9014242774072

4.2.3.2.4. Vermögensendwertberechnung mit VOFI-Analyse

VOFI in einer Teilperiode t = 0

Auszahlung:	IO_2 : 64 * -50.000	= -3.200.000
Einzahlung:	FO_1	= 1.350.000
	FO_2	= 800.000
	FO_4	= 1.000.000
Anfangsbestand:		= 50.000
Summe:		= 0

Am Ende der Planperiode ergeben sich keine Liquiditätsüberschüsse.

VOFI in einer Teilperiode t = 1

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:	IO_6 : 33,901424277 * -60.000	= -2.034.085,46
	FO_4 : 0,2843145433 * -1.000.000	= -284.314,54
Einzahlung:	FO_3 :	= 1.000.000,00
	IO_2 : 64* 20.600	= 1.318.400,00
Summe:		= 0,00

Am Ende der Planperiode ergeben sich keine Liquiditätsüberschüsse.

VOFI in einer Teilperiode t = 2

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:		
	FO_3 : 0,12 * -1.000.000	= - 120.000,00
	FO_4 : 0,2843145433 * -1.000.000	= - 284.314,54
Einzahlung:		
	IO_2 : 64 * 20.940	= 1.340.160,00
	IO_6 : 33,901424277 * 24.880	= 843.467,43
Summe:		= 1.779.312,89

Am Ende der Planperiode: Liquiditätsüberschüsse in Höhe von 1.779.312,89 GE [211]

VOFI in einer Teilperiode t = 3

[211] Abgerundet. Der genaue Liquiditätsüberschuss lautet: 1.779.312,89266698 GE.

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:

FO_{3-}: 0,12 * -1.000.000	=	- 120.000,00
FO_{4-}: 0,2843145433 * -1.000.000	=	- 284.314,54

Einzahlung:

IO_{2--}: 64 * 20.300	=	1.299.200,00
IO_6 : 33,901424277 * 25.550	=	866.181,39
FI : 1.779.312,89 * 1.08	=	1.921.657,92
Summe:	=	3.682.724,77

Am Ende der Planperiode: Liquiditätsüberschüsse in Höhe von 3.682.724,77 GE.

VOFI in einer Teilperiode t = 4

Auszahlung:

FO_3 : 0,12 * -1.000.000	=	- 120.000,00
FO_4 : 0,2843145433 * -1.000.000	=	- 284.314,54

Einzahlung:

IO_2 : 64 * 21.940	=	1.404.160,00
IO_6 : 33,901424277 * 26.000	=	881.437,03
FI : 3.682.724,77 * 1.08	=	3.977.342,75
Summe:	=	5.858.625,24

Am Ende der Planperiode: Liquiditätsüberschüsse in Höhe von 5.858.625,24 GE.

VOFI in einer Periode T = 5

Auszahlung:

FO_1 : $1{,}14^5$ * -1.350.000	=	-2.599.309,69
FO_2 : $1{,}12^5$ * -800.000	=	-1.409.873,35
FO_3 : 1,12 * -1.000.000	=	-1.120.000,00
FO_4 : 0,2843145433 * -1.000.000	=	- 284.314,54

Einzahlung:

IO_2 : 64 * 23.075	=	1.476.800,00
IO_6 : 33,901424277 * 26.600	=	901.777,89
FI : 5.858.625,24 * 1,08	=	6.327.315,26
Summe:	=	3.292.395,57

Am Ende der Investitions- und Finanzierungsplanung in T = 5 ergibt sich ein maximaler Vermögensendwert in Höhe von 3.292.395,57 GE.

4.2.3.3. Einmal wiederholtes 4-jähriges simultanes Programm

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	
	Zeit **0**	**1**	**2**	**3**		**4**

In diesem Kapitel wird die lineare Programmierung wiederum formuliert, um die optimale Entscheidung ermitteln zu können.[212]

Diese Ergebnisse werden nach Ablauf der Planungszeit sukzessiv in der wiederholten 4-jährigen Simultanplanung berücksichtigt.

Die erste Simultanplanung wird im Planungszeitraum von t = 0 bis T = 4 und die zweite Simultanplanung wird nach einem Jahr mit einmal wiederholter Investitionsplanung mit Planungshorizont T+1 = 5 durchgeführt.

Zielfunktion und finanzwirtschaftliche Nebenbedingungen sowie die zeitabhängigen spezifischen Bedingungen werden im vorhergehenden Kapitel 4.2.2.1 *Einmal wiederholte 3-jährige Simultanplanung bei mehrfacher Entscheidungsfolge* vom methodischen Prinzip her identisch dargestellt.

In diesem Kapitel werden das illustrierende Zahlenbeispiel und die Vermögendendwert-berechnung mit VOFI-Analyse vereinfacht.[213]

4.2.3.3.1. Illustrierendes Zahlenbeispiel

Planungszeitraum von null bis vier bei der um ein Jahr verschobenen Investitions- und Finanzierungsplanung von t = 0 bis T+1 = 5.

---

[212] Siehe Kapitel 4.2.2.2 Die Ermittlung des maximalen Vermögensendwertes mit Hilfe eines LP-Modells.

[213] In Kapitel 4.2.2.1.1 und 4.2.2.1.2.

IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7	IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4	FI_5	RS
95.000	50.000	80.000	170.000	105.000										-1	-1		-1	1						= 50.000
-42.010	-22.300	-37.325	-80.200	-47.690	60.000	40.000	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000			0	0	-1	0,28431	-1,08	1					= 0
-45.370	-24.420	-37.600	-77.200	-53.290	-29.500	-21.150	-42.010	-22.300	-37.325	-80.200	-47.690	60.000	40.000	0	0	0,12	0,28431		-1,08	1				= 0
-47.050	-24.420	-38.535	-81.700	-50.490	-32.200	-21.130	-45.370	-24.420	-37.600	-77.200	-53.290	-29.500	-21.150	0	0	0,12	0,28431			-1,08	1			= 0
-47.050	-24.221	-38.150	-83.200	-47.690	-31.598	-20.640	-47.050	-24.420	-38.535	-81.700	-50.490	-32.200	-21.130	0	0	0,12	0,28431				-1,08	1		= 0
							-47.050	-24.221	-38.150	-83.200	-47.690	-31.598	-20.640	1,9254	1,76234	1,12	0,28431					-1,08	1	= 0
1																								= 0
	1																							= 64
		1																						= 0
			1																					= 0
				1																				= 0
					1																			≥ 0
						1																		≥ 0
							1																	≥ 0
								1																≥ 0
									1															≥ 0
										1														≥ 0
											1													≥ 0
												1												≥ 0
													1											≥ 0
														1										= 1.350.000
															1									= 800.000
																1								≤ 1.000.000
																	1							= 1.000.000
																		1						= 0
																			1					≥ 0
																				1	1	1		≥ 0

Tab. 4-20 Basis-Tableau für ein lineares Programm bei Simultanplanung im Zeitpunkt t = 0 realisiert und im Zeitraum t = 1 bis T+1 = 5 mit Wiederholung

Entsprechend Tab 4-20 liegt ein einmaliger Anfangsbestand in Höhe von 50.000 Geldeinheiten vor, Investitionsprojekt 2 wird 64-mal als Nebenbedingung auf der rechten Seite des Gleichungssystems (RS) durchgeführt. Die im Planungshorizont T = 4 berechnete Optimallösung wäre hier keine Optimallösung. Für alle Finanzprojekte gelten die oben angegebenen Zinssätze, die Kosten für die Tilgung auf T+1 = 5 berechnet werden. Das Finanzierungsprojekt 3 wird ab t =1 bis T+1 annuitätisch getilgt.

Durch die Finanzierungsprojekte 1 (FO_1), 2 (FO_2) und 4 (FO_4) werden Kredite in Höhe von 1.350.000 GE, 800.000 GE und 1.000.000 GE aufgenommen. Mit Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) kann ein Kredit bis zu einem Betrag von 1.000.000 aufgenommen werden.

Die Investitionsprojekte IO_1, IO_3, IO_4 und IO_5 der ersten Simultanplanung sollen in t = 1 nicht mehr realisierbar sein. Folglich werden die Investitionsprojekte 1, 3, 4 und 5 der ersten Simultanplanung auf der rechten Seite des Gleichungssystems (RS) gleich null gesetzt. Das im simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm 34,85-mal empfohlene Investitionsprojekt 6 (IO_6)[214] sowie das nicht realisierte Investitionsprojekt 7 (IO_7) gehen hier für den Planungszeitraum t = 1 bis 5 neu in die Rechnung mit wiederholtem Investitionsprogramm ein. Schließlich baut sich das neue simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm auf. Investitionsprojekte 6 und 7 sind größer oder gleich null zu setzen.

Mit dem neuen Tableau Tab. 4-20 wird der maximale Vermögensendwert (FI_5 bzw. FI_{4A}) für den Planungshorizont T = 5 gesucht.

Die Optimallösung des Programms lautet:

IO_2 64	IO_{2A} 42,8577	IO_{6A} 35,2382			
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3 1.000.000	FO_4 1.000.000		
FI_0 0	FI_1 0	FI_2 0	FI_3 bzw. FI_{2A} 3.244.677,795	FI_4 bzw. FI_{3A} 6.831.311,1749	FI_5 bzw. FI_{4A} 4.115.816,975

Tab.4-21 Die Optimallösung

Diese optimale Lösung wird mit der optimalen Lösung aus Tab.4-22 (dort ohne Festlegung) verglichen.

---

[214] Siehe Tab. 4-15.

Dabei werden die modellendogene Aufzinsungsfaktoren q_t^* ermittelt:

$q_0^* = 2{,}96247718260665$ $q_1^* = 2{,}733070634004519$ $q_2^* = 1{,}67971444299643$ $q_3^* = 1{,}1664$ $q_4^* = 1{,}08$ $q_5^* = 1$

Forward Rates (modellendogen) Spot Rates (modellendogen)

i_1*	0,271064111212405
i_2*	0,387561052274728
i_3*	0,440084398998094
i_4*	0,08
i_5*	0,08

$\hat{i}_1$	0,271064111212405
$\hat{i}_2$	0,328035788547330
$\hat{i}_3$	0,3643815386084
$\hat{i}_4$	0,286938562906713
$\hat{i}_5$	0,242599008684087

Ein-Perioden- Forward-Rates (i_t^*) und Spot Rates ($\hat{i}_t$) (modellendogen) beim Planungshorizont T+1 = 5

Die optimale Lösung zeigt, dass die Investitionsprojekte 2 (IO_2) sowie IO_{2A} und IO_{6A} in der ersten Periode durchgeführt werden. In der bereits realisierten Periode t = 0 werden die Kredite FO_1, FO_2 und FO_4 sowie in der ersten Periode der Kredit FO_3 in Anspruch genommen. Die in den Perioden 3 und 4 entstandenen Finanzmittelüberschüsse in Höhe von 3.244.677,80 GE und 6.831.311,17 GE werden zu einem Zinssatz von 8% als Finanzinvestition angelegt. Der gesuchte maximale Vermögensendwert liegt bei 4.115.816,98 GE.

Wenn die Vorentscheidung in Periode t = 0 nicht festgelegt ist, dann ergibt sich der folgende höhere Vermögensendwert:

IO_5 30,4762	IO_{2A} 43,3819	IO_{6A} 36,4530			
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3 1.000.000	FO_4 1.000.000		
FI_0 0	FI_1 0	FI_2 0	FI_3 bzw. FI_{2A} 3.269.176,823	FI_4 bzw. FI_{3A} 6.812.977,4690	FI_5 bzw. FI_{4A} 4.147.096,8667

Tab.4-22 Die optimale Lösung ohne Festlegung des vorherigen Ergebnisses

Auf das in der nullten Periode aufgenommene Investitionsprojekt 2 (IO_2) wird zwar verzichtet, dafür kommt das Investitionsprojekt 5 (IO_5) neu hinzu und die Investitionsprojekte IO_{2A} und IO_{6A} werden häufiger durchgeführt.

4.2.3.3.2. Vermögensendwertberechnung mit VOFI-Analyse

Die Gestaltung der VOFI wird hier in Hinsicht auf, Einzahlungen, Auszahlungen und Anfangsbestand durchgeführt.

Für T+1 Jahre : Fünf Berücksichtigungen für die Liquidität. Der Finanzbereich fordert, dass in jeder Periode die Aufrechthaltung der Liquidität zu gewährleisten ist. Außerdem müssen die zu einem bestimmten Zeitpunkt zwingend fälligen Zahlungsverpflichtungen erfüllt werden.[215] Die Untersuchungen beziehen sich auf genau eine Teilperiode.

VOFI in der Periode t = 0

Einzahlung + Anfangsbestand – Auszahlung = 0

Beginn des Planungszeitpunkts t = 0: Der Anfangsbestand beträgt 50.000 GE. Die Zahlungen erfolgen vom 64-mal realisierten Investitionsprojekt 2 (IO_2) und aus den Finanzierungsprojekten.

Am Ende des Planungszeitpunkts t = 0: Wenn Finanzierungsüberschüsse vorhanden wären, dann würden sie in der nächsten Periode als Finanzierungsinvestition mit einem Zinssatz von 8 % angelegt. Ein Finanzierungsüberschuss ist aber nicht vorhanden.

Realisierung im Planungszeitraum von t = 0

Anschließend wurden die Finanzprojekte 1 (FO_1), 2 (FO_2) und 4 (FO_4) in dieser Planungsperiode jeweils in Höhe von 1.350.000 GE, 800.000 GE und 1.000.000 GE realisiert.

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:	IO_2: 64 * -50.000	=	-3.200.000
Einzahlung:	FO_1	=	1.350.000
	FO_2	=	800.000
	FO_4	=	1.000.000
Anfangsbestand:		=	50.000
Summe:		=	0

Am Ende der Planperiode: Kein Finanzüberschuss

[215] Vgl. Albach, H. (1964, Kapitalbindung), S. 372 f.

VOFI in der Teilperiode t = 1

Nach der Realisierung des ersten Investitions- und Finanzierungsprogramms im Planungszeitraum t = 0 werden zum Zeitpunkt t = 1 die neuen Auswahlmöglichkeiten der Investitions- und Finanzierungsplanung berücksichtigt.

Außer dem Investitionsprojekt 2 (IO_2) und den Finanzierungsprojekten 1(FO_1), 2 (FO_2) und 4 (FO_4), die bereits im Zeitraum t = 0 realisiert wurden, stehen das Investitionsprojekt 6 (IO_6), 7 (IO_7) und Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) aus der ersten Investitions- und Finanzierungsplanung und zusätzlich neue Investitions- und Finanzierungsprojekte zur Wahl. Davon werden sowohl das Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) in Höhe von 1.000.000 GE als auch das Investitionsprojekt 2A (IO_{2A}) in der Planungszeit t = 1 in die Investitions- und Finanzierungsplanung aufgenommen.

Ab diesem Zeitpunkt t = 1 findet die Tilgung statt, wenn die Finanzierungsprojekte dies erfordern. Es erfolgt eine Annuitätstilgung des Finanzierungsprojekts 4 (FO_4) mit Zinssatz von 13 % in Höhe von 284.314,54 GE.
Die resultierende Finanzinvestition (FI_1) ist null und wird nicht ausgeführt. Es ist kein Finanzierungsüberschuss vorhanden. Folglich:
Einzahlung + Anfangsbestand – Auszahlung = 0

Anfang der Planperiode:
Auszahlung:

	IO_{2A}: 42,8577[216] * -50.000	=	-2.142.885,46
	FO_4 : 0,2843145434 * -1.000.000	=	- 284.314,54

Einzahlung:

	FO_3	=	1.000.000,00
	IO_2 : 64* 22.300	=	1.427.200,00
Summe:		=	0,00

Am Ende der Planperiode: Kein Finanzierungsüberschuss

[216] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet: 42,8577091328969.

VOFI in der Teilperiode t = 2

Nicht nur sind das Investitionsprojekt 2 (IO_2) und die Finanzierungsprojekte 1 (FO_1), 2 (FO_2) und 4 (FO_4) in t = 0 sowie das Investitionsprojekt 2 (IO_{2A}) und die Finanzierungsprojekte 3 (FO_3) in t = 1 bereits realisiert worden. Im Zeitpunkt t = 2 können noch die Investitionsprojekte 6 (IO_{6A}) und 7 (IO_{7A}) realisiert werden. Aus der Rechnung folgt, dass das Investitionsprojekt 6 (IO_{6A}) in die neue Investitions- und Finanzierungsplanung aufgenommen wird.

In den ersten Investitions- und Finanzierungsprogrammen muss die Ratentilgung des Finanzierungsprojekts 3 (FO_3) zu 12 % und die Annuitätstilgung des Finanzierungsprojekts 4 (FO_4) zu 13 % ausgezahlt werden. Die Tilgung erfolgt in Höhe von 120.000 GE (FO_3) und 284.315,54 GE (FO_4).

Die Finanzinvestition (FI_2) wird nicht angelegt, da in dieser Periode kein Finanzmittelüberschuss entstanden ist. Folglich:

Einzahlung + Anfangsbestand – Auszahlung = 0

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:

FO_3 : 0,12 * -1.000.000	=	- 120.000,00
FO_4 : 0,2843145434 * -1.000.000	=	- 284.314,54
IO_{6A}: 35,23820617[217] * -60.000	=	- 2.114.292,37

Einzahlung:

IO_2 : 64 * 24.420	=	1.562.880,00
IO_{2A}: 42,857709[218] * 22.300	=	955.726,91
Summe:	=	0,00

Am Ende der Planperiode: Kein Finanzmittelüberschuss

VOFI in der Teilperiode t = 3

[217] Abgerundet. Die genaue zahl lautet 35,2382061718074.
[218] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 42,8577091328969.

Nach Realisierung der empfohlenen Investitions- und aller vier Finanzierungsprojekte im ersten Investitions- und Finanzierungsprogramm laufen das Investitionsprojekt 2 (IO_2) der ersten Simultanplanung und das Investitionsprojekt 2A (IO_{2A}) und 6A (IO_{6A}) der zweiten Simultanplanung weiter.

Weiterhin müssen Ratentilgungen des Finanzierungsprojekts 3 (FO_3) in Höhe von 120.000 GE und Annuitätstilgung des Finanzierungsprojekts 4 (FO_4) in Höhe von 284.314,54 GE ausgezahlt werden.

Einzahlung + Anfangsbestand – Auszahlung ≥ 0 bzw.

Einzahlung + Anfangsbestand – Auszahlung = Finanzmittelüberschuss

Auszahlung:

	FO_3 : 0,12 * -1.000.000	=	- 120.000,00
	FO_4 : 0,2843145434 * -1.000.000	=	- 284.314,54

Einzahlung:

	IO_2 : 64 * 24.420	=	1.562.880,00
	IO_{2A}: 42,857709[219] * 24.420	=	1.046.585,26
	IO_{6A}: 35,238206 * 29.500	=	1.039.527,08
Summe:		=	3.244.677,80

Der in dieser Periode entstandene Finanzmittelüberschuss in Höhe von 3.244.677,80 GE, der als Finanzinvestition (FI_3) zu einem Zinssatz von 8% investiert wird.

VOFI in der Teilperiode T = 4

In der Teilperiode t = 4 erfolgen für das Investitionsprojekt 2 (IO_2) die letzten Einzahlungen.

Die zwei Investitionsprojekte 2 (IO_{2A}) und 6 (IO_{6A}), die Finanzierungsprojekte 3 (FO_3) und 4 (FO_4) sowie die in der vorletzten Periode t = 3 angelegte Finanzinvestition sind in der zweiten Simultanplanung des Investitions- und Finanzierungsprogramms vorhanden.

Weiterhin müssen Tilgungen, die als Auszahlung bezeichnet werden, vom Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) in Höhe von 120.000 GE und vom Finanzierungsprojekt 4 (FO_4) in Höhe von 284.314,54 GE annuitätisch getilgt werden. Darüber hinaus müssen die in der

[219] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet auf 42,8577091328969.

vorletzten Periode angelegten Finanzmittelüberschüsse in Höhe von 3.244.677,80 GE mitkalkuliert werden.

Hier erhalten wir einen Finanzmittelüberschuss:

Auszahlung:

FO_3	: 0,12 * -1.000.000	=	- 120.000,00
FO_4	: 0,2843145434 * -1.000.000	=	- 284.314,54

Einzahlung:

IO_2	: 64 * 24.220,5969[220]	=	1.550.118,20
IO_{2A}	: 42,8577091 * 24.420	=	1.046.585,26
IO_{6A}	: 35,2382061 * 32.200	=	1.134.670,24
FI_3[221]	: 3.,244.677,795 * 1,08	=	3.504.252,02
Summe:		=	6.831.311,18

In der vierten Teilperiode ist ein Finanzmittelüberschuss von 6.831.311,18 GE vorhanden, der zu einem Zinssatz von 8% weiter investiert wird.

VOFI bei Planungsperiode T+1 = 5

Auszahlung:	FO_1	: $1,14^5$ * -1.000.000	=	- 2.599.309,69
	FO_2	: $1,12^5$ * -1.000.000	=	- 1.409.873,35
	FO_3	: 1,12 * -1.000.000	=	- 1.120.000,00
	FO_4	: 0,2843145434 * -1.000.000	=	- 284.314,54
Einzahlung:				
	IO_{2A}	: 42,85770913 * 24.220,5969[222]	=	1.038.039,30[223]
	IO_{6A}	: 35,2382061718074 * 31.598,07[224]	=	1.113.459,19[225]
	FI_4	: 6.831.311,17487196 * 1,08	=	7.377.816,07[226]
Summe:			=	4.115.816,98[227]

[220] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 24.220,59692230 GE aufgrund der Vergleichsmöglichkeit durch einen Kapitalwert von Null für allen Zahlungsstrom.

[221] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 3.504.252,01939758 GE.

[222] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 24.220,59692230 GE aufgrund der Vergleichsmöglichkeit durch einen Kapitalwert von Null für jeden Zahlungsstrom.

[223] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 1.038.039,29795107 GE.

[224] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 31.598,0665797 GE aufgrund der Vergleichsmöglichkeit durch einen Kapitalwert von Null für jeden Zahlungsstrom.

[225] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 1.113.459,184765960 GE.

[226] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 7.377.816,06886172 GE.

[227] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 4.115.816,97542359 GE.

In der letzten Periode T+1 = 5 wird der maximale Vermögensendwert gesucht.

Aus den zwei Investitionsprojekten 2A (IO_{2A}) und 6A (IO_{6A}) ergeben sich Einzahlungen und alle Finanzierungsprojekte werden vollständig nach der jeweiligen Tilgungsmethode ausgezahlt. Die in der vierten Periode angelegte Finanzinvestition wird zu einem Zinssatz von 8% am Ende der Periode berücksichtigt.

Die Endtilgungen der Finanzierungsprojekte 1 (FO_1), 2 (FO_2) und 3 (FO_3) betragen 2.599.309,69 GE, 1.409.873,35 GE und 1.120.000 GE und das Finanzierungsprojekt 4 (FO_4) wird in Höhe von 284.314,54 mit einem Zinssatz von 13 % annuitätisch getilgt. Die in dieser Periode entstehenden Finanzmittelüberschüsse in Höhe von 4.115.816,98 GE werden als gesuchter maximalen Vermögensendwert angesehen.

Am Ende der Investitions- und Finanzierungsplanung ergibt sich ein maximaler Vermögensendwert in Höhe von 4.115.816,98 GE.

Ganzzahligkeit:

Die Optimallösung bei Ganzzahligkeit ist zwar für den Zweck der Modelluntersuchung nicht relevant aber für die Ermittlung des gesuchten Zahlungssaldos in Kapitel 4.3.3.2.3 und die Ermittlung für den direckten Vergleich von Ganzzahligkeitsbedingungen in Kapitel 4.3.3.3 dargestellt**.**

IO_2 64	IO_{1A} 10	IO_{2A} 17	IO_{4A} 2	IO_{6A} 34	IO_{7A} 2
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3[228] 998.664,84	FO_4 1.000.000		
FI_0 0	FI_1[229] 1.550,30	FI_2 0	FI_3 bzw. FI_{2A}[230] 3.227.265,68	FI_4 bzw. FI_{3A}[231] 6.815.510,81	FI_5 bzw. FI_{4A}[232] 4.113.013,88

Tab. 4-23 Die Optimallösung bei Ganzzahligkeit

In einem linearen Modell sind Genauigkeit und Konvergenz bei der iterativen Suche nach der Optimallösung bei Ganzzahligkeit wesentlich niedriger als bei der Suche ohne Ganzzahligkeitsbedingungen.

228 Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 998.664,843936175 GE.
229 Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 1.550,30058101779 GE.
230 Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 3.227.265,6753725 GE.
231 Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 6.815.510,8078468 GE.
232 Abgerundet. Der genaue maximale Vermögensendwert lautet 4.113.013,88251167 GE.

Besonders bei Ganzzahligkeitsbedingungen kann die Kondition der höheren Genauigkeit für die Optimallösungen rasch an die Grenzen der EDV stoßen.

4.2.3.4. Zweimal wiederholtes 3-jähriges simultanes Programm

Das zweimal wiederholte dreijährige Simultanprogramm bei mehrfacher Entscheidung ist wie folgt aufgebaut:

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**		
Zeit		**0**	**1**	**2**	**3**	
Zeit			**0**	**1**	**2**	**3**

4.2.3.4.1. Zielfunktion und Nebenbedingungen nach der Festlegung des vorherigen Ergebnisses

- Zielfunktion

$$\mathcal{VE}_{T+2} = \mathcal{E}_{T+2} - \sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{n,T} * x_n - \sum_{m=1}^{M} d'_{m,T+2} * y_m + (1+k) * x_{(N''-1),T+1}$$

Ver-mögens-endwert; Eigenkapital in Periode T= 4 (Ext. Zuführung); Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in Periode T+2; Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte in Periode T+1; Aufgezinste kurzfristige Finanz-investition in Periode T

$$= x_{(N''),T+2} \qquad (4\text{-}28)$$

kurzfristige Finanzinvestition in Periode T+1 bzw. gesuchter Vermögensendwert

Die oben erwähnte Formulierung der Zielfunktion kann für das illustrierende Beispiel durch die folgende Formulierung vereinfacht werden.

$$\mathcal{VE} = \mathcal{E}_5 - \sum_{n=1}^{'} a_{n,3} * x_n - \sum_{m=1}^{M} d'_{m,5} * y_m + (1+0{,}08) * x_{(12),4}$$

$$= x_{(12),5}$$

Die Zielfunktion wiederum kann folgendermaßen umformuliert werden.

$$\mathcal{E}_T - \sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{nB,T} * x_{nB} - \sum_{m=1}^{M} d'_{m,T} * y_m + (1+k) * x_{(N''-1),T-1} = x_{(N'')T}$$

Im letzten Planungshorizont bleiben nur N Investitionsprojekte, die aus den N-1 Investitionsprojekten und einer Finanzinvestition bestehen**.** Aus der vorperiodischen Simultanplanung wurde die Anzahl der Einheiten des Investitionsprojekts N´- 1 definiert. Hier wird sie durch N´´ gezeichnet, zur Kennzeichnung der zweimal wiederholten simultanen Programme. Die Ermittlung des maximalen Vermögensendwertes wird mit Hilfe eines LP-Modells dargestellt.

- Liquiditätsnebenbedingungen

Für t = 0

$$\sum_{n=1}^{(N-1)} a_{n,0} * x_n + \sum_{m=1}^{M} d_{m,0} * y_m + x_{(N),0} = \mathcal{E}_0 \qquad (4\text{-}29)$$

Die bereits aufgenommenen Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte aus erster Simultanplanung in Planungszeitraum von 0 bis 3	Die bereits aufgenommenen Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte aus erster Simultanplanung in Planungszeitraum von 0 bis 3	Die am Ende der Periode vorhandene kurzfristige Finanzinvestition im Zeitpunkt t = 0	Das bereitgestellte Eigenkapital zum Zeitpunkt t = 0 (Ext. zugeführt)

Die Formulierung des illustrierenden Beispiels in t = 0 ist:

$$\sum_{n=1}^{7} a_{n,0} * x_n + \sum_{m=1}^{4} d_{m,0} * y_m + x_{(8),0} = \mathcal{E}_0$$

Für t = 1

(Aus der ersten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (Aus der zweiten Simultanplanung von Investitionsprojekten)

$$\sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,1} * x_n + \sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,t-1} * x_n$$

Zahlungsüberschüsse der t = 0 aufgenommenen Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der zu Wahl stehenden Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung ab Zeitpunkt t = 1

(Aus der ersten und zweiten Simultanplanung vom Finanzbereich)

$$+ \sum_{m=1}^{M} d'_{m,1} * y_m + x_{(N'-1),1} - (1+0{,}08) * x_{(N'-1),0} = \mathcal{E}_1 \qquad (4\text{-}30)$$

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der ersten und zweiten Simultanplanung	Kurzfristige Finanzinvestition der gesamten Simultanplanung	Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition aus der gesamtem Simultanplanung	Eigenkapital in Zeitpunkt t = 1 (Ext. zugeführt)

Die vereinfachte Formulierung des illustrierenden Beispiels in t = 1 lautet folgend:

(Aus der ersten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (Aus der zweiten Simultanplanung von Investitionsprojekten)

$$a_{2,1} * x_2 + \sum_{n \in \{6,7\}} a_{n,1} * x_n + \sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,0} * x_n +$$

(Aus der gesamten Simultanplanung vom Finanzbereich)

$$\sum_{m=1}^{4} d'_{m,1} * y_m + x_{(11),1} - (1+0{,}08) * x_{(11),0} = \mathcal{E}_1$$

Die erste Simultanplanung umfasst den Planungszeitraum von t = 0 bis T+1 = 4, während die zweite Simultanplanung nach einem Jahr mit einmal wiederholter Investitionsplanung durchgeführt wird.

Bis hier wird das einmal wiederholte 4-jährige Investitionsprogramm aus Kapitel 4.2.3.3 übernommen.

Für t = 2

(Aus der ersten Simultanplanung der Investitionsprojekte) (Aus der zweiten Simultanplanung der auf ersten Simultanplanung bezogenen Investitionsprojekte) (Aus der dritten Simultanplanung der auf ersten Simultanplanung bezogenen Investitionsprojekte)

$$\sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{n,2} * x_n \quad + \quad \sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{n,t-1} * x_n \quad + \quad \sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{n,t-2} * x_n$$

Zahlungsüberschüsse der in t=0 und 1 aufgenommenen Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung der Investitionsprojekte

Zahlungsüberschüsse der in t=1 aufgenommenen Investitionsprojekte und in t=2 zur Wahl stehenden Investitionsprojekte der zweite Simultanplanung

Zahlungsüberschüsse der in t=2 zur Wahl stehenden Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung

Zahlungsüberschüsse der in t=2 zur Wahl stehenden Investitionsprojekte der dritten Simultanplanung

(Aus der gesamten Simultanplanung vom Finanzbereich)

$$+ \sum_{m=1}^{M} d'_{m,2} * y_m \quad + \quad x_{(N''-1),2} \quad - \quad (1+0{,}08) * x_{(N''-1),1} \quad = \quad \mathcal{E}_2 \qquad (4\text{-}31)$$

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der gesamten Simultanplanung

Kurzfristige Finanzinvestition der gesamten Simultanplanung

Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition aus der gesamten Simultanplanung

Das bereits zugeführte Eigenkapital im Zeitpunkt t = 2 (Ext. Zuführung)

Die vereinfachte Formulierung des illustrierenden Beispiels in t = 2 lautet wie folgt:

(Aus der ersten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (Aus der zweiten Simultanplanung von Investitionsprojekten)

$$a_{2,2} * x \quad + \quad a_{2,1} * x_2 + \sum_{n \in \{6,7\}} a_{n,1} * x_n$$

(Aus der dritten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (Aus der gesamten Simultanplanung vom Finanzbereich)

$$+ \sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{n,0} * x_n \quad + \quad \sum_{m=1}^{4} d'_{m,2} * y_m + x_{(12),2} - (1+0{,}08) * x_{(12),1} = \mathcal{E}_2$$

Das Ausmaß der Realisierung der kurzfristigen Finanzinvestition im Zeitpunkt t = 2 ist genau genommen $x_{(12),t}$. da vier Investitionen aus den ersten (IO_2) und zweiten (IO_{2A}, IO_{6A} und IO_{7A}) Simultanplanungen vorhanden sind. Davon sind zwei Investitionsprojekte (IO_2 und IO_{2A}) bereits in Zeitpunkt t = 1 realisiert. In Teilperiode t = 2 stehen zwei Investitionsprojekte (IO_{6A} und IO_{7A}) zur Wahl. Anschließend lassen sich die neun Investitionsprojekte IO_{nB} in die Simultanplanung einbauen. Die Formulierung der Investitionsprojekte IO_{nA} und IO_{nB} bei den identischen Wiederholungen sind auf das erste Investitionsprogramm angewiesen. Außerdem bezieht sich die Formulierung der Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte ($\sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{n,t-1} * x_n$ bzw. $\sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,t-2} * x_n$) auf das erste Investitionsprogramm.

Für t = 3

(Aus der ersten Simultanplanung der Investitionsprojekte) (Aus der zweiten Simultanplanung der Investitionsprojekte) (Aus der dritten Simultanplanung der Investitionsprojekte)

$$\sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{n,t} * x_n \quad + \quad \sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{n,t-1} * x_n \quad + \quad \sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{n,t-2} * x_n$$

Zahlungsüberschüsse der in t=0 und 2 aufgenommenen Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung der Investitionsprojekte

Zahlungsüberschüsse der in t=1 und 2 aufgenommenen Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung Simultanplanung

Zahlungsüberschüsse der in t=2 aufgenommenen Investitionsprojekte der dritten Simultanplanung

Zahlungsüberschüsse der in t=3 zur Wahl stehenden Investitions-projekte der dritten Simultanplanung

(Aus der gesamten Simultanplanung von Finanzbereich)

$$+ \sum_{m=1}^{M} d'_{m,3} * y_m \quad + \quad x_{(N''-1),3} \quad - \quad (1+0{,}08) * x_{(N''-1),2} \quad = \quad \mathcal{E}_3 \tag{4-32}$$

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der gesamten Simultanplanung

Kurzfristige Finanzinvestition der gesamten Simultanplanung

Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition aus der gesamtem Simultanplanung

Zuführung von Eigenkapital im Zeitpunkt t = 3 (Ext. Zuführung)

Die Formulierung des illustrierenden Beispiels in t = 3 lautet folgend:

(Aus der ersten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (Aus der zweiten Simultanplanung von Investitionsprojekten)

$$a_{2,3} * x_3 \qquad + \qquad a_{2,2} * x_2$$

(Aus der dritten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (Aus der gesamten Simultanplanung vom Finanzbereich)

$$\sum_{n \in \{2,6\}} a_{n,1} * x_n + \sum_{m=1}^{4} d'_{m,3} * y_m + x_{(12),3} - (1+0{,}08) * x_{(12),2} = \mathcal{E}_3$$

Für T +1 = 4

(Aus der ersten Simultanplanung der Investitionsprojekte) (Aus der zweiten Simultanplanung der Investitionsprojekte) (Aus der dritten Simultanplanung der Investitionsprojekte)

(Bereits realisiert) $+ \sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{n,t-1} * x_n \quad + \quad \sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{n,t-2} * x_n$

Zahlungsüberschüsse der aufgenommenen Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung Simultanplanung

Zahlungsüberschüsse der aufgenommenen Investitionsprojekte der dritten Simultanplanung

(Aus der gesamten Simultanplanung vom Finanzbereich)

$$+ \sum_{m=1}^{M} d'_{m,4} * y_m \quad + \quad x_{(N''-1),4} \quad - \quad (1+0{,}08) * x_{(N''-1),3} \quad = \quad \mathcal{E}_4 \tag{4-33}$$

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der gesamten Simultanplanung

Kurzfristige Finanzinvestition der gesamten Simultanplanung

Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition aus der gesamtem Simultanplanung

Das bereitstellende Eigenkapital im Zeitpunkt t = 4 (Ext. Zuführung)

Die Formulierung des illustrierenden Beispiels in t = 4 lautet wie folgt:

(Aus der zweiten Simultanplanung der Investitionsprojekte) (Aus der dritten Simultanplanung der Investitionsprojekte)

$$a_{2,4} * x_4 \quad + \quad a_{2,3} * x_3$$

(Aus der gesamten Simultanplanung vom Finanzbereich)

$$+ \sum_{m=1}^{4} d'_{m,4} * y_m + x_{(12),4} - (1+0{,}08) * x_{(12),3} = \mathcal{E}_4$$

Für T +2 = 5

(Aus der ersten Simultanplanung der Investitionsprojekte) (Aus der zweiten Simultanplanung der Investitionsprojekte) (Aus der dritten Simultanplanung der Investitionsprojekte)

(Bereits realisiert) + (Bereits realisiert) + $\sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{n,t-2} * x_n$

Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte

(Aus der gesamten Simultanplanung vom Finanzbereich)

$$+ \sum_{m=1}^{M} d'_{m,5} * y_m + x_{(N''-1),5} - (1+0{,}08) * x_{(N''-1),4} = \mathcal{E}_5 \qquad (4\text{-}34)$$

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der gesamten Simultanplanung; Kurzfristige Finanzinvestition der gesamten Simultanplanung; Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition aus der gesamten Simultanplanung; Zuführung von Eigenkapital im Zeitpunkt t = 5 (Ext. Zuführung)

- Projektnebenbedingungen:[233]

$y_m \leq \Upsilon_m$ für $m = 1,\ldots, M$			(4-35)
$x_n \geq 0$	für $n = 1,\ldots$, N-1, N´-1 und N´´-1		(4-36)
$y_m \geq 0$	für $m = 1,\ldots, M$		(4-37)
$x_{(N),t} \geq 0$	für t = 0,..., T-1 bzw. T	für die erste Simultanplanung	(4-38)
$x_{(N'-1),t} \geq 0$	für t = 0,..., T bzw. T+1	für die zweite Simultanplanung	(4-39)
$x_{(N''-1),t} \geq 0$	für t = 0,..., T+1 bzw. T+2	für die gesamte Simultanplanung	(4-40)

233 Siehe Kapitel 4.2.2.3.

4.2.3.4.2. Die zeitabhängigen Spezifischen Bedingungen

$x_n = X_n$ für n = 1,..., N-1 Anzahl der Realisierung der ersten Simultanplanung	(4-41)
$x_n = X_n$ für n = 1,..., (N´-1) Anzahl der Realisierung der zweiten Simultanplanung	(4-42)
$x_n \leq \mathbf{X}_n$ für n = 1,..., (N´´-1) Maximal realisierbare Einheiten des Investitionsprojekts für die gesamte Simultanplanung	(4-43)
$\mathcal{E}_0$, $\mathcal{E}_1$ und $\mathcal{E}_2$ Betrag des Eigenmittels von t = 0, 1 und t = 2 muss in der ganzen Simultanplanung unverändert bleiben	(4-44)
$d'_{m,t}$ Die neuen Kostenzinssätze der Finanzierungsprojekte	(4-45)

Die oben genannten spezifischen Bedingungen sind von den Vorentscheidungen der Simultanplanungen abhängig.

Gemäß den vorherigen Optimallösungen der ersten und zweiten Simultanplanungen wurden 64 Einheiten des Investitionsprojekts 2 (IO_2) in (4-41) zum Zeitpunkt t = 0 und 48,60 Einheiten des Investitionsprojekts 2A (IO_{2A}) in (4-42) zum Zeitpunkt t = 1 realisiert, schließlich werden 45,32 Einheiten des Investitionsprojekts 6A (IO_{6A}) zum Zeitpunkt t = 2 zur Realisierung empfohlen.[234] Zudem werden die weiteren Optimallösungen für t = 2,…, 5 gesucht (4-43).

4.2.3.4.3. Illustrierendes Zahlenbeispiel

Tableau 4-24 des zweimal wiederholten dreijährigen simultanen Programms: Investitionsprojekte der ersten und zweiten Simultanplanungen werden in dem Tableau vereinfacht. Investitionsprojekt 2 (IO_2) der ersten Spalte bezieht sich auf die Optimallösung der ersten Simultanplanung und Investitionsprojekt 2A (IO_{2A}), 6A (IO_{6A}) und 7A (IO_{7A}) der zweiten Spaltengruppe auf die Optimallösung der zweiten Simultanplanung. Im Tableau sind die wiederholten Investitionsprojekte unterschiedlich gezeichnet. In den dritten Spalten stehen neue Investitionsprojekte iB (IO_{iB}) zur Wahl (i = 1,…, 7).

[234] Aus Tab 4-12. Hier wird nur t = 0 und 1 als Nebenbedingungen betrachtet. Siehe die Gleichung auf der rechten Seite aus Tab 4-24.

	IO_2	IO_{2A}	IO_{6A}	IO_{7A}	IO_{1B}	IO_{2B}	IO_{3B}	IO_{4B}	IO_{5B}	IO_{6B}	IO_{7B}	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4	FI_5	RS
0	50.000											-1	-1		-1	1						= 50.000
1	-27.600	50.000										0	0	-1	0,28431	-1,08	1					= 0
2	-28.660	-27.600	60.000	40.000	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000			0	0	0,12	0,28431		-1,08	1				= 0
3	-28.129	-28.660	-43.000	-21.150	-47.050	-27.600	-40.625	-80.200	-47.690	60.000	40.000	0	0	0,12	0,28431			-1,08	1			= 0
4		-28.129	-40.459	-21.150	-49.850	-28.660	-41.175	-74.200	-50.490	-43.000	-21.150	0	0	0,12	0,28431				-1,08	1		= 0
5					-47.050	-28.129	-41.175	-89.200	-53.290	-40.459	-21.150	1,9254	1,76234	1,12	0,28431					-1,08	1	= 0
	1																					= 64
		1																				= 48,60
			1																			≥ 0
				1																		≥ 0
					1																	≥ 0
						1																≥ 0
							1															≥ 0
								1														≥ 0
									1													≥ 0
										1												≥ 0
											1											≥ 0
												1										= 1.350.000
													1									= 800.000
														1								= 1.000.000
															1							= 1.000.000
																1						= 0
																	1					= 0
																		1				≥ 0
																			1			≥ 0
																				1		≥ 0

Tab.4-24 Tableau für ein lineares Programm bei zweimal wiederholter 3-jähriger Simultanplanung

Tab. 4-24: Tableau für ein Programm bei simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung. Im Planungszeitraum von t = 0 und 1 bereits zuvor berechnete Optimalwerte tauchen als Gleichungen auf der rechten Seite auf. Für die gesuchten Optimallösungen für t = 2,…, 5 wird die Optimallösung gesucht. Hier stehen rechts Ungleichungen.
Die Optimallösung des Programms lautet:

IO_2 64		IO_{2A} 48,6041		IO2B 56,54858	IO6B 72,494954
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3 1.000.000	FO_4 1.000.000		
FI_0 0	FI_1 51.879,654	FI_2 0	FI_{2A} bzw. FI_{1B} 0	FI_{3A} bzw. FI_{2B} 5.700.851,9638	FI_{4A} bzw. FI_{3B} 5.267.193,4549

Tab. 4-25 Die Optimallösung bei Nicht-Ganzzahligkeit

Sowohl im Zeitpunkt t = 0 wurde die Anzahl der Einheiten des Investitionsprojekts (IO_2) 64-mal als auch im Zeitpunkt t = 1 die Anzahl der Einheiten des Investitionsprojekts (IO_{2A}) 48,60-mal realisiert. Gemäß der Optimallösung werden für Zeitpunkt t = 2 gerade 56,55 Einheiten des Investitionsprojekts (IO_{2B}) und für t = 3 werden 72,49 Einheiten des Investitionsprojekts (IO_{6B}) zur Realisierung empfohlen. Dazu ist ein Finanzierungsinvestitionsüberschuss in Höhe von 51.879,654 GE im Zeitpunkt t = 1 vorhanden. Schließlich beträgt der maximale Vermögensendwert lautet auf 5.267.193,45492 GE.

Ganzzahligkeit

IO_2 64		IO_{2A} 48		IO2B 56	IO6B 72
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3[235] 969.794,20	FO_4 1.000.000		
FI_0 0	FI_1 51.879,654	FI_2 14.380,179	FI_{2A} bzw. FI_{1B} 16.397,73105	FI_{3A} bzw. FI_{2B} 5.668.187,4408	FI_{4A} bzw. FI_{3B} 5.230.289,5112

Tab. 4-26 Die Optimallösung bei Ganzzahligkeit

[235] Abgerundet Die genaue Zahl lautet 969.794,197406612 GE.

4.2.3.4.4. Vermögensendwertberechnung mit VOFI-Analyse

Die Optimallösungen können mit Hilfe der VOFI-Analyse in jeder Teilperiode aufgegliedert und kontrolliert werden.

VOFI in der Teilperiode t = 1

Nach der Realisierung im Planungszeitraum von t = 0 wurden die Finanzprojekte 1 (FO_1), 2 (FO_2) und 4 (FO_4) in dieser Planperiode jeweils in Höhe von 1.350.000 GE, 800.000 GE und 1.000.000 GE realisiert.

VOFI in der Periode t = 0

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:	IO_2: 64 * -50.000	= -3.200.000
Einzahlung:	FO_1	= 1.350.000
	FO_2	= 800.000
	FO_4	= 1.000.000
Anfangsbestand:		= 50.000
Summe:		= 0

Am Ende der Teilperiode: Keine Finanzmittelüberschüsse

VOFI in der Teilperiode t = 1

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:		
	IO_{2A}: 48,6041[236] * -50.000	= -2.430.205,80
	FO_4: 0,2843145434 * -1.000.000	= - 284.314,54
Einzahlung:		
	FO_3	= 1.000.000,00
	IO_2: 64* 27.600	= 1.766.400,00
Summe:		= 51.879,66

Am Ende der Teilperiode sind Liquiditätsüberschüsse in Höhe von 51.879,66 GE vorhanden.

[236] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 48,6041160518678 bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingung.

VOFI in der Teilperiode t = 2

Anfang der Planperiode:

Auszahlung:

FO_3 : 0,12 * -1.000.000	=	- 120.000,00
FO_4 : 0,2843145434 * -1.000.000	=	- 284.314,54
IO_{2B} : 56,548581[237] * -50.000	=	- 2.827.429,09

Einzahlung:

FI_2 : FI_1 * 1,08	=	56.030,03
IO_2 : 64 * 28.660	=	1.834.240,00
IO_{2A}: 48,6041[238] * 27.6 00	=	1.341.473,60
Summe:	=	0,00

Am Ende der Teilperiode: Keine Finanzmittelüberschüsse

VOFI in der Teilperiode T = 3

Auszahlung:

FO_3 : 0,12 * -1.000.000	=	- 120.000,00
FO_4 : 0,2843145434 * -1.000.000	=	- 284.314,54
IO_{6B}: 72,494954376[239] * -60.000	=	- 4.349.697,26

Einzahlung:

IO_2 : 64 * 28.129,3279[240]	=	1.800.276,98
IO_{2A}: 48,604116 * 28.660	=	1.392.993,96
IO_{2B}: 56,5485817 * 27.600	=	1.560.740,86
Summe:	=	0,00

Am Ende der Teilperiode: Keine Finanzmittelüberschüsse

---

237 Abgerundet. Die genaue zahl lautet 56,5485817210392.

238 Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 48,6041160518678.

239 Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 72,4949543768468.

240 Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 28.129,327881543 GE.

VOFI in der Teilperiode T+1 = 4

Auszahlung:

FO_3 : 0,12 * -1.000.000 = - 120.000,00

FO_4 : 0,2843145434 * -1.000.000 = - 284.314,54

Einzahlung:

IO_{2A}: 48,604116 * 28.129,3279 = 1.367.201,11

IO_{2B}: 56,5485817 * 28.660 = 1.620.682,35

IO_{6B}: 72,494954376 * 43.000 = 3.117.283,04

Summe[241]: = 5.700.851,96

In der vierten Periode sind Liquiditätsüberschüsse in Höhe von 5.700.851,96 GE vorhanden, die zu einem Zinssatz von 8 % investiert werden.

VOFI in der Teilperiode T+2 = 5

In der letzten Periode T + 2 = 5 wird der maximale Vermögensendwert gesucht.

Die zwei Investitionsprojekte 2A (IO_{2A}) und 6A (IO_{6A}) werden eingezahlt und alle Finanzierungsprojekte werden vollständig nach der jeweiligen Tilgungsmethode ausgezahlt. Die in der vierten Periode angelegte Finanzinvestition wird zu einem Zinssatz von 8 % am Ende der Periode berücksichtigt.

Auszahlung:

FO_1 : $1{,}14^5$ * -1.350.000 = - 2.599.309,69

FO_2 : $1{,}12^5$ * -800.000 = - 1.409.873,35

FO_3 : 1,12 * -1.000.000 = - 1.120.000,00

FO_4 : 0,2843145434 * -1.000.000 = - 284.314,54

Einzahlung:

IO_{2B}: 56,5485817 * 28.129,3279 = 1.590.673,60

IO_{6B}: 72,494954376 * 40.495,3304 = 2.933.097,31

FI_4 : 5.700.851,96* 1,08 = 6.156.920,12

Summe: = 5.267.193,45[242]

Am Ende der Investitions- und Finanzierungsplanung (T+2 = 5) ergibt sich ein maximaler Vermögensendwert in Höhe von 5.267.193,45 GE.

---

241 Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 5.700.851,96378979 GE.

242 Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 5.267.193.4541828 GE.

4.2.4. Diskussion und Ermittlung von vorteilhaften Planungshorizonten

In diesem Kapitel wird die unterstellte Nicht-Ganzzahligkeit in dem Kapitel 4.2.4.1 untersucht. Die Ergebnisse der Nicht-Ganzzahligkeit und der Ganzzahligkeit werden im Kapitel 4.2.4.2 zusammenfassend dargestellt.

4.2.4.1. Zusammenfassung bei Nicht-Ganzzahligkeit

Es liegt ein einmaliger Anfangsbestand in Höhe von 50.000 GE als Nebenbedingung vor.

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

t = 0 bis T = 5: einmalige Investitions- und Finanzierungsplanung

Maximaler Vermögensendwert beim einmaligen simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm
3.292.395,57 GE

Einmalig wiederholte Investitions- und Finanzierungsplanung im Planungshorizont T = 4

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	
	Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**

t = 0 bis T+1 = 5: einmalige Investitions- und Finanzierungsplanung

Maximaler Vermögensendwert
4.115.816,98 GE

Zweimal wiederholte Investitions- und Finanzierungsplanung im Planungshorizont T = 3

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**		
	Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**	
		Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**

t = 0 bis T+2 = 5: zweimal wiederholte Investitions- und Finanzierungsplanung

Maximaler Vermögensendwert
5.267.193,45 GE

Vergleich: t = 0 bis 5: Die zweimal wiederholte Investitions- und Finanzierungsplanung zeigt den höchsten maximalen Vermögensendwert in Höhe von 5.267.193,45 GE. Also ist hier die mehrmals wiederholte Investitions- und Finanzierungsplanung die vorteilhafteste.

4.2.4.2. Zusammenfassung bei Ganzzahligkeit

Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Zeit	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

t = 0 bis T = 5: einmalige Investitions- und Finanzierungsplanung

Maximaler Vermögensendwert
3.285.991,26 GE

Einmalig wiederholte Investitions- und Finanzierungsplanung im Planungshorizont T = 4

Zeitpunkt		0	1	2	3	4	5
Zeit		**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	
	Zeit		**0**	**1**	**2**	**3**	**4**

t = 0 bis T+1 = 5: einmalige Investitions- und Finanzierungsplanung

Maximaler Vermögensendwert
4.113.013,88 GE

Zweimal wiederholte Investitions- und Finanzierungsplanung im Planungshorizont T = 3

Zeitpunkt			0	1	2	3	4	5
Zeit			**0**	**1**	**2**	**3**		
	Zeit			**0**	**1**	**2**	**3**	
		Zeit			**0**	**1**	**2**	**3**

t = 0 bis T+2 = 5: zweimal wiederholte Investitions- und Finanzierungsplanung

Maximaler Vermögensendwert
5.230.289,51 GE

Vergleich: t = 0 bis 5: Bei den Ganzzahligkeitsbedingungen liefert die zweimal wiederholte Investitions- und Finanzierungsplanung den höchsten Vermögensendwert in Höhe von 5.230.289,51 GE, Die ist also hier vorteilhafteste.

Fazit: Vorteilhaft sind Nicht-Ganzzahligkeits- und Ganzzahligkeitsbedingungen bei der Simultanplanung mit kürzerem Planungshorizont für Investitions- und Finanzierungsprogramme durch die mehrfache Entscheidungsfolge.

4.3. Veränderte Umweltbedingungen

Es wird der Einfluss veränderter Umweltbedingungen auf die Planung des Investitions- und Finanzierungsprogramms untersucht. Im Kapitel 4.2 „vorteilhafte Planungshorizonte bei unveränderten Umweltbedingungen“ werden die Umweltbedingungen zur Vereinfachung des Modells als konstant angenommen. Aber in der Praxis sind die Umweltzustände meist flexibel. Daher ist das Modell aus 4.2 für reale Anwendungen zu starr.

In diesem Kapitel 4.3 wird das Modell durch die Änderungen der Umweltsituationen nach Ablauf der Planungszeiten modifiziert und durch die flexible Anpassungsmöglichkeit realitätsgetreuer gestaltet. Die ausführlichen Untersuchungen wurden im vorherigen Kapitel durchgeführt. In diesem Kapitel werden daher vereinfachte Darstellungen durchgeführt.

Das Ziel der Untersuchung ist, die Bestimmung des höchsten Vermögensendwerts nach Anpassung an die neuen Umweltbedingungen durchzuführen. Die daraus resultierenden jeweiligen Vermögensendwerte werden hinsichtlich der Vorteilhaftigkeit der Planungshorizonte ausgesucht und verglichen. Bei der entsprechenden Erweiterung des Modells werden jedoch wegen der Komplexität größere Schwierigkeiten auftauchen. Daher wird im Kapitel 4.3 der Planungshorizont $T = 4$ mit einmal wiederholter dreijähriger und vierjähriger Simultanplanung in Hinsicht auf den Einfluss der neuen Umweltbedingungen ausführlich untersucht. Die im simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm beeinflussbaren Faktoren sind: unter Änderungen der internen Zahlungsströme und der finanziellen Bedingungen sowie der externen Zuführung der neu zur Wahl stehenden Investitions- und Finanzierungsprojekte usw. Diese Problematik muss nach der Änderung einzelner Komponenten berücksichtigt werden, um komplexe Einflüsse der aufgrund der Wertänderungen der Faktoren entstehenden Interdependenzprobleme zu vermeiden. In der vorliegenden Arbeit wird die Änderung einer Komponente, z. B. die Änderung des Anschaffungspreises jedes Investitionsprojekts, angenommen. In der Praxis ist die Änderung der Anschaffungspreise der Investitionsprojekte als die realistischste Änderung nach der Teilperiode anzusehen.

Nach der Streckung des simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramms sind allein die Zins- und Tilgungszahlungen unterstellt. Diese stehen schon bei Aufnahme der Finanzierungsmittel vor dem Projektbeginn fest und werden in einem Finanzplan mit gegebener Laufzeit, dem Umfang und den Finanzierungskostensätzen vorgefunden. Ihr Ansatz hängt im Einzelnen von den Finanzierungsbedingungen ab. Insbesondere die Anwendung identischer Kostensätze der Finanzierungsmittel nach Verlängerung der

Planperiode[243] und die daraus resultierenden Interdependenzeinflüsse auf den Zielwert werden durch den Vermögensendwert abgebildet.

Die sonstigen Prämissen und Planungsbedingungen werden vom vorherigen Kapitel 4.2 übernommen.

Die folgende Darstellung verdeutlicht die Simultanplanung für die Vorteilhaftigkeit der Planungshorizonte der Investitions- und Finanzierungsmöglichkeiten nach veränderten Umweltbedingungen.

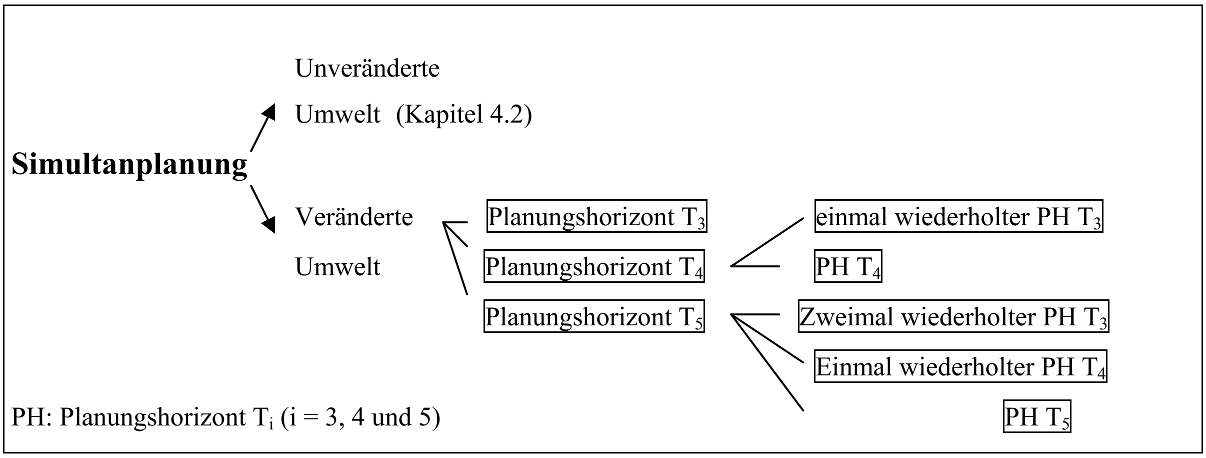


Abb. 4-27 Einleitung der Simultanplanung nach Planungshorizonten bei veränderten Umweltbedingungen.

Hierbei spielen Sensitivitätsanalysen eine große Rolle, weil jede Änderungen der Umweltzustände im jeden Zeitraum nachgewiesen werden kann.

4.3.1. 4-jähriges simultanes Programm

Für die Vorteilhaftigkeit des Planungshorizontes T = 4 werden die Vermögensendwerte des dreijährigen in t = 1 neu zur Wahl stehenden und des 4-jährigen simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramms verglichen.

Während im Kapitel 4.2.1 die optimale Lösung beim Planungshorizont T = 3 (die ursprüngliche Simultanplanung) ermittelt wurde, werden im vorliegenden Kapitel Erweiterungen der Planungshorizonte unter Betrachtung der veränderten Umweltbedingungen sukzessive aufgebaut.

Dabei werden die 3-jährigen in t = 1 neu zur Wahl stehenden simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramme bei unveränderter Umweltsituation in t = 0 und bei veränderter

[243] Die zu behandelnde Frage ist, ob aus finanzwirtschaftlicher Sicht die weitere Nutzung der identischen Kostensätze der Finanzmittel möglich ist und ob der Einfluss der anderen Faktoren auf den Zielwert messbar ist (hier Änderung der Anschaffungskosten) wie das Interdependenzproblem im Zielwert.

Umweltsituation in t = 1 zusammengefasst. Die vierjährige Simultanplanung erfolgte aus Kapitel 4.2.2.2. Die einmalige Durchführung eines vierjährigen simultanen Programms wird ermittelt. Vor allem werden Änderungen der Zahlungsströme in Teilperiode t = 1 betrachtet. Dabei werden Anschaffungskosten und anschließend der folgende Zahlungssaldo der Teilperiode untersucht.

Änderungen der Zahlungsströme zwischen den unterschiedlichen Simultanplanungen:

Bei der Simultanplanung mit einem Planungshorizont T = 3 werden schließlich die Anschaffungspreise bei der verschobenen Simultanplanung in Teilperiode t = 1 nach den Umweltbedingungen korrigiert. Hingegen können in einer anderen Simultanplanung, z.B. beim Planungshorizont T = 4, nur in der dazu passenden Teilperiode die Zahlungsströme geändert werden, da der Anschaffungspreis im Zeitpunkt t = 0 bereits im Plan realisiert wurde und die nachträgliche Korrektur der Anschaffungspreise der Simultanplanung nicht möglich ist. Dabei erfordern die Veränderungen der Umweltbedingungen jedes Mal die Durchführung von neuen Optimallösungen mit Verfahren der LP.

Es können zwar die Änderungen der Zahlungsströme in der Teilperiode untersucht werden, aber in der Realität kommt es auch zu einer Änderung der Anschaffungspreise. Der Einfachheit werden die Änderungen der Anschaffungspreise an einem Zahlenbeispiel demonstriert.[244]

4.3.1.1. Verändertes 3-jähriges simultanes Programm beim Planungshorizont T+1

Unter der Berücksichtigung der Umweltbedingungen wird die dreijährige Simultanplanung bei mehrfacher Entscheidungsfolge zeitlich wie folgt dargestellt.[245] Die auf der ursprünglichen dreijährigen Simultanplanung basierende vierjährige Investitions- und Finanzierungsplanung wird durch den zeitlichen Wirkungszusammenhang simultan berücksichtigt.

Zeitpunkt		0	1	2	3	4	
Zeit		***0***	1	2	3		(Die ursprüngliche Simultanplanung)
	Zeit		**0**	1	2	3	(Die in t = 1 veränderte Simultanplanung)

⇑ **(Ab t = 1 Änderung der Umweltsituation)**

(In der Teilperiode t = 0 wird die Optimallösung der ursprünglichen Simultanplanung realisiert)

---

[244] Hier wird eine Komponente des Anschaffungspreises geändert, was realistisch ist. Es können auch Änderungen im Preis-, Absatzmengen-, oder Kostenbereich untersucht werden.; Däumler, K.D. (2000, Investtitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnug) S. 240-248.

[245] Vgl. Kapitel 4.2.2.1 Einmal wiederholte 3-jährige Simultanplanung bei mehrfacher Entscheidungsfolge.

Im Planungszeitraum t = 0 wird die Optimallösung der ursprünglichen Simultanplanung unverändert realisiert, da die veränderte Umweltbedingung der veränderten Simultanplanung erst eine Teilperiode später in t = 1 eintritt. Im Planungszeitraum t = 1 erfolgt die Änderung der Anschaffungspreise, während die Zahlungsströme der Investitionsprojekte mit denen der ursprünglichen Simultanplanung übereinstimmen. Dies wirkt sich auf die von den Umweltbedingungen abhängigen Beschränkungen aus.

4.3.1.1.1. Zielfunktion

Die Formulierung von Auszahlungsüberschüssen der Investitionsprojekte in der Periode T $\sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,T} * x_n$ wird hier dargestellt werden, weil die zum Planungszeitpunkt t = 0 begonnenen vorherigen Auszahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte IO_n (n = 1,...,7) $\sum_{n=1}^{(N'-1)} a_{n,T} * x_n$ von denen der unveränderten Simultanplanung zu unterscheiden sind.

Die Zielfunktion des Modells lässt sich wie folgt darstellen.

$$\mathcal{VE} = \mathcal{E}_T \underbrace{}_{\text{Eigenkapital in Periode T=4}} - \underbrace{\sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,T} * x_n}_{\text{Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in Periode T = 4}} - \underbrace{\sum_{m=1}^{M} d_{m,T} * y_m}_{\text{Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte in Periode T = 4}} + \underbrace{(1+k) * x_{(N'-1),T}}_{\text{Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition in Periode T-1 (T = 4)}} \quad (4\text{-}46)$$

$$= \underbrace{x_{(N'),T+1}}_{\text{kurzfristige Finanzinvestition in Periode T = 4 bzw. gesuchter Vermögensendwert}} \quad \text{Max!} \quad (4\text{-}47)$$

4.3.1.1.2. Die finanzwirtschaftlichen Nebenbedingungen

- Liquiditätsnebenbedingungen

Die erste Simultanplanung für den Planungszeitraums von t = 0 bis 3 und einmalige dreijährige Simultanplanung sowie die zweite Simultanplanung bedeutet nach einem Jahr eine veränderte Simultanplanung.

Für t = 0

$$\underbrace{\sum_{n=1}^{(N-1)} a_{n,0} * x_n}_{\text{Die zur Wahl stehenden und in t = 0 anfallenden Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte im Planungszeitraum von 0 bis 3}} + \underbrace{\sum_{m=1}^{M} d_{m,0} * y_m}_{\text{Die zur Wahl stehenden und in t = 0 anfallenden Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte im Planungszeitraum von 0 bis 3}} + \underbrace{x_{(N),0}}_{\text{Die am Ende der Periode realisierbare kurzfristige Finanzinvestition}} = \underbrace{\mathcal{E}_0}_{\text{Das ext. bereitgestellte Eigenkapital zum Zeitpunkt t = 0}} \quad (4\text{-}48)$$

Für alle Zeitpunkte t = 0 ist sicherzustellen, dass die Zahlungsüberschüsse den Eigenmitteln und den Zahlungsdifferenzen aus allen Finanzierungsprojekten entsprechen. Dies erfolgt durch die zusätzliche Forderung einer nichtnegativen Liquidität, die eine kurzfristige Finanzinvestition ist.

Die zu realisierenden Einheiten des Investitionsprojekts (n = 1,…, N-1) zum Zeitpunkt von t = 0 stammen aus der Simultanplanung mit Hilfe der LP aus dem Kapitel 4.2.1.1.

Für t = 1

$$\sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,1} * x_n \quad + \quad \sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,1} * x_n \quad + \quad \sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,0} * x_n$$

Zahlungsüberschüsse der in t=0 aufgenommenen Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der zu Wahl stehenden Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung ab Zeitpunkt t = 1

(Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte nach den veränderten Umweltbedingungen)

$$+ \sum_{m=1}^{M} d'_{m,1} * y_m \quad + \quad x_{(N'),1} \quad - \quad (1+0{,}08) * x_{(N'-1),0} \quad = \quad \mathcal{E}_1 \qquad (4\text{-}49)$$

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte der ersten Simultanplanung	Falls vorhanden kurzfristige Finanzinvestition	Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition	Zuführung von Eigenkapital in Zeitpunkt t = 1 (Ext. Zuführung)

Das Eigenkapital kann für alle Zeitpunkte negative Werte annehmen, wenn Entnahmen in der Teilperiode geplant werden.[246]

Für 2 ≤ t ≤ T

(Aus der ersten Simultanplanung von Investitionsprojekten) (Aus der zweiten Simultanplanung von Investitionsprojekten)

$$\sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,t} * x_n \quad + \quad \sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,1} * x_n \quad + \quad \sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,t-1} * x_n$$

Zahlungsüberschüsse der in t zu realisierenden Investitionsprojekten der ersten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der in der Vorperiode aufgenommenen Investitionsprojekte der ersten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der in der Vorperiode aufgenommenen Investitionsprojekte der zweiten Simultanplanung	Zahlungsüberschüsse der zur Wahl stehenden Investitionsprojekte aus der zweiten Simultanplanung

(Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte nach den veränderten Umweltbedingungen)

$$+ \sum_{m=1}^{M} d'_{m,t} * y_m \quad + \quad x_{(N'),t} \quad - \quad (1+k) * x_{(N'-1),t-1} \quad = \quad \mathcal{E}_T \qquad (4\text{-}50)$$

Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte	kurzfristige Finanzinvestition	Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition	Eigenkapital zum Zeitpunkt t (Ext. Zuführung)

[246] Vgl. Götze, U./Bloech, J., (2004, Investitionsrechnung), S. 339.; Kruschwitz, L., (2007, Investitionsrechnung) S. 270 – 285.

Für T +1

$$\sum_{n=1}^{(N'-1)} a'_{n,T+1} * x_n + \sum_{m=1}^{M} d'_{m,T} * y_m + x_{(N'),T+1} - (1+k) * x_{(N'-1),T} = \mathcal{E}_{T+1} \quad (4\text{-}51)$$

Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte	Zahlungsüberschüsse der Finanzierungsprojekte	kurzfristige Finanzinvestition	Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition	Eigenkapital im Zeitpunkt T+1 (Ext. Zuführung)

- Projektnebenbedingungen[247]

4.3.1.2. Die modellspezifischen Bedingungen

Die zeitabhängigen modellspezifischen Nebenbedingungen tauchen nach der Simultanplanung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge auf. Jede Planungssituation muss explizit berücksichtigt werden. Es ist für jedes Jahr eines neuen Simplex-Algorithmus durchzuführen. Nach der Durchführung ändern sich Nebenbedingungen in den neuen Planungssituationen. Hier müssen vorjährige Simultanplanungsentscheidungen sowohl aus den Investitionsprojekten und Finanzierungsprojekten als auch von den Finanzinvestitionen berücksichtigt werden.[248]

4.3.1.3. Illustrierendes Zahlenbeispiel

Aus Tab. 4-9 wird eine Investitions- und Finanzierungsplanung für den Planungszeitraum von t = 1 bis 4 aufgezeigt. Das Vermögen wird zum Planungshorizont maximiert. Nach einem Jahr sind die neue Anschaffungspreise der 9 Sach-Investitionsprojekte (IO_6 und IO_7 aus Basis-Tableau und IO_{1A}, IO_{2A}, IO_{3A}, IO_{4A}, IO_{5A}, IO_{6A} und IO_{7A} aus dem neuen Investitions- und Finanzierungsprogramm) wie in Tab. 4-28 folgt bekannt.[249]

Für die in t = 0 nicht durchgeführten Investitionsprojekte 1 (IO_1), 3 (IO_3), 4 (IO_4), 5 (IO_5), 6 (IO_6) und 7 (IO_7) wird angenommen, dass die Zahlungsströme unverändert wie im Kapitel 4.2.2.1.4 bleiben. Im illustrierenden Zahlenbeispiel werden jedoch die Anschaffungspreise der Investitionsprojekten in t = 1 verändert berücksichtigt, um die unterlassene Durchführung der Investitionsprojekte der Realität anzupassen.

Annahmen über Anschaffungspreise:

Die Anschaffungspreise der Investitionsprojekte 1 (IO_1), 3 (IO_3) und 5 (IO_5) sinken um 15 %, der Preis von Investitionsprojekt 4 (IO_4) um 20 % gegenüber den Werten im

---

[247] Siehe Projektnebenbedingungen von (4-35) bis (4-39).
[248] Siehe Projektnebenbedingungen von (4-41) bis (4-45).
[249] Vgl. Kapitel 4.2.2.1.4.

vorherigen illustrierenden Basismodell. Die Anschaffungspreise der in den Simultanplanungszeiträumen t = 1 bis 3 aufgenommenen Investitionsprojekte 2 (IO_2) und 6 (IO_6) sind im Zeitpunkt t = 1 jeweils um 5 % günstiger geworden.

		IO_6	IO_7	IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}
Zahlungs-	Z_1	**57.000**	**34.000**	**80.750**	**47.500**	**68.000**	**136.000**	**89.250**		
änderung	Z_2								**57.000**	**34.000**
Ursprüngliche	Z_1	60.000	40.000	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000		
Zahlungen	Z_2								60.000	40.000

Tab. 4-28 Geänderte Anschaffungspreise der Investitionsprojekte von Zeitpunkt t = 1, 2

Schließlich wird die gesamte Investitions- und Finanzierungsplanung für den Planungszeitraum von t = 1 bis 4 in Tab. 4-29 dargestellt. Dabei wird Investitionsprojekt 2 nicht geändert, weil Investitionsprojekt 2 in Zeitpunkt t = 0 aufgenommen wurde.

	IO_2	IO_6	IO_7	IO_{1A}	IO_{2A}	IO_{3A}	IO_{4A}	IO_{5A}	IO_{6A}	IO_{7A}
Z_0	50.000									
Z_1	-27.600	**57.000**	**34.000**	**80.750**	**47.500**	**68.000**	**136.000**	**89.250**		
Z_2	-28.660	-43.000	-21.150	-47.050	-27.600	-40.625	-80.200	-47.690	**57.000**	**34.000**
Z_3	-28.129	-40.459	-21.150	-49.850	-28.660	-41.175	-74.200	-50.490	-43.000	-21.150
Z_4				-47.050	-28.129	-41.175	-89.200	-53.290	-40.459	-21.150

Tab. 4-29 Geänderte Investitionsplanung

Die fett markierten Anschaffungspreise werden schließlich zum Planungszeitpunkt t = 1 nach Umweltzustand beachtet. Ansonsten bleiben die Zahlungsströme unverändert.

Die Optimallösung wird gefunden. Dabei wird aufgrund der Nebenbedingungen das Investitionsprojekt 2 (IO_2) weiterhin 64-mal durchgeführt und auch die Finanzierungsprojekte identisch vorgenommen, wie im Kapitel 4.2.2.1.4 ermittelt werden. Die Investitionsprojekte 6 (IO_6) und 7 (IO_7) werden nach den Umweltänderungen im Zeitpunkt t = 1aufgenommen.

Daraus folgt die Optimallösung des neuen simultanen Programms:

IO_2 64				IO_{3A} 35,74	IO_{6A} 49,65
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3 1.000.000	FO_4 1.000.000		
FI_0 0	FI_1 0	FI_2 0	$FI_{3\text{ bzw.}}\ FI_{2A}$ 4.950.456,36	$FI_{4\text{ bzw.}}\ FI_{3A}$ 3.831.622,30	

Tab. 4-30 Die Optimallösung bei Nicht-Ganzzahligkeit

Nach der optimalen Lösung wird zunächst das Investitionsprojekt 2 (IO_2) 64-mal und das Finanzierungsprojekt 1 (FO_1) in Höhe von 1.350.000 GE, das Finanzierungsprojekt 2 (FO_2) in Höhe von 800.000 GE, Finanzierungsprojekte 4 (FO_4) in Höhe von 1.000.000 GE in t = 0 sowie das Investitionsprojekt 3 (IOA_3) 35,74-mal[250] und das Finanzierungsprojekt 3 (FO_3) in Höhe von 1.000.000 GE in t = 1 realisiert. Im Zeitpunkt t = 2 soll das Investitionsprojekt 6 (IOA_6) 49,65-mal[251] zur Durchführung empfohlen werden. In t = 3 liegen Finanzmittelüberschüsse in Höhe von 4.950.456,36 GE vor,[252] die zu einem Zinssatz von 8 % als Finanzinvestition angelegt werden. In der letzten Periode wird der maximale Vermögensendwert in Höhe von 3.831.622,30 GE[253] erreicht.

Die Optimallösung der Ganzzahligkeit nach dem Umweltzustand liefert folgende Ergebnisse:
Im Vergleich zu unveränderten Umweltbedingungen zeigt sich die Änderung in der resultierenden optimalen Lösung in t = 1. Nach den Änderungen der Anschaffungspreise werden das Investitionsprojekt 2(IO_{2A}), 3(IO_{3A}), 6 (IO_{6A}) und 7 (IO_{7A}) aus dem neuen Investitions- und Finanzierungsprogramm aufgenommen.

IO_2 64	IO_{2A} 1	IO_{3A} 35	IO_{6A} 49	IO_{7A} 1		
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3 997.294,20	FO_4 1.000.000	FI_2 bzw. FI_{1A} 845,50	FI_3 bzw. FI_{2A} 4.943.255,62	FI_4 bzw. FI_{3A} 3.819.552,19

Tab. 4-31 Die Optimallösung bei Ganzzahligkeit

4.3.2. Verändertes 4-jähriges Investitions- und Finanzierungsprogramms bei Planungshorizont T = 4

In diesem Kapitel wird schließlich ein illustrierendes Zahlenbeispiel ohne die Zielfunktion und die finanzwirtschaftlichen Nebenbedingungen vereinfacht dargestellt. Anschließend wird ein Versuch zur Bestimmung des vorteilhaften Vermögensendwertes in Planungszeitraum t = 0 bis 4 durchgeführt.

[250] Abgerundet. Die genaue zahl lautet 35,7383206263733.
[251] Abgerundet. Die genaue zahl lautet 49,6476329480667.
[252] Abgerundet. Die genaue zahl lautet 4.950.456,35556993 GE.
[253] Abgerundet. Die genaue zahl lautet 3.831.622,30096267 GE.

4.3.2.1. Illustrierendes Zahlenbeispiel

Um einen vorteilhaften Vermögensendwert in der Planungszeitraum von t = 0 bis 4 zwischen der veränderten 3-jährigen und veränderten 4-jährigen Simultanplanung herauszufinden, wird die veränderte 4-jährige Simultanplanung zum Zeitpunkt t = 1 untersucht. Die Änderung der Anschaffungspreise der Investitionsprojekte muss in diesem Zeitpunkt beachtet werden.

Beim 4-jährigen Investitions- und Finanzierungsprogramm im Kapitel 4.2.2.2.3 werden die Zahlungsströme der Investitionsprojekte 6 (IO_6) und 7 (IO_7) jeweils in Höhe von 57.000 GE und 34.000 GE anstelle von 60.000 GE und 40.000 GE aus Tab.4-14 eingesetzt.[254] Dabei wird als Nebenbedingung festgelegt, dass in t = 0 das realisierte Investitionsprojekt 2 (IO_2) 64-mal und die Finanzierungsprojekte 1 (FO_1), 2 (FO_2) und 4 (FO_4) unverändert durchgeführt werden. Die entsprechende Simultanplanung ist in Tab 4-32 angegeben.

Unter dieser Annahme bleibt der Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 2 (IO_2) in Teilperiode t = 1 unverändert, damit Investitionsprojekt 2 die vorherige Restriktion nicht verletzt. Wenn der Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 2 geändert werden kann, werden die Rechnungsvorgänge im Kapitel 4.3.3.2.2 unter Betrachtung der Ganzzahligkeit und Nicht-Ganzzahligkeit untersucht.

	IO_2	IO_6	IO_7	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4		RS
0	50.000			-1	-1		-1	1					=	50.000
1	-22.300	**57.000**	**34.000**	0	0	-1	0,33619	-1,08	1				=	0
2	-24.420	-29.500	-21.150	0	0	0,12	0,33619		-1,08	1			=	0
3	-24.420	-32.200	-21.130	0	0	0,12	0,33619			-1,08	1		=	0
4	-24.221	-31.598	-20.640	1,68896	1,7352	1,12	0,33619				-1,08	1	=	0
				1									=	**1.350.000**
					1								=	**800.000**
						1							≤	1.000.000
							1						=	**1.000.000**
	1												=	**64**
		1											≥	0
			1										≥	0
								1					≥	0
									1				≥	0
										1			≥	0
											1		≥	0

Tab. 4-32 Basis Tableau für Änderungen[255] der Anschaffungspreis bei der Simultanplanung im Planungszeitraum von t = 0 bis 4

[254] Siehe Annahmebereich der Anschaffungspreise von Kapitel 4.3.1.3.
[255] Fettschriften in Tab. 4-32 sind geändert oder im Simultanprogramm festgelegt.

Die durch Planungszeitraum t = 0 bedingten Nebenbedingungen werden mit der Gleichung (mit Fettschriften) auf rechten Seite des Tableaus (RS) dargestellt.
Die Optimallösung bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingung lautet:

IO_2 64	IO_7 61.50					
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3 1.000.000	FO_4 1.000.000	FI_2 2.407.414,12	FI_3 4.944.691,80	FI_4 3.164.642,97[256]

Tab. 4-33 Die Optimallösung bei Nicht-Ganzzahligkeit der 4-jährigen Simultanplanung

Daraus ergeben sich die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren q_t^*:

$$q_0^* = 2{,}12981590588235 \quad q_1^* = 1{,}97205176470588 \quad q_2^* = 1{,}1664 \quad q_3^* = 1{,}08 \quad q_4^* = 1$$

4.3.2.2. Bestimmung des vorteilhaften Vermögensendwertes in Planungszeitraum t = 0 bis 4

Aus Tab. 4-30 und Tab. 4-33 ergibt sich ein vorteilhafter Vermögensendwert bei Nicht-Ganzzahligkeit. In der letzten Periode wird der maximale Vermögensendwert jeweils in Höhe von 3.831.622,30 GE bei Änderung der wiederholten dreijährigen Simultanplanung und in Höhe von 3.164.642,97 GE bei Änderung der 4-jährigen Simultanplanung erreicht.
In diesem Kapitel wird schließlich der Zahlungssaldo des aufgenommenen Investitionsprojekts in jeder Teilperiode mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse untersucht.

4.3.3. Anwendung eines mathematischen Ansatzes

Mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse wird bei dem in Kapitel 4.2.2 untersuchten Modell um den vorteilhaftesten Planungshorizont zu finden, versucht, Zusammenhänge zwischen den Eingangsdaten der Modellrechnung und Vermögensendwerten von beiden 3-jährigen[257] und 4-jährigen[258] Simultanplanungen beim Planungszeitraum von t = 0 bis 4 zu finden. In gleicher Weise geht man auch für den Vergleich und die Ermittlung von vorteilhaften Planungshorizonten bei 5-jährigen Simultanplanungen vor. Die methodischen

[256] Vgl. der Vermögensendwert ist in Höhe von 3.164.642,9716257 GE für Berechnung des interessierenden Zahlungssaldos des Investitionsprojekts 2 in t = 1 relevant. Siehe die folgende Sensitivitätsanalyse.
[257] In Kapitel 4.2.2.1.
[258] In Kapitel 4.2.2.2.

Anwendungen sind identisch. Daher wird die Ermittlung von einem mathematischen Ansatz nur im Planungszeitraum von t = 0 bis 4 behandelt.

Im Kapitel 4.3.3.1 wird die Sensitivitätsanalyse zwischen Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen, im Kapitel 4.3.3.2 wird die Sensitivitätsanalyse zwischen Ganzzahligkeits- und Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen sowie im Kapitel 4.3.3.3 werden Versuche für den direkten Vergleich zwischen Ganzzahligkeitsbedingungen durchgeführt.

4.3.3.1. Sensitivitätsanalyse bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen

Der Vermögensendwert aus dem illustrierenden Zahlenbeispiel in Kapitel 4.3.1 (bei Änderung der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung im Planungszeitraum t = 0 bis 4) und im Kapitel 4.3.2 (bei Änderung der 4-jährigen Simultanplanung im Planungszeitraum t = 0 bis 4) beträgt jeweils 3.831.622,30 GE und 3.164.642,97 GE. In diesem Fall ändert sich der Zahlungssaldo des aufgenommenen Investitionsprojekts 2 nicht.

Dabei hat die Änderung der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung im Planungszeitraum t = 0 bis 4 einen höheren Vermögensendwert, d.h. ergibt sich ein vorteilhafter Vermögensendwert bei Änderung der wiederholten dreijährigen Simultanplanung als bei Änderung der 4-jährigen Simultanplanung.

Jetzt kann die Auswirkung des Umweltzustands auf die Zahlungsströme des aufgenommenen Investitionsprojekts 2 (IO_2) bei der Änderung des 4-jährigen Investitions- und Finanzierungsprogramms im Zeitpunkt t = 1 nachgeprüft werden. Es wird geprüft, in welchem Maß die Zahlungsströme des Investitionsprojekts 2 (IO_2) in Teilperiode t = 1 geändert werden können, damit ein identischer Vermögensendwert bei der Änderung der wiederholten dreijährigen Simultanplanung in Planungszeitraum t = 0 bis 4 erreicht werden kann. Dabei wird die Änderung der Umweltbedingungen der Investitionsprojekte IO_6 und IO_7 beachtet, anschließend wird in t = 1 die tatsächliche erwartete Änderung des Zahlungssaldos des Investitionsprojekts 2 (IO_2) berechnet. In diesem Fall wird die Sensitivitätsanalyse in Bezug auf eine Inputgröße für die Berechnung relevant. Der Grund liegt darin, dass die Optimallösung bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingung der 4-jährigen Simultanplanung in Tab. 4-33 eigentlich eine in Planungszeitraum t = 0 bedingte Optimallösung ist.

Die folgenden Schritte werden durchgeführt:

1) Der Differenzbetrag der Vermögensendwerte zwischen der Änderung des wiederholten 3-jährigen Investitions- und Finanzierungsprogramms (aus Kapitel 4.3.1) 3.831.622,30 GE und der Änderung der 4-jährigen Simultanplanung (aus Kapitel 4.3.2.) in Planungszeitraum t = 0 bis 4 wird 3.164.642,97 GE berechnet:
(3.831.622,30 GE) – (3.164.642,97 GE) = (666.979,33 GE). Das ist gerade der Differenzbetrag beider Investitionsprojekte 2
2) Der Differenzbetrag (666.979,33 GE) wird durch die Anzahl des verwirtschafteten Investitionsprojekts 2 (IO_2) 64 geteilt. Wir erhalten den fehlenden Betrag von 10.421,55 GE pro Einheit des Investitionsprojekts 2 (IO_2) bei der Änderung der 4-jährigen Simultanplanung
3) Die 10.421,55 GE werden durch den modellendogenen Aufzinsungsfaktor[259] q_1 geteilt. Es ergibt sich den tatsächlich fehlenden Betrag des Zahlungssaldos in Höhe von 5.284,62 GE
4) Dieser fehlende Zahlungssaldo wird schließlich zum Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 2 (IO_2) der Änderung des 4-jährigen Investitions- und Finanzierungsprogramms im Zeitpunkt t = 1 in Tab.4-32 addiert. Dadurch wird die vierjährige Simultanplanung derart modifiziert, dass der Vermögendwert der modifizierten Planung genauso groß wird wie der Vermögensendwert bei der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung.

22.300 GE + 5.284,62 GE = 27.584,62 GE

(Der Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 2 in Teilperiode t = 1) + (Der fehlende Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 2 der 4-jährigen Simultanplanung in Teilperiode t = 1) = Änderung des Zahlungssaldo für den identischen Vermögensendwert

Daraus ergibt sich der neue Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 2 (IO_2) zum Zeitpunkt t = 1.

	IO_2	IO_6	IO_7	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4		RS
0	50.000			-1	-1		-1	1					=	50.000
1	**-27.584,62**	**57.000**	**34.000**	0	0	-1	0,33619	-1,08	1				=	0
2	-24.420	-29.500	-21.150	0	0	0,12	0,33619		-1,08	1			=	0
3	-24.420	-32.200	-21.130	0	0	0,12	0,33619			-1,08	1		=	0
4	-24.221	-31.598	-20.640	1,68896	1,7352	1,12	0,33619				-1,08	1	=	0

Tab. 4-34 Der für den identischen Vermögensendwert der wiederholten 3-jährigen und 4-jährigen Simultanplanung ausgeglichene Zahlungssaldo des Investitionsprojekt 2 zum Planungszeitpunkt t = 1

[259] Aufzinsungsfaktor in Teilperiode t = 1 lautet: 1,97205176470588 von Kapitel 4.3.2.1.

In t = 1 muss der Einzahlungsbetrag des Investitionsprojekts 2 nach der Änderung der Umweltbedingung 27.584,62 GE[260] statt 22.300 GE sein, damit die neue Simultanplanung einen identischen Vermögensendwert bzw. identischen Planungszeitraum hat (Tab. 4-35). Dabei wird das Investitionsprojekt IO_2 der in t = 0 aufgenommenen Anzahl von 64 ohne Änderung weiter verwirklicht. Wenn der Umwelteinfluss auf das Investitionsprojekt IO_2 größer ist als 27.584,62 GE, hat die 4-jährige Simultanplanung vorteilhafte Planungshorizonte.

Die neue Optimallösung ist:

IO_2 64	IO_7[261] 71,45					
FO_1 1.350.000	FO_2 800.000	FO_3 1.000.000	FO_4 1.000.000	FI_2 2.617.804,62	FI_3 5.372.156,95	FI_4[262] 3.831.622,30

Tab. 4-35 Die Optimallösung für den identischen Vermögensendwert der 4-jährigen Simultanplanung

Der Vermögensendwert der 4-jährigen Simultanplanung beträgt 3.831.622,30 GE. Das ist der gleiche Vermögensendwert wie bei der 3-jährigen wiederholten Simultanplanung.[263] Wenn die neue Zahlung des Investitionsprojekts 2 der 4-jährigen Simultanplanung in Teilperiode t = 1 mindestens 27.584,62 GE beträgt, sind die beiden Vermögensendwerte identisch. Dies wird als ein kritischer Zahlungssaldo angesehen. Dabei wird statt Investitionsprojekt 6 (IO_6)[264] nun Investitionsprojekt 7 (IO_7) 75,45-mal zur Realisierung empfohlen. Wenn die neue Zahlung des Investitionsprojekts 2 der 4-jährigen Simultanplanung in Teilperiode t = 1 größer als 27.584,62 GE wird, dann muss die 4-jährige Simultanplanung gegenüber der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung vorgezogen werden.

Damit ist der gesuchte Wert in der Teilperiode für den vorteilhaften Planungshorizont gefunden.

Der Differenzbetrag der Vermögensendwerte zwischen der Änderung des 4-jährigen Investitions- und Finanzierungsprogramms (aus Kapitel 4.3.2.) und der Änderung der

---

[260] Der genaue Betrag lautet: 27.584,6239674872 GE.
[261] Abgerundet. Die genaue Zahl lautet 71,4476981327226 GE.
[262] Vgl. Der Vermögensendwert ist in Höhe von 3.164.642,9716257 GE für Berechnung der interessierenden Zahlungsströme des Investitionsprojekts 2 in t = 1 relevant. Siehe die folgende Sensitivitätsanalyse.
[263] Siehe Tab. 4-30
[264] Vgl. Tab. 4-15 und 4-35.

wiederholten 3-jährigen Simultanplanung (aus Kapitel 4.3.1.) im Planungszeitraum t = 0 bis 4 in Höhe von 27.584,62 GE (Tab. 4-34) wird für den identischen Vermögensendwert beider Simultanplanungen berechnet.
Die Änderung des Zahlungssaldos des Investitionsprojekts 2 in Teilperiode t = 1 gegenüber dem ursprünglichen Betrags in Höhe von 22.300 GE (aus Tab. 4-32) kann durch eine oder mehrere Grundkomponenten für den Aufbau der Zahlungsreihe kombiniert werden.[265] Wenn sich der Zahlungssaldo in dieser Teilperiode ändert, dann müssen die modell-endogenen Aufzinsungsfaktoren bzw. (modellendogen) Ein-Perioden-Forward-Rates und –Spot-Rates neu berechnet werden.

Die entstehenden Änderungen der Inputgröße in Teilperiode t = 1 in der nachstehenden Grundkomponente für dem Aufbau der Zahlungsreihe werden dabei berücksichtigt.
Hinsichtlich Möglichkeiten der Änderung der Zahlungsströme sind eine Inputgröße oder die Beziehungen von zweien sowie mehreren Inputgröße denkbar.
Dabei können viele Zahlungskombinationsmöglichkeiten in der mehren Teilperiode als Komplexitätsprobleme auftauchen.
In dieser Hinsicht wird das nachstehende Kapitel bei der Sensitivitätsanalyse und bei dem Entscheidungstableau der kritischen Zahlungsströme im Bezug auf mehrere Inputgrößen behandelt. Im Kapitel 4.3.4 wird das Entscheidungstableau der kritischen Zahlungsströme in dieser Teilperiode durch Verhältnisse der Absatzmengen und Preise dargestellt.

Die Grundkomponente für Aufbau der Zahlungsreihe[266]

Alle Grundkomponenten für den Aufbau der Zahlungsreihe des vierjährigen simultanen Programms können variiert werden.[267] Ausgangspunkt ist hier das Basistableau (Tab.4-14).
Die vorliegende Arbeit aller illustrierenden Beispiele wird durch folgende abgeleitete Inputgrößen bestimmt: Preis, variable und fixe Kosten, erwartete Absatzmenge in jeder Teilperiode. Der Periodenerfolg des Investitionsprojekts n in Teilperiode t ($ZS_{IOn,t}$) setzten sich aus Anschaffungskosten (A_t), Preis (P_t), variable ($a_{v,t}$) und fixe ($A_{f,t}$) Kosten, Ausbringungsmenge (M_t) und Liquidationserlöse (L_T) zusammen.[268] Es gilt somit:

---

[265] Siehe Kapitel 4.3.3.3.
[266] Wie erwähnt, sind Grundkomponenten für den Aufbau der Zahlungsreihe nicht identisch gegenüber Tab. 3 - 1 im Kapitel 3 in Bezug auf Periodenerfolg aufgebaut. Die allen bestehenden Tab. werden Komponenten beider Größen (Deckungsbeitrag und Restbuchwert) dargeboten. Siehe Kapiel 2.3.3.
[267] Siehe Kapitel 4.3.5.
[268] Siehe Kapitel 2.3.3.; Franke, G./Hax, H. (1999, Finanzwirtschaft), S. 77 ff.

Periodenerfolg : $ZS_{IOn,t} = - A_t + (P_t - a_{v,t})X_t - A_{f,t} + L_T$

Im diesem Fall mit Berücksichtigung der Umweltzustände können die fett markierten Zahlen in Tab. 4-36 als Kombinations- und Änderungsmöglichkeit in Teilperiode t = 1 angesehen werden.

	IO1	IO2	IO3	IO4	IO5	IO6	IO7
Preis$_t$							
P_1	100	100	100	100	100		
P_2	100	**100**	100	100	100	**100**	**100**
P_3	100	100	100	100	100	100	100
P_4	100	100	100	100	100	100	100
Variable Kosten ($a_{v,t}$)							
av_1	44	47	45	40	44		
av_2	44	**47**	45	40	44	**46**	**49**
av_3	44	47	45	40	44	46	49
av_4	44	47	45	40	44	46	49
Fixe Kosten ($A_{f,t}$)							
Af_1	8950	9500	8875	9800	8310		
Af_2	8950	**9500**	8875	9800	8310	**11000**	**12000**
Af_3	8950	9500	8875	9800	8310	11000	12000
Af_4	8950	9699,40[269]	8875	9800	8310	11061[270]	12000
LT	0	0	0	0	0	0	0
Nutzungsdauer	4	4	4	4	4	3	3
Ausbringungsmenge (M_t)							
X_1	910	600	840	1500	1000		
X_2	970	**640**	845	1450	1100	**750**	**650**
X_3	1000	640	862	1525	1050	800	630
X_4	1000	640	855	1550	1000	790	640

Tab. 4-36: Grundkomponente für den Aufbau der Zahlungsreihe für Basis Tableau

Tab. 4-36 „Grundkomponente für den Aufbau der Zahlungsreihe“ wird für Tab. 4-14 „das Basis-Tableau für ein Programm bei simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung im Planungszeitraum von t = 0 bis T = 4“ in Abhängigkeit von den Inputgrößen dargestellt.[271]

---

[269] Die genaue Zahl lautet: 9.699,403077 GE. Durch die genauen fixen Kosten wird der Kapitalwert des aufgenommenen Investitionsprojekts 2 identisch, wie der Kapitalwert des Investitionsprojekts 6. Seihe Basis Tableau 4-14.

[270] Die genaue Zahl lautet: 11.061,93342 GE.

[271] Siehe Kapitel 4.3.5 „Der kritische Zahlungssaldo bzgl. der Änderung der Inputgröße in der Teilperiode t =1“.

Wie erwähnt, wird der Ausgleich des Kapitalwerts des Investitionsprojekts 2 und 6 bereits jeweils zum letzten Zeitpunkt T = 4 im Basis Tableau korrigiert. Der Grund liegt darin, dass der Einfluss des modellendogenen Aufzinsungsfaktors auf Optimallösungen am Ende des Planungshorizonts am geringsten ist.

4.3.3.2. Sensitivitätsanalyse der Ganzzahligkeitsbedingungen

Bei der simultanen Investitions- und Finanzierungsplanung benötigt man Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen. Denn die beliebige Teilbarkeit der Investitionsprojekten nicht realisierbar ist. Die zulässige Lösung bei der Ganzzahligkeit kann mit der Hilfe von einem branch-and-bound-Algorithmus[272] bestimmt werden.

Im vorliegenden Kapitel wird davon ausgegangen, dass die Optimallösung bei der Ganzzahligkeit mit Hilfe der Simplex-Methode erhalten wird. Mit dem kritischen Zahlungssaldo des Investitionsprojekts in der Teilperiode kann der Einfluss auf dem den Vermögensendwert im simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm bestimmt werden. Diese Vorgänge werden so lange wiederholt durchgeführt, bis der durch den Zahlungssaldo beeinflusste Vermögensendwert größer als der alternative Vermögensendwert wird.[273] Dabei wird der modellendogene Aufzinsungsfaktor für die Sensitivitätsanalyse angewendet.

In der Regel wird davon ausgegangen, dass Sensitivitätsanalyse- und Grenzenwertmethode bei den Ganzzahligkeitsbedingungen [274] keine Aussagekraft haben. Daher wird die Sensitivitätsanalyse mit Hilfe vom Grenzenwert bzw. den Opportunitätskosten bei der Nicht-Ganzzahligkeitsbedingung angewendet. Schließlich werden mehre Rechnungsdurchgänge als Sensitivitätsanalyse bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen benötigt. Hierfür wird der zulässige Annäherungswert durch die modellendogenen Aufzinsungsfaktoren bei Nicht-Ganzzahligkeit sukzessive angewendet. Das Verfahren wird für den Zahlungssaldo jeder Teilperiode mit dem zugehörigen modellendogenen Aufzinsungsfaktor so lange angewendet, bis das Ergebnis nicht mehr ändert. Dabei müssen die modellspezifischen Nebenbedingungen beachtet werden.

Es ist wiederum in folgenden Schritten vorzugehen.

---

[272] Müller-Merbach (1973), Operations Research S. 366 – 414.
[273] Vgl. den methodischen Ansatzpunkt: Ähnlichkeit mit dem Newton-Verfahren.
[274] Optimallösung bei Ganzzahligkeit in Tab. 4-31.

4.3.3.2.1. Methodische Anleitung:

1 Der Differenzbetrag zwischen Vermögensendwert aus der Optimallösung bei der Ganzzahligkeit (3A GZ) und Vermögensendwert aus Optimallösung bei der Nicht-Ganzzahligkeit (4 N-GZ) wird berechnet. Dabei ergibt sich bei Ganzzahligkeit ein höherer Betrag für den Vermögensendwert als im anderen Fall

2 Der Differenzbetrag wird durch die Anzahl der verwirtschafteten Investitions-projekts i (IO_i) geteilt und es ergibt sich ein Betrag pro Einheit des Investitions-projekts i (IO_i) bei der Änderung der vierjährigen Simultanplanung

3 (2)/q_1*): Der Betrag (2) wird durch den modellendogenen Aufzinsungsfaktor q_1^* geteilt

4 (3) wird zu dem ursprünglichen Zahlungssaldo in Teilperiode t addiert.

5 Optimallösungen für die Simultanplanung bei Ganzzahligkeit und Nicht-Ganzzahligkeit werden durchgeführt. Der neue Vermögensendwert wird mit Vermögensendwert aus der (1) Optimallösung bei der Ganzzahligkeit (3A GZ) verglichen. Wenn die (1) Optimallösung bei der Ganzzahligkeit (3A GZ) kleiner als der neue Vermögensendwert ist, wird dieses Programm beendet.

6 Vergleich der Vermögendsendwerte von 3A GZ und (5), falls immer noch 3A GZ größer als Vermögensendwert von 5) dann

7 Schritte von (1) bis (6) werden wiederholt, bis der gesuchte Vermögensendwert mindestens den identischen Vermögensendwert aus der Optimallösung bei der Ganzzahligkeit (3A GZ) erreicht.

4.3.3.2.2. Zahlenbeispiel für Ganzzahligkeit und Nicht-Ganzzahligkeit

Im vorliegenden Kapitel wird eine Untersuchung zwischen Vermögensendwert mit Änderung der Umweltbedingungen der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit und Vermögensendwert mit Änderung der4-jährigen Simultanplanung bei Nicht-Ganzzahligkeit durchgeführt. Damit wird der gesuchte Zahlungssaldo der Teilperiode für den identischen Vermögensendwert ermittelt.

1 Der Differenzbetrag zwischen dem Vermögensendwert in Höhe von 3.819.552,19 GE (aus Tab. 4-31 Optimallösung bei Ganzzahligkeit mit Änderung der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung (3A GZ)) und dem Vermögensendwert bei Änderung der 4-jährigen Simultanplanung in Höhe von 3.164.642,97 GE (aus Tab.

4-33 Optimallösung bei Nicht-Ganzzahligkeit mit Änderung der 4-jährigen Simultanplanung (4 N-GZ)) wird bestimmt:

(3.819.552,19 GE) – (3.164.642,97 GE) = (654.909,22 GE).

Der Vermögensendwert bei Änderung der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung (3A GZ) ist immer größer als der Vermögensendwert bei Änderung der 4-jährigen Simultanplanung (4 GZ bzw. 4 N-GZ). Hier wird der o.g. modellendogene Aufzinsungsfaktor in Teilperiode t angewendet. (Falls der Vermögensendwert bei Änderung der 4-jährigen Simultanplanung größer als der Vermögensendwert bei Änderung der wiederholten dreijährigen Simultanplanung wäre, dann würde der Vermögensendwert bei der Änderung der 4-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit (4 GZ) statt des Vermögensendwerts bei Änderung der 4-jährigen Simultanplanung bei Nicht-Ganzzahligkeit (4 N-GZ) angewendet werden).

2 Der Differenzbetrag (654.909,22 GE) wird durch die Anzahl des verwirtschafteten Investitionsprojekts 2 (IO_2) 64 geteilt, dann ergeben sich 10.232,96 GE pro eine Einheit des Investitionsprojekts 2 (IO_2) bei Änderung der wiederholten 4-jährigen Simultanplanung.

3 Der Betrag pro eine Einheit des Investitionsprojekts 2 (IO_2) in Höhe von 10.232,96 GE wird durch den o.g. modellendogene Aufzinsungsfaktor q_1 = 1,97205176470588 wieder geteilt, dann ergibt sich der tatsachlich fehlende der Zahlungssaldo in Höhe von 5.188,99 GE.

4 Der fehlende Betrag des Zahlungssaldos wird zum Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 2 (IO_2) der Änderung der 4-jährigen Investitions- und Finanzierungsprogramm im Zeitpunkt t = 1 in Tab.4-32 addiert, um die Änderung der 4-jährigen Simultanplanung mindestens zum Vermögensendwert der Änderung der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung identisch zu erreichen. Der korrigierte Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 2 (IO_2) der Änderung des 4-jährigen simultanen Programms beträgt (5.188,99 GE+ 22.300 GE =) 27.488,99 GE

5 Daraus erreicht der Zahlungssaldo der vierjährigen Simultanplanung bei Nicht-Ganzzahligkeit die angenäherte Optimallösung wie bei der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung.

Die Durchführung des neuen Simplex-Algorithmus bei Ganzzahligkeit ist für neue modellendogene Aufzinsungsfaktoren nötigt, damit sukzessive ein Annährungsbetrag für den Zahlungssaldo gefunden werden kann. Daraus resultiert der Vermögensendwert unter Ganzzahligkeitsbedingung in Höhe von 3.814.250,93 GE.

Der Betrag ist immer noch kleiner als Vermögensendwert in Höhe von 3.819.552,19 GE (aus Tab. 4-31 Optimallösung bei Änderung der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung der Ganzzahligkeit (3A GZ).

Die obigen Vorgänge von 1) bis 5) für die Ermittelung des gesuchten Zahlungssaldos in der Teilperiode werden wiederholt, bis der gesuchte Vermögensendwert mindestens den Vermögensendwert aus der Optimallösung bei Ganzzahligkeit (3A GZ) erreichen kann.[275]
Im vorherigen illustrierenden Beispiel (Tab. 4-32 Basis Tableau für Änderungen der Umweltbedingungen bei der Simultanplanung in den Planungszeiträumen von t = 0 bis 4) wird der Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 2 (IO_2) in der Teilperiode t = 1 bei der 4-jährigen Simultanplanung für Nicht-Ganzzahligkeit durch die mehrmaligen sukzessiven Durchführungen gesucht. Daraus folgt, dass sich der Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 2 (IO_2) in Teilperiode t = 1 bei der vierjährigen Simultanplanung in Höhe jeweils von 27.548,62 GE bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen (Tab. 4-34) ergeben.
Der Vergleich der Vermögensendwerte beider Simultanplanungen bei Ganzzahligkeit basiert jedoch auf den Simultanplanungen bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen. Die identischen Vermögensendwerte (Optimallösungen) bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen können zwar durch Änderung der Teilperiode erreicht werden, aber es ist nicht einfach, den identischen Vermögensendwert bei Ganzzahligkeitsbedingungen zu erhalten:

Vermögensendwert der 4-jährigen Simultanplanung: 3.822.755,89 GE
Vermögensendwert der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung: 3.819,552,19 GE

Tab. 4-37 unterschiedliche Optimallösungen bei Ganzzahligkeit im Hinblick auf den aus Nicht-Ganzzahligkeit basierten identischen Vermögensendwerte (Optimallösungen)

Der Vermögensendwert der 4-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit beträgt 3.822.755,89 GE. Dieser Vermögensendwert ist größer als der Vermögensendwert der 3-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit in Höhe von 3.819,552,19 GE (wie in Tab. 4-31 nachgewiesen). In diesem Fall wird die 4-jährige Simultanplanung bei Ganzzahligkeit vorteilhafter als die 3-jährige Simultanplanung bei Ganzzahligkeit.

4.3.3.2.3. Flussdiagramme zur Ermittlung des gesuchten Zahlungssaldos

Durch das unten dargestellte Flussdiagramm werden Zahlungsströme für den vorteilhaften Planungshorizont hinsichtlich Restriktionen zwischen Ganzzahligkeit bzw. Nicht-Ganz-

[275] Die Iterationsvorgänge werden in Kapitel 4.3.3.3 ausführlich dargestellt.

zahligkeiten sowie zwischen Ganzzahligkeit in der wiederholten 3-ährigen Simultanplanung und Ganzzahligkeit in der 4-jährigen Simultanplanung ermittelt.

Die Ermittlung des gesuchten Zahlungssaldos in einer Teilperiode wird im folgenden Flussdiagramm dargestellt:

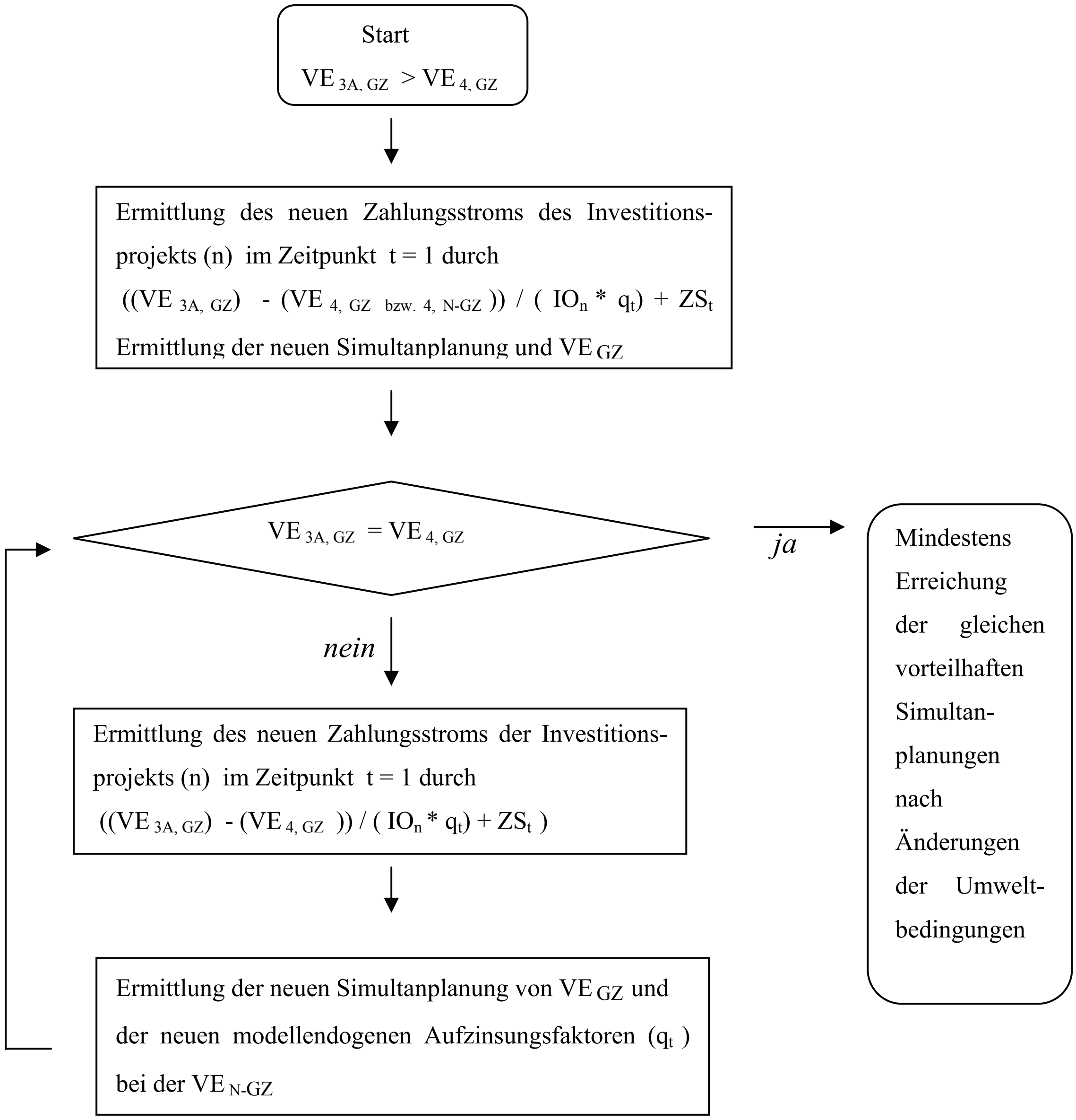


Abb. 4-38 Flussdiagramme zur Ermittlung des Zahlungssaldos für den vorteilhaften Vermögensendwert bzw. Planungshorizont

Wobei,

$VE_{3A, N\text{-}GZ}$:	Vermögensendwert der wiederholten dreijährigen Simultanplanung bei Nicht-Ganzzahligkeit
$VE_{4, GZ}$:	Vermögensendwert der vierjährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit
$VE_{3A, GZ}$:	Vermögensendwert der wiederholten dreijährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit

$VE_{4, N\text{-}GZ}$: Vermögensendwert der vierjährigen Simultanplanung bei Nicht-Ganzzahligkeit
ZS_t: Zahlungssaldo in Teilperiode t

Mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen wird bei dem oben untersuchten Modell für Vorteilhaftigkeit der Planungshorizonte versucht, Zusammenhänge zwischen den Eingangsdaten der Modellrechnung und Vermögensendwerten von beiden 3-jährigen und 4-jährigen Simultanplanungen beim Planungszeitraum von t = 0 bis 4 zu finden. Diese Regelung gilt auch für den Vergleich und die Ermittlung von dem vorteilhaften Vermögensendwert bei 5-jährigen Simultanplanungen. Das methodische Vorgehen ist identisch. Daher wird die Ermittlung des mathematischen Ansatzes nur für den Planungszeitraum von t = 0 bis 4 behandelt.

4.3.3.3. Versuche für den direkten Vergleich von Ganzzahligkeitsbedingungen

Der direkte Vergleich von wiederholter 3-jähriger Simultanplanung mit 4-jähriger Simultanplanung bei Ganzzahligkeitsbedingungen wird durch Änderung des Zahlungssaldos durchgeführt.

In Tab. 4-37 wurden Optimallösungen mit Ganzzahligkeitsbedingungen verglichen, die durch Änderung der Teilperiode für die identische Optimallösung ohne Ganzzahligkeitsbedingungen entstanden.

Hier wird versucht, die Änderung Zahlungssaldos in der Teilperiode t = 1 ohne Hilfe von Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen zu finden.

In diesem Fall wird ein fast identisch angenäherter Vermögensendwert durch Änderung des Zahlungssaldos der vierjährigen Simultanplanung für den Vergleich mit dem Vermögensendwert der wiederholten dreijährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit gesucht. Das methodische Verfahren ist identisch mit dem obigen Kapitel.

Illustrierendes Zahlenbeispiel für Annäherungszahlungssaldo des Investitionsprojekts 2 (IO_2)

(Ursprüngliche Zahlungsströme der Investitionsprojekte)

	IO_1	IO_2	IO_3	IO_4	IO_5	IO_6	IO_7
0	95.000	50.000	80.000	170.000	105.000		
1	-42.010	**-22.300**	-37.325	-80.200	-47.690	60.000	40.000
2	-45.370	-24.420	-37.600	-77.200	-53.290	-29.500	-21.150
3	-47.050	-24.420	-38.535	-81.700	-50.490	-32.200	-21.130
4	-47.050	-24.221	-38.150	-83.200	-47.690	-31.598	-20.640

(Der gesuchte Zahlungssaldo)

IO_2	IO_6	IO_7
50.000		
-27.489,99	57.000	34.000
-24.420	-29.500	-21.150
-24.420	-32.200	-21.130
-24.221	-31.598	-20.640

(1) Sukzessiver Prozess

(Der gesuchte Zahlungssaldo)

IO_2	IO_2	IO_2	IO_2	IO_2
50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
⇨ **-27.530,99**	⇨ **-27.543,40**	⇨ **-27.547,06**	⇨ **-27.548,15**	⇨ **-27.548,47**
-24.420	-24.420	-24.420	-24.420	-24.420
-24.420	-24.420	-24.420	-24.420	-24.420
-24.221	-24.221	-24.221	-24.221	-24.221
(2.) Sukzessiver Prozess	(3.)	(4.)	(5.)	(6.)

(Der gesuchte Zahlungssaldo)

IO_2	IO_2	IO_2	IO_2
50.000	50.000	50.000	50.000
⇨ **-27.548,56**	⇨ **-27.548,59**	⇨ **-27.548,60**	⇨ **-27.548,60**
-24.420	-24.420	-24.420	-24.420
-24.420	-24.420	-24.420	-24.420
-24.221	-24.221	-24.221	-24.221
(7.)	(8.)	(9.)	(10.) Sukzessiver Prozess

Die erste Änderung des Zahlungssaldos des Investitionsprojekts in der ersten Iteration (1.) wird nach Durchführungen der angegebenen methodischen Vorgänge (aus Kapitel 4.3.3.2.1.) in Hinsicht auf Ganzzahligkeit ausgeführt. Diese sukzessiven Iterationen sollten (jedes Mal werden Optimallösungen und modellendogene Aufzinsungsfaktoren erfordert) so lange durchgeführt werden bis sich der Zahlungssaldo nicht mehr ändert.

Wenn der sukzessive Annäherungswert des Zahlungssaldos vom Investitionsprojekt 2 (IO_2) im Zeitpunkt t = 1 bei der vierjährigen Simultanplanung unter 27.548,60 GE[276] wäre, dann würde der Vermögensendwert in Höhe von 3.819.552,61 GE[277] der 4-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit größer als der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit Vermögensendwert in Höhe von 3.819.552,19 GE (aus Tab. 4-31) sein. In diesen Fall ist die 4-jährige Simultanplanung vorteilhafter. Demgegenüber wäre der Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 2 (IO_2) im Zeitpunkt t = 1 bei der 4-jährigen Simultanplanung in die Höhe von 27.548,59 GE[278] (nach dem Ergebnis der Untersuchung) nachteilig und es ergibt sich ein geringerer Vermögensendwert der 4-jährigen Simultan-

---

[276] Der genaue Betrag lautet: 27.548,604762412 GE. In diesem Fall ist der gesuchte Zahlungssaldo im Zeitraum t = 1 sukzessive Prozess (10.). Siehe illustrierendes Zahlenbeispiel für Annährungszahlungssaldo des Investitionsprojekts 2.

[277] Der genaue Betrag lautet: 3.819.552,61394924 GE.

[278] Der genaue Betrag lautet: 27.548,5965240583 GE.

planung bei Ganzzahligkeit in Höhe von 3.819.551,88 GE[279] als der Vermögensendwert der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung. In diesem Fall werden die wiederholten 3-jährigen Simultanplanungen als ein vorteilhafter Planungshorizont vorgezogen.

Es ist extrem schwierig, einen genauen Zahlungssaldo bei Ganzzahligkeit zu finden. Die Vermögensendwerte zwischen den unterschiedlichen Simultanplanungen bei Ganzzahligkeitsbedingungen sollten meistens durch Änderung des Umfangs der zur Verfügung stehenden Finanzierungsprojekte für die Optimallösungen bei der mehrfachen Endscheidungsfolge variiert werden.

Im nachstehenden illustrierenden Zahlenbeispiel nährt sich der Zahlungssaldo der 4-jährigen Simultanplanung mit sukzessiven Untersuchungsvorgängen dem Zahlungssaldo des Investitionsprojekts an.

Daraus folgt die gesuchte neue Simultanplanung.

	IO_2	IO_6	IO_7	FO_1	FO_2	FO_3	FO_4	FI_0	FI_1	FI_2	FI_3	FI_4		RS
0	50.000			-1	-1		-1	1					=	50.000
1	**-27.548,60**	57.000	34.000	0	0	-1	0,33619	-1,08	1				=	0
2	-24.420	-29.500	-21.150	0	0	0,12	0,33619		-1,08	1			=	0
3	-24.420	-32.200	-21.130	0	0	0,12	0,33619			-1,08	1		=	0
4	-24.221	-31.598	-20.640	1,68896	1,7352	1,12	0,33619				-1,08	1	=	0
				1									=	1.350.000
					1								=	800.000
						1							≤	1.000.000
							1						=	1.000.000
	1												=	64
		1	1					1	1	1	1		≥	0

Tab. 4-39 Geändertes Tableau des vorteilhaften Planungshorizonts der 4-jährigen Simultanplanung durch Änderung des Zahlungssaldos des Investitionsprojekts in Teilperiode t = 1 für die Annäherung des Vermögensendwerts der 3-jährigen Simultanplanung

Die Differenz des Vermögensendwerts zwischen Ganzzahligkeit (aus Tab. 4-31) und Ganzzahligkeit (aus Tab. 4-40) ist minimal verkleinert.

IO_2	IO_7					
64	71					
FO_1	FO_2	FO_3[280]	FO_4	FI_2	FI_3	FI_4[281]
1.350.000	800.000	987.083,49	1.000.000	2.609.885,78	5.356.142,43	3.819.552,61

Tab. 4-40 Die Optimallösung der 4-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit

[279] Der genaue Betrag lautet: 3.819.55188129368 GE. Dabei steht Finanzierungsprojekt 3 (FI_3) in Höhe von 987.084,019866236 GE zur Verfügung.

[280] Der genaue Betrag lautet: 987.083,492612242 GE.

[281] Vgl. 3.815.552,613944896 GE Finanzinvestitionen 2 und 3 (FI_2 und FI_3) werden hier abgerundet.

4.3.4. Fazit

Durch Vergleich der Vermögensendwerte der Simultanplanungen bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen wird ein vorteilhafter Planungshorizont gefunden. Dabei ist die wiederholte dreijährige Simultanplanung vorteilhafter als die 4-jährige Simultanplanung.

Unter Ganzzahligkeitsbedingungen ist demgegenüber die 4-jährige Simultanplanung vorteilhafter als die wiederholte 3-jährige Simultanplanung in dieser Modelluntersuchung.

Vor allem ist es sinnvoll, wenn in simultanen Programmen im Lauf der Planungszeiten die Änderungen der Umweltzustände berücksichtigt und korrigiert werden können.

Zusammenfassung bei der Änderung der Umweltbedingung:

1. **Untersuchung zwischen Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen bei 4-jähriger und bei wiederholter 3-jähriger Simultanplanung ohne die Änderung des Zahlungssaldos des Investitionsprojekts 2 in Teilperiode t = 1**

Zeitpunkt	0	1	2	3	4
Zeit	0	**1**	2	3	4

(A): Maximaler Vermögensendwert der 4-jährigen Simultanplanung bei Nicht-Ganzzahligkeit unter Annahme der Änderung des Zahlungssaldos in der Teilperiode t = 1

Maximaler Vermögensendwert (FI_4) 3.164.642,97 GE (aus Tab. 4-33)

Zeitpunkt	0	1	2	3	4
Zeit	0	**1**	2	3	
	Zeit	**0**	1	2	3

(B): Maximaler Vermögensendwert der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung bei Nicht-Ganzzahligkeit unter Annahme der Änderung des Zahlungssaldos in der Teilperiode t = 1

Maximaler Vermögensendwert (FI_{3A} bzw. FI_4) 3.831.622,30 GE (aus Tab. 4-30)

Der Vermögensendwert der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung (B) ist vorteilhafter als der Vermögensendwert der 4-jährigen Simultanplanung bei Nicht-Ganzzahligkeit (A).

2. **Untersuchung der Nicht-Ganzzahligkeit bei 4-jähriger Simultanplanung[282] mit Hilfe der Änderung des Zahlungssaldos des Investitionsprojekts 2 in Teilperiode t = 1 für einen identischen Vermögensendwert der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeitsbedingungen**

Null bis vier: Optimallösung der vierjährigen Investitions- und Finanzierungsplanung bei Nicht-Ganzzahligkeit für einen identischen Vermögensendwert der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingung.

(C): Der neue maximale Vermögensendwert der 4-jährigen Simultanplanung bei Nicht-Ganzzahligkeit wird durch die Änderung des Zahlungssaldos in der Teilperiode t = 1 erreicht

Maximaler Vermögensendwert (FI_4) 3.831.622,30 GE (aus Tab. 4-35)

Der maximale Vermögensendwert (C) ist identisch mit dem maximalen Vermögensendwert (B).

Untersuchung zwischen beiden Simultanplanungen bei Ganzzahligkeitsbedingungen

Vergleich der Vorteilhaftigkeit zwischen dem Vermögensendwert (C) der 4-jährigen Simultanplanung und (D) der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit.

(D): Der neue Vermögensendwert der 4-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit

Maximaler Vermögensendwert (FI_4) 3.822.755,89 GE (aus Tab. 4-37)

Optimallösung der wiederholten 3-jährigen Investitions- und Finanzierungsplanung bei Ganzzahligkeit

(E): Der Vermögensendwert der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit

Maximaler Vermögensendwert (FI_{3A} bzw. FI_4) 3.819.552,19 (aus Tab. 4-31)

Der maximale Vermögensendwert der vierjährigen Simultanplanung von (D) ist vorteilhafter als der maximale Vermögensendwert (E) der wiederholten 3-jährigen Investitions- und Finanzierungsplanung bei Ganzzahligkeit.

---

[282] Siehe Tab. 4-37.

3. Direkte Untersuchung des vorteilhaften Vermögensendwerts bei Ganzzahligkeit

Aus der Optimallösung des linearen Optimierungsproblems mit Ganzzahligkeitsbedingungen lassen sich zwar in der Regel keine Informationen[283] gewinnen aber dafür ist die Realitätsnähe größer. Daher wird ein direkter Vergleich unter Ganzzahligkeitsbedingungen für den vorteilhaften Vermögensendwert gesucht. Dabei taucht die Schwierigkeit auf, eine identische Optimallösung zu finden.
In diesem Fall soll ein kritischer Zahlungssaldo in der Teilperiode für den fast identischen Vermögensendwert durch einen Annäherungswert verglichen werden.[284]

(F): Der neue Vermögensendwert der vierjährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit ist, falls die Änderung des Zahlungssaldos des Investitionsprojekts in der Teilperiode t = 1 in Höhe von 27.548,60 GE wäre:

Maximaler Vermögensendwert (FI_4)
3.819.552,61 (aus Tab. 4-40)

In diesen Fall würde der Vermögensendwert (F) der vierjährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit nach der Änderung der Umwelt vorteilhafter als der Vermögensendwert (E) der 3-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeitsbedingungen sein.

(G): Der neue Vermögensendwert der vierjährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit ist, unter der Bedingung dass die Änderung des Zahlungssaldos des Investitionsprojekts in der Teilperiode t = 1 in Höhe von 27.548,59 GE ist:

Maximaler Vermögensendwert (FI_4)
3.819.551,89

In diesen Fall wäre der Vermögensendwert (E) der wiederholten 3-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeit vorteilhafter als der Vermögensendwert (G) der 4-jährigen Simultanplanung bei Ganzzahligkeitsbedingungen.

Der kritische Zahlungssaldo für den identischen Vermögensendwert in einer Teilperiode ist unter Ganzzahligkeitsbedingungen schwierig zu finden. Der Annäherungswert für den

---

283 Vgl. Götze, U./Bloech, J. (1995, Investitionsrechnung), S. 269. sowie Darstellung des Problems (2004, , Investitionsrechnung), S. 345 ff.
284 Siehe Kapitel 4.3.3.4.

kritischen Zahlungssaldo ist meistens von den Änderungsmöglichkeiten des Umfangs der zur Verfügung stehenden Finanzierungsprojekte in der Teilperiode abhängig.

4.3.5. Der kritische Zahlungssaldo bzgl. der Änderung der Inputgröße in der Teilperiode t = 1

Das Ziel dieser Untersuchung liegt darin, nicht nur die bestehenden funktionalen Abhängigkeiten (z.B. zwischen variierten Preisen und Ausbringungsmengen) [285] zu ermitteln, sondern auch einen Einblick in die simultanen Programme der auf die Praxis bezogenen oberen und unteren Inputgrößenkonstellation zu vermitteln. Die Spannweite dieses Zahlungssaldos geht auf die Einflüsse der Änderungen des Umweltzustands in der Teilperiode t = 1 zurück.

Wie in der **Grundkomponente für den Aufbau der Zahlungsreihe** im Kapitel 4.3.1.3 erwähnt, wird davon bei der Suche nach dem kritischen ausgegangen. Die Zahlungsströme der Investitionsprojekte sind abhängig von den Preisen, Absatzmengen (Ausbringungsmengen) variablen und fixen Kosten usw. und sie werden durch die Änderungen der Umweltbedingungen beeinflusst. Davon wird die unsicher anzusehende Inputgröße z.B. die Preise (P) und die Absatzmengen (M_t) untersucht.
Gemäß dem vorherigen Kapitel beträgt der Zahlungssaldo des Investitionsprojekts 2 (IO_2) in der Teilperiode t = 1 bei der vierjährigen Simultanplanung 27.548,60 GE. Beispielhaft wird der Zahlungssaldo als kritischer Zahlungssaldo bei Ganzzahligkeit betrachtet. Dabei wird auf die vorgegebene Formel für die Einzahlung der Simultanplanungen zurückgegriffen.[286]

$$Z_{IOi,\,t} = M_t * (P_t - K_{v,\,t}) - K_{f,\,t}$$

Aus den gegebenen Daten erhalten wir:

$$Z_{IO1,\,1} = M_1 * (P_1 - K_{v,\,1}) - K_{f,\,1} \quad (t = 1)$$

$$27.548{,}60 = M_1 * (P_1 - 47) - 9500$$

$$M_1 = \frac{(27.548{,}60+9500)}{(P_1 - 47)}$$

---

[285] Die Suche nach dem kritischen Zahlungssaldo ist bei mehr als zwei Inputgrößen unter Umständen rechnerisch nur noch schwer zu handhaben.

[286] Die Zahlungsreihen aller illustrierenden Zahlenbeispiele in den Kapiteln 3 und 4 werden durch diese Formel ermittelt.

Aus dieser Formel werden die entsprechenden Zahlen in ein M_1-P_1 Koordinatensystem eingetragen, so ergibt sich die in folgender Abb. 4-41 gezeichnete Kurve.

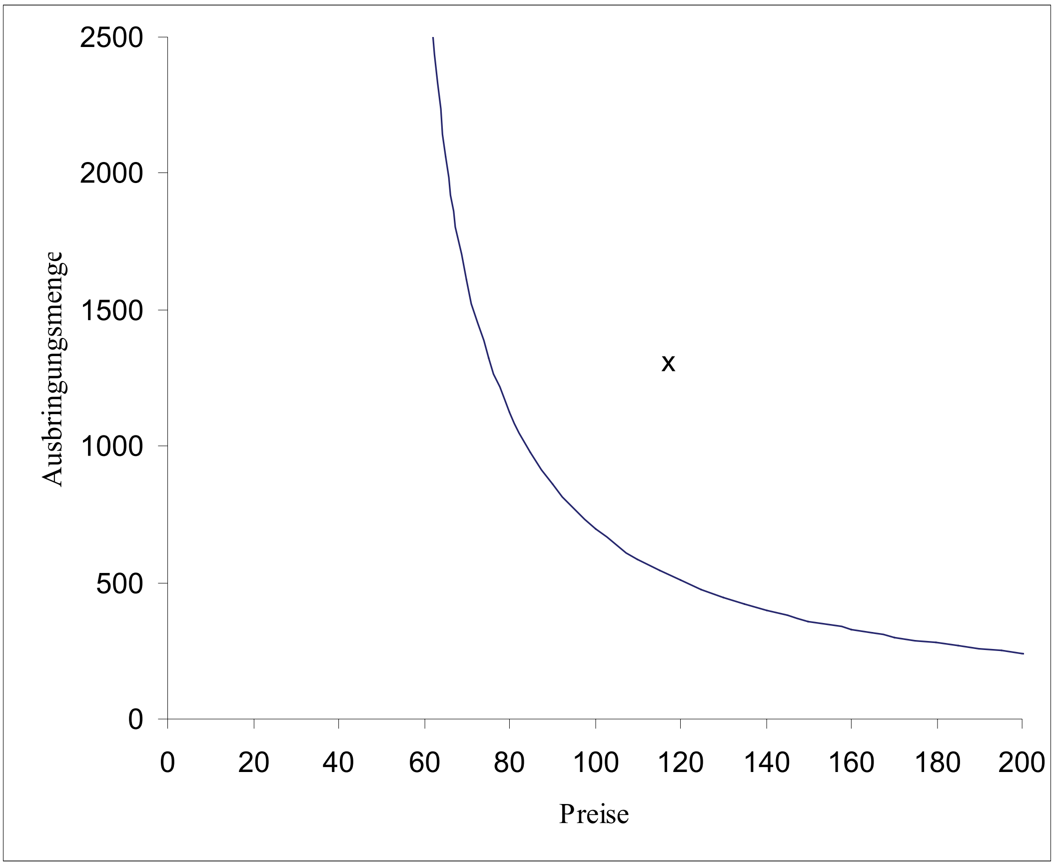


Abb. 4-41 Sensitivitätsanalyse des Zahlungssaldos des Investitionsprojekts 2 (IO_2) im Zeitpunkt t = 1 in Bezug auf Preis und Ausbringungsmengen

Angegebene Daten im Zeitraum t = 1:

Preis P_1 = 100, variablen Kosten (K_v) = 47, Ausbringungsmengen (M_1) = 600 und fixen Kosten (K_f) = 9.500

Aus den Verhältnissen der Preis-Ausbringungsmengen in Teilperiode t = 1 bei Simultanplanung ergeben sich folgende Werte:

Preise	47,50	48,00		100,00	105,00	110,00	115,00	120,00	125,00	130,00	135,00
Ausbringungsmengen	74.097,20	37.048,60	..	699,03	638,77	588,07	544,83	507,52	474,98	446,37	421,01

Tab. 4-42 Sensitivitätsanalysen in Bezug auf mehrere Inputgrößen mit Hilfe von einem Entscheidungstableau

Abb. 4-41 stellt den Einfluss auf das Entscheidungsproblem des vorteilhaften Planungshorizonts unter Einbeziehung der Verkaufpreise und Ausbringungsmengen dar.

Die auf der Kurve stehenden Preise- und Ausbringungenmengenverhältnisse stellen den kritischen Zahlungssaldo unter c.p. Bedingungen dar. Bei der Sensitivitätsanalyse wird Partialanalyse angewendet. Die Partialanalyse dient dazu, Beziehungen von Inputgrößen untereinander (bei maximalem Vermögendsendwert) herauszufinden. Die Betrachtung wird dabei jeweils auf nur die interessierenden Inputgrößen beschränkt. Gesucht werden Kombinationen mit identischem Vermögensendwert bei den Simultanplanungen.
Die entstehende Kurve bezeichnet Kombinationen, für die der kritische Zahlungssaldo realisiert wird.
In dem Bereich oberhalb der Kurve (x) bringt das Verhältnis zwischen den Preisen und den Ausbringungsmengen bei dem Investitionsprojekt 2 im Zeitraum $t = 1$ einen vorteilhafteren Vermögensendwert bzw. vorteilhafteren Planungshorizont. Es wird nötig in diesem Bereich, für die neue Optimallösung eine neue LP durchzuführen. In dem Bereich unterhalb der Kurve hingegen ist es nicht nötig, eine neue LP durchzuführen, weil die unteren Bereiche der Kurve als das zu unterlassende Investitionsprojekt in dieser Simultanplanung anzusehen ist.
Bei der Sensitivitätsanalyse des Zahlungssaldos der Investitionsprojekte i (IO_i) im Zeitpunkt t in Bezug auf Preise und Ausbringungsmengen stellt man fest, dass Änderungen der Preise und Ausbringungsmengen auf Änderungen der Umweltzustände zurückgeführt werden müssen.

Vor allem bei den Wiederholungen der Simultanplanungen zeigt sich, dass die anfängliche Entscheidung einen großen Einfluss auf die Optimallösungen hat. Wegen der häufigen Wiederholungen der simultanen Planungen spielen die anfänglichen Entscheidungen im vorliegenden Modellverfahren als Restriktion eine sehr große Rolle für die Optimallösungen.

5. Schlussbetrachtung und Ausblick

Im Modell von H. Hax und H. M. Weingartner konnte allgemein dargestellt werden, dass im Mehrperiodenmodell mit Vermögensendwertmaximierung als Zielfunktion (Modell von H. Hax und H. M. Weingartner) Investitions- und Finanzierungsmaßnahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten realisiert werden. Für dieses Modell tritt die explizite Einbeziehung aller zukünftigen Investitions- und Finanzierungsmöglichkeiten am Beginn des Planungszeitraums ins Kalkül. Unter dieser Beschränkung werden Investitions- und Finanzierungsprogramme für alle Teilperioden simultan nicht korrigierbar geplant. Anschließend wird der Vermögensendwert am Planungshorizont durch die Reinvestition freier finanzieller Mittel zum angegebenen Kalkulationszinssatz gesucht. Nach diesem Planungszeitpunkt können gegebene Investitions- und Finanzierungsmöglichkeiten auf die gegenwärtige Entscheidung keinen Einfluss haben. Unter diesem Aspekt der Datenbeschaffung sollte der Planungshorizont möglichst nah an der Gegenwart liegen.

Im Gegensatz zum Mehrperiodenmodell (Modell von Hax und Weingartner) wird nun in der vorliegenden Arbeit davon ausgegangen, dass die Simultanplanung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge im Laufe der Simultanplanung nach jeder Teilperiode in Abhängigkeit von der Planungssituation begrenzt korrigiert werden kann.[287] Die vorperiodischen Entscheidungen werden zwar unverändert übernommen aber die gegenwärtigen und zukünftigen sowie unterlassenen Investitionsprojekte können durch die Korrektur in die neue Simultanplanung einbezogen werden.

Dabei werden Vermögensendwerte unter Berücksichtigung der unveränderten Umweltzustände (Sicherheit der Modelldaten) im Kapitel 3.2 und 4.2 und unter geänderten Umweltzuständen (Unsicherheit der Modelldaten) im Kapitel 3.3 und 4.3 bestimmt. Es wird ein vorteilhafter Planungshorizont mit Hilfe eines Vergleichs der jeweiligen Vermögensendwerte ermittelt.

Ein vorteilhafter Planungshorizont bzw. Vermögensendwert wurde im Kapitel 3.2.2 durch den methodischen Vergleich der Übernahme der Entscheidung der ersten Simultanplanung mit der Übernahme der Entscheidung der vorperiodischen Entscheidung erweiert, dabei ergibt sich der günstigste Vermögensendwert unter identischen Annahmen bei kürzstem

[287] Außer Realisierung der Investitionsprojekte können die zur Wahl stehenden Projekte im neuen Simultanprogramm berücksichtigt werden.

Planungshorizont der Simultanplanung von Investitons- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge. Bei der einmal (im Kapitel 3.2.1) und der zweimal wiederholten Simultanplanung (im Kapitel 3.2.2) ergaben sich die identischen Wiederholungen der simultanen Programme als vorteilhafter als ohne Wiederholungen der simultanen Programme.
Anschließend wurden eine VOFI und Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die anschließende Untersuchung des Zahlungssaldos der Folgeperiode erkennen und eine bessere Entscheidung für die Folgeperiode treffen zu können.[288]

Angesichts des Finanzierungsbereichs sollten außerdem die Tilgungsmethoden in der Simultanplanung von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge beachtet werden und welche Tilgungsmethoden sich auf den günstigsten oder ungünstigsten Vermögensentwert beziehen. Nach den Modelluntersuchungen bei gleichem Zinssatz ergibt die Endtilgung den höchsten und die Annuitätstilgung den niedrigsten Vermögensendwert.[289]

Im Kapitel 3.3 wurde ein Einfluss von ausgewählten Umweltbedingungen berücksichtigt. Dabei wurden Einflüsse durch die Änderungen der Anschaffungspreise und der Zahlungsströme auf Vermögensendwerte bzw. vorteilhafte Planungshorizonte untersucht. Die Auswirkungen auf den Vermögensendwert durch Änderungen der Anschaffungspreise der Investitionsprojekte wurden kalkulatorisch verfolgt. Dabei wurde in jeder Teilperiode mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen die Auswirkung auf eine mögliche Aufnahme von Investitionsprojekten überprüft und anschließend ein kritisches Zahlungstableau dargestellt.
Angesichts der Umweltänderungen wurde ein mathematisches Verfahren für den erwarteten Zahlungssaldo des unterlassenen Investitionsprojekts für die Aufnahme in die nächsten Optimallösungen untersucht, um eine bessere strategische Planung und Entscheidung hinsichtlich der zukünftigen Umweltänderung, z.B. Preise oder Absatzmengen, in der Folgeperiode erzielen zu können. Für dieses sukzessive Rechnungsverfahren wurden die mehrmaligen Durchführungen der Simplex-Algorithmen benötigt.

[288] Siehe Kapitel 3.3 und 4.3.
[289] Vgl. Leverage Effekt; Benner, W./Holster, J. (1997, Finanzwirtschaft und Steuern) S. 186-189.; Fischer, E. O. (1996 Finanzwirtschaft) S. 108-122.; Vormbaum, H. (1990, Finanzierung) S. 95 ff.

Im Kapitel 4 wurden die unidentischen Planungsmodelle der Simultanplanungen von Investitions- und Finanzierungsprogrammen bei mehrfacher Entscheidungsfolge dargestellt und untersucht. Die drei unterschiedlichen simultanen Programme bei den drei unterschiedlichen Planungshorizonten der Simultanplanungen für die Suche nach dem Vermögensendwert verglichen. Auch hier erfolgte dabei ein Vergleich mit unveränderten Umweltbedingungen (im Kapitel 4.2.) und veränderten Umweltbedingungen (im Kapitel 4.3). Die Größe des Kapitalwerts der Zahlungsreihe des jeweiligen Investitionsprojekts i bei den unterschiedlichen simultanen Programmen werden identisch berechnet.

Damit wurden geringere Einflüsse auf die Optimallösungen der unterschiedlichen simultanen Programme für den Vergleich erzielt.
Nach dieser Untersuchung des Modells zeigte sich bei den unterschiedlichen simultanen Programmen ein n-fach wiederholtes bzw. ein kürzeres simultanes Programm als vorteilhafter, wenn von den identischen Ansatzpunkten des gleichen Kapitelwertes der Investitionsprojekte und des gleichen Zustands der Finanzierungssituation ausgegangen wurde.

Bei veränderten Umweltbedingungen (im Kapitel 4.3) ist es besonders wichtig, in einer Teilperiode einen kritischen Zahlungssaldo der Folgeperiode für die Prognose zu finden und Korrekturen in der gegenwärtigen Teilperiode durchführen zu können.
In diesem Kapitel wird versucht, die flexiblen Anpassungsmöglichkeiten für eine neue optimale Entscheidung durch die unterlassenen und neu zur Wahl stehenden Investitonsprojekte zu berücksichtigen. Die Entscheidung führt zum besseren Vermögensendwert. Je nach Umweltzustand kann das kalkulatorische Verfahren für den erwarteten Zahlungssaldo des unterlassenen und zukünftigen Investitionsprojekts nicht nur in der Folgeperiode, sondern auch in weiteren Teilperioden angewendet werden. Dabei wurde die teilperiodenbezogene zukünftige Prognose eines Zahlungsstroms des Investitionsprojekts bei Ganzzahligkeit komplexer.

Für die Prognose können nicht nur eine Teilperiode eines Investitionsprojekts, sondern auch mehrere Investitionsprojekte unter Einfluss der Umweltsituation untersucht werden. Damit kann das Preis-Kosten-Verhältnis oder das Preis-Ausbringungsmengen-Verhältnis des Investitionsprojekts in einer Teilperiode je nach Einfluss der Umweltsituation sowie Erwartung und Einfluss der periodischen Zahlungen in diesem Modell beachtet werden.

Zusammenfassung

Nach Untersuchung dieses Modells ergab sich:

1. Die vorperiodigen Entscheidungen können bei Folgesimultanplanungen unverändert berücksichtigt werden.
Der Vermögensendwert bei einem kürzeren Planungshorizont unter Simultanplanung der Investitions- und Finanzierungsprogramme bei identisch mehrfach wiederholten Entscheidungsfolgen stellt sich vorteilhafter dar als bei einem längeren Planungshorizont.
2. Nach den Modelluntersuchungen der Tilgungsmethode ergibt die Endtilgungsmethode den höchsten und die Annuitätstilgungsmethode den niedrigsten Vermögensendwert.
3. Mit weiteren gegenwärtigen und zukünftigen Investitions- und Finanzierungsprogrammen kann die Simultanplanung korrigierbar und planbar sowie prognostizierbar werden.
4. Die Auswirkungen auf den Vermögensendwert durch Änderungen der Umwelt für die Komponente der Investitionsprojekte in einzelnen Teilperioden können kalkulatorisch verfolgt werden. Dabei wurde in jeder Teilperiode mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse die Auswirkung auf eine mögliche Aufnahme überprüft.
Je nach Umweltzustand wurde ein kalkulatorisches Verfahren für den erwarteten Zahlungsstrom des unterlassenen Investitionsprojekts für die Aufnahmemöglichkeit in die nächsten Optimallösungen untersucht. Für dieses sukzessive Rechnungsverfahren wurden die mehrmaligen Durchführungen der Simplex-Algorithmen benötigt.
Für die Prognose können nicht nur eine Teilperiode eines Investitionsprojekts sondern auch mehrere Investitionsprojekte unter Einfluss der Umweltsituation untersucht werden. Damit kann das Preis-Kosten-Verhältnis oder das Preis-Ausbringungsmengen-Verhältnis des Investitionsprojekts in einer Teilperiode je nach Einfluss der Umweltsituation berechnet werden.

Anhang

Kapitel 3.2

Name	Lösung	Reduzierter Kosten	Ziel-Koeffizient	Zulässige Zunahme	Zulässige Abnahme
IO_1	0	-112,6137532	0	112,6137532	0
IO_2	0	-116,9467389	0	116,9467389	0
IO_3	0	-186,5336285	0	186,5336285	0
IO_4	18,82352941	0	0	0	149,8524038
IO_5	0	-92,55589645	0	92,55589645	0
IO_6	0	-214,9600107	0	214,9600107	0
IO_7	49,79801877	0	0	1320,299181	143,3066738
IO_8	0	0	0	0	0
IO_9	0	0	0	0	0
FO_1	1350000	0,756922967	0	0	0,756922967
FO_2	800000	0,919995866	0	0	0,919995866
FO_3	1000000	0,33848432	0	0	0,33848432
FO_4	1000000	0,866895434	0	0	0,866895434
FI_0	0	-0,652783276	0	0,652783276	0
FI_1	0	-0,518718441	0	0,518718441	0
FI_2	1728018,252	0	0	0,040080264	0,171968007
FI_3	3687728,355	0	0	0,03286796	0,081116985
FI_4	5812411,935	0	0	0,045182755	0,1117832
FI_5	3097339,329	0	1	0	1

Sensitivitätsanalyse bei der optimalen Basislösung

FO_1	1.350.000 GE	IO_1	1	FI_2	1.730827,96 GE
FO_2	800.000 GE	IO_4	18,26471	FI_3	3.691.154,60 GE
FO3	1.000.000 GE	IO_7	49,88331	FI_4	5.814.904,34 GE
FO_4	1.000.000 GE	Max	3.097.226,72 GE		

Die Suboptimallösung mit Aufnahme des unterlassenen Investitionsprojekts IO_1

Symbolverzeichnis

a^*	Änderungen sowohl der Koeffizienten (Komponenten) der Investitionsalternativen der wiederholten Simultanplanung bei der Berücksichtigung der Entscheidung in t = 0 bzw. die gesamten Zahlungsüberschüsse aus einer Investitionsalternative n($a_{n,t}$) und einer nach der Periode identisch wiederholten Investitionsalternative ($a_{nA,t}$) in Zeitraum t = 1, …, T+1, wodurch sich die neue der realisierbaren Investitionsalternativen N*-1 ergibt. In diesem Fall wird Kapitel 3.2.2.1.2, Wiederholte Simultanplanung bei der Berücksichtigung der Entscheidung in t = 0, angewendet
$a_{n,t}$	Zahlungsüberschuss einer Investitionsalternative n zum Zeitpunkt t
$a_{nA,t}$	Zahlungsüberschuss einer einmalig wiederholten Investitionsalternative n*A* zum Zeitpunkt t
$a_{nB,t}$	Zahlungsüberschuss einer zweimalig wiederholten Investitionsalternative n*B* zum Zeitpunk t
$A_{f,t}$	Fixkosten zum Zeitpunkt t
$A_{n,t}$	Anschaffungsausgaben für Projekt n zum Zeitpunkt t
Ann.	Annuität
BW	Barwert
d'	Änderungen sowohl der Koeffizienten (Komponenten) der Finanzierungsalternativen (bzw. Zusammensetzung der Zahlungsüberschüsse je Einheit der zu realisierenden Finanzierungsalternativen) im Zeitraum t = 0, …, T und einer einmalig identisch wiederholten Finanzierungsalternative m im Zeitraum t = 0, 1, …, T+1. Dadurch ergibt sich eine neue Anzahl für die Finanzierungsmöglichkeiten M’
d^*	Änderungen sowohl der Koeffizienten (Komponenten) der gesamten Zahlungsüberschüsse aus einer Finanzierungsalternative m und

	einer einmalig identisch wiederholten Investitionsalternative m in Zeitraum t = 0, 1, …, T+1.
$d_{m,t}$	Zahlungsüberschuss je Einheit einer Finanzierungsalternative m zum Zeitpunk t
DB	Deckungsbeitrag
$\mathcal{E}_t$	Zuführung von Eigenkapital (extern) in Periode t
FI_{0A}	Kurzfristige Finanzinvestition der ursprünglichen Simultanplanung zum Zeitpunkt t = 0
FI_{1B}	Kurzfristige Finanzinvestitionen der ersten wiederholten Simultanplanung zum Zeitpunkt t = 1
FI_t	Kurzfristige Finanzinvestitionen im Zeitpunkt t
FO_m	Finanzprojekt (m = 1,…,M)
GE	Geldeinheit
GZ	Ganzzahligkeitsbedingungen
h_t	Haben-Zinssatz für die Zeitraum von t-1 bis t
IO_n	Investitionsprojekt n (n = 1,…,N-1) Durchführung ab Zeitpunkt t = 0
IO_{nA}	Investitionsprojekt n (n = 1,…,N-1) Durchführung ab Zeitpunkt t = 1
IO_{nB}	Investitionsprojekt n (n = 1,…,N-1) Durchführung ab Zeitpunkt t = 2
i_t^* und $\hat{i}_t$	Ein-Perioden-Forward-Rates und Spot Rates (modellendogen)
k	Kurzfristiger Finanzinvestitionszinssatz (Habenzinssatz)
K_f	Fixe Kosten
$K_{v,t}$	Variable Kosten zum Zeitpunkt t
KW	Kapitalwert
$\mathbf{M_t}$	Absatzmenge in Teilperiode t
NG (N-GZ)	Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen
PH	Planungshorizont
P_t	Preis zum Zeitpunkt t

q_t^*	Modellendogener Aufzinsungsfaktor $q_t^* = (1+i)^t$ bzw. Dualwerte der Liquiditätsbedingungen
$\mathbf{RBW_t}$	Restbuchwert in t
RS	Rechte Seite
s	Soll-Zinsfuß für den Zeitraum von t-1 bis t
t bzw. z	Zeitindex
T	Planungshorizont bzw. Anzahl der Teilperioden der Planung
$\mathcal{VE}$ (VE)	Vermögensendwert
$\mathbf{VE_{A,\,GZ}}$	Vermögensendwert bei einmaliger Wiederholung (A) mit Ganzzahligkeitsbedingungen
$\mathbf{VE_{B,\,GZ}}$	Vermögensendwert bei zweimaliger Wiederholung (B) mit Ganzzahligkeitsbedingungen
$\mathbf{VE_{GZ}}$	Vermögensendwert bei Ganzzahligkeitsbedingungen
$\mathbf{VE_{N\text{-}GZ}}$	Vermögensendwert bei Nicht-Ganzzahligkeitsbedingungen
VOFI	Vollständiger Finanzplan
v_t	Abzinsungsfaktor: $v_t = (1+i)^{-t}$
WGF	Wiedergewinnungsfaktor
$\mathcal{X}_{(N),t}$	Obergrenze Realisierungsmöglichkeit der kurzfristigen Finanzinvestition in der Periode t (max. Anzahl)
$\mathcal{X}_{(N),T}$	Obergrenze Realisierungsmöglichkeit der kurzfristigen Finanzinvestition in der letzten Periode T (max. Anzahl)
$\mathcal{X}_{(N),t-1}$	Obergrenze Realisierungsmöglichkeit der kurzfristigen Finanzinvestition in der Vorperiode t-1 (max. Anzahl)
$(1+\mathcal{k})*\mathcal{X}_{(N),T-1}$	Aufgezinste kurzfristige Finanzinvestition der Vorperiode T-1
$\mathcal{X}_n$	Investitionsprojekte (n = 1,…,N-1) zum Zeitpunkt von t = 0 bis zu deren Planungshorizont
$\mathcal{X}_{nA}$	Investitionsprojekte (n = 1,…,N’-1) zum Zeitpunkt von t = 1 bis zu deren Planungshorizont
$\mathcal{X}_{nB}$	Investitionsprojekte (n = 1,…, N’’-1) zum Zeitpunkt von t = 2 bis zu deren Planungshorizont

$x_{(N^*-1),T}$	Obergrenze Realisierungsmöglichkeit der kurzfristigen Finanzinvestition in der letzten Periode T bei zweimal wiederholter Simultanplanung (max. Anzahl) In diesem Fall wird Kapitel 3 angewendet
$x_{(N''-1),T+2}$	Obergrenze Realisierungsmöglichkeit der kurzfristigen Finanzinvestition in der letzten Periode T+2 bei zweimal wiederholter Simultanplanung (max. Anzahl) In diesem Fall wird Kapitel 4 angewendet
$x_{(N'-1)),T}$	Obergrenze Realisierungsmöglichkeit der kurzfristigen Finanzinvestition in der letzten Periode T bei einmal wiederholter Simultanplanung (max. Anzahl)
$x_{(N'-1),t}$	Kurzfristige Finanzinvestition der im Zeitpunkt t einmal wiederholten Simultanplanung $t = 0,\ldots, t$
y_m	Finanzierungsprojekt ($m = 1,\ldots,M$)
Y_m	Maximal realisierbarer Betrag des Finanzierungsprojekts *m* (Menge an Geldeinheit)
ZS $_{n,t}$	Zahlungsssaldo (Periodenerfolg) eines Investitionsprojektes n in dem Zeitpunkt t
ZS$_t$	Zahlungssaldo (Periodenerfolg) in der Teilperiode t

Die mathematischen Formeln werden folgendermaßen dargestellt:

$$\sum_{n\in\{2,6\}} a_{n,t} * x_n = \sum_{n\in N} a_{n,t} * x_n \text{, wobei } N = \{2,6\}$$

$\sum_{n=i}^{I} a_{n,1} * x_n$ Übernahme der ersten Entscheidung aus dem ersten simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm in den Zeiträumen von $t = 0$ bis T

$\sum_{n=1}^{J} a'_{n,1} * x_n + \sum_{n=1}^{K} a'_{n,1} * x_n$ Übernahme der zu realisierenden Investitionsprojekte der Entscheidung aus dem ersten simultanen Investitions- und Finanzierungsprogramm und aus den zur Wahl stehenden Projekten aus der ersten und zweiten Simultanplanung, wobei die Anzahl der Investitionsprojekte und der Zahlungsüberschuss der Investitionsalternative zum Zeitpunk t durch die Übernahme der Simultanplanung als $a'_{n,1}$ statt $a_{n,t}$ neu definiert werden.

$\sum_{n=1}^{(N''-1)} a_{n,t-2} * x_n$ Zahlungsüberschüsse der Investitionsprojekte in Periode t-2 (bei zweimal wiederholten dreijährigen simultan Programm aus Kapitel 4)

$\sum_{m \in \{1,2,4\}} d_{m,0} * y_m = \sum_{m \in M} d_{m,0} * y_m$, wobei M = {1,2,4}

$x_n = x_n$ für n = 1,..., N-1 Anzahl der Realisierung der ersten Simultanplanung

$x_n = \mathrm{X_n}$ für n = 1,..., (N´-1) Anzahl der Realisierung der zweiten Simultanplanung

$x_n \leq \mathbf{X}_n$ für n = 1,..., (N´´-1) Maximal realisierbare Einheiten des Investitionsprojekts für die gesamte Simultanplanung

$x_{(N),t} \geq 0$ für t = 0,..., T-1 bzw. T für die erste Simultanplanung

$x_{(N'-1),t} \geq 0$ für t = 0,..., T bzw. T+1 für die zweite Simultanplanung

$x_{(N''-1),t} \geq 0$ für t = 0,..., T+1 bzw. T+2 für die gesamte Simultanplanung

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Aufl.	Auflage
Bd.	Band
bzgl.	bezüglich
bzw.	Beziehungsweise
d.h.	das heißt
Diss.	Dissertation
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
ect.	et cetera
f. (ff.)	folgende Seite(n)
gem.	gemäß
ggf.	gegebenenfalls
Hrsg.	Herausgeber
Jg.	Jahrgang
Nr.	Nummer
LP	Linear Programming
OR	Operations Research
rel.	Relativ

S.	Seite
s. o.	siehe oben
sog.	Sogenannter, -e, es
s.u.	sehe unten
Tab.	Tabelle
u.a.	und andere
vgl.	Vergleich
vol.	Volum
z.B.	zum Beispiel
zfB	Zeitschrift für Betriebswirtschaft
ZfbF	Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung
ZfhF	Zeitschrift für handelswirtschaftliche Forschung
z.T.	zum Teil

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Kapitel 2

Kapitel 3

Kapitel 4

Literaturverzeichnis

Ackoff, R. L./Sasieni, M. W. (1970): Operations Research. Stuttgart 1970.

Adam, D. (2000): Investitionscontrolling. 3. Aufl., München u.a. 2000.

Albach, H. (1962): Investition und Liquidität. Wiesbaden 1962.

Albach, H. (1964): Kapitalbindung und optimale Kassenhaltung. Finanzierungshandbuch. Hrsg. v. H. Janberg. Wiesbaden 1964. (S.369-421)

Altrogge, G. (1996): Investition. 4. Aufl., München 1996.

Barankin, E./Dorfman, R. (1956): A method for quadratic Programming, in: Econometrica 24 3. 1956. (S. 340)

Bieg, H./Kußmaul, H. (2000): Investitions- und Finanzierungsmanagement Bd.I München 2000

Bea, F. X. / Dichtl, E. / Schweitzer, M. (2006): Allgem. Betriebswirtschaftslehre Bd. 3. Leistungsprozess. 9. Aufl., Stuttgart 2006. (S. 378-385)

Benner, W./Holst, J. (1997): Finanzwirtschaft und Steuern, 4. Aufl., Göttingen 1997.

Betge, P. (1995): Investitionsplanung (Methoden-Modelle-Anwendung). 2. Aufl., Wiesbaden 1995.

Betge, P. (1998): Investitionsplanung. Wiesbaden 1998.

Biehler, R. (1976): Methoden der Investitionsrechnung. Stuttgart 1976.

Biergans, E. (1973): Investitionsrechnung. Nürnberg 1973.

Biethahn, J. (1978): Optimierung und Simulation. Wiesbaden 1978

Bitz, M. (1978): Zeithorizonte bei Investitions- und Finanzplanung, in: ZfB 48. 1978. (S.175-193)

Bloech, J./Bogaschewsky, R./Götze, U./ Roland, F. (2007): Einführung in die Produktion. 6. Aufl., Heidelberg 2007.

Bloech, J. (1966): Untersuchung der Aussagefähigkeit mathematisch formulierter Investitionsmodelle mit Hilfe einer Fehlerrechnung. Diss., Göttingen 1966.

Bloech, J. (1974): Lineare Optimierung für Wirtschaftswissenschaftler. Opladen 1974.

Bloech, J. (1988): Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaften Bd. 6, Stuttgart u.a. 1988. (S.342-349)

Blohm, H./ Lüder, K.(1995): Investition. 8. Aufl., München 1995.

Blohm, H./ Lüder, K. (1991): Investition: Schwachstellen im Investitionsbereich des Industriebetriebes und Wege zu ihrer Beseitigung. 7. Aufl., München 1991.

Braunschweig, C. (1998): Investitionsrechnung mit Unternehmensbewertung. 2. Aufl., München 1998.

Bruns, T. (1990): Simultane Investitionsplanung auf der Grundlage einer expliziten Zeitabbildung. Göttingen 1990.

Busse von Colbe, W./Laßmann, G. (1990): Betriebswirtschaftstheorie: 3. Investitionsrechnung. Berlin u.a. 1990. (S.142)

Däumler, K. D. (2000): Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung. 10. Aufl., Herne und Berlin 2000.

Dantzig, G. B. (1963): Linear Programmierung and Extension. Princeton 1963.

Dantzig, G. B. (1966): Lineare Programmierung und Erweiterungen. (Deutsche Übersetzung). Berlin u.a. 1966.

Dean, J. (1956): Kapital Budgeting 3. Aufl., New York 1956.

Dinkelbach, W. (1962): Unternehmerische Entscheidungen bei Mehrfachzielsetzung, in: ZfB 32. 1962. (S. 739-747)

Dinkelbach, W. (1969): Sensitivitätsanalysen und parametrische Programmierung. Berlin u.a. 1969. (S.25 ff.)

Diruf, G./ Schönbauer, J. (1993): Operations Research Verfahren. 3 Aufl., München 1993.

Domschke, W./ Drexl, A. (1991): Einführung in Operations Research. 2. Aufl., Berlin u. a. 1991.

Dürr, W./Kleibohm, K. (1992): Studienbücher der Wirtschaft Operationsresearch: Lineare Modelle und ihre Anwendungen. München und Wien 1992.

Ecke, R. (1989): Lineare Investitions- und Finanzplanung im modular strukturierten Modell. Wiesbaden 1989.

Eilenberger, G. (1994): Betriebliche Finanzwirtschaft. 5 Aufl., München 1994.

Ellinger, T./ Beuermann, G./ Leisten, R. (1998): Operations Research 4. Aufl., Berlin u.a. 1998.

Everding, D. (1994): Zinsänderungswirkungen in Modellen der Investitionsrechung. Wiesbaden 1994.

Fischer, E. O. (1996) Finanzwirtschaft für Fortgeschrittene. München Wien 1996.

Fischer, J. (1981): Heuristische Investitionsplanung. Entscheidungshilfen für die Praxis, Berlin 1981.

Fisher, I, (1930): The Theory of Interest. New York 1930.

Förstner, K./Henn, R. (1957): Dynamische Produktionstheorie und lineare Programmierung. Meisenheim/Glan 1957.

Franke. G./Hax. H. (1999): Finanzwirtschaft des Unternehmens und Kapitalmarkt. 4. Aufl., Berlin u.a. 1999.

Frisch, R. (1955): The Multiplex Method for Linear Programming. Oslo 1955.

Gabler Wirtschafts Lexikon (1992): A-E Ganzzahliges Optimierungsproblem 13. Aufl., Wiesbaden 1992. (S.1234 f.)

Gass, S. I. (1969): Linear programming. 3. Aufl., New York u. a. 1969.

Gerke, W./ Bank, M. (1998): Finanzierung. Stuttgart u.a. 1998.

Götze, U./ Bloech, J. (2004): Investitionsrechnung. 5. Aufl., Berlin u.a. 2004.

Grob, H. L. (1984): Investitionsrechnung auf der Grundlage vollständiger Finanzpläne: Vorteilhaftigkeitsanalyse für einzelnes Investitionsobjekt, in: Das Wirtschaftstudium. 13. Jg. 1984. (S. 16-23)

Grob, H. L. (1989): Investitionsrechnung mit vollständigen Finanzplänen. München 1989.

Grob, H. L. (1990): Einführung in die Investitionsrechnung: Eine Fallstudiengeschichte. Hamburg 1990.

Gutenberg, E. (1980): Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre 3 Band: Die Finanzen 8. Aufl., Berlin u.a. 1980.

Haegert, L. (1971): Der Einfluß der Steuern auf das optimale Investitions- und Finanzierungsprogramm. Wiesbaden 1971.

Meyer, M./Hansen, K (1979): Planungsverfahren des Operations Research: Band1 Lineare Programmierung Netzplantechniken. Essen 1979.

Hax, H. (1964): Investitions- und Finanzplanung mit Hilfe der linearen Programmierung, in: ZfbF 16. Jg. 1964. (S. 430-446)

Hax, H. (1967): Bewertungsprobleme bei der Formulierung von Zielfunktionen für Entscheidungsmodelle, in: ZfbF 19. Jg. 1967 (S. 719-761)

Hax, H. (1985): Investitionstheorie. 5. Aufl., Würzburg u.a. 1985.

Hax, H. (1985): Investitionsplanung und Investitionsentscheidung mit Hilfe der Linearprogrammierung. 3. Aufl., Würzburg u.a. 1976.

Heinhold, M. (1989): Investitionsrechnung. 5. Aufl., München und Wien 1989.

Heister, M. (1962): Rentabilitätsanalyse von Investitionen: ein Beitrag zur Wirtschaftlichkeitsrechnung. Köln u.a. 1962.

Hellwig, K. (1976): Die approximative Bestimmung optimaler Investitionsprogramme mit Hilfe der Kapitalwertmodelle, in: ZfbF 28. Jg. 1976. (S.166-171)

Jackwerth, J. C. (1994): Dynamische Programmierung bei erweiterten Modellen simultaner Investitions- und Finanzierungsplanung. Diss., Frankfurt am Main u.a. 1994. S.73 ff.

Jacob, H. (1964): Neuere Entwicklungen in der Investitionsrechnung. Wiesbaden 1964.

Jacob, H. (1967): Flexibilitätsüberlegungen in Investitionsrechnung, in: ZfB 1967a. (S. 1-34)

Jacob, H. (1976): Investitionsrechnung: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre im programmierter Form. 3. Aufl., Wiesbaden 1976.

Kilger, W./ Scheer, A. W. (1981): Investitions- und Finanzierungsplanung im Wechsel der Konjunktur. Würzburg u.a. 1981.

König, R. (2004).: Die Identifikation und Analyse steuerlicher Wirkung auf Investitionsentscheidung. Bielefeld 2004. (S. 2 ff)

Kreko, B. (1970): Lehrbuch der linearen Optimierung. 5. Aufl., Berlin. 1970.

Kreuzer, S. (2005) Der Einfluss der Finanzierung auf Investitionsentscheidungen und seine Berücksichtigung in einem Investitionsrechnungsmodell. Frankfuhrt/Main 2005.

Kruschwitz, L. (1976): Finanzmathematische Endwert- und Zinsfußmodelle, in: ZfB 1976. (S. 249ff.)

Kruschwitz, L. (1995): Investitionsrechnung. 6. Aufl., Berlin u.a. 1995.

Kruschwitz, L. (1995): Finanzierung und Investition. Berlin u.a. 1995.

Kruschwitz, L. (1998): Investitionsrechnung. 7. Aufl., München u.a. 1998.

Kruschwitz, L. (2007): Investitionsrechnung. 11. Aufl., Berlin u.a. 2007.

Kunz, B. R. (1984): Grundriß der Investitionsrechnung. Stuttgart u.a. 1984.

Künzi, H. P. (1963): Die Duplex Methode in Unternehmensforschung. 1963.

Künzi, H. P./ Kleibohm, K. (1968): Das Triplex-Verfahren in Unternehmensforschung. 1968.

Künzi, H. P./ Krelle,W. (1962): Nichtlineare Programmierung. Berlin u.a. 1962.

Landwehr, H. (1979): Investitionsentscheidung bei Unsicherheit. Göttingen 1979.

Laux, H./ Gerke, F. (1969) : Investitions- und Finanzplanung mit Hilfe von Kapitalwerten, in: ZfbF 21. Jg. 1969. (S. 43-56)

Lutz, F. V. (1951): The Theory of Investment of the Firm. Princeton, N.J. 1951.

Lücke, W. (1991): Investitionslexikon. 2. Aufl., München 1991. (S. 151 f.)

Matschke, M. (1993): Investitionsplanung und Investitionskontrolle. Herne/Berlin 1993.

Mellwig, W. (1985): Investition und Besteuerung: Ein Lehrbuch zum Einfluß der Steuern auf die Investitionsentscheidung. Wiesbaden 1985.

Müller-Merbach, H. (1973): Operations Research. 3. Aufl., München 1973.

Olfert, K. (2003): Investition. 9. Aufl., Ludwigshafen (Rhein) 1988.

Pack, L. (1966): Betriebliche Investition. Wiesbaden 1966.

Rhode, R. (1981): Kurzfristige Material- und Finanzplanung bei mehrfacher Zielsetzung. Würzburg und Wien 1981.

Rolfes, B. (1992): Moderne Investitionsrechnung. Frankfurt 1992.

Runzheimer, B. (1992.): Operations Research I: Lineare Planungsrechnung und Netzplantechnik. Wiesbaden 1992.

Schäfer, E. (1991): Die Unternehmung. Wiesbaden 1991.

Schäfer, H. (2002): Unternehmensfinanzen. 2 Aufl., Heidelberg 2002.

Schaefer, S. (1993): Datenverarbeitungsunterstütztes Investitions-Controlling. München 1993.

Schmidt, R. B. (1984): Unternehmungsinvestition. 4. Aufl., München u.a. 1984.

Schmidt, R. H. (1989): Grundzüge der Investitions- und Finanzierungstheorie. 2. Aufl., Wiesbaden 1989.

Schmidt, R. H./Terberger, E. (1997): Grundzüge der Investitions- und Finanzierungstheorie. 4. aktualisierte Aufl., Wiesbaden 1997.

Schneider, D. (1992): Investition, Finanzierung und Besteuerung. 7. Aufl., Wiesbaden 1992.

Schneider, E. (1973): Wirtschaftlichkeitsrechung. 8. Aufl., Tübingen 1973.

Schulte, K.W. (1981): Wirtschaftlichkeitsrechung. 2. Aufl., Würzburg 1981.

Steiner, P./ Uhlir, H. (2001): Wertpapieranalyse. 4. Aufl., Heidelberg 2001.

Swoboda, P. (1996): Investition und Finanzierung. 5.Aufl., Göttingen 1996.

Vormbaum, H. (1990): Finanzierung der Betriebe. 8. Aufl., Wiesbaden 1990.

Weingartner, H. M. (1963): Mathematical Programming and the Ananlysis of Capital Budgeting Problems. 2nd printing. Englewood Cliffs, N.J. 1963.

Wegener, H. (1973): Die Optimierung linearer Investitions- und Finanzplanungsmodelle mit ausgewählten Verfahren der ganzzahligen Programmierung. Diss., Göttingen 1973.

Wolfe, P. (1959): The simplex Method for Quadric Programming. Econometrica 1959. (S.382-398)

Woll, A. (1996): Wirtschaftslexikon. 8. Aufl., München und Wien 1996.

Zimmermann, G. (2003): Investitionsrechnung. 2. Aufl., München 2003 .