

NR. 2

**Heinz Lothar Grob
Ludger Weigel**

**Flexible Investitionsplanung
- Integration von VOFI und DPL -**

INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSINFORMATIK DER WESTFÄLISCHEN WILHELMS-UNIVERSITÄT MÜNSTER
GREVENER STR. 91, 48159 MÜNSTER, TEL. (0251) 83-9752, FAX. (0251) 83-9754

EMAIL: GROB@UNI-MUENSTER.DE

<http://www-wi.uni-muenster.de/aw/>

Oktober 1996

Inhalt

1 Aufgabenstellung	1
2 Darstellung eines Demo-Falls	2
2.1 Datensituation	2
2.2 Entscheidungsbaum	4
3 DV-Realisierung	5
3.1 Grundzüge des Modells	5
3.2 Modellierung des VOFIs in Excel	7
3.3 Modellierung des Influence diagrams und Entscheidungsbaumes in DPL	8
3.4 Dynamischer Datenaustausch (DDE)	11
4 Ergebnis	13
5 Erweiterungsmöglichkeiten	17
Anhang	18
Literatur	20
Software	21

1 Aufgabenstellung

In einem vollständigen Finanzplan (VOFI) werden die einem Investitionsobjekt zurechenbaren monetären Daten, zu denen auch die Steuern zu zählen sind, periodisch-sukzessiv fortgeschrieben.¹ Der sich bei Anwendung des Lösungsalgorithmus automatisch ergebende Zielwert ist der *Endwert* der Investition, der entweder unmittelbar zum Vergleich mit konkurrierenden Alternativen herangezogen werden kann oder aber als Inputgröße eines Rentabilitätsvergleichs verwendbar ist. Dabei führen Endwert- und Rentabilitätskalküle stets zu gleichen Entscheidungsempfehlungen, da von einer *einheitlichen* Datenbasis ausgegangen wird.²

Besondere Vorteile des VOFIs sind in seiner *Transparenz* und *Ausbaufähigkeit* zu sehen. Neben diesen beiden Merkmalen kommt die Möglichkeit der *Integrierbarkeit* von Daten in andere Modelle hinzu. Im folgenden soll gezeigt werden, wie VOFIs in das Modell der computergestützten *flexiblen Planung* integriert werden können.

Die flexible Investitionsplanung stellt ein Verfahren zur *mehrstufigen* Investitionsentscheidung unter *Unsicherheit* dar. Die Entscheidungssituation wird in einem Entscheidungsbaum übersichtlich dargestellt. Der Entscheidungsbaum enthält Entscheidungsknoten mit Entscheidungsästen sowie Zufallsknoten mit Zufallsästen. Die monetären Entscheidungskonsequenzen der Entscheidungsalternativen, die von der denkbaren Umweltsituation abhängig sind, werden den entsprechenden Ästen in Abhängigkeit von der Umweltsituation zugeordnet. Zusätzlich sind für die Zufallsäste subjektive Wahrscheinlichkeiten vorzugeben, mit denen die Umwelt-ereignisse erwartet werden.

Bei der flexiblen Planung³ wird davon ausgegangen, daß die Anfangsentscheidung im Lichte neuer Informationen angepaßt werden kann. Dabei ist bereits im Anfangszeitpunkt über das Ausmaß der Modifizierbarkeit zu entscheiden. Im folgenden wird von einer *zweistufigen* Entscheidung ausgegangen, bei der neben der Anfangsentscheidung eine Folgeentscheidung zu antizipieren ist.

Die Auswertung des Entscheidungsbaums erfolgt nach dem *Roll-back-Verfahren*. Dabei werden nur die maximalen Endwerte der Entscheidungsalternativen der zweiten Stufe in die monetären Konsequenzen beachtet, die bei der Entscheidung auf der ersten Stufe relevant sind. Die Endwerte *nicht-optimaler* Folgeentscheidungen werden folglich bei der Anfangsentscheidung von vornherein nicht berücksichtigt.

Im folgenden geht es nicht nur um die *Darstellung* eines theoretischen Ansatzes zur Integration von VOFIs in Entscheidungsbäume, sondern auch um praktische Fragen bei der *softwaremäßigen Realisierung* des Konzeptes.

¹ Vgl. Grob, H. L. (1989), S. 9 f.

² Ebenda S. 85-88.

³ Vgl. Hax, H., Laux, H. (1972), S. 318 ff.

2 Darstellung eines Demo-Falls

2.1 Datensituation

Zur Demonstration des Konzepts einer flexiblen Investitionsplanung, bei der VOFIs in Entscheidungsbäume eingebettet werden, soll nun eine zweistufige Investitionsentscheidung unter Unsicherheit dargestellt werden. Abb. 1 enthält die für den gesamten Planungszeitraum gültigen Finanzierungsdaten sowie den Ertragsteuermultifaktor.

Eigenkapital	9000 DM
Sollzinsfuß	13 %
Habenzinsfuß	8 %
Ertragsteuermultifaktor	61,49 %

Abb. 1: Finanzierungsdaten und Ertragsteuermultifaktor

In $t=0$ ist aus drei Entscheidungsalternativen die günstigste zu wählen. Alternativ zur sicheren Anlage des Eigenkapitals kann ein großes oder ein kleines Aggregat angeschafft werden. Das kleine Aggregat kann bei Bedarf erweitert werden. Die Erweiterungsentscheidung für die kleine Anlage wird im Demo-Fall in $t=3$ getroffen. Die Daten der Entscheidungsalternativen sind in Abb. 2 zusammengestellt worden.

Alternative	Anschaffungsauszahlung im Anfangszeitpunkt $t=0$ [DM]	Auszahlung bei einer Erweiterung in $t=3$ [DM]
große Anlage	18000	keine Erweiterung möglich
kleine Anlage	12000	6000

Abb. 2: Daten für die Investitionsentscheidungen

Die Zahlungsfolge der Investition setzt sich aus der Anschaffungsauszahlung in $t=0$ und den Einzahlungsüberschüssen in $t=1$ bis $t=5$ zusammen. Der Einzahlungsüberschuß eines jeden Jahres ist von der Nachfrage abhängig. Die Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten einer starken, mittleren oder schwachen Nachfrageentwicklung sowie die dazugehörigen Einzahlungsüberschüsse sind in Abb. 3 für die ersten beiden Jahre zusammengestellt worden.¹

¹ Zur Vereinfachung des Demo-Falls werden für die jeweiligen Szenarien gleiche jährliche Einzahlungsüberschüsse für den Zeitraum $t=1$ bis $t=2$ und für den Zeitraum $t=3$ bis $t=5$ angenommen.

Anlage \ Nachfrage in t=1 und t=2	starke Nachfrage w = 0,3	mittlere Nachfrage w = 0,5	schwache Nachfrage w = 0,2
	groß	7500	5000
klein	4000	3500	3000

Abb. 3: Wahrscheinlichkeiten für (w) die Nachfrageentwicklung und Einzahlungsüberschüsse [DM] in t=1 und t=2

Die für die Jahre t=3 bis t=5 zu erwartenden Einzahlungsüberschüsse sind von den zuvor getroffenen Entscheidungen zur Anschaffung und ggf. Erweiterung der kleinen Anlage abhängig. Die zu erwartenden Einzahlungsüberschüsse von t=3 bis t=5 sind in Abb. 4 zusammengestellt worden. Die Auszahlung für die Erweiterung der kleinen Anlage in Höhe von 6000 DM ist in diesen Daten nicht enthalten.

Anlage \ Nachfrage t=3 bis t=5	stark	mittel	schwach
	groß	14000	8000
klein, erweitert	16000	11000	4000
klein, nicht erweitert	14000	6000	4000

Abb. 4: Einzahlungsüberschüsse [DM] von t=3 bis t=5

Die *subjektiven Wahrscheinlichkeiten* für die Nachfrageentwicklung von t=3 bis t=5 sind von der Nachfrageentwicklung in den beiden Vorjahren abhängig. Der Zusammenhang ist in Abb. 5 dargestellt.

Nachfrage t=3 bis t=5 \ Nachfrage t=1 und t=2	starke Nachfrage w = 0,3	mittlere Nachfrage w = 0,5	schwache Nachfrage w = 0,2
	stark	0,5	0,3
mittel	0,3	0,4	0,3
schwach	0,2	0,3	0,5

Abb. 5: Wahrscheinlichkeiten für die Nachfrageentwicklung von t=3 bis t=5

Die Entscheidungssituation wird nun in einem Entscheidungsbaum abgebildet. Für jeden Endpunkt des Baumes ist jeweils ein Endwert zu ermitteln. Dieser ist im Rahmen eines VOFIs zu bestimmen. Bezüglich der Risikoeinstellung des Entscheidungsträgers sei Risikoneutralität

unterstellt. Folglich ist diejenige *Strategie*¹ zu ermitteln, die zum maximalen Erwartungswert des Endwerts führt.

2.2 Entscheidungsbaum

Die Struktur des Entscheidungsproblems lässt sich in einem Entscheidungsbaum anschaulich darstellen. Die unten stehende Abbildung wurde mit DPL erstellt.

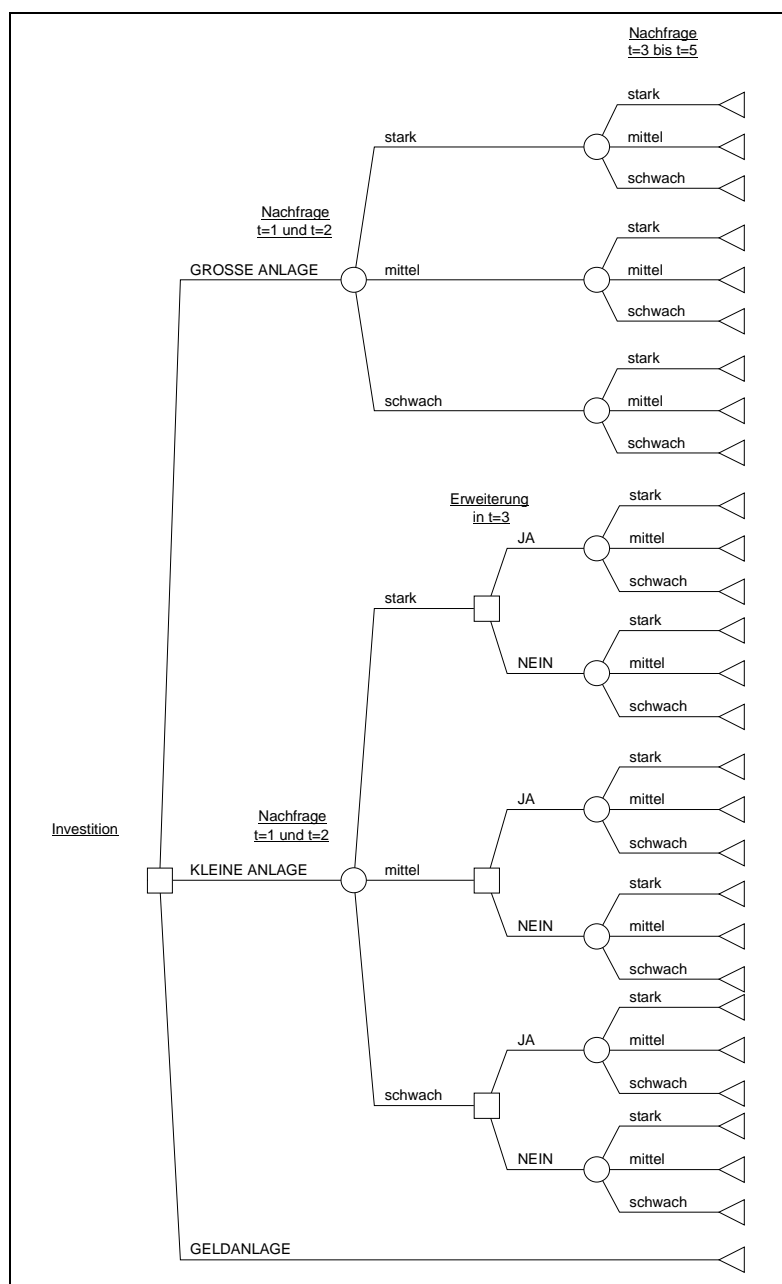


Abb. 6: Entscheidungsbaum für das Demo-Beispiel (traditionelle Darstellung)

¹ Der Begriff *Strategie* wird im folgenden für die Entscheidungsfolge bei mehrstufigen Alternativen verwendet. Vgl. hierzu auch Eisenführ, F., Weber, M. (1993), S. 19.

3 DV-Realisierung

3.1 Grundzüge des Modells

Die computergestützte Lösung des Entscheidungsproblems wird im folgenden mit Hilfe der Standard-Software *Microsoft Excel* und *Decision Programming Language (DPL)* erstellt. Dabei wird die mehrstufige Entscheidungssituation mit dem Programm DPL abgebildet. Dort werden die Aus- und Einzahlungen mit ihren Wahrscheinlichkeiten in einem Entscheidungsbaum abgebildet. Die Berechnung der Endwerte für die verschiedenen Strategien wird in Excel durchgeführt. Dazu wird unter Berücksichtigung des Eigenkapitals, der Zinsfüße und des Ertragsteuermultifaktors ein VOFI verwendet.

Über einen dynamischen Datenaustausch (DDE) werden für jede Strategie die zugehörigen Ein- und Auszahlungen von DPL an Excel gesandt, um dort unter Verwendung von VOFI den Endwert zum Planungshorizont zu ermitteln. Dieser wird von Excel an DPL zurückgesandt und dort im Entscheidungsbaum verarbeitet. Abb. 7 verdeutlicht die Verteilung der Originärdaten des Demo-Beispiels und den dynamischen Datenaustausch.

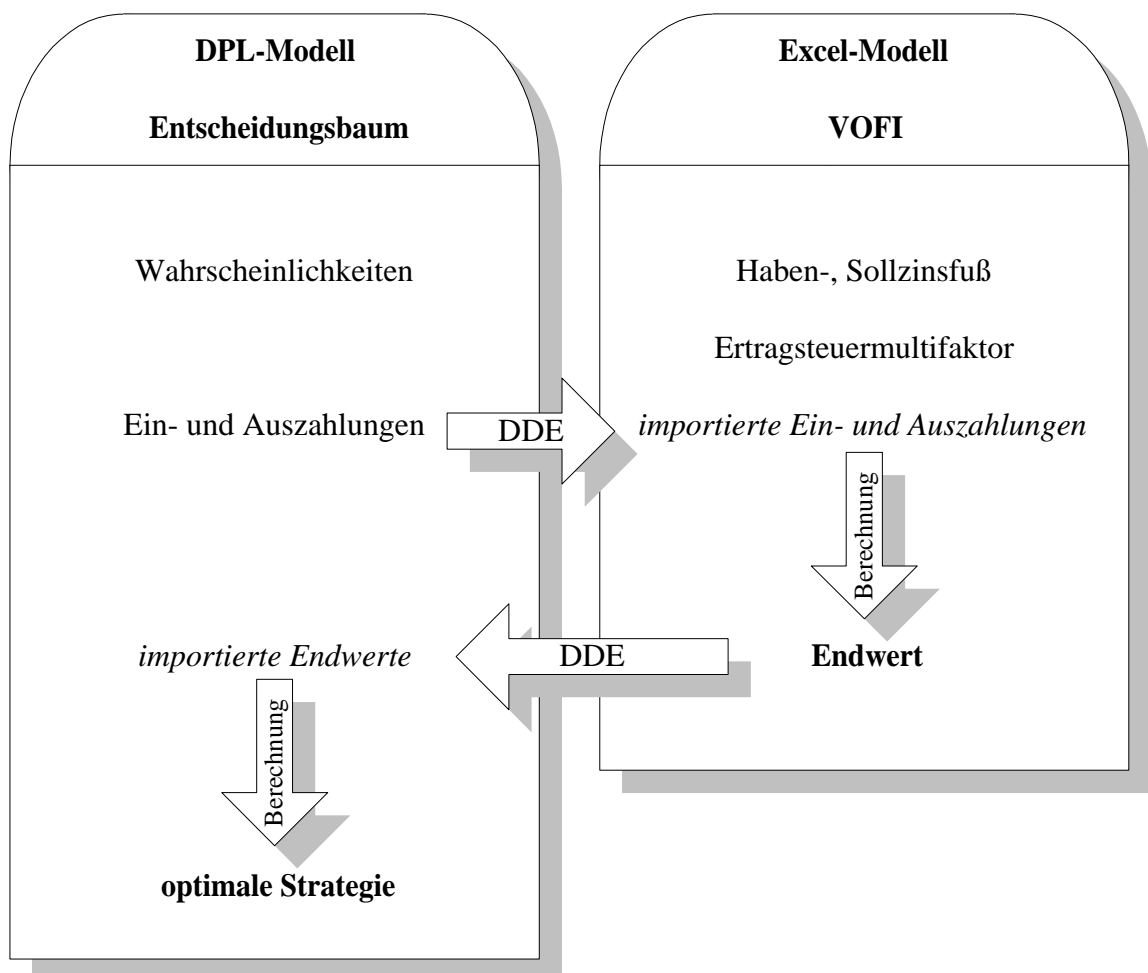


Abb. 7: Verteilung und Austausch der Daten des Modells zwischen DPL und Excel

Im folgenden sollen nun Überlegungen zum Endwertkonzept im Zusammenhang mit der *flexiblen* Planung angestellt werden.

Bei flexibler Planung¹ werden Folgeentscheidungen als *bedingte* Entscheidungen betrachtet, d. h. für Folgeentscheidungen können verschiedene Alternativen in Abhängigkeit von zuvor eingetretenen Umweltsituationen ausgewählt werden. Diese werden bei den nächsten Entscheidungen berücksichtigt. Bei dem zur Entscheidungsfindung zu verwendenden *Roll-back*-Verfahren wird der Entscheidungsbaum vom Ende ausgehend nach vorn durchlaufen. Dabei wird mit dem letzten noch nicht ausgewerteten Entscheidungsknoten eines Astes begonnen. Für jeden Ast des Entscheidungsknotens muß also ein Zielwert ermittelt werden. Die Zielwerte werden verglichen, um die Alternative mit dem höchsten Zielwert zu wählen. Dieses Verfahren wird solange angewendet, bis alle Entscheidungsknoten ausgewertet sind.

Im Hinblick auf das oben beschriebene Modell könnte die Meinung vertreten werden, daß durch die alleinige Betrachtung der Endwerte zum Planungshorizont, d. h. die Nichtbeachtung des Bestandssaldos zum Zeitpunkt der Folgeentscheidung (Erweiterung), *starr* geplant würde. Wird eine Problemlösung mit *starrer Planung*² vorgenommen, so werden Folgeentscheidungen unabhängig von den zuvor eingetretenen Ereignissen festgelegt. Die Unsicherheit der Umweltsituationen wird dann *nicht* sinnvoll abgebildet, da bezüglich der Umweltsituationen vollständige Information unterstellt wird.³

Festzuhalten ist, daß zwar die *Berechnungen* des VOFIs für $t=1$ und $t=2$ zum Zeitpunkt der Erweiterung durchaus als „historisch“ anzusehen sind, während aber gleichzeitig der Bestandssaldo am Ende der Periode $t=2$ als Basis für die Anfang der Periode $t=3$ zu treffende Erweiterungsentscheidung zu sehen ist. Die Berücksichtigung des Bestandssaldos in $t=3$ führt zu einer Veränderung des Niveaus der Endwerte am Ende der Periode $t=5$.⁴ Diese Veränderung fällt zwar unter der Annahme von Risikoneutralität nicht ins Gewicht, wohl aber für eine mögliche Entscheidung unter Risikoscheu oder -freude, da in diesen Fällen aufgrund der Nicht-Linearität der Risikonutzenfunktion unterschiedliche Niveaus der Endwerte auch unterschiedliche Grenznutzen zur Folge haben.⁵

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß sämtliche im Entscheidungsbaum verrechneten monetären Werte des Modells als *Endwerte zum Planungshorizont* angegeben sind. Deshalb

¹ Vgl. Grob, H. L. (1994), S. 284 ff.; Hax, H., Laux, H. (1972), S. 324 ff., Hax, H. (1993), S. 165 ff.; Adam, D. (1993), S. 255 ff.; Grob, H. L. (1982), S. 195; Kruschwitz, L. (1993), S. 285 ff.

² Vgl. Adam, D. (1993), S. 202 u. 255 ff.; Busse von Colbe, W., Laßmann, G. (1990), S. 209; Grob, H. L. (1982), S. 194 f. u. 203; Kruschwitz, L. (1993), S. 283 ff.

³ Vgl. Adam, D. (1993), S. 25; Hax, H. (1993), S. 133; Jacob, H. (1967), S. 156 f.; Adam, D. (1993), S. 194 f.; Eisenführ, F., Weber, M. (1993), S. 19; Perridon, L., Steiner, M. (1993), S. 98.

⁴ Würde nur noch der zusätzliche Endwert im Falle einer Entscheidung *für* die Erweiterung betrachtet, wäre das Niveau der (dann zusätzlichen) Endwerte niedriger.

⁵ Vgl. Adam, D. (1993), S. 244 ff. i. V. m. S. 195 f.; Blohm, H., Lüder, K. (1991), S. 265 f.

können sowohl für die Anfangs- als auch für jede Folgeentscheidung die Zahlen beibehalten werden. Eine Ab- oder Aufzinsung auf den jeweiligen Entscheidungszeitpunkt ist also nicht erforderlich.¹ Eine Verwendung von *Kapitalwerten* als Zielgröße würde indes ein komplizierteres Modell verlangen, da die Kapitalwerte jeweils auf den Entscheidungszeitpunkt abgezinst werden müssten.²

Bei der Verwendung von Endwerten liegen den Folgeentscheidungen Werte zugrunde, die sich auf den Planungshorizont beziehen. Auf die Übereinstimmung von Entscheidungs- und Abzinsungszeitpunkt sollte geachtet werden, da auch hier das Niveau der Endwerte beeinflusst wird.³ Nur unter der Prämisse von Risikoneutralität kann auf eine Identität der Zeitpunkte verzichtet werden, da in diesem Fall der Nutzen des Endwertunterschieds der Alternativen unabhängig vom Niveau der Endwerte ist.⁴

3.2 Modellierung des VOFIs in Excel

Bei Erstellung des VOFIs in Excel müssen sämtliche Zellen, die für den dynamischen Datenaustausch (DDE) zwischen Excel und DPL zur Verfügung stehen sollen, benannt werden.⁵ Für den *Import* der Daten von DPL nach Excel sind dies die Zellen mit der Anschaffungsauszahlung in $t=0$, der Auszahlung für die Erweiterung in $t=3$ sowie den Einzahlungsüberschüssen für $t=1$ und $t=3$.⁶ Für den *Export* von Excel nach DPL ist die Zelle des Bestandssaldos zum Ende der letzten Periode - dies ist der Endwert - auszuwählen. Zusätzlich wird eine Hilfsvariable⁷ zur Identifizierung der Handlungsalternative benötigt. Der Endwert der Geldanlage ist ebenfalls in Excel zu errechnen.

In dem in Abb. 8 dargestellten VOFI sind die Felder der zu *importierenden* Daten grau unterlegt, während die Zellen der zu *exportierenden* Daten schwarz gekennzeichnet sind.

¹ Kruschwitz verwendet das Endwertkonzept als Basis zur Entnahmemaximierung und kann auf eine Auf- oder Abzinsung verzichten. Vgl. Kruschwitz, L. (1993), S. 281 u. 285 ff.

² Blohm/Lüder verwenden Kapitalwerte im mehrstufigen Entscheidungsbaum. Vgl. Blohm, H., Lüder, K. (1991), S. 265 u. 267 ff.

³ Durch eine Abzinsung auf einen vom Entscheidungszeitpunkt abweichenden Zeitpunkt würde sich das Gewinnwertniveau verändern. Nutzenüberlegungen des Entscheidungsträgers könnten zu falschen Ergebnissen führen.

⁴ Vgl. Blohm, H., Lüder, K. (1991), S. 269.

⁵ Vergabe der Namen über den Excel-Menüpunkt „Einfügen->Namen->Festlegen...“.

⁶ Für $t=2$ wird der Wert aus der Zelle für $t=1$ eingesetzt. Analog wird für $t=4$ und $t=5$ der Wert aus der Zelle für $t=3$ eingesetzt. Aufgrund der einfachen Annahmen des Beispiels brauchen somit nur zwei Werte der Zahlungsfolge mittels DDE übertragen zu werden.

⁷ Vgl. hierzu Abschnitt 3.4, *Dynamischer Datenaustausch (DDE)*, S. 11.

Zahlungsfolge der Investition		Anschaffungsauszahlung (a0)		18.000 DM
Anschaffungsauszahlung (a0)	18.000 DM	Einzahlungen t=1 bis t=2		7.500 DM
Einzahlungsüberschüsse		Einzahlungen t=3 bis t=5, große Anlage		14.000 DM
Einzahlungsüberschuß in t = 1	7.500 DM	Einzahlungen t=3 bis t=5, kleine Anlage		0 DM
Einzahlungsüberschuß in t = 2	7.500 DM	Auszahlung für Erweiterung in t=3		0 DM
Einzahlungsüberschuß in t = 3	14.000 DM	Hilffsvariable (groß=0/klein=1/Geldanlage=0)		0
Einzahlungsüberschuß in t = 4	14.000 DM	Endwert der Opportunität (mit Steuern)		10.474 DM
Einzahlungsüberschuß in t = 5	14.000 DM			
Eigenkapital	9.000 DM			
Sollzinsfuß	13,00%			
Habenzinsfuß	8,00%			
Ertragssteuermultifaktor	61,49%			

VOFI der Investition						
Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
Zahlungsfolge der Investition	-18000	7500	7500	14000	14000	14000
Eigenkapital						
+ Anfangsbestand	9000					
- Entnahme						
+ Einlage						
Standardkredit						
+ Aufnahme	9000					
- Tilgung		5758	3242			
- Sollzinsen		1170	421			
Standardanlage						
- Anlage			1808	7255	7478	7709
+ Auflösung				145	725	1323
+ Habenzinsen						
Steuerzahlungen						
- Auszahlungen		572	2028	6890	7247	7615
+ Erstattung						
Finanzierungssaldo	0	0	0	0	0	0
Bestandsgrößen						
Kreditbestand	9000	3242				
Guthabenstand			1808	9063	16542	24251
Bestandssaldo	-9000	-3242	1808	9063	16542	24251

Berechnung der Abschreibungen					
Zeitpunkt	1	2	3	4	5
Buchwert zu Beginn des Jahres	18000	12600	8820	5880	2940
Afa (degressiv)	5400	3780	2646	1764	882
Afa (linear)	3600	3150	2940	2940	2940
- maximaler Abschreibungsbetrag	5400	3780	2940	2940	2940
Buchwert zum Ende des Jahres	12600	8820	5880	2940	0

Berechnung der Ertragssteuerzahlung bzw. -erstattung					
Zeitpunkt	1	2	3	4	5
Einzahlungsüberschuß	7500	7500	14000	14000	14000
- Abschreibung	5400	3780	2940	2940	2940
- Zinsaufwand	1170	421	0	0	0
+ Zinsertrag	0	0	145	725	1323
Steuerbemessungsgrundlage	930	3299	11205	11785	12383
Erstattung	0	0	0	0	0
Auszahlung	572	2028	6890	7247	7615

Abb. 8: VOFI mit markierten Zellen für den Import und Export über DDE

3.3 Modellierung des Influence diagrams und Entscheidungsbaumes in DPL

Zur Modellierung der Mehrstufigkeit der Entscheidungssituation unter Unsicherheit wird im Rahmen des Programms *DPL* zunächst ein sogenanntes *Influence diagram*¹ erstellt, das den Zusammenhang zwischen den Entscheidungen und den unsicheren Konsequenzen visualisiert. Dieser Vorgang erleichtert die Konstruktion des Entscheidungsbaums. Durch die Konstruktion eines Influence diagrams wird nicht nur der Editieraufwand reduziert, vielmehr werden auch zusätzliche Analysen möglich.

¹ Vgl. ADA - DPL User Guide (1995), S. 192.

Zur Darstellung eines Influence diagrams werden die Symbole Entscheidung (*Decision*), Unsicherheit (*Chance*)¹ und Wert (*Value*)² verwendet (vgl. Abb. 9). Die Elemente werden mit Pfeilen (*Influence arcs*) verbunden, um die Beziehungen darzustellen.

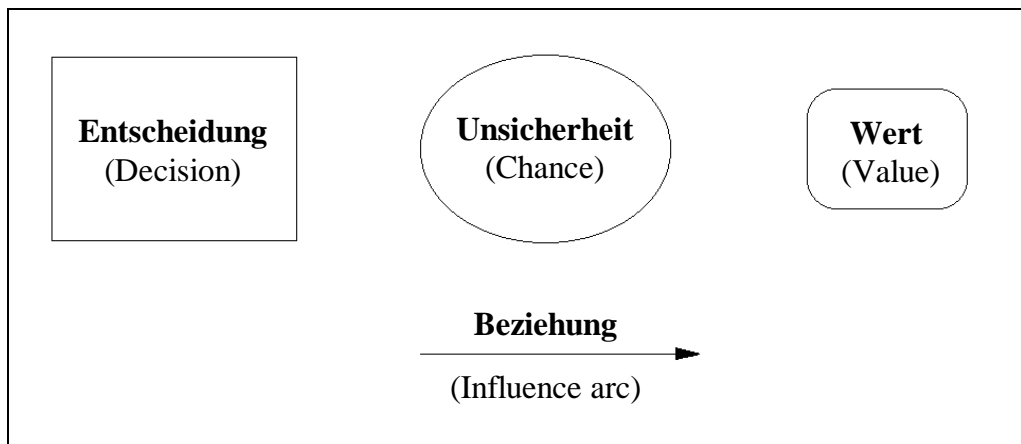


Abb. 9: Elemente eines Influence diagrams

Abb. 10 enthält die grafische Darstellung einer komplexen Entscheidungssituation mit Hilfe eines Influence diagrams.

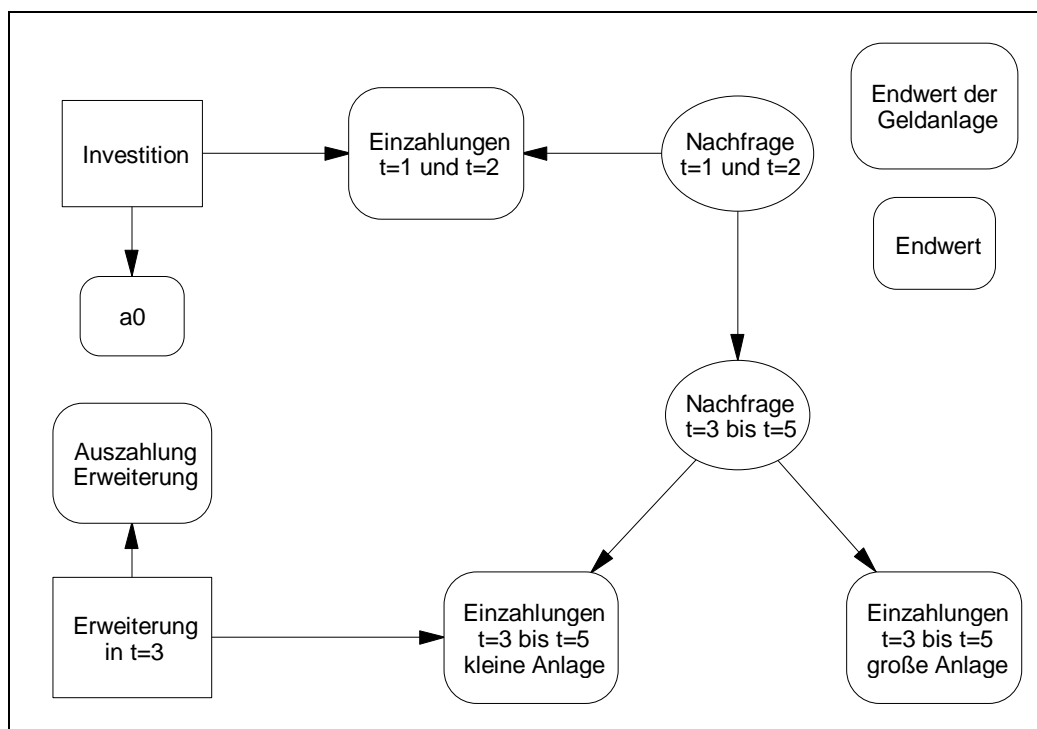


Abb. 10: Influence diagram für das Beispiel

¹ In der Terminologie von ADA impliziert der Begriff Chance auch die Risiken.

² Anzumerken ist, daß die Verwendung von Wertsymbolen nicht zwingend erforderlich ist, da die Werte einer Entscheidungssituation auch in einem Entscheidungssymbol oder zusammen mit den Wahrscheinlichkeiten in einem Unsicherheitssymbol abgelegt werden können.

Im Influence diagram für den Demo-Fall (vgl. Abb. 10) wurden die beiden Entscheidungen *Investition in $t=0$* und *Erweiterung in $t=3$* und die beiden Unsicherheiten *Nachfrage für $t=1$ und $t=2$* und *Nachfrage für $t=3$ bis $t=5$* modelliert.

- Die Entscheidung *Investition in $t=0$* umfaßt die Alternativen für die *kleine* oder *große Anlage* oder die *Geldanlage*. Die Entscheidung der *Erweiterung in $t=3$* hat die Ausprägungen *Ja* oder *Nein*.
- Die Abhängigkeitsbeziehung zwischen der *Nachfrage für $t=3$ bis $t=5$* von der *Nachfrage für $t=1$ und $t=2$* wird durch den Pfeil ausgedrückt. Im Unsicherheit-Symbol *Nachfrage für $t=3$ bis $t=5$* sind deshalb die Wahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von der *Nachfrage für $t=1$ und $t=2$* hinterlegt.
- Die Wert-Symbole sind mit den Entscheidungen und/oder Unsicherheiten verbunden, von denen sie beeinflußt werden. So ist die Anschaffungsauszahlung¹ a_0 von der Entscheidung *Investition* abhängig, die *Auszahlung für die Erweiterung* von der Entscheidung über die *Erweiterung in $t=3$* . Die *Einzahlungen in $t=1$ und $t=2$* sind hingegen von der *Nachfrage* in diesem Zeitraum und der Investitionsentscheidung abhängig.
- Die *Einzahlungen in $t=3$ bis $t=5$* sind für die *kleine* und *große Anlage* getrennt modelliert worden, um zu berücksichtigen, daß neben der Abhängigkeit von der *Nachfrage für $t=3$ bis $t=5$* nur im Falle der kleinen Anlage die Entscheidung über die *Erweiterung in $t=3$* einen Einfluß auf die *Einzahlungen* hat.
- Die Zielwerte *Endwert der Investition* und *Endwert der Geldanlage* wurden im Influence diagram als Wert-Symbole aufgeführt, um den Import aus Excel zu ermöglichen.

Auf der Basis des Influence diagrams wird der Entscheidungsbaum für die mehrstufige Investitionsentscheidung mit Hilfe der grafischen Entwicklungsumgebung von DPL erstellt. Die Entscheidungssituation des Demonstrationsbeispiels ist in Abb. 11 in der schematischen Notation² von DPL dargestellt worden.

¹ Wenn die Investition des Eigenkapitals in die Geldanlage gewählt wurde, wird die Anschaffungsauszahlung auf Null gesetzt. Der Endwert der Geldanlage errechnet sich über die Verzinsung des Eigenkapitals.

² Vgl. ADA - DPL User Guide (1995), S. 199 ff., traditionelle Darstellung, Abb. 6, S. 4.

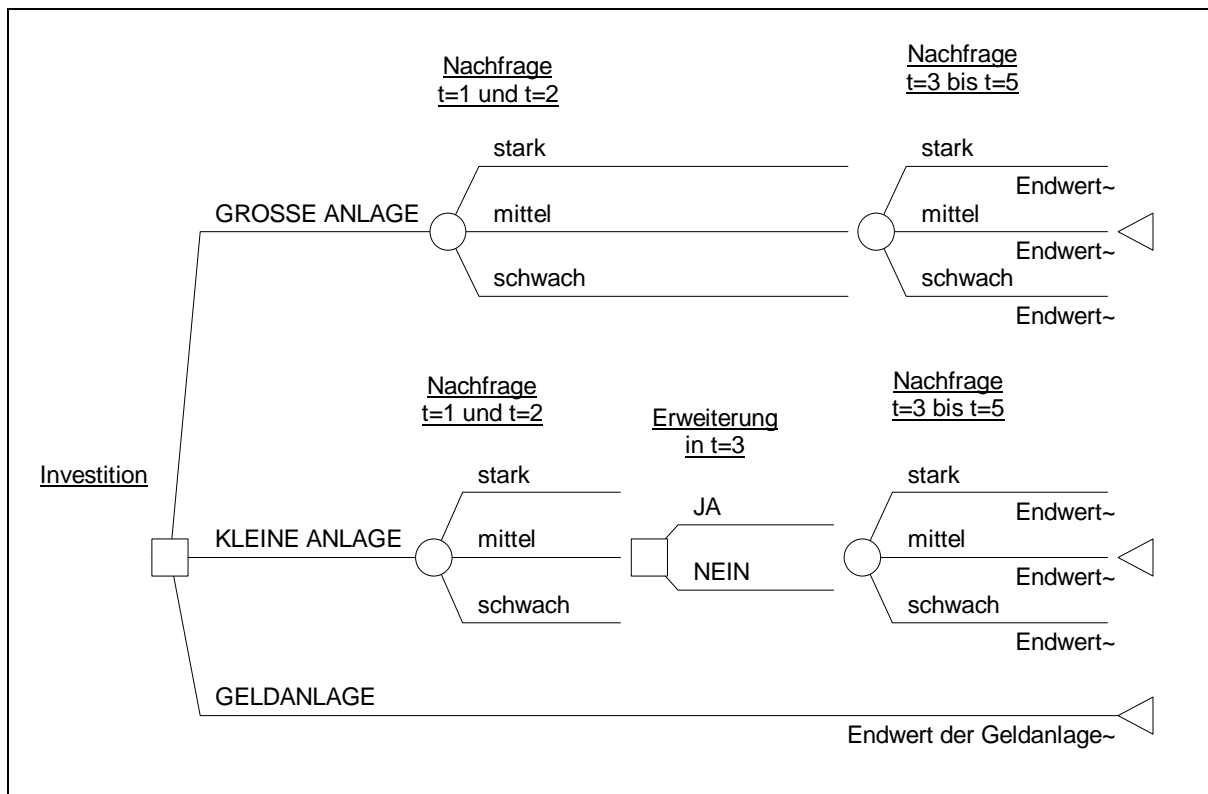


Abb. 11: Entscheidungsbaum für das Demonstrationsbeispiel
- Schematische Notation aus DPL -

3.4 Dynamischer Datenaustausch (DDE)

Bei der Verwendung von DDE-Verbindungen in DPL sind einige Besonderheiten zu beachten. Im Entscheidungsbaum erscheinen nur die Werte *Endwert der Investition* und *Endwert der Geldanlage*. Die übrigen im Influence diagram definierten Werte werden dort nicht mehr aufgeführt, da sie für die Berechnungen im Entscheidungsbaum nicht erforderlich sind. Vielmehr werden sie in Abhängigkeit vom jeweiligen Pfad durch den Baum automatisch an Excel gesandt, wo sie zur Berechnung benötigt werden. Deshalb werden nur die Endwerte an den Endpunkten des Baumes aus Excel abgerufen. An den Variablennamen sind Tildezeichen [~] angefügt worden, um die DPL-Fehlermeldung „Influencing event ... not in a known state“ (vgl. Abb. 12) zu unterdrücken.

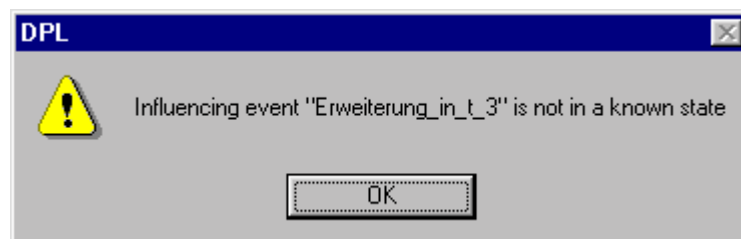


Abb. 12: DPL-Fehlermeldung

DPL gibt diese Fehlermeldung aus, wenn in einem asymmetrischen Entscheidungsbaum¹ DDE-Verknüpfungen verwendet werden. In diesem Falle bedeutet es, daß zum Zeitpunkt der Berechnung eines Pfades für die große Anlage oder die Geldanlage der Status der Erweiterungsentscheidung nicht bekannt ist, da diese Entscheidung für die Auswertung dieser Äste nicht getroffen werden muß. Gleichwohl kann DPL nicht „wissen“, ob die durch die Erweiterungsentscheidung an Excel geschickten Werte für die Auswertung der anderen Äste unbedeutend sind. DPL kann also die Konsistenz des *Gesamtmodells*, verteilt auf DPL und Excel, nicht sicherstellen. Durch das Anfügen des Tildezeichens wird die Fehlermeldung unterdrückt. Insofern hat der Benutzer die Verantwortung für die Konsistenz des Modells inne.² Dieses Vorgehen ermöglicht die Verknüpfung eines asymmetrischen Entscheidungsbaumes mit Daten aus Excel.

Zusätzlich ist zu beachten, daß DPL stets die Daten sämtlicher zum Export an Excel bestimmten Variablen übermittelt. In diesem Falle werden die Daten für die Einzahlungsüberschüsse von $t=3$ bis $t=5$ sowohl für die kleine Anlage als auch für die große Anlage transferiert. Dieses Problem wurde bei der hier dargelegten Modellierung durch Verwendung einer Hilfsvariablen gelöst. Der Status der Hilfsvariablen spiegelt den Status der Anfangsentscheidung wider. Sie wird beim Durchlaufen des Entscheidungsknotens *Anlagenkauf* auf Null (große Anlage/Geldanlage) oder eins (kleine Anlage) gesetzt und zusätzlich an Excel gesandt. Dort wird der Wert für die Einzahlungen von $t=3$ bis $t=5$ über eine *Wenn*-Bedingung mit der Hilfsvariablen verknüpft. Nur wenn der Wert der Hilfsvariablen gleich eins ist, werden die Daten für die kleine, sonst die für die große Anlage eingesetzt.

Weiterhin muß sichergestellt werden, daß für die Berechnung der Äste für die große Anlage keine Auszahlung für die Erweiterung in $t=3$ einfließt. Diese Auszahlung *könnte* im Excel-VOFI eingetragen sein, da DPL für die nicht zu berücksichtigende Erweiterungsentscheidung selbst einen Status ansetzt und deshalb die Excel-Zelle für die Erweiterungsauszahlung ungleich Null sein könnte. Deshalb wird die Auszahlung für die Erweiterung in $t=3$ grundsätzlich mit der Hilfsvariablen (gleich Null für die große Anlage) *multipliziert*, bevor sie weiterverarbeitet wird. Durch diese Maßnahme wird sichergestellt, daß nur bei den Berechnungen für die kleine Anlage die Erweiterungsauszahlung berücksichtigt wird. Ansonsten wird ein Wert von Null verrechnet.

Für komplexere Excel-Modelle, die mittels DDE an DPL angebunden werden, sollten die Importvariablen in einem eigenen Bereich des Datenblatts aufgelistet werden. Bei der Modellierung des Rechenmodells können die Variablen dann unter Berücksichtigung von Konsistenzüberlegungen weiterverarbeitet werden. Um die Asymmetrie eines Entscheidungsbaumes

¹ Von Asymmetrie wird gesprochen, wenn den Ästen eines Knotens des Entscheidungsbaumes unterschiedliche Knoten folgen.

² Vgl. ADA - DPL User Guide (1992), S. 250; im Handbuch der Programmversion 3.1 nicht dokumentiert.

zu berücksichtigen, kann der Status derjenigen Entscheidung, die die *Asymmetrie* verursacht, über eine Hilfsvariable zusätzlich an Excel übermittelt werden.¹

4 Ergebnis

Die optimale Investitionsalternative wird mit Hilfe des Programms DPL ermittelt. Wird kein Sicherheitsäquivalent angegeben, so verwendet DPL automatisch das *Erwartungswertkonzept*. Die optimale Strategie nach dem Erwartungswertkonzept ist in Abb. 13 dargestellt.² Im Demo-Fall ist die kleine ausbaufähige Anlage vorteilhaft.

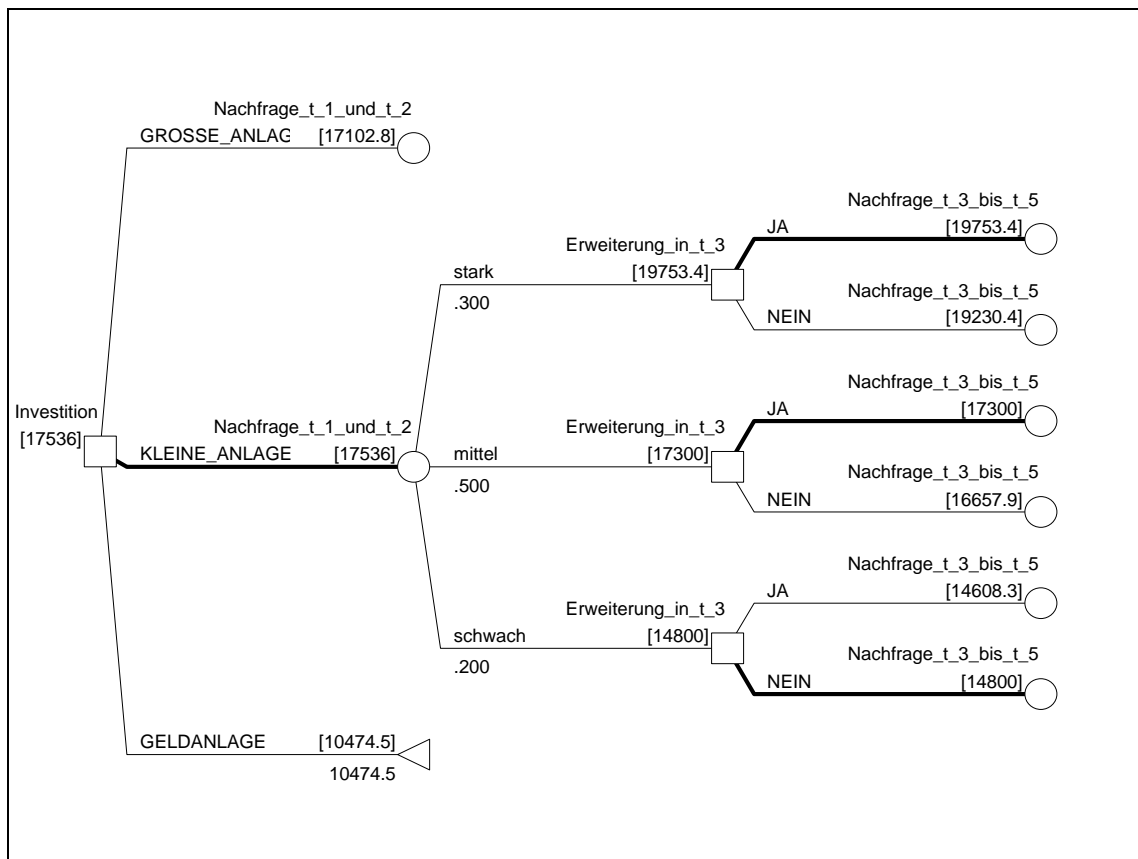


Abb. 13: Optimale Strategie nach dem Erwartungswertkonzept

In Abb. 14 ist die Verteilung der möglichen Endwerte der optimalen Strategie in der von DPL benutzten Darstellung als Maximal-Zielwert abgebildet.

¹ Alternativ zur Verwendung einer Hilfsvariablen wäre auch die Modellierung der Daten in zwei verschiedenen Excel-Datenblättern denkbar. Der zusätzliche Aufwand für Modelle mit mehreren Asymmetrien kann exponentiell wachsen. Die Übersichtlichkeit bei der Programmierung größerer Modelle in Excel kann darunter leiden. Zudem werden Sensitivitätsanalysen für Werte, die nicht im Entscheidungsbaum verwendet werden (vgl. S. 16) schwieriger, da Änderungen möglicherweise in mehreren Datenblättern vorgenommen werden müssten.

² Vollständiger Entscheidungsbaum mit Auswertung und optimaler Strategie im Anhang, Abb. 17, S. 18.

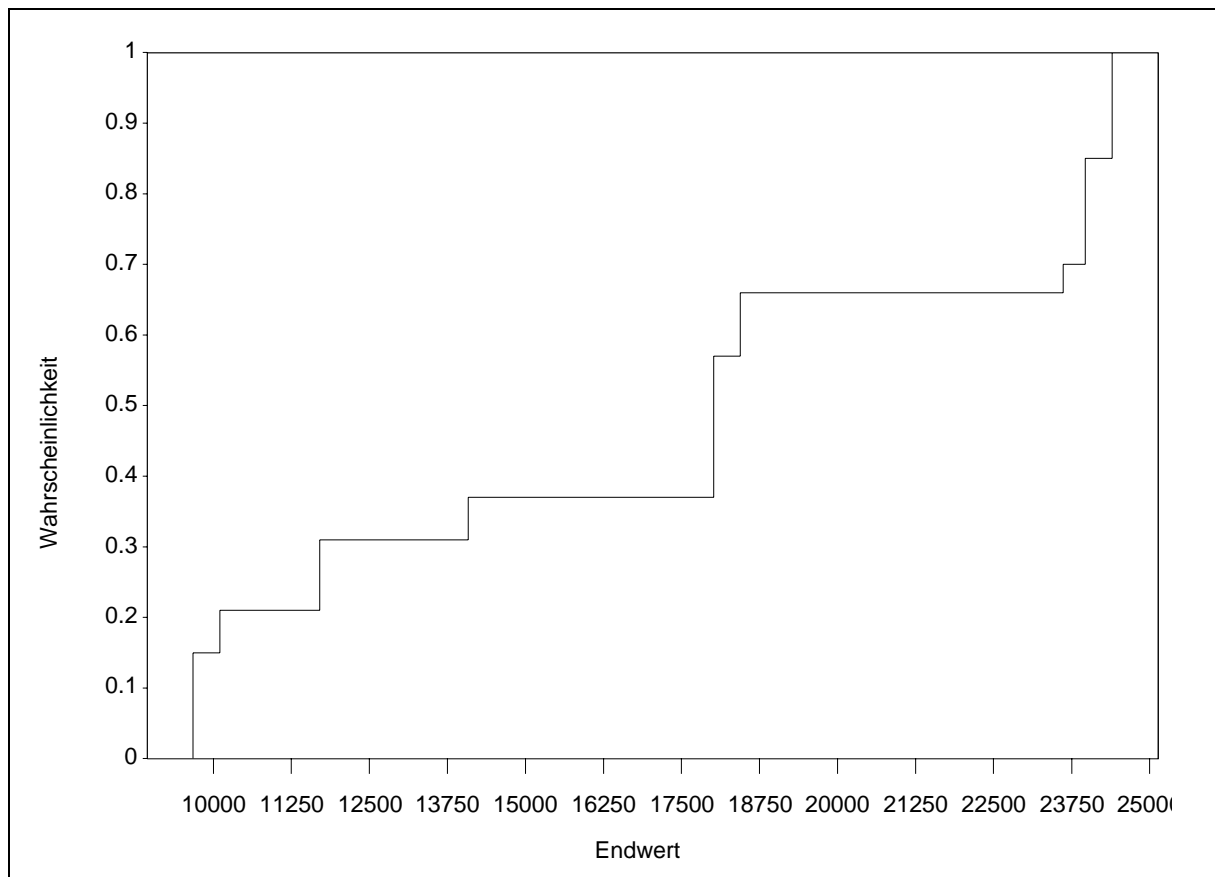


Abb. 14: Verteilung der Endwerte

Bei der obigen Abbildung handelt es sich um eine kumulative Darstellung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten der Endwerte eines jeden Endpunktes des Entscheidungsbaumes, der bei der Verfolgung der optimalen Strategie erreicht werden kann. In der Grafik ist abzulesen, daß mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 57% der Endwert höchstens 18 000 DM beträgt, wenn die optimale Strategie¹ ergriffen wird.

In Abb. 15 sind die Risiko-Chancen-Profile² der Anfangsentscheidung für die Alternativen der großen und der kleinen Anlage als Minimal-Zielwerte mit Vorteilfeldern dargestellt. Hieraus lassen sich informative Aussagen ableiten: Bei der Entscheidung für die große Anlage wird ein Endwert von mindestens 15000 DM mit einer Wahrscheinlichkeit von 43 % erreicht. Wird dagegen die kleine Anlage angeschafft, so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, den Minimal-Zielwert zu erreichen, auf 63 %. Wie Abb. 15 verdeutlicht, ist es bei einem Mindest-Zielwert größer als 15000 DM vorteilhaft, sich zunächst für die kleine Anlage zu entscheiden. Wird indes für $t=5$ lediglich ein Mindest-Endwert von z. B. 10000 DM angestrebt, sollte in $t=0$ die große Anlage angeschafft werden.

¹ Vgl. Abb. 13, S. 13 und Abb. 18 *Entscheidungsbaum mit Auswertung für die optimale Strategie und hervorgehobenen Randwerten der Verteilung der Endwerte*, S. 19.

² Vgl. Grob, H. L. (1994), S. 275 ff.

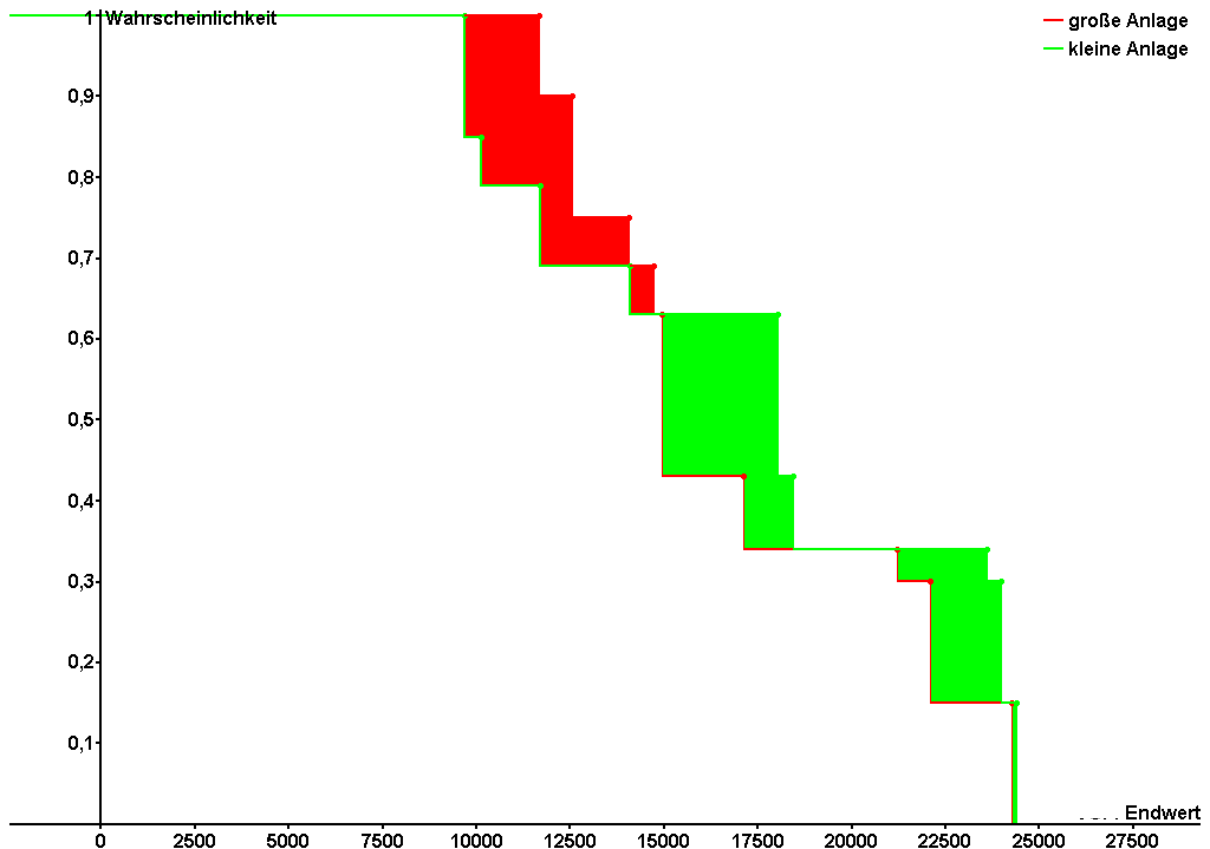


Abb. 15: Risiko-Chancen-Profile der Alternativen der Anfangsentscheidung

Bei der Verwendung von Risiko-Chancen-Profilen wird auf die Verdichtung der Daten zu einem Erwartungswert verzichtet. Sie ermöglichen daher einen differenzierten Einblick in die Chancen und Risiken einer Strategie.¹

Zur post-optimalen Untersuchung der Ergebnisse eignen sich *Sensitivitätsanalysen*.² Sie werden durchgeführt, wenn Bewertungsdefekte vorliegen, d. h. Wertansätze einer oder mehrerer Variablen nur innerhalb von Toleranzgrenzen quantifizierbar sind. Im Zusammenhang mit flexibler Planung dienen Sensitivitätsanalysen dazu, die Konsistenz der ermittelten Optimalstrategie gegen mögliche Änderungen der Datensituation zu testen.

Das Ergebnis einer solchen Sensitivitätsanalyse ist in Abb. 16 für die Erweiterungsauszahlung mit ursprünglich 6000 DM für einen Schwankungsbereich von 4000 DM bis 8000 DM dargestellt worden. Das DPL-Programm hat für 21 Werte innerhalb des Schwankungsintervalls die jeweils optimale Strategie ermittelt und eine Strategieänderung farblich unterlegt. Es ist zu erkennen, daß bei Erweiterungskosten von mehr als 7300 DM die Entscheidung für die Anschaffung der großen Anlage nicht mehr beeinflusst wird. Zur Interpretation der anderen Stra-

¹ Vgl. Blohm, H., Lüder, K. (1991), 265 u. 269 f.

² Vgl. Grob, H. L. (1994), S. 271 ff.; Adam, D. (1993), S. 132 ff.; Eisenführ, F., Weber, M. (1993), S. 246 ff.

tegiefelder unter der Kurve bedarf es Zusatzrechnungen, da das *Logbuch* von DPL keine Angaben über bedingte Entscheidungen enthält. Es wird ein Wert für die Erweiterungsauszahlung aus dem Intervall jeder Strategie in den Entscheidungsbaum eingesetzt und das Ergebnis spiegelt die jeweilige Strategie wider. Die Strategiefelder dieser Sensitivitätsanalyse sind in der Grafik bereits eingetragen. Die Entscheidung für die Investition des Eigenkapitals in die Geldanlage kann im Rahmen dieser Sensitivitätsanalyse niemals optimal sein, da der Endwert der Geldanlage mit 10475 DM stets niedriger ist als der Erwartungswert der Investition in die große Anlage, der 17103 DM beträgt.¹

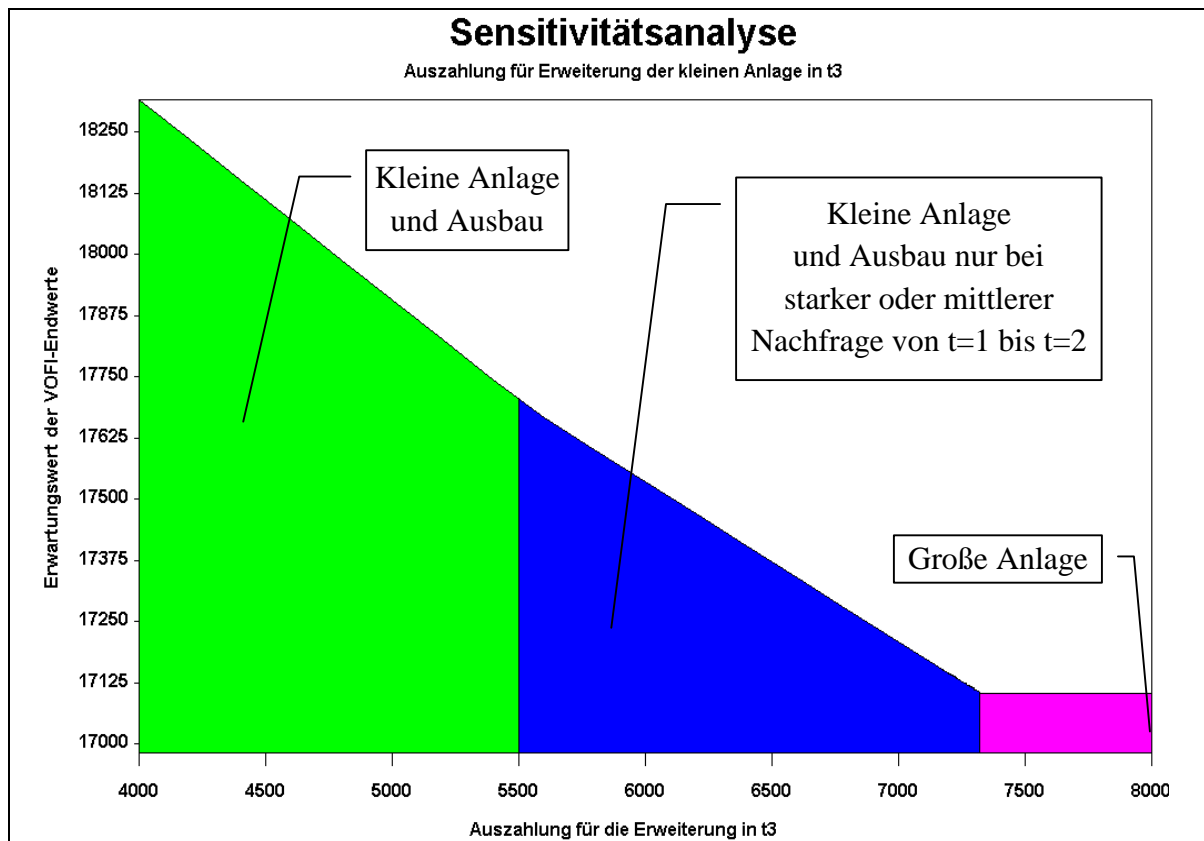


Abb. 16: Sensitivitätsanalyse für die Erweiterungsauszahlung

Zur Durchführung der hier dargestellten Sensitivitätsanalyse wird Excel von DPL veranlaßt, 588 VOFIs zu berechnen.² An dieser Stelle wird die Vorteilhaftigkeit der computergestützten Lösung des Investitionsproblems gerade im Hinblick auf post-optimale Analysen der Ergebnisse deutlich.

Sensitivitätsanalysen können für jede im Entscheidungsbaum vorhandene Variable durchgeführt werden. Dies gilt auch für Variablen, die nicht direkt in den Entscheidungsbaum ein-

¹ Vgl. Abb. 17 *Entscheidungsbaum mit vollständiger Auswertung und optimaler Strategie*, S. 18.

² Für die 21 Werte aus dem Intervall werden für jeweils alle 28 Endpunkte des Entscheidungsbaums VOFIs berechnet. Hieraus ergibt sich die Gesamtzahl von $21 \cdot 28 = 588$ VOFIs.

fließen. Hierzu ist für die Variable ein zusätzliches Wertsymbol im Influence diagram zu definieren. Beispielsweise zeigt eine Analyse der Zinssätze, ab welchem („kritischen“) Sollzinssatz die sichere Geldanlage der Sachinvestition vorzuziehen ist. Auf diese Weise lassen sich auch bekannte „Phänomene“ nachvollziehen, wie z. B. das sog. Steuerparadoxon¹ oder die Bedeutungslosigkeit des Eigenkapitals für die Vorteilhaftigkeit der Investition² bei Vorliegen eines einheitlichen Zinsfußes.

5 Erweiterungsmöglichkeiten

DPL unterstützt eine Erweiterung des Modells um eine Risikonutzenfunktion. Auch eine Ersetzung der eindimensionalen Zielfunktion *Maximierung des Erwartungswertes*³ durch eine zweidimensionale Zielfunktion (z. B. μ - σ -Prinzip) ist unter DPL realisierbar. Schließlich könnten auch nicht-monetäre Ziele⁴ mittels einer zweidimensionalen Zielfunktion und der Festlegung von Mindestanspruchsniveaus für die qualitativen Ziele zusätzlich berücksichtigt werden. Zudem könnten die Importdaten für DPL aus *mehreren* Excel-Tabellen stammen. Auf diese Weise können bereits vorhandene Rechenmodelle mit geringem Aufwand um diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Inputgrößen erweitert werden. Auch die Nutzung anderer DDE-Server oder gar die Erstellung eigener Programme, die als DDE-Server auftreten, ist mit DPL realisierbar. DPL bietet darüber hinaus die Möglichkeit, *Sensitivitätsvergleiche* bezüglich der Unsicherheiten des Modells durchzuführen. Die Ausbaufähigkeit des integrierten Konzepts von VOFI und DPL ist somit als sehr mächtig einzustufen.

¹ Vgl. Schneider, D. (1980), S. 276 ff.; Steiner, J. (1980), S. 108 ff.; Grob, H. L. (1993), S. 49 ff.

² Vgl. Grob, H. L. (1994), S. 32 f.

³ Oder *Erwartungswert des Risikonutzens*.

⁴ Vgl. Ziegenbein, R. (1996).

Anhang

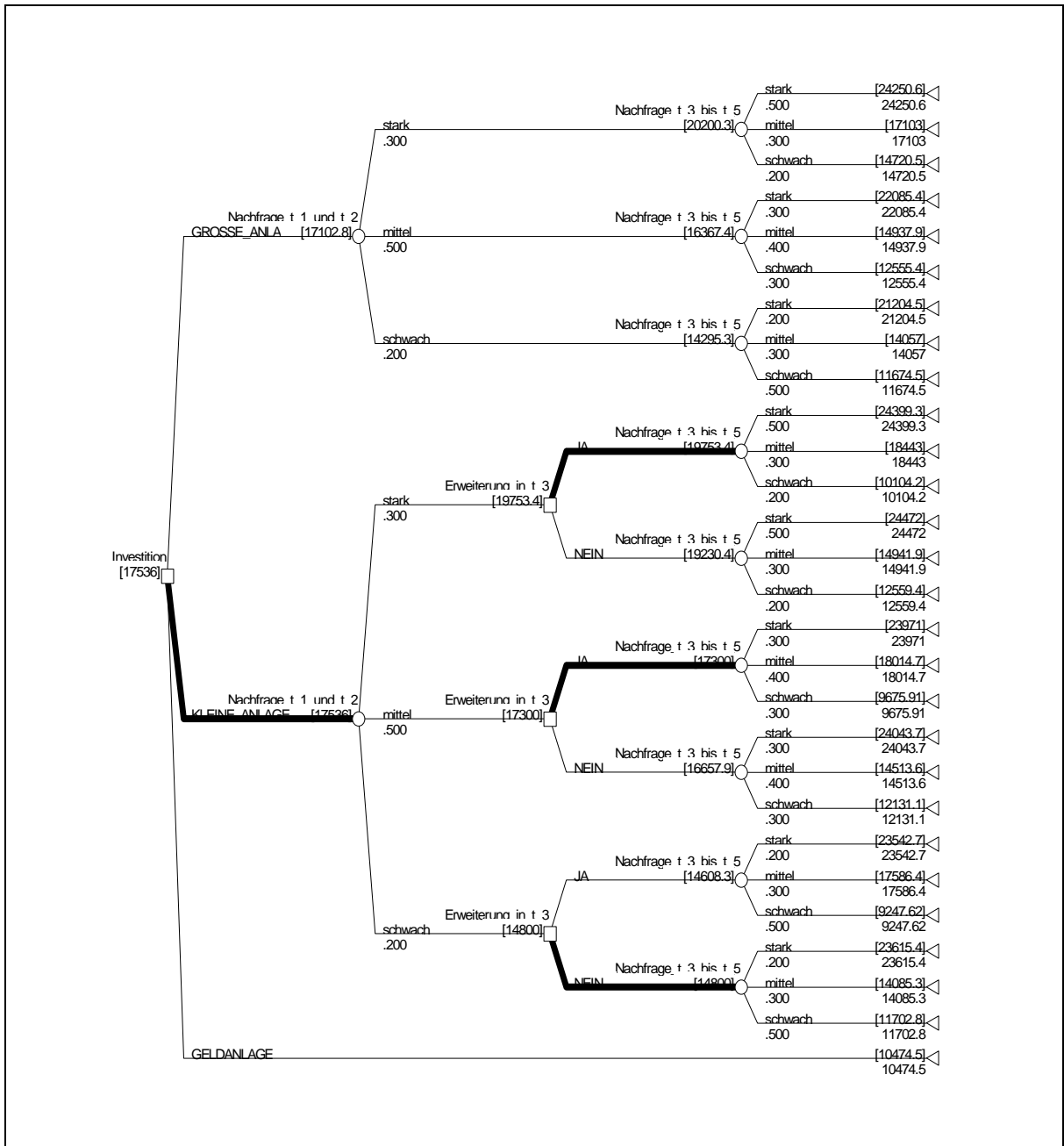


Abb. 17: Entscheidungsbaum mit vollständiger Auswertung und optimaler Strategie

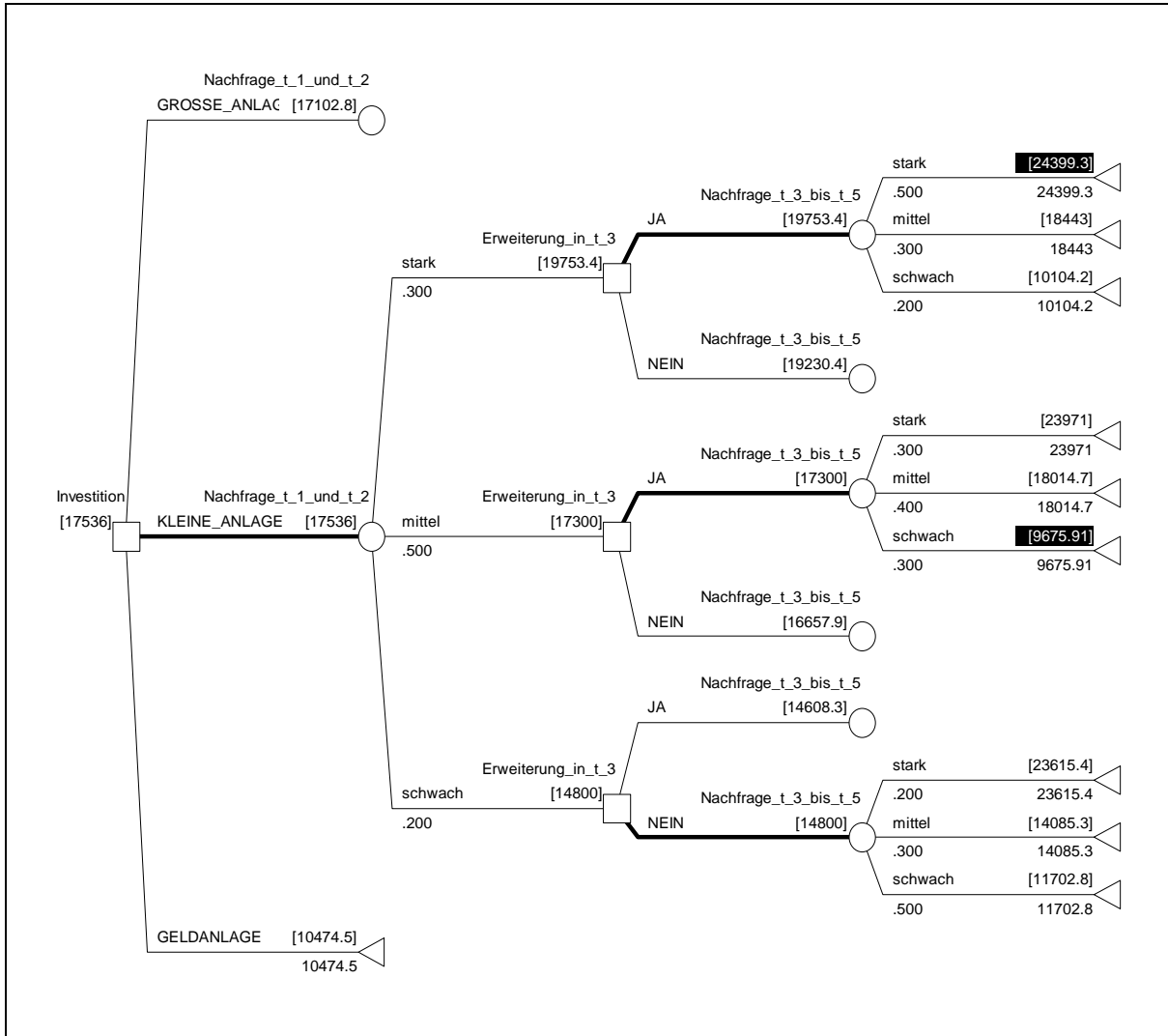


Abb. 18: Entscheidungsbaum mit Auswertung für die optimale Strategie und hervorgehobenen Randwerten der Verteilung der Endwerte

Literatur

- ADA Decision Systems (1992), DPL Advanced Version User Guide, Programmversion 3.0, Menlo Park 1992.
- ADA Decision Systems (1995), DPL Advanced Version User Guide, Programmversion 3.1, Menlo Park 1995.
- Adam, D. (1993), Planung und Entscheidung, 3. vollst. überarb. und erw. Aufl., Wiesbaden 1993.
- Blohm, H., Lüder, K. (1991), Investition: Schwachstellen im Investitionsbereich des Industriebetriebes und Wege zu ihrer Beseitigung, 7. überarb. u. erw. Aufl., München 1991.
- Busse von Colbe, W., Laßmann, G. (1990), Betriebswirtschaftstheorie Bd. III, 3. durchges. Aufl., Berlin u. a. 1990.
- Eisenführ, F., Weber, M. (1993), Rationales Entscheiden, Berlin u. a. 1993.
- Everding, D. (1994), Zinsänderungswirkungen in Modellen der Investitionsrechnung, Wiesbaden 1994.
- Grob, H. L. (1982), Übungsfälle zur Betriebswirtschaftslehre, München 1982.
- Grob, H. L. (1989), Investitionsrechnung mit vollständigen Finanzplänen, München 1989.
- Grob, H. L. (1993), Fallstudien zur Betriebswirtschaftslehre, Düsseldorf 1993.
- Grob, H. L. (1994), Einführung in die Investitionsrechnung, 2. vollst. überarb. und erw. Aufl., München 1994.
- Hax, H. (1993), Investitionstheorie, Korrigierter Nachdruck der 5. bearb. Aufl., Heidelberg 1993.
- Hax, H., Laux, H. (1972), Flexible Planung - Verfahrensregeln und Entscheidungsmodelle für die Planung bei Ungewißheit, in: ZfbF 1972, S. 318 ff.
- Jacob, H. (1967), Zum Problem der Unsicherheit bei Investitionsentscheidungen, in: ZfB 1967, S. 153-187.
- Kruschwitz, L. (1993), Investitionsrechnung, 5. durchges. Aufl., Berlin, New York 1993.
- Laux, H. (1996), Grenzen einer Informations- und Entscheidungstheorie, in: ZfB 1996, S. 492-512.
- Perridon, L., Steiner, M. (1993), Finanzwirtschaft der Unternehmung, 7. überarb. Aufl., München 1993.

Schneider, D. (1980), Investition und Finanzierung, Lehrbuch der Investitions-, Finanzierungs- und Ungewißheitstheorie, 5. neubearb. Aufl., Wiesbaden 1980.

Steiner, J. (1980), Gewinnsteuern in Partialmodellen für Investitionsentscheidungen, Barwert und Endwert als Instrument zur Steuerwirkungsanalyse, Berlin 1980.

Ziegenbein, R. (1996), CriterEUS - Ein multikriterielles Entscheidungsunterstützungssystem unter Excel, Arbeitsbericht Nr. 5 der Reihe Computergestütztes Controlling, Münster 1996.

Software

DPL Decision Programming Language, Advanced Version, Release 3.20.05, Copyright © 1989-1996 ADA Decision Systems, Inc., 2710 Sand Hill Road, Menlo Park, CA 94025, USA.

Arbeitsberichte der Reihe Computergestütztes Controlling

- Nr. 1 Grob, H. L., Positionsbestimmung des Controlling, Arbeitsbericht Nr. 1, Münster 1996.
- Nr. 2 Grob, H. L., Weigel, L., Flexible Investitionsplanung mit VOFI - Integration von VOFI und DPL, Arbeitsbericht Nr. 2, Münster 1996.