Integrierte Zielverpflichtungsplanung
und
stochastische Planung

Eckart Zwicker
Technische Universität Berlin
Fachgebiet Unternehmensrechnung und Controlling
Berlin 2004

Einführung und Überblick

Das Verfahren der Integrierten Zielverpflichtungsplanung und -kontrolle arbeitet mit deterministischen Modellen und stellt somit eine deterministische Planung dar.[1] Es liegt die Frage nahe, ob es nicht auch möglich ist, eine entsprechende stochastische Integrierte Zielverpflichtungsplanung zu realisieren, welche auf der Anwendung stochastischer Modelle beruht. Dies ist der Gegenstand des ersten Abschnittes dieses Kapitels.

Der zweite Abschnitt dient der systematischen Einordnung einiger in der Literatur häufig verwendeter Planungsbegriffe in das Planungssystem der Integrierten Zielverpflichtungsplanung. Es handelt sich um die in der Literatur verwendeten Begriffe „**Feedbackplanung**“, „**rückkoppelnde Planung**“, „**Lenkung**“, „**Steuerung“** und „**steuernde Planung“**. Im Folgenden wird gezeigt, dass diese Begriffe im Rahmen des Begriffssystems der Integrierten Zielverpflichtungsplanung anwendbar sind. Sie lassen sich, wie darzulegen sein wird, als spezielle Formen der Bottom-Up-Planung mit einer stochastischen Integrierten Zielverpflichtungsplanung kennzeichnen.

1. Verfahren einer stochastischen Integrierten Zielverpflichtungsplanung

Deterministische Gleichungsmodelle sind Modelle, in denen für die Basisgrößen feste Prognosewerte vorgegeben sind. Als Folge davon wird für jede endogene Variable unter Verwendung der Modellgleichungen ein eindeutiger Prognosewert berechnet.

Wenn deterministische Gleichungsmodelle zu Planungszwecken verwendet werden, dann kann im Lichte der normativen Entscheidungstheorie nur eine Entscheidungssituation unter Sicherheit vorliegen. Die Anwendung der normativen Entscheidungstheorie unter Sicherheit ist aber nur möglich, wenn ein Modell der Integrierten Zielverpflichtungsplanung Entscheidungsvariablen besitzt. Denn nur die alternativen Ausprägungen dieser Größen repräsentieren im Rahmen eines Modells der Integrierten Zielverpflichtungsplanung die Entscheidungsalternativen der normativen Entscheidungstheorie.

Wenn ein Modell der Integrierten Zielverpflichtungsplanung daher keine Entscheidungsvariablen besitzt und damit nur eine reine Zielverpflichtungsplanung praktiziert wird, dann sind die Normen einer „Entscheidung unter Sicherheit“ mangels einer Optimierung bei diesem Planungsverfahren nicht anwendbar. Entsprechend soll in diesem Fall von einer **Zielverpflichtungsplanung unter Sicherheit** gesprochen werden. Das Attribut „Sicherheit“ resultiert aus dem Umstand, dass ein deterministisches Modell verwendet wird. Von diesem Fall wurde bisher ausgegangen, wenn von einer „Zielverpflichtungsplanung“ die Rede war.

Neben deterministischen gibt es aber auch **stochastische Gleichungsmodelle**. Ihr Aufbau lässt sich am besten dadurch kennzeichnen, dass von der Existenz eines deterministischen Gleichungsmodells ausgegangen und dieses dann „stochastisiert“, d. h. in ein stochastisches Modell überführt wird. Eine solche Stochastisierung besteht darin, dass eine Basisgröße, der bisher ein (sicherer) Prognosewert zugeordnet wurde, nunmehr nur durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben wird. Für alle von diesen Basisgrößen abhängenden endogenen Variablen des ehemals deterministischen Modells kann man nunmehr keinen eindeuti-

[1] Siehe: Zwicker, E., Integrierte Zielverpflichtungsplanung und -kontrolle- ein Verfahren der Gesamtunternehmensplanung und –kontrolle, Berlin 2008.

gen Wert mehr berechnen. Es ist nur möglich, ihre Wahrscheinlichkeitsverteilung zu bestimmen. Das Modell wird durch die Einführung einer stochastischen Basisgröße sozusagen „stochastisch verseucht“ und damit zu einem stochastischen Modell. Ein stochastisches Gleichungsmodell ist daher ein Modell, dessen endogene Variablen durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen beschrieben werden, weil sie von stochastischen Basisgrößen abhängen.

Die Stochastisierung eines deterministischen Modells der Integrierten Zielverpflichtungsplanung wäre nur zulässig, wenn es eine stochastische Planungslogik einer Zielverpflichtungsplanung gäbe, d. h. eine Art **Zielverpflichtungsplanung unter Risiko**. Sie würde neben der bisher erörterten deterministischen zu einer stochastischen Integrierten Zielverpflichtungsplanung führen. Die Frage, ob ein solches Verfahren möglich ist, wird im Folgenden erörtert.

Vorerst ist aber zu klären, welche Arten von Basisgrößen in einem Modell der Integrierten Zielverpflichtungsplanung als stochastische Basisgrößen infrage kommen. Das dominierende Kennzeichen von Entscheidungsparametern und Entscheidungsvariablen besteht darin, dass sie von den Unternehmen voll beeinflussbar sind. In einem solchen Fall ist es geboten, die vorgegebenen Werte dieser voll beeinflussbaren Basisgrößen auch in dem Modell zu verwenden. Eine Stochastisierung würde keinen Sinn ergeben. Entsprechendes gilt für Basisziele. Sie sind zwar nicht vollständig beeinflussbar, aber im Rahmen der Integrierten Zielverpflichtungsplanung wird gerade von der Annahme ausgegangen, dass die Bereiche die ausgehandelte Wertgröße realisieren. Sie zu stochastisieren würde den Gedanken einer Zielverpflichtung ad absurdum führen.
Es bleiben daher nur die nicht beeinflussbaren Basisgrößen als potenzielle stochastische Basisgrößen. Welche nicht beeinflussbaren Basisgrößen kommen aber in Kosten-Leistungsmodellen als stochastische Variable infrage? Der Mietzins, welcher für das anstehende Jahr durch Vertragsabschluss nicht mehr beeinflussbar ist, gehört wohl nicht dazu. Das Gleiche gilt für Verbrauchsmengensätze, welche aufgrund der konstruktiven Bedingungen beschreiben, wie viele Teile (z. B. Reifen) für ein Hauptprodukt (z. B. Pkw) erforderlich sind. Eine stochastische Beschreibung dagegen könnte für den Wechselkurs einer Währung erfolgen. Auch könnte man annehmen, dass die Preis-Absatz-Funktion eines Artikels auf einem bestimmten Markt nur durch eine stochastische Gleichung der Form

$$P = C_1 - C_2 \cdot N + \varepsilon \qquad (1)$$

$\varepsilon \quad \in \mathrm{NV}\{0,\sigma\}$
P – Preis
N – Nachfrage
NV – Normalverteilung

beschrieben wird. C_1 und C_2 würden hierbei als nicht beeinflussbare Basisgrößen fungieren. ε wäre eine stochastische Basisgröße in Form einer Normalverteilung mit dem Mittelwert 0 und der Standardabweichung σ. Es ist schwierig, weitere Beispiele für stochastische Variablen in Kosten-Leistungsmodellen zu finden. Dasselbe gilt für UEFI-Modelle. Hier könnte man überlegen, ob die Zinssätze der Kapitalgeber als stochastische Basisgrößen beschrieben werden sollten.

In der Praxis werden stochastische Modelle für die Unternehmensgesamtplanung praktisch nicht verwendet. Diese Feststellung wurde von Eliasson aufgrund einer Untersuchung der Unternehmensgesamtplanung von sechzig Unternehmen getroffen.[2] Wie Keen und Scott Morton feststellen, bereitet es Praktikern große Schwierigkeiten, mit dem Begriff „Wahrscheinlichkeit" zu arbeiten und damit auch Wahrscheinlichkeitsaussagen für das Auftreten bestimmter Ereignisse vorzunehmen.[3] Im Hinblick auf die praktische Anwendbarkeit besteht daher kein Bedarf, gegenüber der bisher beschriebenen deterministischen Integrierten Zielverpflichtungsplanung eine Integrierte Zielverpflichtungsplanung unter Risiko oder eine stochastische Integrierte Zielverpflichtungsplanung zu entwickeln.
Im Folgenden soll aber dennoch eine Variante der stochastischen Integrierten Zielverpflichtungsplanung beschrieben werden. Sie soll als **stochastische erwartungswertäquivalente Integrierte Zielverpflichtungsplanung** oder kürzer als **stochastische Integrierte Zielverpflichtungsplanung vom Typ EWÄ** bezeichnet werden.
Im Rahmen des INZPLA-Systems ist es möglich, eine deterministische Planung nach dem Abschluss der Planung bezüglich ihrer nicht beeinflussbaren Basisgrößen nachträglich zu stochastisieren. Dieses Vorgehen ist nur dann angemessen, wenn die Bedingungen zur Realisierung einer stochastischen Integrierten Zielverpflichtungsplanung von Typ EWÄ vorliegen.

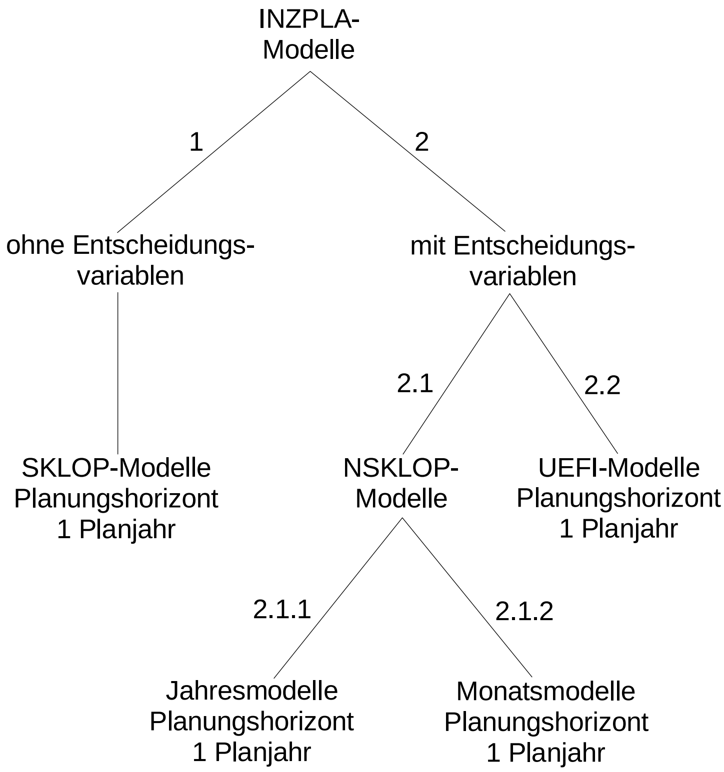

Abb. 1: Arten von INZPLA-Modellen unter Kennzeichnung ihres Planungshorizontes

Eine stochastische Integrierte Zielverpflichtungsplanung vom Typ EWÄ soll nur für INZPLA-Modellen ohne Entscheidungsvariablen beschrieben werden, sie beschränkt sich daher

---

[2] Eliasson, G., Business Economic Planning- Theory, Practise and Comparison, Stockholm 1976, Seite 46.
[3] Keen, P. G. W., Scott Morton, M. S., Decision Support Systems. An Organisational Perspective Reading, Mass. 1978, Seite 129.

auf SKLOP-Modelle (1 in Abb. 1). Wir gehen davon aus, dass ein Anwender ein stochastisches Standard-Kosten-Leistungsmodell ohne Profitcenter (SKLOP-Modell) entwickelt hat.[4] Dieses zeichnet sich, wie erwähnt, gegenüber seinem deterministischen Äquivalent dadurch aus, dass wenigstens eine seiner nicht beeinflussbaren Basisgrößen durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben wird. Die Wahrscheinlichkeitsverteilungen dieser stochastischen Basisgrößen haben einen Erwartungswert. Ersetzt man in dem stochastischen SKLOP-Modell X die stochastischen Basisgrößen durch ihren Erwartungswert, so erhält man ein deterministisches Modell, welches als **ÄD-Modell von X** bezeichnet werden soll.[5] Ein solches ÄD-Modell von X besitzt eine **Erwartungswertäquivalenz** bezüglich einer endogenen Variablen E, wenn sein für E errechneter Wert mit dem Erwartungswert von E des stochastischen Ausgangsmodells X übereinstimmt.

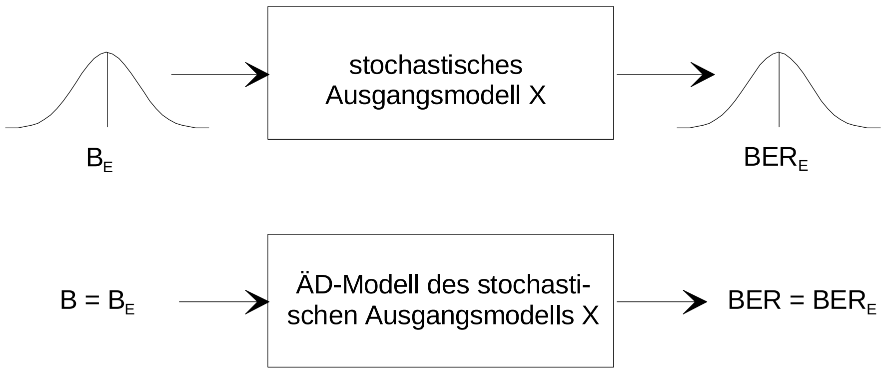

Abb. 2: Beispiel zur Demonstration einer BER-Erwartungswertäquivalenz

In Abb. 2 wird beispielsweise angenommen, dass das stochastische Ausgangsmodell X eine einzige stochastische Basisgröße mit dem Erwartungswert B_E besitzt. Als Folge davon wird das Betriebsergebnis, wie man im oberen Teil von Abb. 2 erkennt, durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung mit dem Erwartungswert BER_E beschrieben. Eine Erwartungswertäquivalenz bezüglich der endogenen Variable BER liegt vor, wenn man in dem stochastischen Ausgangsmodell für die stochastische Basisgröße B den feste Wert B_E wählt und als Folge davon der Wert des Betriebsergebnisses in diesem nunmehr deterministischen Modell genau dem Erwartungswert BER_E des stochastischen Ausgangsmodells entspricht. Das durch diese „Entstochastisierung“ erhaltene deterministische Modell ist das **ÄD-Modell des stochastischen Ausgangsmodells**. Bei einer Integrierten Zielverpflichtungsplanung ohne Bereichsziele ist nur die Erwartungswertäquivalenz des Betriebsergebnisses (BER-Erwartungswertäquivalenz) von Bedeutung. Bei einer Bereichszielplanung muss sie auch für die Bereichsziele gelten.

---

4 Dies ist das Standardmodell, von welchem Kilger im Rahmen seiner flexiblen Plankostenrechnung ausgeht. Es liegt auch dem Controllingsystem von SAP zugrunde. Im Rahmen der Integrierten Zielverpflichtungsplanung liegt ein solches Modell immer vor, wenn es durch die Standard-Modelltableaus des Konfigurationssystems der Integrierten Zielverpflichtungsplanung beschrieben werden kann. Zum Aufbau dieses Modelltableausystems. siehe: Zwicker, E., Das Modelltableausystem von Kosten-Leistungsmodellen im System der Integrierten Zielverpflichtungsplanung, Berlin 2000.

5 ÄD-Modell = äquivalentes deterministisches Modell.

Es ist zu verlangen, dass die Erwartungswertäquivalenz bezüglich aller möglichen Basiszielkombinationen der Referenzvariablen, d. h. dem Betriebsergebnis oder auch der Bereichsziele, gilt. Ist dies der Fall, liegt eine **generelle Erwartungswertäquivalenz** bezüglich der Referenzvariablen vor.

Wenn bei einer Integrierten Zielverpflichtungsplanung ohne Bereichsziele eine generelle BER-Erwartungswertäquivalenz vorliegt, dann kann eine **stochastische Integrierte Zielverpflichtungsplanung vom Typ EWÄ** in folgender Weise betrieben werden:

1. Ersetze die nicht beeinflussbaren stochastischen Basisgrößen des Ausgangsmodells X durch ihre Erwartungswerte.
2. Mit dem auf diese Weise gewonnenen deterministischen Modell (ÄD-Modell von X) wird die (bisher allein beschriebene deterministische) Integrierte Zielverpflichtungsplanung (in Form der Planungstriade) praktiziert.
3. Nach dem Abschluss der Jahresplanung kann das deterministische Modell mit seinen Planend-Basisgrößen in ein stochastisches umgewandelt werden, indem die stochastischen nicht beeinflussbaren Basisgrößen wieder gelten sollen. Von diesem stochastischen Planend-Jahresmodell kann die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Betriebsergebnisses durch eine Monte-Carlo-Simulation ermittelt werden.[6] Die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Betriebsergebnisses gibt dem Benutzer über den Erwartungswert hinausgehende weitere Informationen über die Realisierungswahrscheinlichkeit des Betriebsergebnisses.

Die unterjährige Planung wird wie im deterministischen Fall betrieben. Nach ihrem Abschluss kann das verwendete Monatsmodell in entsprechender Weise stochastisiert werden. Entsprechendes gilt für die Bereichszielplanung.
Eine Voraussetzung für eine stochastische Integrierte Zielverpflichtungsplanung des Typs EWÄ ist, dass eine generelle BER-Erwartungswertäquivalenz vorliegt. Wie stellt man diese aber fest? Im Rahmen des INZPLA-Systems wird ein Verfahren praktiziert, bei welchem eine solche Feststellung auf experimentellem Wege erfolgt.
Die ersten zwei beschriebenen Schritte einer stochastischen Integrierten Zielverpflichtungsplanung vom Typ EWÄ werden praktiziert, ohne die Voraussetzung einer generellen BER-Erwartungswertäquivalenz zu überprüfen. Vor Beginn des dritten Schrittes wird eine Monte-Carlo-Simulation mit steigender Stichprobenzahl praktiziert. Konvergiert der Erwartungswert der Schätzverteilung des Betriebsergebnisses gegen den deterministischen Planendwert, dann soll das Verfahren akzeptiert werden.[7, 8]

---

6 Genau genommen handelt es sich um eine Schätzfunktion der Wahrscheinlichkeitsverteilung.

7 Der Schluss, dass eine Konvergenz vorliegt, beruht bei solchen Monte-Carlo-Simulationen auf einer subjektiven Beurteilung des Anwenders. Es ist daher kein zwingender Schluss möglich, ob eine solche Erwartungswertäquivalenz vorliegt. Der Benutzer hat aber die Möglichkeit, mit Hilfe des vorhandenen Computeralgebrasystems die reduzierte Gleichung des Betriebsergebnisses zu berechnen, in welcher nur die stochastischen Basisgrößen symbolische Variable des Erklärungsteiles bilden. Anhand dieser reduzierten Gleichung und einschlägiger Theoreme der Stochastik kann der Benutzer u. U. zu dem zwingenden Schluss kommen, daß eine BER-Erwartungswertäquivalenz vorliegt. Siehe zu einem solchen Vorgehen Zwicker, E., Simulation und Analyse dynamischer Systeme in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Berlin 1981, Seite 380.

Damit ist eine stochastische Integrierte Zielverpflichtungsplanung für SKLOP-Modelle mit Erwartungswertäquivalenz beschrieben. Im Prinzip ist dieses Verfahren auch für NSKLOP-Modelle (2 in Abb. 1), d. h. Modelle mit Entscheidungsvariablen, möglich. Hier müsste die generelle BER-Erwartungswertäquivalenz nicht nur bezüglich der möglichen Basisziel-kombinationen, sondern auch bezüglich der möglichen Wertekombinationen der Basisziele und Entscheidungsvariablen gelten.

2. Feedbackplanung, rückkoppelnde Planung, steuernde Planung sowie Lenkung und Steuerung im Lichte einer stochastischen Integrierten Zielverpflichtungsplanung

Im zweiten Abschnitt dieses Kapitels sollen, wie beschrieben, bestimmte Planungsbegriffe, die in der Literatur Erwähnung finden, daraufhin überprüft werden, ob sie in das Begriffssystem der Integrierten Zielverpflichtungsplanung eingeordnet werden können. Es handelt sich, wie erwähnt, um die Begriffe „Feedbackplanung“, „rückkoppelnde Planung“, „Lenkung“, „Steuerung“ und „steuernde Planung“.[9] Diese Begriffe müssen entweder eine Art der Zielverpflichtungs- oder Optimierungsplanung kennzeichnen, um im System der Integrierten Zielverpflichtungsplanung anwendbar zu sein.

Wie gezeigt werden wird, kennzeichnen sie besondere Formen einer Optimierungsplanung, die im Rahmen einer stochastischen Integrierten Zielverpflichtungsplanung auftreten können. Es handelt sich um Formen einer optimierenden Bottom-Up-Planung mit einem stochastischen NSKLOP-Monatsmodell (2.1.2 in Abb. 1). Die Begriffe treten daher in einer Form der stochastischen Integrierten Zielverpflichtungsplanung auf, welche bisher nicht beschrieben wurde. Hier kennzeichnen sie eine unterjährige Bottom-Up-Planung. Bei der unterjährigen Bottom-Up-Planung einer stochastischen Integrierten Zielverpflichtungsplanung wird, wie im deterministischen Fall, das Monatsmodell über den Planungshorizont von zwölf Monaten optimiert. Im deterministischen Fall ist die Summe aller monatlichen Betriebsergebnisse (BER_t) zu maximieren. Im stochastischen Fall soll immer der Erwartungswert der aufsummierten monatlichen Betriebsergebnisse maximiert werden.[10]

Abb. 3 zeigt das Beispiel eines NSKLOP-Monatsmodells. Es ist stochastisch, weil die Variablen X_t, BER_t und B_t von der stochastischen Basisgröße ε_t beeinflusst werden. Das mehrperiodige Modell ist dynamisch, weil zwischen den Perioden über die Variable B_t verzögerte Beziehungen auftreten, denn die Variable B_t hängt auch von ihrem Wert der Vorperiode B_{t-1} ab. Solche verzögernden Beziehungen laufen fast immer über Bestandsgrößen. In einem NSKLOP-Modell können solche Bestandsgrößen durch die Lagerbestände beschrieben wer-

8 Es wird nur eine BER-Äquivalenz bezüglich der Planendwertebasisziele geprüft. Diese Einschränkung ist kein „sauberes“ Vorgehen. Denn es ist nicht gesichert, daß die während der Planung verwendeten sonstigen Basiszielkombinationen zu einer BER-Äquivalenz führen.

9 Die so genannte „Regelkreisplanung“, welche eine definitorische Nähe zu einigen dieser Planungsbegriffe besitzt, wird in einer Betrachtung zur kybernetischen Planung beschrieben, siehe: Zwicker, E., Integrierte Zielverpflichtungsplanung und kybernetische Planung, Berlin 2002.

10 Es wären auch andere Zielfunktionen denkbar, welche weitere Parameter der Wahrscheinlichkeitsverteilung von BER berücksichtigen.

den.[11] Als Zielgröße der optimierenden Planung soll wie erwähnt die Summe der Erwartungswerte aller monatlichen Betriebsergebnisse (BERS) verwendet werden, d. h.

$$BERS = EW\left[\sum_{t=1}^{12} BER_t\right]. \tag{2}$$

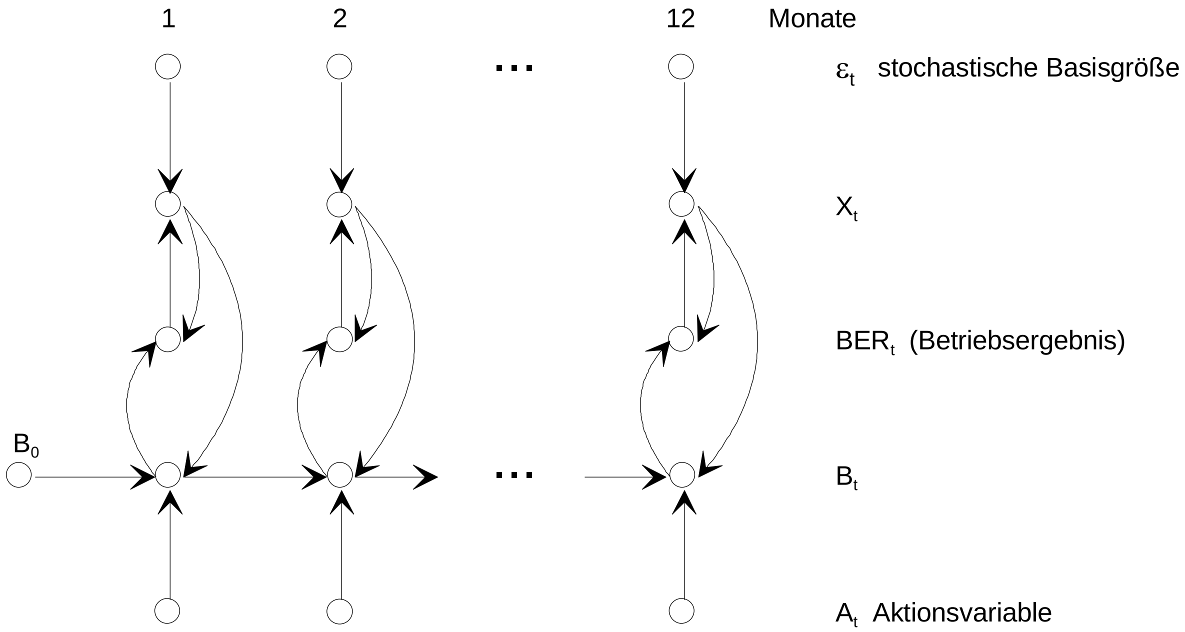

Abb. 3: Beispiel einer dynamischen stochastischen Optimierung

Die sich ergebende **stochastisch dynamische Optimierung** zeichnet sich dadurch aus, dass die Wahl einer Aktionsvariablen im Monat t* die Werte der monatlichen Betriebsergebnisse in den Folgemonaten t = t*+1, t*+2...beeinflusst. Die Optimierung kann daher nicht separat Periode für Periode vorgenommen werden. Vielmehr sind sämtliche Monatswerte der Aktionsvariablen als Variablen einer Optimierung zu bestimmen. Diese Feststellung gilt auch für eine entsprechende deterministische Planung.

Bei einer stochastisch dynamischen Planung wird der Alternativenbereich durch eine Form der Entscheidungsalternativen beschrieben, die sich von der Beschreibung der Alternativen der Optimierungen eines deterministischen Modells mit Entscheidungsvariablen wesentlich unterscheidet, d. h. den Fällen 2.1.1 und 2.2 in Abb. 1. Ein stochastisches dynamisches Modell besitzt Optimierungsalternativen, die in Form von Entscheidungsvorschriften beschrieben werden müssen, welche besagen, unter welchen Umständen welcher Zahlenwert für die Entscheidungsvariablen zu wählen ist. Der Alternativenbereich einer deterministischen Optimierung wird dagegen durch Zahlenwerte der Entscheidungsvariablen beschrieben. Das Erfordernis, eine Entscheidungsvorschrift als Alternative einer stochastisch dynamischen Optimierung verwenden zu müssen, soll anhand eines einfachen Beispiels demonstriert werden.

---

11 Es handelt sich dann um NSKLOP-Modell mit einer Lagerdurchflussmodellierung.

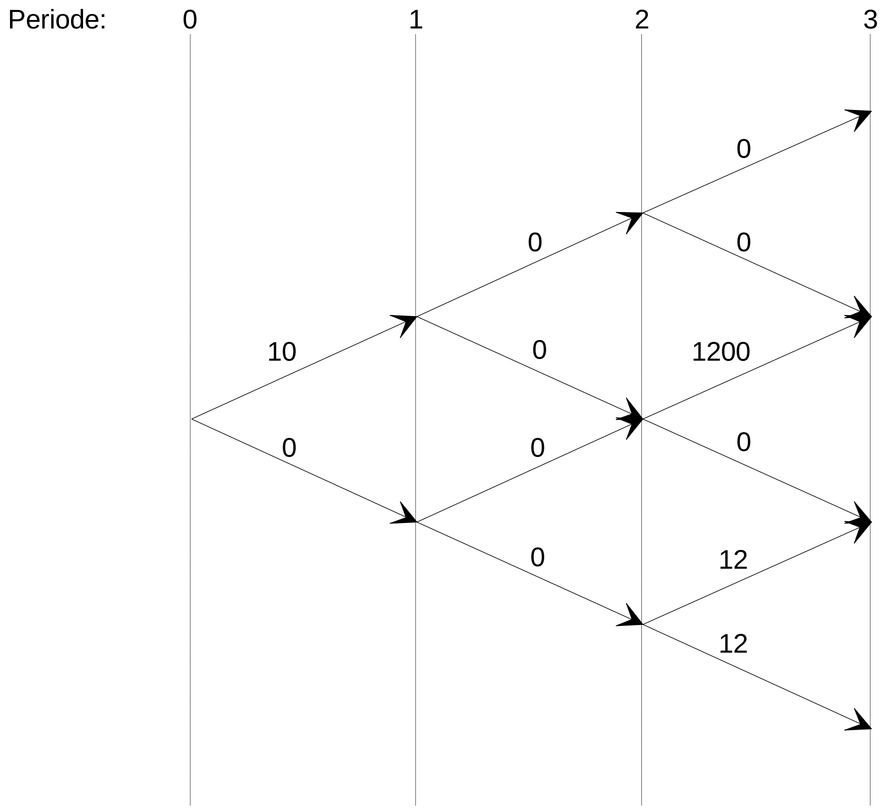

Abb. 4: Beispiel eines Modells zur Kostenminimierung

Abb. 4 zeigt ein Netzwerk, dessen Knoten bestimmte Zustände eines Systems repräsentieren.[12] Die senkrechten, unterbrochenen Linien umfassen dabei jeweils die Knoten der möglichen Zustände in einer bestimmten Periode. Durch eine Entscheidung geht man von einem Zustand (Knoten) zu einem der in der nächsten Periode gelegenen Zustände über. Die Zustände (Knoten), zwischen denen Übergänge möglich sind, sind durch Richtungspfeile miteinander verbunden. In jedem Zustand (Knoten) hat man die Möglichkeit, zwei alternative Entscheidungen A oder B vorzunehmen. Durch eine Entscheidung A kann sowohl der Zustand realisiert werden, zu dem der nach oben als auch nach unten weisende Richtungspfeil hinführt.

Die Wahrscheinlichkeit, mit der die Entscheidung A zu dem durch den oberen Richtungspfeil gekennzeichneten Zustand führt, sei ¾, während der Zustand, zu dem der nach unten weisende Pfeil führt, mit einer Wahrscheinlichkeit von ¼ realisiert wird. Durch eine Entscheidung B können ebenfalls beide Zustände realisiert werden, wobei die Wahrscheinlichkeit der Realisierung des oberen Zustandes ¼ und des unteren Zustandes ¾ beträgt.

Mit dem Übergang von einem Zustand zu einem anderen sind Kosten verbunden, deren Beträge auf den zu den Zuständen führenden Richtungspfeilen eingetragen sind. Die Zielgröße Z ist damit

$$Z = \sum_{t=0}^{3} K(t) \tag{3}$$

---

12 Vgl. zu diesem Beispiel Dreyfus, S. E., Introduction to Stochastic Optimization and Control, in: Optimization and Control, Karreman, H. F. (Hrsg.), New York 1968, Seite 3 ff.

K(t) beschreibt die in der t-ten Periode auftretenden Kosten. Das Entscheidungsproblem besteht in der Ermittlung der Alternative R^*, die den Erwartungswert von Z minimiert.
Es stellt sich nunmehr die Frage nach der konkreten Gestalt der Alternativen R_1, R_2, … unter denen sich auch das optimale R^* befindet. Die Aktionsvariable besitzt in jeder Periode zwei Ausprägungen A und B. Der Planungszeitraum umfasst drei Perioden. In Periode 0 besitzt die Zustandsvariable eine Ausprägung Z(0). Dagegen weist die Zustandsvariable in der 1. Periode zwei $Z_u(1)$, $Z_o(1)$ und in der 2. Periode drei Ausprägungen $Z_u(2)$, $Z_m(2)$, $Z_o(2)$ auf.[13] Jede Alternative R_i umfasst damit eine Vorschrift, welche Entscheidung (A oder B) zu wählen ist, falls eine bestimmte Realisation der Zustandsvariablen in einer Periode auftritt. Eine Alternative wird beispielsweise durch folgende bedingte Forderungen oder Entscheidungsvorschrift ausgedrückt:

Wähle A
Wenn $Z_u(1)$ dann wähle A
Wenn $Z_o(1)$ dann wähle B
Wenn $Z_u(2)$ dann wähle A
Wenn $Z_m(2)$ dann wähle A
Wenn $Z_o(2)$ dann wähle B

Diese Alternative lässt sich durch den Vektor $\{A,A,B,A,A,B\}$ kennzeichnen. Alternativen, die sich wie in diesem Fall in Gestalt bedingter Forderungen ausdrücken lassen, sollen als Entscheidungsvorschriften bezeichnet werden.
Insgesamt stehen 64 Entscheidungsvorschriften zur Beeinflussung des Systems zur Verfügung. Jede Praktizierung dieser Entscheidungsvorschriften hat einen bestimmten Erwartungswert zur Folge.

$$E_{AABAAB} = \underbrace{\frac{3}{4}\frac{1}{4}\frac{1}{4}10}_{SSS} + \underbrace{\frac{3}{4}\frac{1}{4}\frac{3}{4}10}_{SSF} + \underbrace{\frac{3}{4}\frac{3}{4}\frac{3}{4}1210}_{SSF} + \underbrace{\frac{3}{4}\frac{3}{4}\frac{1}{4}10}_{SSF}$$

$$+\underbrace{\frac{1}{4}\frac{1}{4}\frac{1}{4}12}_{SSS} + \underbrace{\frac{1}{4}\frac{3}{4}\frac{3}{4}1200}_{SSF} + \underbrace{\frac{1}{4}\frac{3}{4}\frac{1}{4}0}_{SSF} + \underbrace{\frac{1}{4}\frac{1}{4}\frac{3}{4}12}_{SSF} = 683{,}25 \tag{4}$$

Der Prozess der Kostenentstehung kann insgesamt acht verschiedene Verlaufsformen annehmen. Bezeichnet man mit dem Symbol S, dass der Prozess in Abb. 4 einen steigenden und mit dem Symbol F einen fallenden Pfad realisiert, so ergeben sich die acht Verlaufsformen SSS, SSF, SFS, SFF, FFF, FSF, FFS, FSS. Jede dieser Verlaufsformen kann mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit bei jeder praktizierten Entscheidungsvorschrift realisiert werden. Der Er-

13 Die Indizes u, m, o kennzeichnen die Lage des Knotens in der betreffenden in Klammern angegebenen Periode. Es bedeuten: u: unten, m: in der Mitte, o: oben, d. h. z. B. $Z_m(2)$: mittlerer Knoten in Periode 2.

wartungswert der Kosten einer bestimmten Entscheidungsvorschrift berechnet sich aus der Summe aller Wahrscheinlichkeiten einer Verlaufsform multipliziert mit den jeweiligen Kosten, die bei dieser Verlaufsform realisiert werden. Die Strategie $\{A,A,B,A,A,B\}$ liefert beispielsweise den Erwartungswert

In analoger Weise können sämtliche Entscheidungsvorschriften ermittelt werden. Abb. 5 zeigt die Erwartungswerte der durch verschiedene Entscheidungsvorschriften bewirkten Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Z.

Mittelwert	Durch die folgenden Entscheidungsvorschriften (Alternativen) bewirkt	Mittelwert	Durch die folgenden Entscheidungsvorschriften (Alternativen) bewirkt
345,75	{ A,A,A,A,A,B } (1), { A,A,A,A,A,A } (2), { A,A,A,B,A,B } (3), { A,A,A,B,A,A } (4),	567,25	{ B,A,A,A,A,B } (33), { B,A,A,A,A,A } (34), { B,A,A,B,A,B } (35), { B,A,A,B,A,A } (36),
120,75	{ A,A,A,A,B,A } (5) { A,A,A,A,B,B } (6), { A,A,A,B,B,A } (7), { A,A,A,B,B,B } (8),	192,25	{ B,A,A,A,B,A } (37), { B,A,A,A,B,B } (38), { B,A,A,B,B,A } (39), { B,A,A,B,B,B } (40),
683,25	{ A,A,B,A,A,B } (9), { A,A,B,A,A,A } (10), { A,A,B,B,A,B } (11), { A,A,B,B,A,A } (12),	679,75	{ B,A,B,A,A,B } (41), { B,A,B,A,A,A } (42), { B,A,B,B,A,B } (43), { B,A,B,B,A,A } (44),
233,25	{ A,A,B,A,B,A } (13), { A,A,B,A,B,B } (14), { A,A,B,B,B,A } (15), { A,A,B,B,B,B } (16),	229,75	{ B,A,B,A,B,A } (45), { B,A,B,A,B,B } (46), { B,A,B,B,B,A } (47), { B,A,B,B,B,B } (48),
234,75	{ A,B,A,A,A,B } (17), { A,B,A,A,A,A } (18), { A,B,A,B,A,B } (19), { A,B,A,B,A,A } (20),	234,25	{ B,B,A,A,A,B } (49), { B,B,A,A,A,A } (50), { B,B,A,B,A,B } (51), { B,B,A,B,A,A } (52),
84,75	{ A,B,A,A,B,A } (21), { A,B,A,A,B,B } (22), { A,B,A,B,B,A } (23), { A,B,A,B,B,B } (24),	84,25	{ B,B,A,A,B,A } (53), { B,B,A,A,B,B } (54), { B,B,A,B,B,A } (55), { B,B,A,B,B,B } (56),
572,25	{ A,B,B,A,A,B } (25), { A,B,B,A,A,A } (26), { A,B,B,B,A,B } (27), { A,B,B,B,A,A } (28),	346,75	{ B,B,B,A,A,B } (57), { B,B,B,A,A,A } (58), { B,B,B,B,A,B } (59), { B,B,B,B,A,A } (60),
197,25	{ A,B,B,A,B,A } (29), { A,B,B,A,B,B } (30), { A,B,B,B,B,A } (31), { A,B,B,B,B,B } (32),	121,75	{ B,B,B,A,B,A } (61), { B,B,B,A,B,B } (62), { B,B,B,B,B,A } (63), { B,B,B,B,B,B } (64),

Abb. 5: Zusammenstellung der Alternativen (Entscheidungsvorschriften) im Falle des Kostenmodells

Die den Erwartungswert minimierenden Entscheidungsvorschriften sind die in Abb. 5 mit den Nummern 53 bis 56 gekennzeichneten Vorschriften.

Für die weitere Betrachtung sollen zwei Formen einer Entscheidungsvorschrift unterschieden werden. **Entscheidungsvorschriften** lassen sich in **echte** und **unechte** unterscheiden. Eine Entscheidungsvorschrift soll als echt bezeichnet werden, wenn sie sich nicht als eine Menge unbedingter Forderungen formulieren lässt. Das ist immer dann der Fall, wenn es mindestens eine Aktionsvariable gibt, für welche die Wahl der Ausprägungen von der Ausprägung einer Zustandsvariablen abhängt.

Die Entscheidungsvorschrift $\{A,B,A,B,B,A\}$ ist im angeführten Beispiel eine echte Entscheidungsvorschrift, weil in Periode 2 bei Realisierung des Knotens $Z_u(2)$ eine andere Ausprägung der Aktionsvariable (B) zu wählen ist, als bei der Realisierung von $Z_o(2)$, die die Aktionsvariable A erfordert. Alle Alternativen des Beispiels mit Ausnahme der Nummern 2, 8, 26, 32, 40, 58, und 64 sind daher echte Entscheidungsvorschriften.

Von einer unechten Entscheidungsvorschrift soll dagegen gesprochen werden, wenn eine Entscheidungsvorschrift als eine Menge unbedingter Forderungen formuliert werden kann, d. h. die Wahl der Aktionsvariablen <u>nicht</u> von den Realisationen der Zustandsvariablen abhängt und daher auch vor Beginn des Planungszeitraums bestimmt werden kann. Die Alternative $\{A,B,B,A,A,A\}$ ist beispielsweise eine unechte Entscheidungsvorschrift, da immer B in Periode 1 und A in Periode 2 unabhängig von dem realisierten Knotenpunkt zu wählen ist. Unech-

te Entscheidungsvorschriften sind damit in dem behandelten Beispiel die bereits erwähnten Alternativen 2, 8, 26, 32, 34, 40, 58, und 64.
Überträgt man die Betrachtungen auf das Beispiel in Abb. 3, dann wird die Realisationen der Zustandsvariable durch die Werte des Lagerbestandes der Vorperiode gekennzeichnet. Eine echte Entscheidungsvorschrift der Aktionsvariablen A besitzt die Form

$$A_t = \mathrm{f}_t\left[B_{t-1}\right] \tag{5}$$

Eine unechte Entscheidungsvorschrift führt dazu, dass für jeden Monat t A_t einen bestimmten Wert besitzt. Die Anwendung einer echten optimalen Entscheidungsvorschrift für A_t kann durch Abb. 6 beschrieben werden.

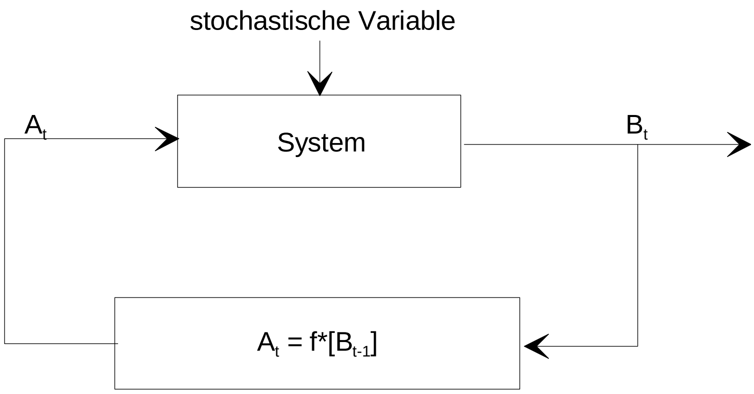

Abb. 6: Schema einer stochastisch dynamischen Planung mit einer echten optimierenden Entscheidungsvorschrift

Man erkennt, dass zur Bestimmung der zu realisierenden Aktionsvariablen A_t ein „Feedback“ oder eine rückkoppelnde Information erforderlich ist. Man kann eine solche Planung daher als eine **optimale Feedbackplanung** oder **optimale rückkoppelnde Planung** bezeichnen.

Auch ist der Begriff einer **optimalen strategischen Planung** für eine solche Planungsform anwendbar. Der Begriff einer strategischen Planung wird allerdings oft auch in einem anderen Sinne verwendet. In der Betriebswirtschaftslehre wird sie als Planung „*zur Sicherung bestehender und/oder zur Erschließung neuer Erfolgspotenziale*” angesehen.[14] Das ist eine Definition, die es nicht erlaubt, sie als Form einer stochastisch dynamischen Planung einzuordnen. Strategische Planung wird hier in einem anderen Sinne gebraucht. Es soll darunter eine Planung verstanden werden, welche die Maßnahmen benennt, die bei dem Eintritt bestimmter (nicht beeinflussbarer) Ereignisse zu ergreifen sind. In diesem Sinne ist eine strategische Planung eine Planung mit Entscheidungsvorschriften, wie in Abb. 6 an einem Beispiel demonstriert wurde. Der Begriff der **Lenkung** wird teilweise im selben Sinne verwendet.
Die erwähnten Planungsbegriffe lassen bei dieser Definition auch die Verwendung des Attributes „optimal“ zu. Man kann daher von einer **optimalen Feedbackplanung**, **rückkoppeln-**

14 Zahn, E., Stichwort: Strategische Planung. In: Handwörterbuch der Planung, Hrsg. Szyperski, N., Stuttgart 1989, Seite 1903.

den Planung, strategischen Planung und **Lenkung** sprechen. Damit lassen sich diese Begriffe als eine besondere Form einer optimierenden Planung kennzeichnen.
Werden nur unechte Entscheidungsvorschriften realisiert, so können die Werte der Aktionsvariablen schon am Anfang der Planungsperiode bestimmt werden. Ein Feedback ist nicht erforderlich.

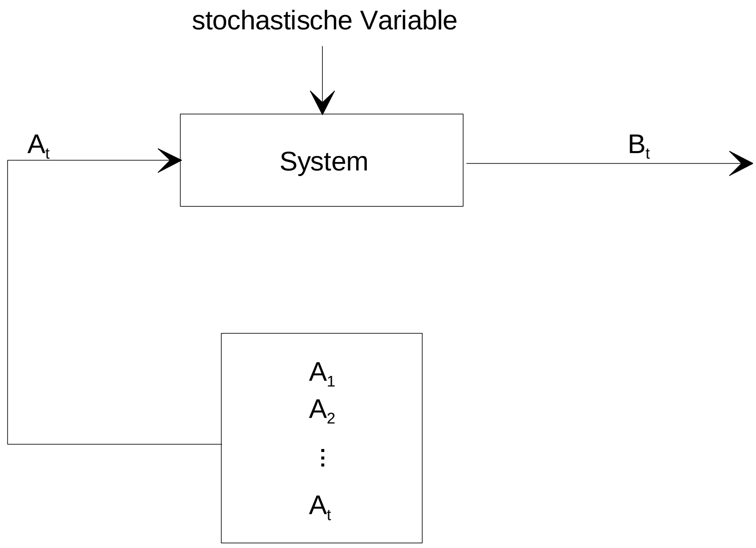

Abb. 7: Schema einer stochastisch dynamischen Planung mit unechten Entscheidungsvorschriften

Eine solche Planung kann aber auch als **Steuerun**g oder als **steuernde Planung** bezeichnet werden. Auch sie führt zu einer optimalen steuernden Planung (oder Steuerung). Bei dieser Optimierung werden aber nur sämtliche möglichen unechten Entscheidungsvorschriften als Alternativen betrachtet.
Die Begriffe einer optimalen steuernden oder optimalen Feedbackplanung basiert daher auf einer unterschiedlichen Alternativenmenge, aus welcher eine Alternative gewählt wird, die das Optimum dieser optimierenden Planung bildet.
Zur Durchführung einer optimalen Feedbackplanung bilden sämtliche echten und unechten Entscheidungsvorschriften den Alternativenbereich. Im Beispiel des Kostenmodells ergeben sich vier optimale echte Entscheidungsvorschriften $\{B,B,A,A,B,A\}$, $\{B,B,A,A,B,B\}$, $\{B,B,A,B,B,A\}$ und $\{B,B,A,B,B,B\}$ mit einem Erwartungswert von 84,25. Im Falle einer optimalen Steuerung ist die unechte Entscheidungsvorschrift $\{A,A,A,B,B,B\}$ mit 120,75 der optimale Wert. Eine optimale Feedbackplanung ist nach dem Postulat der maximalen Alternativenausschöpfung immer einer optimalen steuernden Planung vorzuziehen, weil sie einen größeren Alternativenbereich umfasst und damit zu besseren Ergebnissen führen kann, was in dem Beispiel auch der Fall ist.
Es zeigt sich somit, dass die angeführten Begriffe als Verfahren einer optimierenden stochastisch dynamischen Planung im Rahmen des beschriebenen Systems einer Optimierungs- und Zielverpflichtungsplanung expliziert werden können.
Die Begriffe „Feedbackplanung“ oder auch „rückgekoppelten Planung“ werden in der Literatur auch im Zusammenhang mit den Begriffen einer kybernetischen Planung und Regel-

kreisplanung verwendet. Ihr Gebrauch läuft darauf hinaus, dass ein Planer „irgendwie“ die Ergebnisse der Vorperiode als Grundlage für die Planung einer anstehenden Planperiode verwendet Die Beschreibung einer solchen kybernetischen Planung erfolgt nicht auf der Grundlage eines Modells, sondern allein verbal. Solche nicht modellbasierten Begriffsbildungen zur verbalen Beschreibung von Prozessen mögen fruchtbar sein oder nicht. In dem vorliegenden Zusammenhang werden diese Begriffe aber nur modellbasiert definiert. Erst auf dieser Grundlage ist es möglich, solche Planungen eine präzise Fassung zu geben und damit auch ein Urteil darüber abzugeben, ob sie als „optimal“ oder „suboptimal“ bezeichnet werden können.