

## Anhang 3: Beispiel: Entscheidungen unter Unsicherheit

### 1. Das Szenario

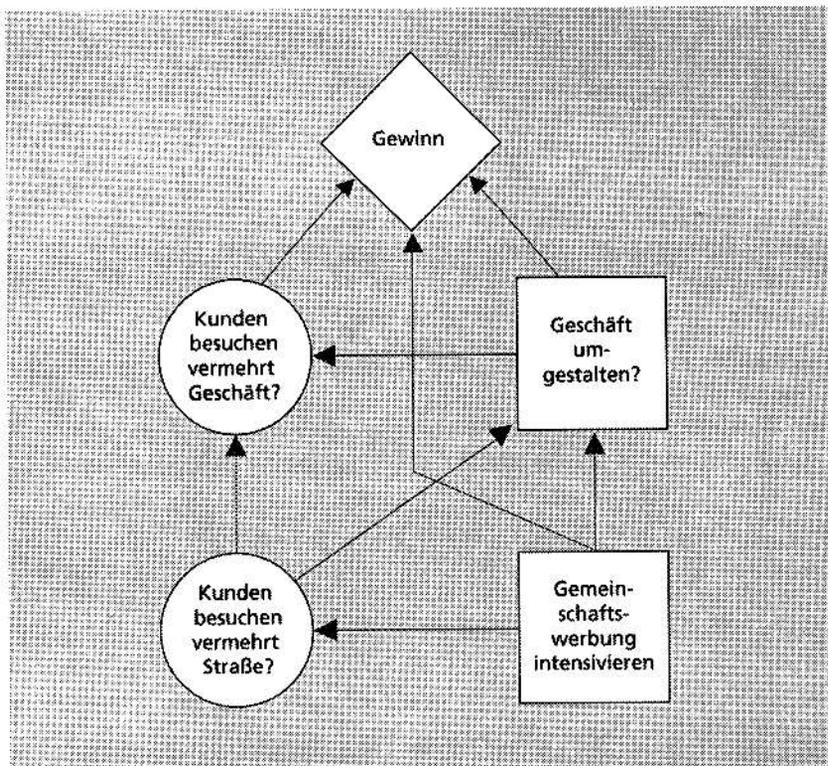


Abb. A3.1: Einflussdiagramm zu dem „Jungunternehmer-Szenario“

Die Abb. A3.1 zeigt ein Einflussdiagramm für das in Kapitel 4 beschriebene Beispiel des Jungunternehmers. Zu berücksichtigen ist,

---

dass in einem Einflussdiagramm, anders als in den Abbildungen 4.4 – 4.6, die einzelnen Realisationen der Variablen nicht dargestellt werden: das Einflussdiagramm abstrahiert von Realisationen. Das Ziel des Jungunternehmers ist die Erhöhung des Gewinns. Deshalb enthält das Diagramm einen rautenförmigen Knoten mit der Bezeichnung „Gewinn“. Die Entscheidungsvariablen lauten „Gemeinschaftswerbung intensivieren?“ und „Geschäft umgestalten?“. In diesem einfachen Beispiel haben diese Variablen nur zwei Ausprägungen: „ja“ und „nein“: Entweder wird die Gemeinschaftswerbung intensiviert oder nicht, und entweder wird das Geschäft umgestaltet oder nicht. Man könnte sich natürlich feinere Abstufungen vorstellen, z. B. durch verschiedene Abstufungen des finanziellen Aufwands, der in die Gemeinschaftswerbung gesteckt werden soll. Außerdem haben wir zwei nicht direkt beeinflussbare Zufallsvariablen: „Kunden besuchen vermehrt Straße“ und „Kunden besuchen vermehrt Geschäft“. Auch hier sind der Einfachheit halber nur zwei Ausprägungen „ja“ und „nein“ vorgesehen. Denkbar wäre eine feinere Abstufung z. B. nach der Zahl der täglichen Passanten: bis 1000, 1000 - 2000, 2000 - 3000 usw.

Die Pfeile in Abb. A3.1 haben folgende Bedeutungen:

### **Abhängigkeitspfeile**

Der Pfeil von „Gemeinschaftswerbung intensivieren?“ zu „Kunden besuchen vermehrt Straße?“ stellt den Einfluss der Gemeinschaftswerbung auf den Kundenstrom in der Straße dar. Da man nicht mit Sicherheit weiß, ob eine Intensivierung der Gemeinschaftswerbung wirklich zu einer stärkeren Frequentierung der Straße führt, wird dieser Einfluss durch bedingte Wahrscheinlichkeiten ausgedrückt. Z. B. sei die Wahrscheinlichkeit, dass die Kunden bei intensiverer Gemeinschaftswerbung vermehrt die Straße passieren, gleich 0.8. Entsprechend sei die Wahrscheinlichkeit, dass sich das Kundenverhalten trotz intensiverer Gemeinschaftswerbung nicht ändert, gleich 0.2. Denn, entweder kommen die Kunden vermehrt oder nicht, in unserem Modell sind nur diese beiden möglichen Ereignisse vorgesehen. Die Wahrscheinlichkeit dieser beiden Ereignisse zusammen muss also gleich 1 sein. Ferner muss noch die Wahrscheinlichkeit für eine Änderung des Kundenverhaltens angegeben werden für den Fall, dass die

Werbetrommel nicht gerührt wird, diese sei 0.1. Entsprechend sei die Wahrscheinlichkeit, dass sich das Kundenverhalten nicht ändert, wenn nicht geworben wird, gleich 0.9. Diese Werte geben die Wahrscheinlichkeit der Variable „Kunden besuchen vermehrt Straße“ unter der Bedingung der Variable „Gemeinschaftswerbung intensivieren“ an. Diese Wahrscheinlichkeiten werden in der Tab. A3.1 zusammengefasst. In Abb. A3.2 ist der entsprechende Ausschnitt des Einflussdiagramms sichtbar.

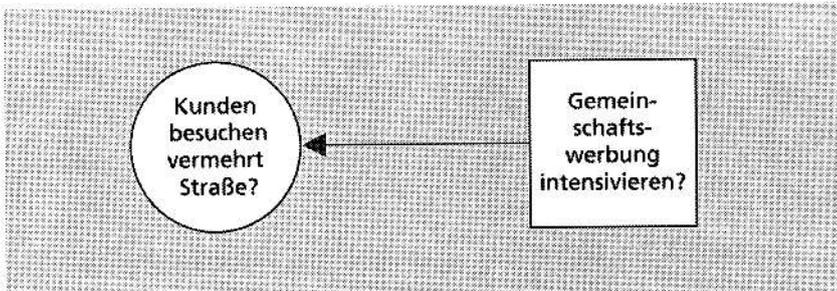


Abb. A3.2: „Gemeinschaftswerbung intensivieren“ hat einen Einfluss auf „Kunden besuchen vermehrt Straße“

P	KbvS	Wi
0.8	ja	ja
0.1	ja	nein
0.2	nein	ja
0.9	nein	nein

Tab. A3.1: Bedingte Wahrscheinlichkeit  $P(KbvS|Wi)$  der Variable „Kunden besuchen vermehrt Straße“ unter der Bedingung der Variable „Gemeinschaftswerbung intensivieren“

Analog werden bedingte Wahrscheinlichkeiten für die zweite Zufallsvariable in dem Diagramm, nämlich „Kunden besuchen vermehrt Geschäft?“, definiert. Diese Wahrscheinlichkeit muss unter der Bedingung von zwei anderen Variablen angegeben werden, d. h. wir benötigen die folgenden Wahrscheinlichkeiten:

---

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Kunden vermehrt das Geschäft besuchen, wenn sie vermehrt die Straße besuchen und das Geschäft umgestaltet wurde (diese Wahrscheinlichkeit sei z. B. gleich 0.7. Entsprechend ist die „Gegen“-Wahrscheinlichkeit, dass die Kunden das Geschäft nicht vermehrt besuchen, obwohl sie vermehrt die Straße passieren und das Geschäft umgestaltet wurde, gleich 0.3).

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Kunden vermehrt das Geschäft besuchen, wenn sie vermehrt die Straße besuchen, das Geschäft jedoch nicht umgestaltet wurde (diese Wahrscheinlichkeit sei z. B. gleich 0.4. Entsprechend ist die „Gegen“-Wahrscheinlichkeit, dass die Kunden das Geschäft nicht vermehrt besuchen, obwohl sie vermehrt die Straße passieren, das Geschäft jedoch nicht umgestaltet wurde, gleich 0.6).

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Kunden vermehrt das Geschäft besuchen, wenn sie die Straße nicht vermehrt besuchen und das Geschäft umgestaltet wurde. Dies ist in diesem Beispiel einfach: Diese Wahrscheinlichkeit ist gleich 0. Denn wenn die Kunden die Straße nicht vermehrt passieren, können sie auch nicht das Geschäft vermehrt besuchen. Entsprechend ist die Gegenwahrscheinlichkeit gleich 1: Es ist absolut sicher, dass die Kunden nicht vermehrt ins Geschäft kommen, wenn sie nicht in die Straße kommen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Kunden vermehrt das Geschäft besuchen, wenn sie die Straße nicht vermehrt besuchen und das Geschäft nicht umgestaltet wurde. Diese Wahrscheinlichkeit ist ebenfalls gleich 0, die „Gegen“-Wahrscheinlichkeit gleich 1.

Diese Wahrscheinlichkeiten werden in Tab. A3.2 zusammengefasst. Der entsprechende Ausschnitt des Einflussdiagramms ist in Abb. A 3.3 dargestellt.

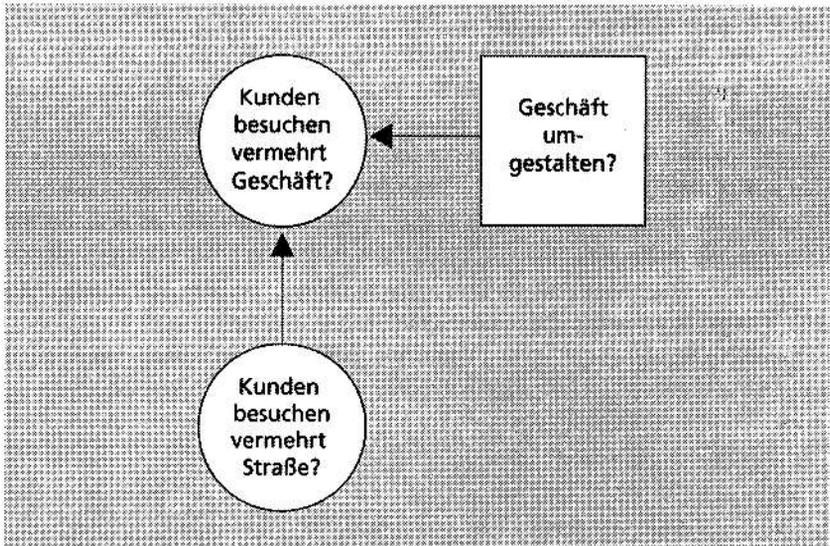


Abb. A3.3: Die Anzahl der Kunden in der Straße und die Umgestaltung des Geschäfts haben einen Einfluss auf die Anzahl der Kunden, die das Geschäft besuchen

P	KbvG	KbvS	Gu
0.7	ja	ja	ja
0.4	ja	ja	nein
0.0	ja	nein	ja
0.0	ja	nein	nein
0.3	nein	ja	ja
0.6	nein	ja	nein
1.0	nein	nein	ja
1.0	nein	nein	nein

Tab. A3.2: Bedingte Wahrscheinlichkeit  $P(KbvG|KbvS,Gu)$  der Variable „Kunden besuchen vermehrt Geschäft“ unter der Bedingung der Variablen „Kunden besuchen vermehrt Straße“ und „Geschäft umgestalten“

---

### Informationspfeile

Dies sind die Pfeile, die zu den Entscheidungsvariablen führen. Sie geben an, welche Information zu welchem Entscheidungszeitpunkt vorliegt. Zum Zeitpunkt der Entscheidung „Gemeinschaftswerbung intensivieren?“ liegt nach unserem Modell keine Information vor. Zum Zeitpunkt der Entscheidung „Geschäft umgestalten?“ ist hingegen bekannt, ob die Gemeinschaftswerbung intensiviert wurde und ob die Kunden vermehrt die Straße besuchen (Abb. A3.4). Abhängig von diesen Informationen muss die Entscheidung, ob das Geschäft umgestaltet werden soll oder nicht, getroffen werden. Bei der Festlegung der Strategie muss für jede Situation, die eintreten kann, angegeben werden, welche Entscheidung getroffen werden kann (Tab. A3.3).

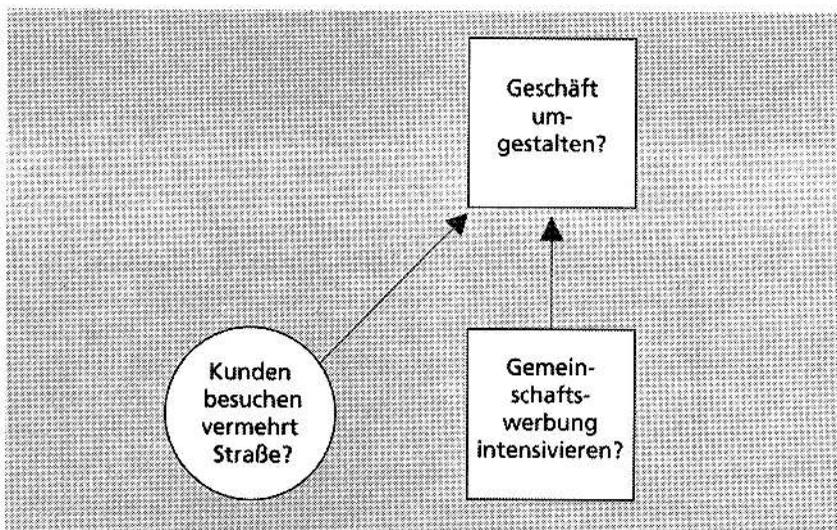


Abb. A3.4: Die Entscheidung, das Geschäft umzugestalten, wird gefällt nachdem die Information, ob KbvS = „ja“ oder „nein“ und Wi = „ja“ oder „nein“ bekannt sind.

erst WENN diese Informationen vorliegen		DANN kann diese Entscheidung gefällt werden
KbvS	Wi	Gu
ja	ja	ja
ja	ja	nein
ja	nein	ja
ja	nein	nein
nein	ja	ja
nein	ja	nein
nein	nein	ja
nein	nein	nein

Tab. A3.3: Die Informationskanten in Abb. A3.4 beschreiben abstrakt die möglichen konkreten Entscheidungen dieser Tabelle

### Funktionspfeile

Dies sind die Pfeile, die zu dem rautenförmigen Nutzenknoten führen. Für alle Kombinationen derjenigen Variablen, von denen ein Pfeil zu dem Nutzenknoten zeigt, muss ein Nutzenwert angegeben werden. Im Beispiel unseres Jungunternehmers hatten wir bereits einige Nutzenwerte angegeben. Dabei nahmen wir folgendes an:

- Wenn die Kunden vermehrt ins Geschäft kommen, ergibt sich ein tägliches Umsatzplus von € 1000.
- Die Intensivierung der Gemeinschaftswerbung kostet zusätzlich € 100 täglich.
- Die Umgestaltung des Geschäfts kostet auf Tage umgerechnet ebenfalls zusätzlich € 100 täglich.

Mit diesen Angaben können wir alle erforderlichen Nutzenwerte festlegen:

- Intensivierung der Gemeinschaftswerbung, Umgestaltung des Geschäfts, Kunden kommen vermehrt ins Geschäft:  $1000 - 100 - 100 =$  + € 800
- Intensivierung der Gemeinschaftswerbung, Umgestaltung des Geschäfts, Kunden kommen nicht vermehrt ins Geschäft:  $- 100 - 100 =$  - € 200

- Keine Intensivierung der Gemeinschaftswerbung, Umgestaltung des Geschäfts, Kunden kommen vermehrt ins Geschäft:  $1000 - 100 =$  + € 900
- Keine Intensivierung der Gemeinschaftswerbung, Umgestaltung des Geschäfts, Kunden kommen nicht ins Geschäft: - € 100
- Intensivierung der Gemeinschaftswerbung, keine Umgestaltung des Geschäfts, Kunden kommen ins Geschäft:  $1000 - 100 =$  + € 900
- Intensivierung der Gemeinschaftswerbung, keine Umgestaltung des Geschäfts, Kunden kommen nicht ins Geschäft: - € 100
- Keine Intensivierung der Gemeinschaftswerbung, keine Umgestaltung des Geschäfts, Kunden kommen ins Geschäft: + € 1000
- Keine Intensivierung der Gemeinschaftswerbung, keine Umgestaltung des Geschäfts, Kunden kommen nicht ins Geschäft: +/- € 0

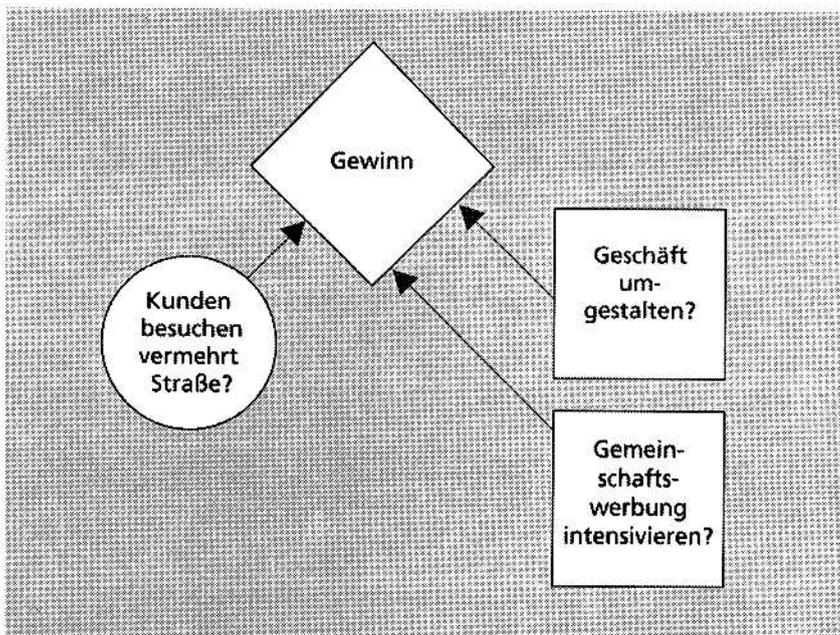


Abb. A 3.5: Partielles Einflussdiagramm zu dem „Jungunternehmer-Szenario“

Man sieht, dass die Nutzenwerte (N) eine Funktion (f) auf den Variablen „Gemeinschaftswerbung intensivieren“ (Wi), „Geschäft umgestalten“ (Gu) und „Kunden besuchen vermehrt Geschäft“ (KbvG) sind. In diesem Sinne wird also von Funktionspfeilen gesprochen. Ein Pfeil von einer Variable zu einem Nutzenknoten bedeutet also, dass diese Variable in die Funktion zur Berechnung des Nutzens eingeht. In der Tabelle A3.4 sind die Nutzenwerte noch einmal in einer Übersicht dargestellt. Der entsprechende Ausschnitt des Einflussdiagramms ist in Abb. A3.5 abgebildet.

N	KbvG +1000	Wi -100	Gu -100
800	ja	ja	ja
900	ja	ja	nein
900	ja	nein	ja
1000	ja	nein	nein
-200	nein	ja	ja
-100	nein	ja	nein
-100	nein	nein	ja
0	nein	nein	nein

Tab. A3.4: Nutzenwerte für das Ziel „Gewinn“:  $N = f(\text{KbvG}, \text{Wi}, \text{Gu})$

### Ziele und Zielhierarchien

Die Variable „Gewinn“ in dem Einflussdiagramm in Abb. A3.1 stellt das Ziel des Jungunternehmers dar. Dieses Ziel könnte man weiter konkretisieren, indem man sich fragt, was Gewinn eigentlich bedeutet. Gewinn entsteht, wenn die verkauften Produkte mehr Geld in die Kasse bringen als die entstandenen Kosten Geld verschlungen haben. Also lässt sich das Ziel „Gewinn“ in die konkreteren Unterziele „Produkte verkaufen“ und „Kosten sparen“ unterteilen. „Gewinn“ ist dann das Oberziel. Das entsprechende Einflussdiagramm ist in Abb. A3.6 dargestellt. Durch die Aufteilung des Ziels „Gewinn“ wurde eine Zielhierarchie aufgebaut. Die Hierarchie enthält Ziele unterschiedlichen Abstraktionsgrads. Das Ziel „Gewinn“ ist abstrakter als die Ziele „Produkte verkaufen“ und „Kosten sparen“.

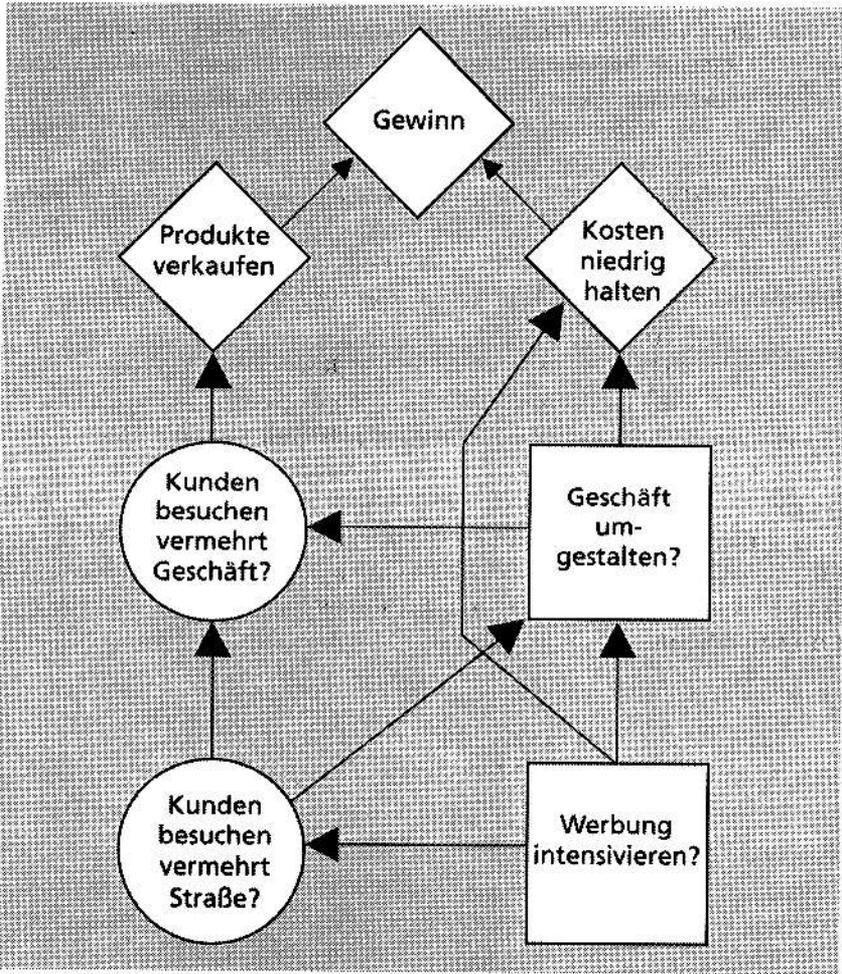


Abb. A3.6: Einflussdiagramm mit einer Zielhierarchie

Wir gehen an anderer Stelle (Material für den Trainer der Trainingseinheit 7 auf der CD-ROM) noch näher auf die Modellierung von Zielhierarchien ein.

---

### Modellalternativen

Man könnte sich die Frage stellen, warum in dem „Jungunternehmer-Szenario“ davon ausgegangen wird, dass die Intensivierung der Gemeinschaftswerbung dazu führt, dass die Kunden vermehrt die Straße und dann erst vermehrt das Geschäft besuchen. Warum führt die intensivierte Gemeinschaftswerbung – auch wenn sie im Rahmen der Gemeinschaftsinitiative stattfindet – nicht dazu, dass die Kunden direkt ins Geschäft kommen? Warum gibt es also keinen Pfeil von der Variable „Intensivierung der Gemeinschaftswerbung“ nach „Kunden besuchen vermehrt Geschäft“? Ob dieser Pfeil im Modell existieren muss oder nicht, hängt vom konkreten Szenario ab. In dem „Jungunternehmer-Szenario“, das der Abb. A3.1 zugrunde liegt, betreibt der Jungunternehmer die Gemeinschaftswerbung nicht direkt für sein Geschäft, sondern tut sich mit einigen Händlern, die ebenfalls ein Geschäft in derselben Straße haben, zusammen. Diese Gruppe überlegt sich ein gemeinsames Werbekonzept für die gesamte Straße. Allerdings wird im Rahmen der Straßeninitiative ebenfalls auf das individuelle Angebot jedes Geschäfts aufmerksam gemacht. Also spricht einiges für die Annahme, dass die Gemeinschaftswerbung die Kunden zunächst in die Straße und dann erst ins Geschäft lockt.

Fügt man den Pfeil direkt zwischen „Intensivierung der Gemeinschaftswerbung“ und „Kunden besuchen vermehrt Geschäft“ ein, dann geht man von einem anderen Szenario aus. In diesem Fall betreibt der Jungunternehmer die Gemeinschaftswerbung direkt für sein Geschäft, indem er beispielsweise Sonderangebote in der Tageszeitung inseriert. Das Einflussdiagramm mit diesem Pfeil ist in Abb. A3.7 abgebildet. Fügt man den neuen Abhängigkeitspfeil ein, müssen neue Wahrscheinlichkeiten für die Senke „Kunden besuchen vermehrt das Geschäft“ angegeben werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass Kunden vermehrt ins Geschäft kommen, muss nun nicht mehr nur unter der Bedingung betrachtet werden, dass Kunden vermehrt die Straße besuchen und das Geschäft umgestaltet wird, sondern zusätzlich unter der Bedingung, dass die Gemeinschaftswerbung intensiviert wird. Wir benötigen statt der  $2^3 = 8$  bedingten Wahrscheinlichkeiten (Tabelle A 3.2) jetzt  $2^4 = 16$  bedingte Wahrscheinlichkeiten.

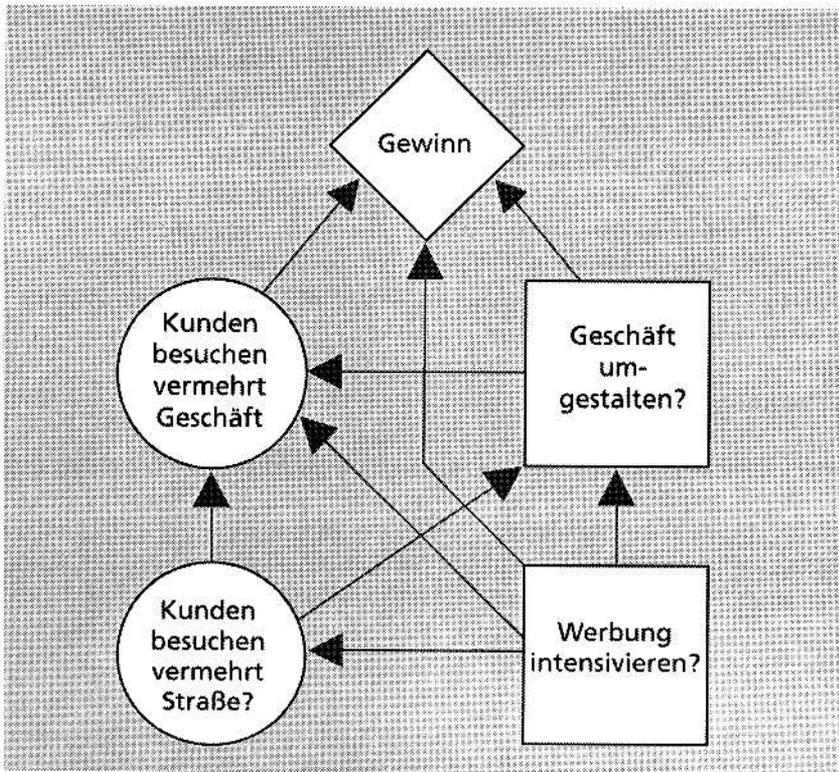


Abb. A 3.7: Modellalternative zum Jungunternehmerszenario

Durch die Diskussion des zusätzlichen Pfeils wird deutlich, dass jeder Pfeil in dem Einflussdiagramm durch das konkret zu modellierende Szenario begründet sein sollte. Eine Möglichkeit, das Fehlen des Pfeils von „Gemeinschaftswerbung intensivieren“ zu „Kunden besuchen vermehrt Geschäft“ in Abb. A 3.1 zu rechtfertigen, liefert der Vergleich bestimmter vorher erhobener Wahrscheinlichkeiten. Es existiert hier kein (direkter) Pfeil, weil folgendes gilt:

Die bedingte Wahrscheinlichkeit, dass Kunden vermehrt in das Geschäft kommen unter der Bedingung, dass Kunden vermehrt die Straße besuchen und dass das Geschäft umgestaltet wurde, ist gleich einer entsprechenden Wahrscheinlich-

keit unter der zusätzlichen Annahme, dass die Gemeinschaftswerbung intensiviert wurde:

$$P(\text{KbvG} \mid \text{KbvS}, \text{Gu}) = P(\text{KbvG} \mid \text{KbvS}, \text{Gu}, \text{Wi})$$

mit

KbvG = „Kunden besuchen vermehrt Geschäft“

KbvS = „Kunden besuchen vermehrt Straße“

Gu = Geschäft umgestalten

Wi = „Gemeinschaftswerbung intensivieren“

In diesem Fall spricht man auch von einer bedingten Unabhängigkeit: die Zufallsereignisse KbvG und Wi sind unabhängig, wenn KbvS und Gu bekannt sind.

Anders ausgedrückt bedeutet dies, wenn sich der Jungunternehmer sicher ist, dass die Kunden vermehrt in die Straße kommen und er sich entschieden hat, ob er das Geschäft umgestaltet, dann bringt es ihm nichts, die Gemeinschaftswerbung zusätzlich zu intensivieren. Durch diese weitere Maßnahme wird die Wahrscheinlichkeit nicht gesteigert, dass die Kunden sein Geschäft vermehrt besuchen.

Wichtig ist aber festzuhalten, dass die Berechtigung der Annahme bedingter Unabhängigkeit entweder vorher empirisch belegt sein muss oder apriorisch als Hypothese angenommen wird. Letztere kann sich im weiteren Verlauf der Modellierung bzw. der Modellanwendung als falsch herausstellen.

## **2. Annahmen**

Für Einflussdiagramme erweisen sich folgende Annahmen als sinnvoll:

### **Annahmen über den Entscheidungsträger**

In der (normativen) Entscheidungstheorie wird angenommen, dass Entscheidungen **rational** getroffen werden. Bei einem medizinischen Entscheidungsproblem sollte z. B. angenommen werden, dass ein zu behandelnder Patient nicht suizidal veranlagt ist. Eine rationale Ent-

---

scheidung des Patienten könnte die Wahl einer (ungefährlichen) Behandlung mit Medikamenten sein, wenn als einzige Alternative eine Operation (mit möglicherweise letalen Folgen) zur Verfügung steht.

Als Axiom ausgedrückt bedeutet die Annahme der Rationalität:

*„WENN ein Modell der Entscheidung in der Sprache der Entscheidungstheorie vorliegt (z. B. als Einflussnetz), das eine adäquate Repräsentation des Entscheidungsproblems ist, DANN wählt der rationale Entscheider die Alternative mit dem höchsten Erwartungsnutzen (d.h. er maximiert den Erwartungsnutzen).“*

Man spricht auch davon, dass der **Maximale Erwartete Nutzen (MEN)** ermittelt werden soll. Das Maximum stellt sich ein, wenn die „richtigen“ Entscheidungen getroffen wurden.

Die Nutzenfunktion ist **konsistent mit den Präferenzen** des Entscheiders. Eine optimale Strategie wird berechnet mit Hilfe der Nutzenfunktion: die aufsteigend geordneten Funktionswerte der Nutzenfunktion entsprechen einer Präferenzordnung des Entscheiders über mögliche Konsequenzen.

Der Nutzen kann in **quantifizierbaren Einheiten** gemessen werden oder besitzt ein numerisches Äquivalent, um die Konsequenzen und die Alternativen hinsichtlich ihrer Präferenz ordnen zu können.

### **Annahmen über das Entscheidungsmodell**

**Idealerweise** sollte das Modell des Entscheidungsproblems (für den betrachteten Realitätsausschnitt) **vollständig** und **korrekt** sein. Lösungen für ein unvollständiges Modell können nur eingeschränkt optimal sein. Vollständigkeit eines Modells ist erreicht, wenn alle relevanten Variablen der Realität auch im Modell auftauchen, wobei die Ausprägungen der Variablen vollständig und wechselseitig ausgeschlossen sein sollten. Ein Einflussnetz ist korrekt, wenn die Abhängigkeiten der Realität denen im Einflussnetz (sowohl quantitativ als auch qualitativ) entsprechen. Absolute Vollständigkeit und Korrekt-

heit ist in der Praxis nicht erreichbar. Immer werden bestimmte Variablen und Abhängigkeiten unbekannt sein. Als Grundsatz gilt, wie bereits im Stand der Wissenschaft in Trainingseinheit 6 erwähnt, dass man die Variablen und die Abhängigkeiten der Variablen, die man beeinflussen will, kennt.

Ein Einflussnetz ist ein Modell eines Entscheidungsproblems, wenn mindestens ein Entscheidungsknoten den Nutzenknoten (direkt oder indirekt) beeinflusst. In dieser Trainingseinheit werden nur Einflussnetze betrachtet, die Modelle von Entscheidungsproblemen sind.

Bei der Modellkonstruktion und bei der Definition des Rationalitätskriteriums werden implizit eine Menge Voraussetzungen getroffen, deren Berechtigung im Prinzip vor dem Modellbau überprüft werden müsste. Diese Voraussetzungen (auch „Axiome“ genannt) erlauben es erst, z. B. Teilnutzen zu Gesamtnutzen zu kombinieren und Handlungsalternativen hinsichtlich ihres Erwartungsnutzen zu vergleichen. Eine detaillierte Darstellung findet sich bei Eisenführ & Weber (1994). Wir werden einige Hinweise im „Material für den Trainer“ (Trainingseinheit 7) einschließen.

### **3. Begrenzte Rationalität**

Die oben gemachten Annahmen sind normative Annahmen. Sie werden auch manchmal als die Axiome der normativen Entscheidungstheorie bezeichnet. Nun zeigen aber sowohl systematische empirische Untersuchungen als auch Alltagserfahrungen, dass diese Annahmen immer wieder verletzt werden. Man spricht dann auch von der begrenzten Rationalität des Entscheiders. Hierfür können z.B. ganz einfache Gründe wie Zeitmangel, Informationsdefizite und die Mängel des kognitiven Apparats verantwortlich sein. „The capacity of the human mind for formulating and solving complex problems is very small compared with the size of the problems whose solution is required for objectively rational behavior in the real world – or even for a reasonable approximation to such objective rationality.“ (Simon, 1957). Simon publizierte als Politologe, Psychologe, und Informatiker

---

über dieses Thema und erhielt dafür 1978 den Nobelpreis für Ökonomie, obwohl er dieser Disziplin formal nicht zugehörte.

Darüber können aber auch Motivationen, wie Neid einen ausschlaggebenden Einfluss auf Entscheidungen haben. Man ist sogar bereit, die Verschlechterung der eigenen sozialen und ökonomischen Situation hinzunehmen, wenn man die Verbesserung der Lage anderer vertiteln kann. Ein Experiment, das jeder persönlich durchführen kann, soll dieses belegen. Das Experiment wird in der Literatur „Ultimatumspiel“ (<http://www.wissenschaft-online.de/>) genannt. Hierzu benötigen wir wie beim Skatspiel drei Personen. Eine Person tritt als Sponsor auf, der ein Geldgeschenk (sagen wir von € 10) auf zwei andere Personen verteilt. Er gibt der ersten Person den gesamten Betrag mit der Maßgabe, einen Teil des Geldes der anderen Person abzugeben. Wenn diese aber mit ihrem Anteil unzufrieden ist, bekommt keiner etwas und das Geld müsse zurückgegeben werden. Nach den Prinzipien der normativen Nutzentheorie müsste der zweite Beschenkte auch mit einem kleinen Geldbetrag von z.B. 50 Cent zufrieden sein. 50 Cent sind immer noch besser als 0 Cent. Wie jeder aber selbst (z.B. an Geschwisterpärchen) ausprobieren kann, riskiert der erste es fast nie, nur einen kleinen Anteil weiterzureichen, da er die „Rache“ des anderen fürchtet. Der verzichtet lieber auf seinen kleinen Zugewinn, wenn er dabei zugucken muss, wie sein Bruder/Schwester sich die Taschen füllt.

Man sieht das scheinbar einfache Entscheidungssituationen durch psychologische Vorgänge relativ komplex werden können. Die Ökonomie spricht in diesem Zusammenhang von Entscheidungsanomalien. Auch die Psychologie hat dieses (dankbare) Thema entdeckt. Besonders die Bereichsspezifität von Rationalität, die Ambiguität von Wahrscheinlichkeiten, die Kontextabhängigkeit von Werten und die Rolle der Aufmerksamkeit bei Entscheidungsprozessen wecken Interesse. Fallstudien zu Entscheidungsproblemen finden sich aus ökonomischer Sicht in Eisenführ, Langer & Weber (2001) und aus psychologischer Perspektive in Gigerenzer (2002). Besonders in dem Buch von Eisenführ, Langer & Weber findet sich ausführlich analysierte Fallstudien aus den verschiedensten Entscheidungsfeldern (wie

z.B. Wahl einer Fremdsprache, Planung einer Blutsammelaktion, Investitionen unter Unsicherheit, Gewährung und Gestaltung einer Fremdfinanzierung, Kosten-Nutzenwert-Analyse zur Unterstützung medizinischer Entscheidungsprobleme, Nutzenanalyse der betrieblichen Berufsausbildung, Personalauslese, Vergabe einer Fussballweltmeisterschaft, Entwicklung innovativer Finanzprodukte unter Berücksichtigung deskriptiver Entscheidungstheorien). In den Fallstudien können die von uns hier behandelten Themen (wie z.B. Befragungstechniken, Zielstrukturierung, Generierung und Vorauswahl von Alternativen, Wertfunktionen, Zielgewichtung, Entscheidungsbäume, Kosten – Nutzwert - Analyse, Wahrscheinlichkeitsmessung) vertieft werden. Ferner werden Aspekte der Entscheidungsfindung behandelt (wie z.B.: multiattributive Wertfunktionen, Sensitivitätsanalyse, Monte Carlo Simulationen, Bayes-Theorem, Dominanzanalyse, Multiplikatives Modell, Aggregation individueller Präferenzen, Gruppenentscheidung, Zeitpräferenz) die über diese Darstellung hinausgehen.

#### 4. „Was-wäre-Wenn“-Analysen

Anders als die „endlosen“ Simulationsprogramme (wie z. B. Nara, Vensim) erlaubt ein Einflussdiagramm nur die Simulation **einer** Zeitscheibe. In der Literatur bezeichnet man diese Zeitscheibe manchmal auch als Episoden oder trials wenn damit größere Zeiträume, wie ein ganzer Versuchsdurchlauf oder ein ganzes terminierendes Spiel gemeint ist.

Innerhalb dieser Zeitscheibe können verschiedene Spiele des Entscheiders gegen die Natur durchsimuliert werden. Dabei kann der Grad der Unsicherheit über die Züge der Natur wechseln. Es sind Simulationen denkbar, in denen alle Züge der Natur unsicher sind oder auch nur einige wenige. Die Züge der Natur, die als feste Erkenntnisse bzw. Beobachtungen vorliegen, bestimmen den Charakter des Szenarios, in dem die Strategie des Entscheiders auf Optimalität zu überprüfen wäre. Wenn die (unsicheren) Züge der Natur und die Züge des Entscheiders in der Zeitscheibe  $t(k)$  (d.h. in der Zukunft) liegen, sind die (sicheren) Evidenzen der Zeitscheibe  $t(k-1)$  zuzuordnen (Abb. A 3.8).

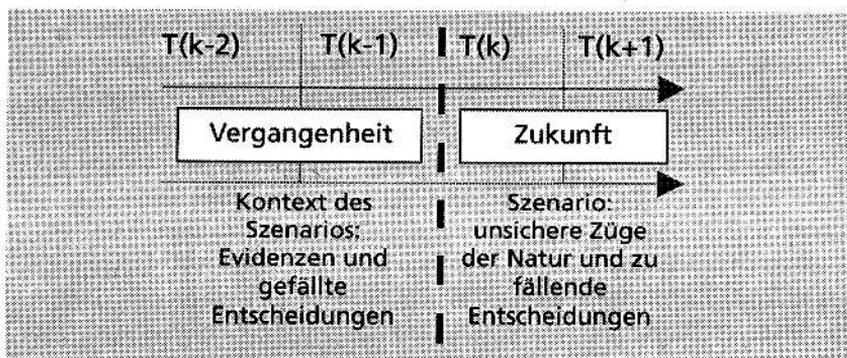
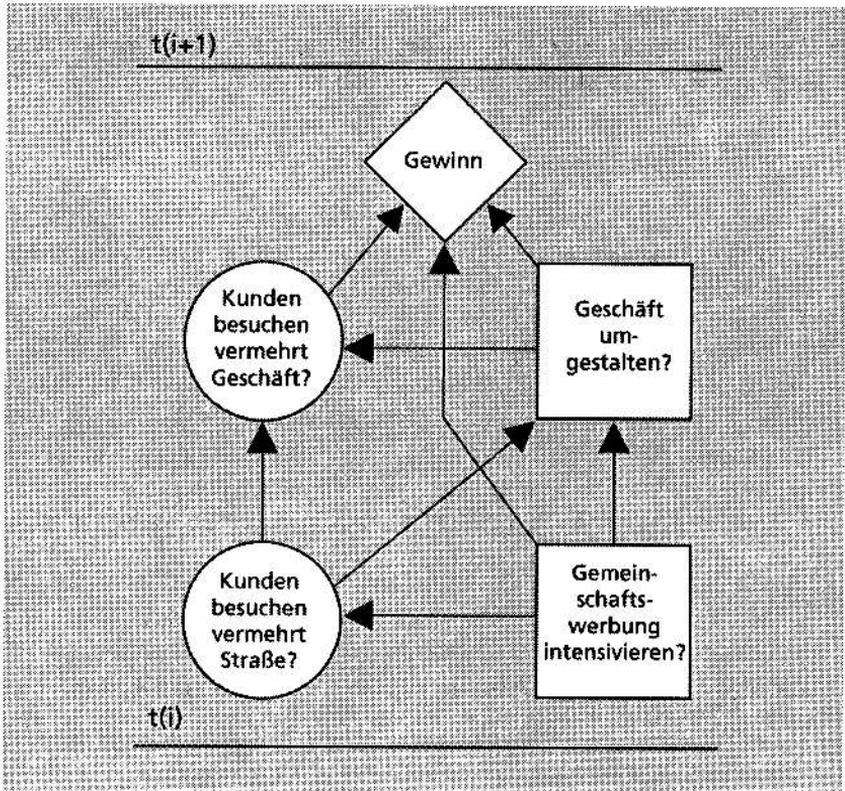


Abb. A3.8: Zeitreihe als Sequenz von Zeitscheiben

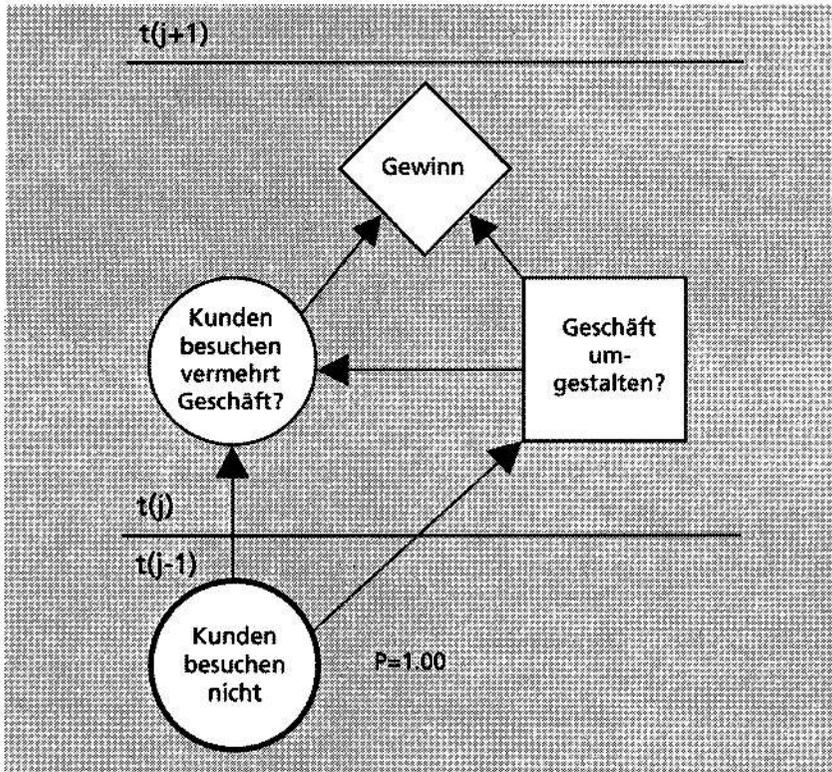
So könnte man z.B. drei Zeitscheiben  $t(i)$ ,  $t(j)$ ,  $t(k)$  für drei Szenarien definieren (z. B. Abb. A3.9 – A3.11) und jeweils nach der optimalen Strategie fragen. Möglicherweise weisen die Strategien keine identischen Elemente auf. Das wäre ein Hinweis auf eine notwendige Handlungsflexibilität des Entscheiders: die optimale Strategie ist stark kontextsensitiv.

Während in den obigen Zeitscheiben die qualitative und quantitative Struktur der Einflussnetze weitgehend (bis auf die Evidenzbeobachtung) konstant blieb, lassen sich auch Szenarien denken, in denen sich die Wahrscheinlichkeiten oder die Nutzenwerte ändern.



Zwischen den waagerechten Linien liegt die Zeitscheibe mit den Zügen des Spielers und der Natur. Die Spielsituation wird dann bewertet (Nutzenknoten)

Abb. A3.9: Zeitscheibe  $t(i)$ : alle Züge der Natur sind unsicher; was ist die optimale Strategie für Zeitscheibe  $t(i)$ ?



Mit dem fetten Kreis wollen wir andeuten, dass wir es nicht mehr mit Zufallsvariablen sondern mit Evidenzen bzw. Beobachtungen („die Würfel sind gefallen“) zu tun haben.

Abb. A 3.10 Es liegt die sichere Evidenz (= Beobachtung) in Zeitscheibe  $t(j-1)$  vor, dass die Kunden *nicht* verstärkt die Straße besuchen; was ist die optimale Strategie in Zeitscheibe  $t(j)$ ?

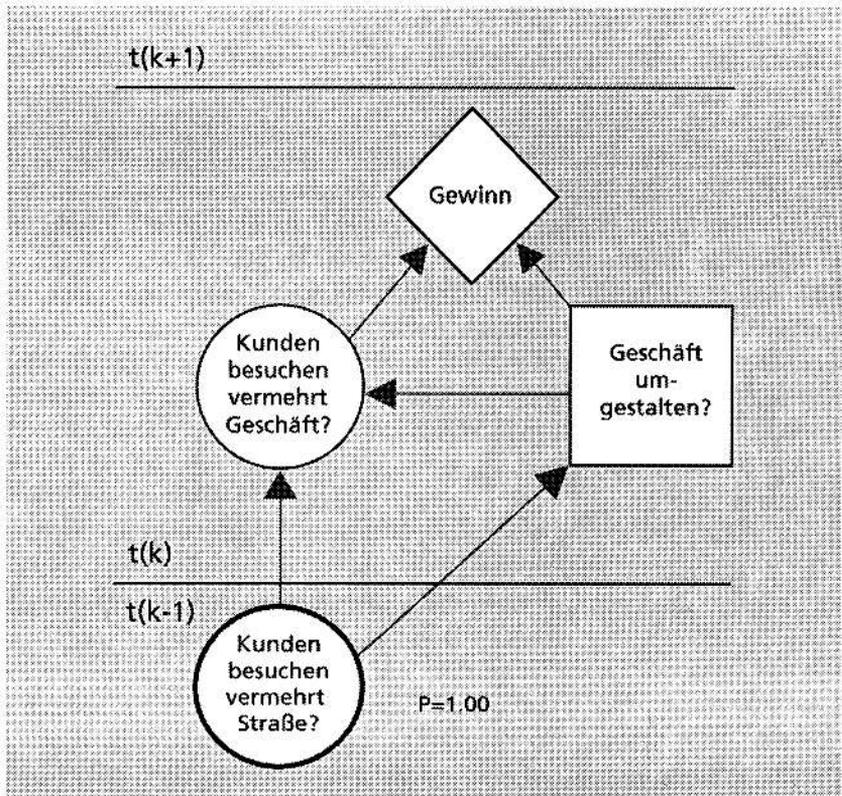


Abb. A 3.11 Zeitscheibe  $t(k)$ : es liegt die sichere Evidenz (= Beobachtung) in Zeitscheibe  $t(k-1)$  vor, dass die Kunden *verstärkt* die Straße besuchen; was ist die optimale Strategie?

Z .B. kann der Jungunternehmer annehmen, dass die quantitative Struktur des Modells (Tab. A3.1 – 3.4) „ausgereizt“ ist und die neue Situation nicht mehr widerspiegelt. Er könnte jetzt systematisch ermittelten wollen, ob eine weitere Intensivierung der Gemeinschaftswerbung und eventuell eine weitere Umgestaltung seines Geschäfts seinen Gewinn noch mehr steigern könnte. Für ein derart verändertes Szenario muss ein neues Einflussdiagramm aufgebaut werden. Dieses Einflussdiagramm würde zwar dieselben Knoten und Pfeile enthalten

---

(Abb. A3.1), allerdings könnte es sich von dem ersten Modell in den Wahrscheinlichkeiten unterscheiden. Dies wäre beispielsweise der Fall, wenn der Jungunternehmer annimmt, dass durch die erste Intensivierung der Gemeinschaftswerbung bereits alle potentiellen Kunden in die Straße gelockt wurden. Eine weitere Intensivierung würde also wahrscheinlich nicht viel bewirken. Allerdings könnte er den Eindruck haben, eine weitere Umgestaltung seines Geschäfts könnte die Wahrscheinlichkeit, steigern, dass noch mehr Kunden zu ihm kommen. Das würde eine weitere Verbesserung seines Umsatzes bedeuten. Um nun die optimale Strategie für den zweiten zeitlichen Durchlauf zu ermitteln, muss er die entsprechenden Wahrscheinlichkeiten und die Nutzenwerte in das zweite Einflussnetz eingeben und den zugehörigen Entscheidungsbaum auswerten.

## 5. Übersetzung und Auswertung eines Einflussdiagramms

*Jedes Einflussdiagramm kann in einen (symmetrischen) Entscheidungsbaum übersetzt werden. Dadurch wird der Prozess der Entscheidung deutlicher sichtbar. Im Entscheidungsbaum ist sofort zu sehen, in welcher Reihenfolge die Entscheidungen getroffen und die Informationen bekannt werden. Zusätzlich ist explizit dargestellt, welche Handlungsalternativen und welche Realisationsmöglichkeiten der Zufallsvariablen es gibt. Jeder „Ast“ eines Entscheidungsbaums stellt eine zeitliche Abfolge von Entscheidungen und Ereignissen dar. In diesem Sinne entsteht der Entscheidungsbaum durch ein „Ab- bzw. Ausrollen“ eines Einflussdiagramms.*

Man kann direkt auf dem Einflussnetz arbeiten und die optimale Strategie bestimmen. Die Übersetzung des Entscheidungsnetzes in einen Entscheidungsbaum bietet neben der detaillierteren Darstellung eine effiziente Methode zur Evaluation des Einflussnetzes. Der Entscheidungsbaum wird mit Hilfe der EXP-MAX Prozedur durchlaufen, um die Handlungsalternativen zu bestimmen, die für die möglichen Beobachtungen (Prämissen) den erwarteten Nutzen maximieren: „beste Strategie“. EXP steht für „Bildung eines Erwartungswertes (*expected value*)“ und MAX steht für „Auswahl des maximalen Wertes“

(maximal value). Erwartungswerte können für einzelne Zufallsvariablen und für Strategien berechnet werden und sind eine Kombination aus Nutzenwerten und Wahrscheinlichkeiten unsicherer Ereignisse. Zur Berechnung des Erwartungswertes einer Variable wird für jede mögliche Realisation der Variable der Nutzenwert der Realisation mit der Wahrscheinlichkeit der Realisation multipliziert und die einzelnen Produkte werden summiert. Der Erwartungswert einer Strategie wird gebildet, indem die Nutzenwerte der zur Strategie gehörenden Konsequenzen mit deren Auftretenswahrscheinlichkeiten multipliziert werden. Diese Methode wird in dem noch folgenden Abschnitt „Ermittlung der besten Strategie“ anhand eines Beispiels illustriert. Zunächst wird der Aufbau von Entscheidungsbäumen genauer beschrieben.

### **Entscheidungsbäume**

Ein Entscheidungsbaum ist die explizite Darstellung aller möglichen Situationen, die durch die Wahl einer Entscheidung entstehen können. Das Schema eines Entscheidungsbaums wird in Abb. A3.12 gezeigt. Dabei stellt die Wurzel des Entscheidungsbaums die Anfangssituation dar, während jeder Pfad von der Wurzel einem möglichen Szenario entspricht. Abb. A3.12 soll nicht den Eindruck erwecken, dass die Wurzel unbedingt eine Zufallsvariable (Kreis) sein soll und dass sich Entscheidungen (Quadrate) und Zufallseinflüsse abwechseln müssen. In dem Entscheidungsbaum können an beliebigen Stellen Kreise und Quadrate auftreten. Der Baum muss aber mindestens eine Entscheidung (Quadrat) aufweisen. Enthält er keine Entscheidung wird er Ereignisbaum genannt.

Ein Szenario beinhaltet neben den vom Entscheider gewählten Entscheidungen die nicht unter seiner Kontrolle stehenden unsicheren Ereignisse (Kreise). Blätter eines Entscheidungsbaumes (= Konsequenzen) enthalten Bewertungen, die den Nutzen der auf dem Pfad zu diesem Knoten entstandenen Situation (= Konsequenz) ausdrücken.

Die Pfade von der Wurzel zum Blatt deuten eine chronologische Ordnung von Aktionen des Entscheiders und Ereignisse der Natur an: ein „Spiel gegen die Natur“.

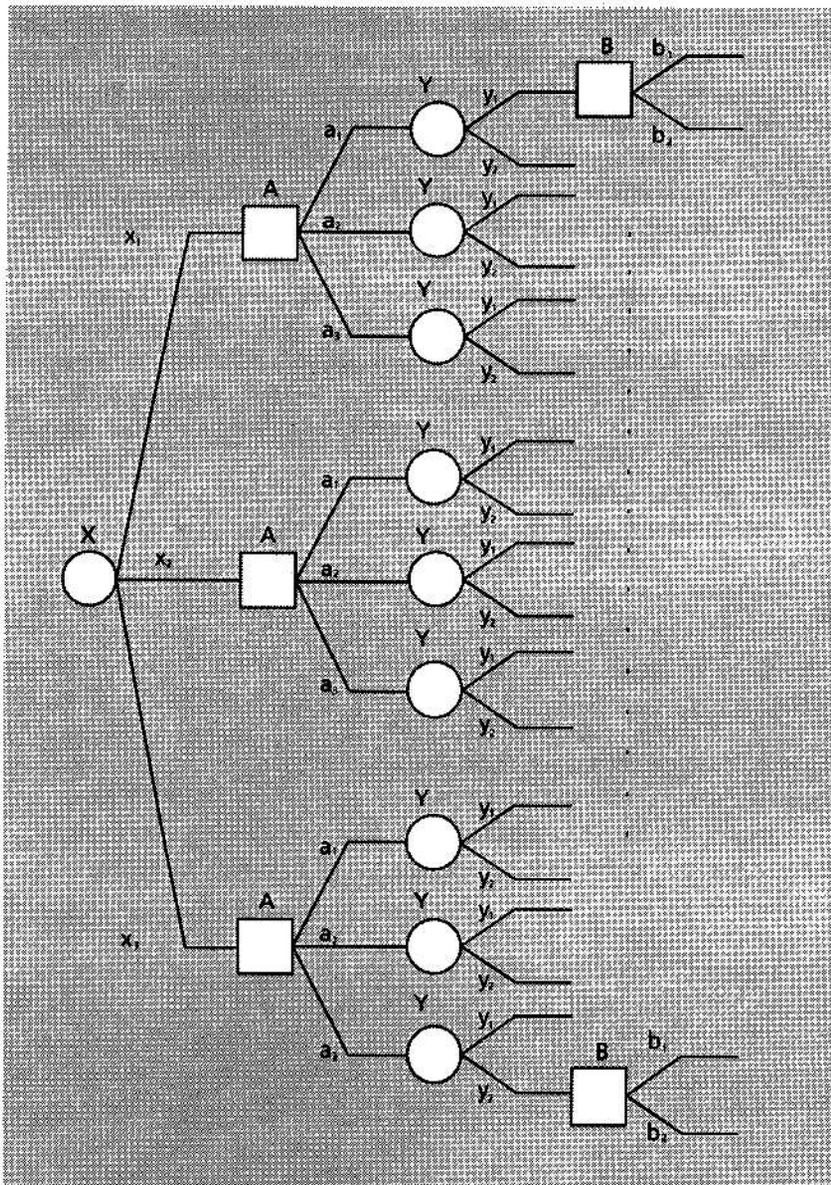


Abb. A3.12: Abstraktes Beispiel eines Entscheidungsbaums

### Syntax des Entscheidungsbaums

Ein Entscheidungsbaum ist ein geordneter, gerichteter Graph und enthält zwei Arten von Knoten: Entscheidungs- und Ereignisknoten (graphisch dargestellt als Quadrate und Kreise). Von einem Entscheidungsknoten ausgehende Pfeile repräsentieren Entscheidungsmöglichkeiten (z. B.  $a_1, a_2, a_3$ ); von Ereignisknoten ausgehende Pfeile stellen unkontrollierbare (d. h. unsichere) Ereignisse dar (z. B.  $y_1, y_2$ ).

Jeder von einem Ereignisknoten ausgehende Zweig erhält eine bedingte Wahrscheinlichkeit, die der Wahrscheinlichkeit des Auftretens des repräsentierten Ereignisses entspricht, bedingt durch die an diesem Knoten vorhandene Information (z. B.  $P(Y = y_1 | A = a_1, X = x_2)$ ). Die Blätter des Baumes sind mit den numerischen Werten markiert, die dem Nutzen der auf dem Pfad (Szenario) zu diesem Blatt entstandenen Situation darstellen (Funktionswert der Bewertungsfunktion): Nutzen der Konsequenz. Die Nutzen der Knoten, die keine Blätter sind, werden durch das sogenannte „Rollback“-Verfahren ermittelt: die Nutzenwerte werden von den Blättern zur Wurzel „hingerollt“. Innere Entscheidungsknoten werden mit dem Maximum ihrer Nachfolger, innere Zufallsknoten mit dem erwarteten Nutzen des Teilbaums markiert, dessen Wurzel der Zufallsknoten ist („backed up values“). Die Wurzel des Entscheidungsbaumes besitzt als Markierung den **Maximalen Erwarteten Nutzen**.

*Die explizite Darstellung eines Entscheidungsproblems als Entscheidungsbaum ermöglicht die Suche nach einer optimalen Strategie, wobei hier als Strategie eine Menge von Verhaltensregeln verstanden wird, die Aktionen als Reaktion auf Beobachtungen vorschlägt.*

Eine Strategie kann z. B. von folgender Form sein:

WENN $x_1$ beobachtet wird, führe $a_1$ aus,	
DANACH	{
	WENN $y_1$ beobachtet wird, führe $b_1$ aus,
	ODER
	WENN $y_2$ beobachtet wird, führe $b_2$ aus,
	}

ODER

---

WENN  $x_2$  beobachtet wird, führe  $a_2$  aus,  
 DANACH { WENN  $y_1$  beobachtet wird, führe  $b_1$  aus, }  
           { ODER }  
           { WENN  $y_2$  beobachtet wird, führe  $b_2$  aus, }

ODER

WENN  $x_3$  beobachtet wird, führe  $a_3$  aus,  
 DANACH { WENN  $y_1$  beobachtet wird, führe  $b_1$  aus, }  
           { ODER }  
           { WENN  $y_2$  beobachtet wird, führe  $b_2$  aus, }

Bei dieser Strategie stellen X und Y Zufallsvariablen und A und B Entscheidungen dar. X hat drei und Y zwei Realisationen. Bei der Entscheidung A gibt es drei und bei B zwei Alternativen.

Eine optimale Strategie kann über die EXP-MAX Prozedur wie folgt gefunden werden: Beginnend bei den Blättern wird im Rückrollverfahren jeder Knoten mit dem Nutzen der von ihm repräsentierten Situation markiert. Ereignisknoten werden mit dem erwarteten Nutzen des entsprechenden Teilbaums markiert, während Entscheidungsknoten mit dem maximalen Nutzen ihrer Nachfolger markiert werden, wobei der Zweig zum Nachfolger mit dem Maximum markiert wird. Die optimale Strategie ergibt sich, indem von der Wurzel ausgehend den markierten Zweigen gefolgt wird.

### Ein Beispiel

Die Abb. A3.13 zeigt das oben dargestellte Einflussnetz für das Problem des Jungunternehmers als Entscheidungsbaum. Von links nach rechts beginnend sind die Variablen entsprechend ihrer zeitlichen Reihenfolge angeordnet. Zunächst wird die Entscheidung getroffen, ob die Gemeinschaftswerbung intensiviert werden soll (Entscheidungsvariable: mögliche Entscheidungen „ja“ und „nein“). Nachdem diese Entscheidung getroffen wurde, wird bekannt, ob die Kunden vermehrt die Straße besuchen werden oder nicht (Zufallsvariable: unsichere Ereignisse „ja“ und „nein“). Danach wird die Entscheidung getroffen, ob das Geschäft umgestaltet wird (Entscheidungsvariable:

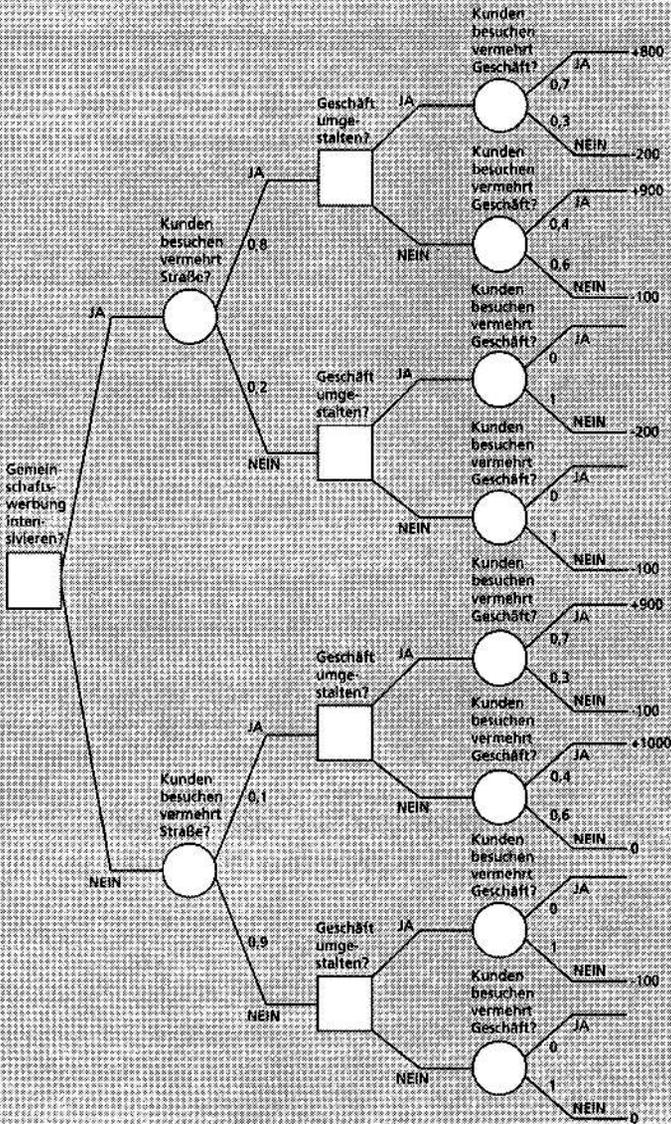


Abb. A3.13: Entscheidungsbaum für das „Jungunternehmer-Szenario“

---

mögliche Entscheidungen „ja“ und „nein“). Danach stellt sich heraus, ob die Kunden das Geschäft vermehrt aufsuchen werden oder nicht (Zufallsvariable: unsichere Ereignisse „ja“ und „nein“).

Am rechten Rand sind die Nutzenwerte für die verschiedenen Kombinationen von Ereignissen und Entscheidungen dargestellt. Z. B. beträgt der Nutzenwert für „Intensivierung der Gemeinschaftswerbung, Umgestaltung des Geschäfts, Kunden kommen vermehrt ins Geschäft“ € 800 (oberster Zweig des Entscheidungsbaums). Die angegebenen Werte entsprechen den weiter oben bereits genannten. Für „unmögliche Ereignisse“ sind keine Nutzenwerte angegeben. Wenn z. B. die Kunden nicht in die Straße kommen, können sie auch nicht das Geschäft betreten.

Bei den Zweigen, die von Zufallsvariablen ausgehen, sind die Wahrscheinlichkeiten der betreffenden Ereignisse angegeben. Beispielsweise haben wir angenommen, wie weiter oben dargestellt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die Kunden vermehrt das Geschäft besuchen, wenn sie die Straße vermehrt besuchen und das Geschäft umgestaltet wurde, gleich 0.7 sei (siehe Tab. A 3.2). Zu beachten ist, dass diese Wahrscheinlichkeit unabhängig von der Werbeintensivierung ist, d. h., an beiden Stellen des Entscheidungsbaums (rechts oben und rechts Mitte) ist die Wahrscheinlichkeit 0.7. Formal kann man das als Gleichung zweier bedingter Wahrscheinlichkeiten ausdrücken:

$$P(KbvG | Gu, KbvS) = P(KbvG | Gu, KbvS, Wi)$$

Die Gleichung kann man verbal folgendermaßen ausdrücken: „KbvG ist unabhängig von  $W_i$ , wenn man  $G_u$  und  $KbvS$  kennt“. Im Einflussnetz (Abb. A3.1) existiert dementsprechend auch kein Pfeil von „Gemeinschaftswerbung intensivieren“ nach „Kunden besuchen vermehrt Geschäft“. Ferner hatten wir gesagt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die Kunden bei intensiverer Gemeinschaftswerbung vermehrt die Straße aufsuchen, gleich 0.8 sei (siehe Tab. A3.1). Entsprechend sei die Wahrscheinlichkeit, dass sich das Kundenverhalten trotz intensiverer Gemeinschaftswerbung nicht ändert, gleich 0.2. Diese beiden Wahrscheinlichkeiten finden wir in dem Entscheidungsbaum oben

links wieder. Sie unterscheiden sich von den entsprechenden Wahrscheinlichkeiten unter der Entscheidung, die Gemeinschaftswerbung nicht zu intensivieren. Sie betragen nicht 0.8 sondern 0.1 und nicht 0.2 sondern 0.9. Formal kann man schreiben

$$P(KbvS | Wi) \neq P(KbvS)$$

KbvS ist nicht unabhängig von  $W_i$ . Im Einflussdiagramm (Abb. A3.1) ist das durch den Pfeil von der Entscheidungsvariablen  $W_i$  zu der unsicheren Variablen KbvS ausgedrückt.

Man kann jedes gültige Einflussdiagramm in einen Entscheidungsbaum übersetzen. Das gilt nicht für die umgekehrte Richtung.

Wie man sieht, ist der Entscheidungsbaum eine detailliertere Darstellungsform des Einflussdiagramms. Zusätzlich zu den Variablen sind die bedingten Wahrscheinlichkeiten und Nutzenwerte direkt ersichtlich. Demnach ist das Einflussdiagramm abstrakter und kompakter als der Entscheidungsbaum.

Der Vorteil der Einflussdiagramme besteht vor allem darin, dass Abhängigkeiten und Unabhängigkeiten zwischen den Variablen sofort aus dem Graphdiagramm herausgelesen werden können. Wie bereits diskutiert wurde, ist in Abb. A3.1 die Variable „Kunden besuchen vermehrt Geschäft“ bedingt unabhängig von der Variable „Gemeinschaftswerbung intensivieren“, wenn bereits bekannt ist, dass die Kunden vermehrt die Straße besuchen und die Entscheidung, das Geschäft umzugestalten, umgesetzt worden ist.

$$P(KbvG | Gu, KbvS) = P(KbvG | Gu, KbvS, W_i)$$

Im Einflussdiagramm wird diese komplexe Unabhängigkeit einfach durch einen fehlenden Pfeil von  $W_i$  nach KbvG ausgedrückt. Will man die gleiche Information aus dem Entscheidungsbaum herauslesen, muss man (mühselig) Informationen an mehreren Stellen gleichzeitig heraussuchen und miteinander vergleichen. Die bedingte Unabhängigkeit kann man nur an der Identität bestimmter bedingter Wahr-

---

scheinlichkeiten an verschiedenen Stellen des Entscheidungsbaums in Abb. A 3.13 ablesen.

Der Vorteil der Entscheidungsbäume liegt in der Darstellung der möglichen Strategien. Jeder Weg durch den Entscheidungsbaum stellt eine mögliche Strategie dar, deren Nutzen jeweils am Ende eines Astes eingetragen ist.

## 6. Ermittlung der „besten“ Strategie

Wie können wir nun unserem Jungunternehmer helfen, für sein Problem eine rationale Entscheidung zu finden? Wie erwähnt, geschieht dies mit Hilfe der EXP-MAX Prozedur. Dazu arbeiten wir uns von rechts nach links durch den Entscheidungsbaum. An jedem Zufallsknoten müssen wir einen erwarteten Nutzen bilden (EXP). Wir beginnen rechts oben und stoßen zunächst auf einen Zufallsknoten, nämlich „Kunden besuchen vermehrt Geschäft?“. Der maximal erwartbare Nutzen an diesem Knoten ergibt sich als Produkt der Wahrscheinlichkeiten der möglichen Ereignisse mit ihren Nutzenwerten, also:

$$800 * 0.7 + (-200) * 0.3 = 560 - 60 = 500.$$

Diese Zahl besagt, dass wir einen Nutzen von € 500 erwarten können, wenn die Gemeinschaftswerbung intensiviert wird, die Kunden in die Straße kommen und das Geschäft umgestaltet wird. Die Zahl drückt also unsere Erwartung aus in dem Moment, wo wir zwar die Entscheidungen getroffen haben, aber noch nicht wissen, ob die Kunden nun wirklich ins Geschäft strömen werden.

Jetzt betrachten wir den zweiten „Kunden besuchen vermehrt Geschäft?“-Knoten. Hier errechnen wir einen erwarteten Nutzen von

$$900 * 0.4 + (-100) * 0.6 = 360 - 60 = 300.$$

Analog wie vorher besagt diese Zahl, dass wir einen Nutzen von € 300 erwarten können, wenn die Gemeinschaftswerbung intensiviert wird

.....

und die Kunden in die Straße kommen, aber auf die Umgestaltung des Geschäfts verzichtet wird.

Jetzt gehen wir weiter nach links zu dem Knoten „Geschäft umgestalten?“. Hierbei handelt es sich um einen Entscheidungsknoten. Wir müssen also das Maximum (MAX) unserer erhaltenen Werte nehmen:

$$\text{MAX}(500, 300) = 500.$$

Was bedeutet jetzt dieser Wert? Er bedeutet, dass, wenn wir uns dazu entschieden haben, die Gemeinschaftswerbung zu intensivieren und die Kunden vermehrt in die Straße kommen, wir einen Nutzen von 500 erwarten können, wenn wir uns „richtig“ (d. h. rational) entscheiden. Die richtige Entscheidung lautet: Geschäft umgestalten! Der Verzicht auf die Umgestaltung in dieser Situation lässt nur 300 € erwarten.

Jetzt gehen wir wieder ganz nach rechts und betrachten den 3. Knoten „Kunden besuchen vermehrt Geschäft?“ Wir gehen wieder wie oben vor und errechnen einen erwarteten Nutzen von

$$0 + (-200) * 1 = -200,$$

und am 4. Knoten „Kunden besuchen vermehrt Geschäft?“ errechnen wir

$$0 + (-100) * 1 = -100.$$

Auch hier gehen wir weiter nach links zu dem Knoten „Geschäft umgestalten?“ (es handelt sich also um den 2. Knoten „Geschäft umgestalten?“ im Entscheidungsbaum von oben gesehen) und nehmen das Maximum:

$$\text{MAX}(-200, -100) = -100.$$

Dieser Wert bedeutet, dass, wenn wir uns dazu entschieden haben, die Gemeinschaftswerbung zu intensivieren, die Kunden aber ausgeblie-

---

ben sind, wir das Geschäft nicht umgestalten sollten. Denn die Umgestaltung lässt einen Verlust von 200 erwarten, während der Verzicht den Verlust auf insgesamt 100, verursacht auf die Werbeausgaben, begrenzt.

Wir haben jetzt also an den beiden Ästen rechts von dem oberen Knoten „Kunden besuchen vermehrt Straße?“ die Werte +500 und -100 ermittelt. Da „Kunden besuchen vermehrt Straße?“ wieder ein Zufallsknoten ist, müssen wir wieder einen erwarteten Nutzen bilden für den Zeitpunkt, zu dem wir uns zwar für die Intensivierung der Gemeinschaftswerbung entschieden haben, aber noch nicht wissen, ob die Kunden nun auch vermehrt in unsere Straße kommen werden. Der erwartete Nutzen errechnet sich hier als

$$500 * 0.8 + (-100) * 0.2 = 400 - 20 = 380.$$

Diese Zahl besagt, dass wir einen Nutzen von € 380 erwarten können, wenn die Gemeinschaftswerbung intensiviert wird.

Nun müssen wir die gesamte Prozedur für die untere Hälfte des Entscheidungsbaums wiederholen. Wieder beginnen wir ganz rechts, also bei dem 5. Knoten „Kunden besuchen vermehrt Geschäft?“. Wir errechnen

$$900 * 0.7 + (-100) * 0.3 = 630 - 30 = 600.$$

Analog erhalten wir am 6. Knoten:

$$1000 * 0.4 + 0 * 0.6 = 400.$$

Wieder gehen wir einen Schritt nach links und erreichen den 3. Knoten „Geschäft umgestalten?“. Da es sich um einen Entscheidungsknoten handelt, nehmen wir wieder das Maximum

$$\text{MAX}(600, 400) = 600$$

und wissen nun, dass, wenn wir die Gemeinschaftswerbung nicht intensiviert haben und die Kunden trotzdem vermehrt in die Straße

kommen, wir das Geschäft umgestalten sollten. Denn dies verspricht einen Nutzen von 600, verglichen mit 400, wenn wir alles beim alten lassen.

Jetzt gehen wir im Entscheidungsbaum nach ganz rechts unten und betrachten die beiden verbliebenen Knoten „Kunden besuchen vermehrt Geschäft?“. Wir errechnen

$$0 + (-100) * 1 = -100$$

am 7. Knoten, und

$$0 + 0 * 1 = 0$$

am 8. Knoten. Jetzt nehmen wir am untersten Entscheidungsknoten „Geschäft umgestalten?“ das Maximum

$$\text{MAX}(-100, 0) = 0$$

und wissen nun, dass, wenn wir nichts in die Gemeinschaftswerbung gesteckt haben und die Kunden auch nicht gekommen sind, wir auch das Geschäft nicht umgestalten sollten. Wir hätten dann alles beim alten gelassen und weder Gewinn noch Verlust, während die Umgestaltung des Geschäfts einen Verlust von 100 € einbringen würde.

Jetzt müssen wir zu dem unteren Zufallsknoten „Kunden besuchen vermehrt Straße?“ gehen. Wir haben an den beiden Ästen rechts von diesem Knoten die Werte +600 und 0 ermittelt. Da „Kunden besuchen vermehrt Straße?“ wieder ein Zufallsknoten ist, müssen wir wieder einen erwarteten Nutzen bilden für den Zeitpunkt, zu dem wir uns gegen die Intensivierung der Gemeinschaftswerbung entschieden haben und noch nicht wissen, ob sich das Kundenverhalten ändert. Der erwartete Nutzen errechnet sich hier als

$$600 * 0.1 + 0 * 0.9 = 60.$$

Diese Zahl besagt, dass wir einen Nutzen von € 60 erwarten können, wenn die Gemeinschaftswerbung nicht intensiviert wird.

.....

Jetzt können wir ganz nach links zu dem Knoten „Gemeinschaftswerbung intensivieren?“ gehen. Da es sich um einen Entscheidungsknoten handelt, müssen wir das Maximum nehmen, und zwar das Maximum aus den beiden Alternativen „Gemeinschaftswerbung intensivieren“ und „Gemeinschaftswerbung nicht intensivieren“. Für „Gemeinschaftswerbung intensivieren“ hatten wir weiter oben einen Wert von 380 ermittelt, „Gemeinschaftswerbung nicht intensivieren“ ergab einen Wert von 60. Die Entscheidung „Gemeinschaftswerbung intensivieren“ ist also vorzuziehen.

Damit ist die Auswertung des Entscheidungsbaums (bzw. des Einflussdiagramms) gemäß der EXP-MAX Strategie beendet. Wir können unserem Jungunternehmer folgende Strategie empfehlen, die den höchstmöglichen Nutzen verspricht:

#### STRATEGIE:

➔ „Intensiviere die Gemeinschaftswerbung. Kommen die Kunden dann vermehrt in die Straße, so sollte auch das Geschäft umgestaltet werden. Bleiben hingegen die Kunden aus, so sollte auf die Umgestaltung verzichtet werden.“

## 7. Bewertung vorgeschlagener Strategien

In derselben Weise, wie wir mit der EXP-MAX-Methode für ein vorliegendes Problem die beste Strategie ermitteln können, können wir auch vorgeschlagene Strategien bewerten. Unsere „beste“ Strategie lieferte einen Wert von + 380. Angenommen, unser Jungunternehmer entschließt sich jedoch dazu, in jedem Fall beides zu tun:

„Ich intensiviere die Gemeinschaftswerbung und gestalte das Geschäft um - unabhängig davon, ob die Kunden vermehrt in die Straße kommen oder nicht.“

Im Einflussdiagramm in Abb. A3.1 muss jetzt die Informationskante von KbvS nach GU gelöscht werden (s. Abb. A3.14).

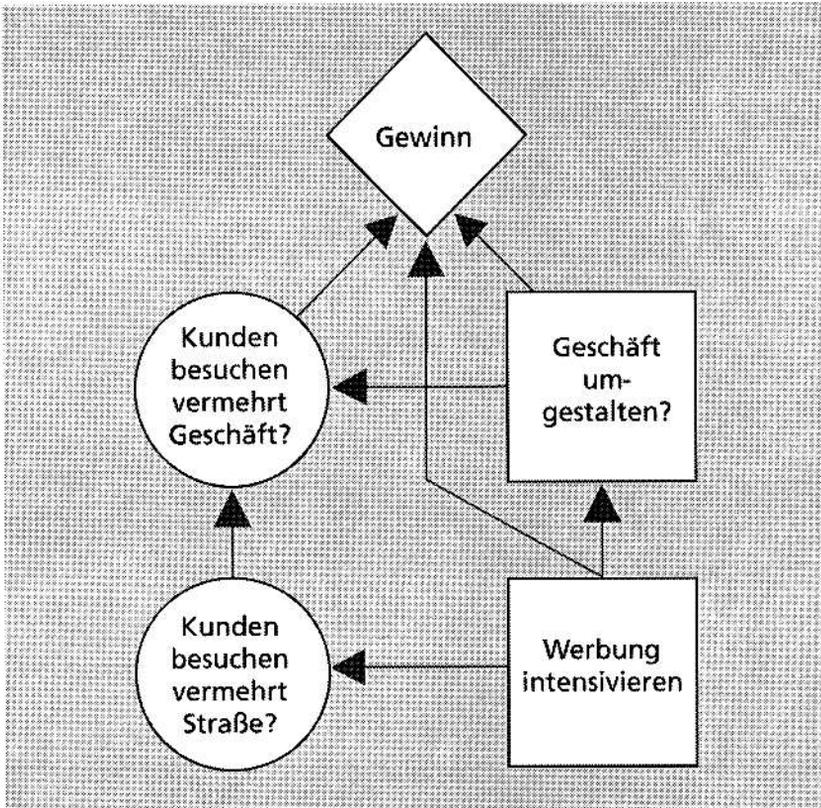


Abb. A3.14: Modell des risikobereiten Jungunternehmers

Welchen Wert können wir dieser Strategie zuordnen? Wir berechnen zunächst den erwarteten Nutzen unter der Bedingung, dass die Gemeinschaftswerbung intensiviert wird, die Kunden in die Straße kommen und das Geschäft umgestaltet wird. Dieser Wert beträgt, wie wir oben schon ermittelt hatten, 500. Nun berechnen wir den erwarteten Nutzen unter der Bedingung, dass die Gemeinschaftswerbung intensiviert wird, die Kunden dennoch nicht in die Straße kommen und trotzdem das Geschäft umgestaltet wird. Dieser Wert beträgt

$$0 + (-200) * 1 = -200.$$

.....

Dieses Mal haben wir also an den beiden Ästen rechts von dem oberen Knoten „Kunden besuchen vermehrt Straße?“ die Werte +500 und -200 ermittelt. Der erwartete Nutzen an dem Knoten „Kunden besuchen vermehrt Straße?“ ist

$$500 * 0.8 + (-200) * 0.2 = 400 - 40 = 360.$$

Auf diese Weise kann der erwartete Nutzen jeder beliebigen Strategie ermittelt werden.

## **8. Revisionen von Entscheidungen bei partieller Sicherheit**

*Schließlich soll noch gezeigt werden, wie in Fällen zu verfahren ist, in denen bestimmte Ereignisse nicht mehr wahrscheinlich eintreten sondern sicher beobachtet wurden.*

Angenommen die Kunden sind tatsächlich vermehrt in die Straße gekommen. In diesem Fall wird der Entscheidungsbaum genauso ausgewertet wie vorher, nur dass an allen Zufallsknoten „Kunden besuchen vermehrt Straße?“ die Wahrscheinlichkeitswerte 1 (für „ja“) und 0 (für „nein“) eingetragen werden. Der maximal erwartete Nutzen wird unter Berücksichtigung dieser neuen Wahrscheinlichkeiten wie folgt berechnet:

Die Äste, die zu dem Ereignis „Nein“ der Variable „Kunden besuchen vermehrt Straße“ gehören, können aus dem Baum herausgeschnitten werden, da die Multiplikation des erwarteten Nutzens von „Geschäft umgestalten“ mit der Wahrscheinlichkeit des Ereignisses „Nein“ der Variable „Kunden besuchen vermehrt Straße“ 0 ergibt:  $-100 * 0 = 0$ .

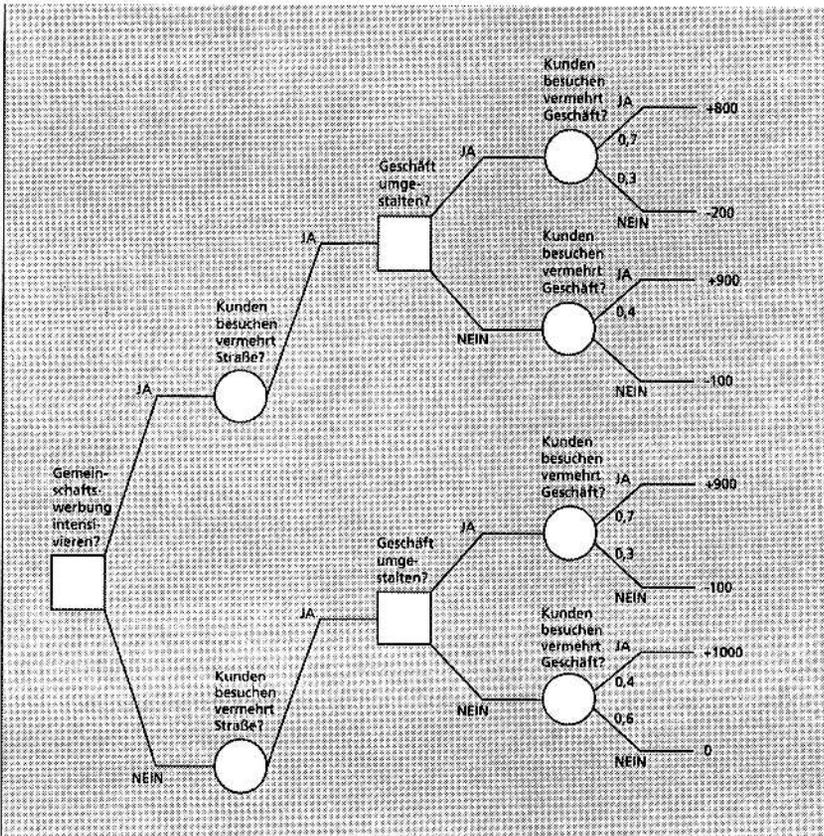


Abb. A3.15: reduzierter Entscheidungsbaum bei sicherer Information

Der beschnittene Entscheidungsbaum ist in Abb. A3.15 wiedergegeben. Der erwartete Nutzen für die beiden Knoten „Geschäft umgestalten“ entspricht dem Wert in dem nichtbeschnittenen Entscheidungsbaum, da sich in diesen Teilbäumen nichts geändert hat. Bei der Berechnung des erwarteten Nutzens für die Variable „Kunden besuchen vermehrt Straße“ muss nun berücksichtigt werden, dass der neue Wert für die Wahrscheinlichkeit, dass die Kunden die Straße vermehrt besuchen, 1 ist. Für den oberen Teilbaum ergibt sich:

$$500 * 1 = 500.$$

---

Für den unteren Teilbaum errechnet sich der erwartete Nutzen aus:

$$600 * 1 = 600.$$

Nun muss noch an dem Entscheidungsknoten „Gemeinschaftswerbung intensivieren“ das Maximum dieser beiden Werte eingetragen werden:

$$\text{MAX}(500,600) = 600.$$

Als beste Strategie ergibt sich also:

STRATEGIE (unter Berücksichtigung der Beobachtung, dass die Kunden jetzt vermehrt die Straße besuchen):

➔ „Intensiviere die Gemeinschaftswerbung nicht (die Leute kommen ohnehin in die Straße), aber gestalte das Geschäft um.“

Diese Strategie ergibt einen Nutzenwert von 600 €, während die Strategie „Gemeinschaftswerbung intensivieren, Geschäft umgestalten“ wegen der hinzukommenden Gemeinschaftswerbungskosten nur 500 € einbringt. Diese Strategie ist scheinbar zu präferieren. Sie setzt aber eine starke positive fatalistische Zukunftserwartung voraus: „Die Dinge werden sich schon positiv entwickeln, ich muss nur zum Schluss noch etwas selbst investieren“. Das Einflussdiagramm eines derartig eingestellten Jungunternehmers ist in Abb. A 3.16 angegeben.

Dieses Beispiel zeigt, dass **neue Informationen und damit andere Rahmenbedingungen zu völlig anderen optimalen Strategien führen können**. Wir können in „Was-wäre-Wenn“-Analysen das Würfeln der Natur durchspielen und untersuchen, welche Strategien optimal sind, wenn einige Würfel (Einflussfaktoren) gefallen sind. Die gewürfelte Augenzahl ist die konkrete Information (= Evidenz), die den Kontext oder die Rahmenbedingungen für das neue Entscheidungsproblem bestimmen.

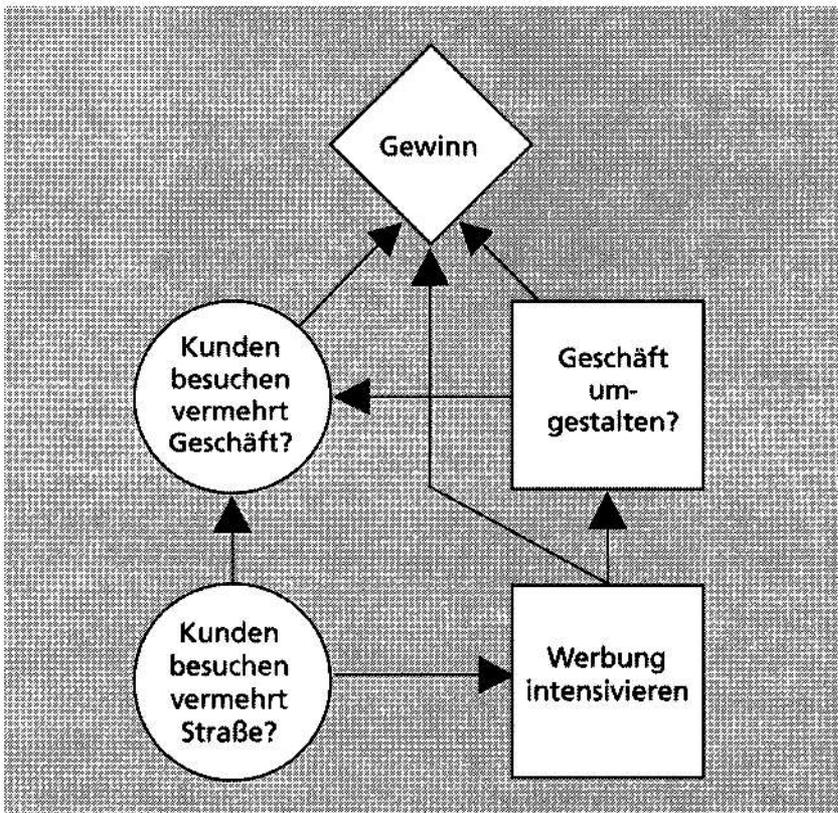


Abb. A3.16: Modell des fatalistischen Jungunternehmers



# Strategische Handlungsflexibilität

**Band 3:  
Analysieren - Modellieren -  
Entscheiden**

**Training für komplexe berufliche  
Handlungssituationen**

**Herausgeber:  
Guido Franke, Reinhard Selka**

Schriftenreihe  
des Bundesinstituts  
für Berufsbildung  
Der Generalsekretär • Bonn

Bundesinstitut  
für Berufsbildung **BIBB** »  
» Forschen  
» Beraten  
» Zukunft gestalten



Anke Bahl  
Dieter-August Büchel  
Walter Schlottau

Umschlaggestaltung:  
Hauke Sturm, Berlin

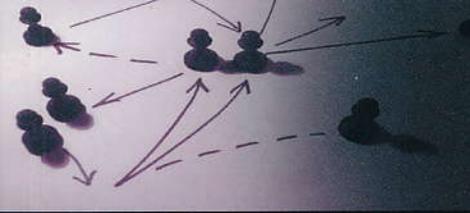
#### **Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Vertriebsadresse:  
W. Bertelsmann Verlag GmbH & Co. KG  
Postfach 10 06 33, 33506 Bielefeld  
Telefon: (0521) 9 11 01 – 11  
Telefax: (0521) 9 11 01 19  
E-Mail: [service@wbv.de](mailto:service@wbv.de)  
Internet: [www.wbv.de](http://www.wbv.de)  
Bestell-Nr.: 112.207  
ISBN 3-7639-0654-1

[www.bibb.de/abfoerd/erste.htm](http://www.bibb.de/abfoerd/erste.htm)

© 2005 by Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn  
Herausgeber: Bundesinstitut für Berufsbildung  
Der Generalsekretär, Bonn  
Verlag: W. Bertelsmann Verlag, Bielefeld



# Strategische Handlungsflexibilität

Band 3:

Analysieren – Modellieren – Entscheiden  
Training für komplexe berufliche  
Handlungssituationen

Herausgeber:  
Guido Franke, Reinhard Selka



Bundesinstitut  
für Berufsbildung **BiBB** ▶

- ▶ Forschen
- ▶ Beraten
- ▶ Zukunft gestalten

Dieser dritte Band setzt das im Band 2 begonnene Training fort und konzentriert sich dabei auf die Analyse von Entscheidungssituationen, das Entwickeln geeigneter Erklärungsmodelle und die Entscheidungsfindung. Auch diesem Band liegt eine CD-ROM bei, die komplexe Software zur Entscheidungsfindung (das Programm SHAFT), aber auch andere Werkzeuge bereitstellt. Die Planung und Durchführung von Trainings wird durch umfangreiche Anleitungen, Erfahrungsberichte und Folienvorlagen unterstützt.

Wenngleich ein Training unter kompetenter Anleitung am wirksamsten ist, eignet sich dieses Trainingspaket auch zur Selbstinstruktion.

Es ist zu empfehlen, vor der Verwendung dieses Bandes die Informationen aus dem Band 2 zu erarbeiten.



W. Bertelsmann Verlag  
Bielefeld

ISBN 3-7639-0654-1



9 783763 906543