



Kapitel 4: Entscheidungen unter Unsicherheit

4.1 Die Problematik

Entscheiden unter Unsicherheit ist eine wichtige, fast täglich geforderte Fertigkeit. Häufig müssen Entscheidungen in Situationen getroffen werden, in denen nur unvollständige Information über die Situation vorliegt und / oder in denen die Auswirkungen der getroffenen Entscheidungen nicht exakt vorhersehbar sind. Soll z. B. eine Transrapid-Trasse von Amsterdam nach Bratislava über Oldenburg, Bremen, Hannover und Prag gebaut werden? Wird sie genügend ausgelastet sein, um wirtschaftlich betrieben werden zu können? Soll man den Transrapid in Eurorapid umbenennen, um den Goodwill zu erhöhen? Werden sich damit die Exportchancen für den Transrapid erhöhen?

Oder ein weiteres Beispiel: Muss das Rentenniveau abgesenkt werden, wenn die Renten auch in 50 Jahren bezahlbar bleiben sollen? Wenn ja, wie stark? Mit welchen weiteren Auswirkungen auf Kaufkraft, Sozialhilfebedürftigkeit usw.? Ganz ähnliche Situationen liegen vor, wenn z. B. ein Unternehmen erwägt, ein neues Produkt einzuführen oder eine neue Dienstleistung anzubieten.

In solchen Situationen ist es wichtig, rational begründbare und nachvollziehbare Entscheidungen bzw. Entscheidungsse-

quenzen zu treffen. Dies bedeutet, dass die wichtigen Einflussgrößen der Situation identifiziert werden und die Entscheidung oder Sequenz von Entscheidungen getroffen wird, die unter Berücksichtigung dieser Einflussgrößen den größten Nutzen oder Erfolg verspricht.

Zwar ist es beim Entscheiden unter Unsicherheit im Einzelfall immer möglich, dass sich eine solche rational getroffene Entscheidung im nachhinein als nicht optimal herausstellt. Doch in der Mehrzahl der Entscheidungssituationen wird man hiermit „am besten fahren“. Eine Entscheidung „aus dem Bauch heraus“ mag zwar gelegentlich erfolgreich sein, aber wer hat schon für jede Entscheidungssituation „das richtige Gefühl“? Wenn einen das eigene Gefühl trügt, ist eine rationale Entscheidungsprozedur hilfreich, wenn nicht notwendig. Hierbei ist ein ebenfalls nicht zu unterschätzender Aspekt für die berufliche Praxis zu bedenken: die Nachvollziehbarkeit, Transparenz und Begründbarkeit rational getroffener Entscheidungen. Das bedeutet, dass man sich selbst und anderen einen konkreten Entscheidungsvorgang erklären kann, dass man den Entscheidungsprozess Schritt für Schritt rechtfertigen (oder auch kritisieren) kann, und dass man aus ihm für künftige Entscheidungssituationen lernen kann.

In dem folgenden Abschnitt wird beschrieben, welche Aspekte bei einer rationalen Entscheidungsfindung zu berücksichtigen sind. Anschließend wird im zweiten Abschnitt eine Methode zur Formalisierung von Entscheidungssituationen und ein darauf aufbauendes Verfahren zur rationalen Entscheidungsfindung vorgestellt. Im Anhang 3 schließlich finden Sie ein ausführlich beschriebenes Beispiel zur Veranschaulichung dieser Ausführungen.

4.2 Die Komponenten von Entscheidungsprozessen

Wenn man Entscheidungsprozesse näher untersucht, dann kann man verschiedene Komponenten oder Teilprozesse unterscheiden):

1. Die Strukturierung der Entscheidungssituation:
Welche Ziele werden überhaupt angestrebt? Welche Entscheidungs-, Handlungsalternativen bzw. Maßnahmen sind verfügbar? Welche Einflüsse müssen berücksichtigt werden? Mit welchen Konsequenzen muss gerechnet werden?
2. Die Quantifizierung von Unsicherheit und von Nutzenwerten.
3. Die eigentliche Entscheidungsfindung, bzw. die Bewertung verschiedener Entscheidungsvorschläge.

Unter Entscheidungsalternativen verstehen wir die Wahlmöglichkeit zwischen mehreren zu treffenden Entscheidungen (z. B. ob ich mich heute oder in einem Monat entscheide, in Urlaub zu fahren). Dagegen wollen wir mit einer Handlungsalternative die Wahlmöglichkeit zwischen mehreren möglichen Handlungen bezeichnen (z. B. ob ich in einer Woche nach Mallorca oder Formentera fliege).

Die folgenden Ausführungen werden sich neben den Punkten 1 und 2 vornehmlich auf den Punkt 3 konzentrieren, d. h. es wird mit vorgefertigten „Szenarien“ gearbeitet. Punkt 1 ist bereits in den vorhergehenden Kapiteln thematisiert worden, ohne dass bisher allerdings Unsicherheit berücksichtigt wurde.

Die Strukturierung der Entscheidungssituation

Im ersten Schritt muss der Entscheider das Problem zunächst qualitativ strukturieren. Qualitativ bedeutet in diesem Fall, dass das Ausmaß der Unsicherheiten und des Nutzens von Entscheidungsmöglichkeiten zunächst nicht betrachtet wird. Es wird also anfangs die Frage gestellt, was muss ich berücksichtigen, während erst im zweiten Schritt die Frage gestellt wird, wie stark muss ich diese Dinge berücksichtigen.

Was muss der Entscheider also nun berücksichtigen? Diese Frage lässt sich in folgende Teilaspekte unterteilen:

- Welche **Ziele** werden überhaupt angestrebt bzw. was will ich erreichen?
- Welche **Entscheidungs- bzw. Handlungsalternativen** sind verfügbar bzw. wie kann ich es erreichen?
- Welche **Einflussfaktoren** müssen berücksichtigt werden bzw. was wirkt sich auf meine Entscheidungen bzw. meine Ziele aus?
- Mit welchen **Konsequenzen** muss gerechnet werden bzw. wie wirken sich die Entscheidungen aus?

Die **Zielformulierung und -analyse** ist häufig eines der schwierigsten Probleme. Man denke beispielsweise an die Psychotherapie: Wenn Klient und Therapeut gemeinsam ein Ziel oder eine Menge von Zielen für den Klienten formuliert haben, ist oft schon viel erreicht.

Die erste Schwierigkeit bei der Zielfindung liegt darin, die Ziele so konkret zu formulieren, dass nach getroffener Entscheidung klar angegeben werden kann, ob sie erreicht sind oder nicht. So ist das Ziel eines Klienten in dem erwähnten Beispiel „Psychotherapie“, dass es ihm „besser gehen möge“, in den meisten Fällen wohl nicht ausreichend präzise formuliert. Das Ziel eines Unternehmens, einen möglichst hohen Gewinn zu erwirtschaften, ist ebenfalls nicht ausreichend präzise formuliert.

Zweitens ist es wichtig, die Ziele in Teilziele zu zerlegen („operativ“ zu machen), die in konkrete Handlungsschritte oder Handlungsprogramme münden können. So können für das Ziel, einen bestimmten Gewinn zu erwirtschaften, folgende Teilziele formuliert werden: Z. B. eine Verbesserung der Vertriebswege sowie bessere Profilierung der Marke in Verbindung mit kostensenkenden Maßnahmen in der Produktion usw. Als konkrete Maßnahme kann hieraus z. B. folgen, dass ein Mitarbeiterteam damit beauftragt wird, den Produktionsprozess auf Schwachstellen hin zu untersuchen.

Drittens müssen Zielkonflikte erkannt und aufgelöst werden. Beispielsweise möchte ein Unternehmen einerseits die Investitionskosten unter einem bestimmten Limit halten, aber andererseits die Produktion modernisieren, was die Beschaffung neuer Maschinen erfordert. Die Auflösung des Zielkonflikts kann darin bestehen, dass eines der Ziele aufgegeben wird (die Maschinen werden beschafft und das gesetzte Limit überschritten) oder dass ein Zielkompromiss gefunden wird (es wird nur eine Maschine beschafft, was zu einer geringfügigen Überschreitung des Limits führt).

In Abb. 4.1 werden die angesprochenen Aspekte der Zielbildung noch einmal verdeutlicht. Es sind zwei Zielhierarchien mit Zielkonflikten dargestellt. In den Zielhierarchien werden die Ziele abstrakter je höher sie sich in der Hierarchie befinden.

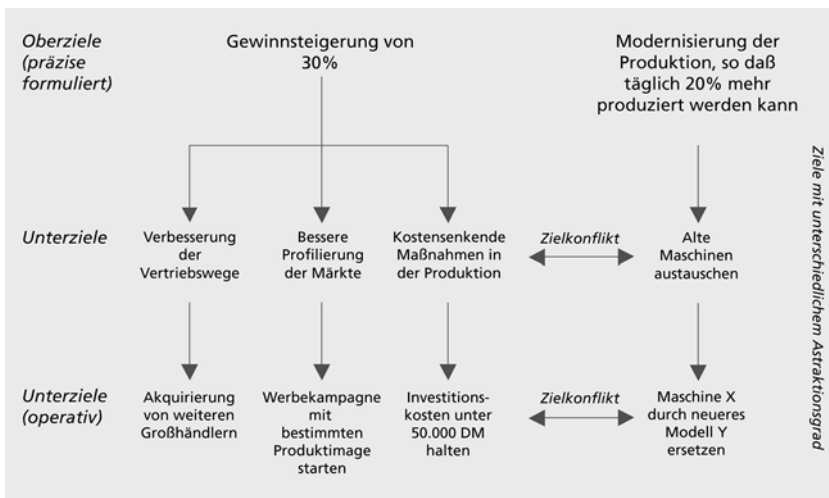


Abb. 4.1: Zielhierarchien mit Zielkonflikten

Die Frage nach den verfügbaren **Entscheidungs- bzw. Handlungsalternativen** ist manchmal einfach: Nämlich dann, wenn nur wenige Alternativen zur Verfügung stehen. Es kann aber auch der Fall sein, dass zunächst nach Alternativen gesucht werden muss. Dabei stellt sich die Frage, wie lange bzw. mit wie viel Aufwand diese Suche be-

trieben werden und wann sie abgebrochen werden soll. Ferner ist darauf zu achten, dass es sich auch um echte Alternativen handelt. Um sowohl diesen als auch noch folgende Punkte zu verdeutlichen, soll die Situation eines Jungunternehmers betrachtet werden:

Szenario eines Jungunternehmers:

„Ein Jungunternehmer überlegt sich, wie er seinen Gewinn steigern kann. Soll er mehr Aufwand und Geld in die Gemeinschaftswerbung für die Straße stecken? Dies könnte vielleicht die Kunden in seine Straße locken, was natürlich Voraussetzung dafür ist, dass sie auch sein Geschäft aufsuchen. Er überlegt sich aber auch, ob es nicht sinnvoll wäre, das Geschäft attraktiver zu gestalten, damit die Kunden nicht vorbeilaufen.“

Der Jungunternehmer kann sowohl die Gemeinschaftswerbung intensivieren als auch sein Verkaufsgeschäft attraktiv umgestalten. Da er beides tun kann, handelt es sich nicht um Alternativen - es sei denn, es liegen zusätzliche Beschränkungen (Zeit, Kosten, ...) vor. Eine echte Alternative ist die Entscheidung zwischen der Möglichkeit, die Gemeinschaftswerbung zu intensivieren oder nicht. Entscheidet er sich für die Intensivierung der Gemeinschaftswerbung hat der Jungunternehmer drei Alternativen: „Gemeinschaftswerbung ausschließlich selbst intensivieren“, „Gemeinschaftswerbung ausschließlich durch eine Werbeagentur intensivieren lassen“ oder „Gemeinschaftswerbung teilweise selbst und teilweise durch Werbeagentur intensivieren“ (siehe Abb. 4.2).

Schließlich ist auch zwischen ein- und mehrstufigen Alternativen zu unterscheiden. „Gemeinschaftswerbung intensivieren“ ist eine einstufige Alternative. „Verkaufsgeschäft umgestalten. Wenn nach einer Woche nicht mehr Kunden kommen, dann zusätzlich Gemeinschaftswerbung intensivieren. Wenn dies Erfolg hat, dann Gemeinschaftswerbung zurückfahren, sonst Produktpalette umstellen“ ist eine **mehrstufige Folge bedingter Alternativen**, eine Form einer **Strategie**.

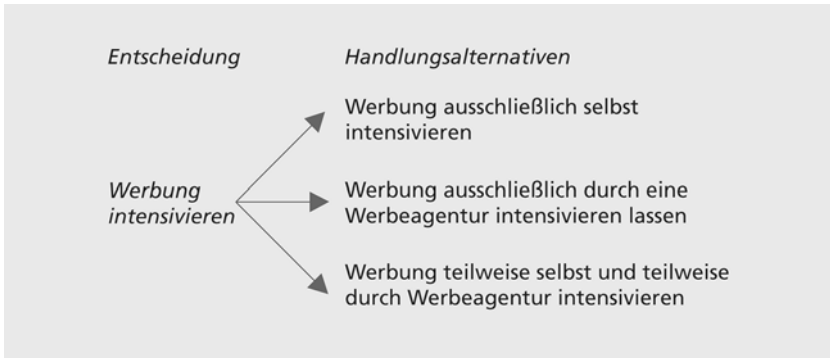


Abb. 4.2 Beispiel einer Entscheidung mit drei Handlungsalternativen

Im Gegensatz zu den Handlungsalternativen handelt es sich bei den **Einflussfaktoren** um Faktoren, die nicht direkt vom Entscheider beeinflussbar sind. Im Beispiel des Jungunternehmers sind dies z. B. das Verhalten der Kunden (siehe Abb. 4.3), die Frage, ob sich in der nächsten Zeit Konkurrenzgeschäfte in der Nähe ansiedeln, wie sich die Ladenmieten entwickeln usw. Man kann sich auch aus diesen Einzeleinflüssen zusammengesetzte Ereignisse bzw. Zustände vorstellen, beispielsweise: „Neue Kunden kommen nicht in meine Straße, vermehrte Konkurrenz ist zu erwarten, Ladenmieten entwickeln sich günstig“ etc. Der Jungunternehmer sollte nun z. B. überlegen, welche Strategie unter jedem dieser „Szenarien“ für ihn am günstigsten wäre.

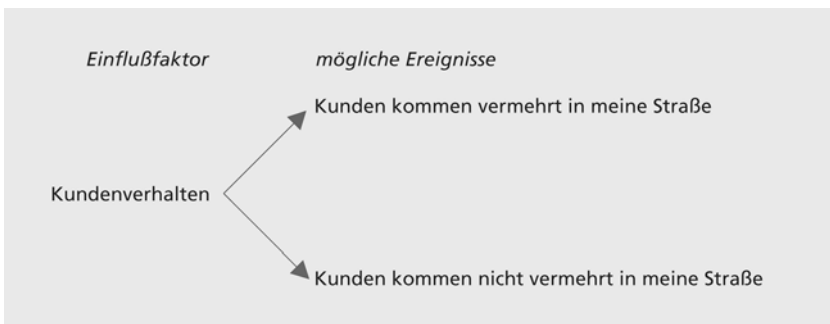


Abb. 4.3 Beispiel für einen Einflussfaktor mit zwei möglichen Ereignissen

Konsequenzen sind Ergebnisse einer Folge von Einflussfaktoren und Entscheidungen. Es handelt sich dabei um Konstellationen der Zustände und Ereignisse, denen der Entscheider einen Wert oder Nutzen zuordnet. Beispielsweise könnte sich unser Jungunternehmer folgende Konsequenz ausmalen: „Weil vermehrte Konkurrenz zu erwarten ist und die Ladenmieten sich günstig entwickeln, entscheide ich mich dafür, die Gemeinschaftswerbung zu intensivieren. Dies sollte Kunden auch aus anderen Straßen anziehen. Ferner werde ich das Geschäft attraktiver gestalten. Die Konsequenz wird hoffentlich sein, dass die Kunden vor meinem Laden stehen bleiben, hereinkommen, kaufen und mir damit einen zusätzlichen Umsatz von €1.000 einbringen.“

Die Quantifizierung von Unsicherheit und von Nutzen

Nachdem geklärt ist, was berücksichtigt werden muss, also welche Ziele, Handlungsalternativen, Einflussfaktoren und Konsequenzen eine Rolle spielen, muss nun festgelegt werden, wie stark diese Dinge berücksichtigt werden müssen. Zu diesem Zweck muss die **Unsicherheit der Einflussfaktoren und Konsequenzen** und der zu **erwartende Nutzen** der verschiedenen möglichen Konsequenzen bzw. Entscheidungen quantifiziert werden:

Die Quantifizierung von Unsicherheit geschieht über Wahrscheinlichkeiten. Eine Wahrscheinlichkeit ist eine Zahl zwischen 0 und 1, also ein numerisches Maß, das einem Zustand oder Ereignis zugeordnet wird. „0“ bedeutet: „Es ist absolut sicher, dass das Ereignis nicht eintritt / der Zustand nicht vorliegt“. „1“ bedeutet: „Es ist absolut sicher, dass das Ereignis eintritt / der Zustand vorliegt“. Die Zahlen dazwischen drücken entsprechende Sicherheitsgrade aus. „0.5“ bedeutet, dass das Ereignis ebenso sicher wie unsicher ist, dass also die Unsicherheit bzgl. des Ereignisses maximal („fünfzig zu fünfzig“) ist.

Es werden folgende Wahrscheinlichkeiten benötigt (Eine Anleitung zur Erhebung von Wahrscheinlichkeiten ist auf der CD-ROM im Material für den Trainer enthalten):

- Die Wahrscheinlichkeit, mit der eine bestimmte Entscheidung eine bestimmte Wirkung (Konsequenz) hervorbringt.

Angenommen, unser Jungunternehmer hält es für ziemlich sicher, dass mehr Gemeinschaftswerbung mehr Kunden in die Straße bringt. Dies könnte folgendermaßen ausgedrückt werden: „Die Wahrscheinlichkeit, dass mehr Kunden kommen, wenn ich Gemeinschaftswerbung betreibe, beträgt 0.8“.

- Die Wahrscheinlichkeit, mit der eine bestimmte Einflussgröße eine bestimmte Konsequenz hervorbringt.
Beispielsweise kann die Einflussgröße „Rückbau einer Parallelstraße“ die Konsequenz „Kunden besuchen vermehrt meine Straße“ hervorbringen. Die Baumaßnahmen sind eine Einflussgröße, denn der Jungunternehmer hat darauf keinen Einfluss: Er muss diese Maßnahmen hinnehmen, wie das Wetter. Die Tatsache, dass mehr Kunden die Straße des Entscheiders besuchen, kann eine Konsequenz der Baumaßnahmen sein. Es besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit (z. B. 0.6), dass die Kunden den Weg zu unserem Jungunternehmer finden. Die unsichere Beziehung zwischen der Einflussgröße und der Konsequenz kann also folgendermaßen ausgedrückt werden: „Die Wahrscheinlichkeit, dass mehr Kunden kommen, wenn die Parallelstraße rückgebaut wird, beträgt 0.6“.

Der erwartete Nutzen einer Situation gibt an, welchen Wert der Entscheider dieser Situation in bezug auf ein bestimmtes Ziel zuordnet. Für die Quantifizierung von Nutzen gibt es keine bestimmte Einschränkung des Wertebereichs. Es können z. B. Noten oder Pluspunkte zwischen 0 und 100 vergeben werden. Einziges Ziel der Nutzenwerte ist es, die Konsequenzen hinsichtlich ihrer Attraktivität zu ordnen. Allerdings müssen die Werte gewisse Skaleneigenschaften aufweisen, wenn sie verrechnet werden sollen. Dafür eignen sich Pluspunkte, die man aus einem Vorrat schöpft, relativ gut. In manchen Fällen können Nutzenwerte auch direkt in Euro und Cent ausgedrückt werden.

Z. B. erwartet unser Jungunternehmer nach Intensivierung der Gemeinschaftswerbung und Umgestaltung des Geschäfts einen Umsatz von €4000 pro Tag, während der aktuelle Umsatz €3000 beträgt.

.....

Davon abzuziehen sind die Kosten für die zusätzliche Gemeinschaftswerbung sowie die Umgestaltung - €200 auf den Tag umgerechnet.

Damit ergibt sich ein erwarteter Nutzen von €4000 - €3000 - €200 = €800 vorausgesetzt, die zusätzlichen Kunden kommen.

Bleiben sie hingegen aus, so verpuffen die Maßnahmen wirkungslos, und es bleibt ein täglicher Verlust von € 200 für die entstandenen Kosten.

Dem ist entgegenzuhalten, dass der Jungunternehmer ja auch alles beim Alten lassen kann. Dann kommen wahrscheinlich nicht mehr Kunden, aber es entsteht auch kein Verlust. Wir haben also für folgende Entscheidungs- und Ereigniskonstellationen folgende Nutzenwerte (Eine Anleitung zur Erhebung von Nutzenwerten ist auf der CD-ROM im Material für den Trainer enthalten):

- Intensivierung der Gemeinschaftswerbung, Umgestaltung des Geschäfts, Kunden kommen: + 800
- Intensivierung der Gemeinschaftswerbung, Umgestaltung des Geschäfts, Kunden kommen nicht: - 200
- Gemeinschaftswerbung nicht intensivieren, Geschäft nicht umgestalten, Kunden kommen: +1000
- Gemeinschaftswerbung nicht intensivieren, Geschäft nicht umgestalten, Kunden kommen nicht: 0

(„Zwischenformen“ wie Intensivierung der Gemeinschaftswerbung, aber keine Umgestaltung des Geschäfts lassen wir hier außer acht.)

Das Beispiel zeigt, dass es am profitabelsten wäre, gar nichts zu tun, wenn denn die Kunden kämen. Dies zeigt, dass die Konsequenzen mit Wahrscheinlichkeiten gewichtet werden müssen. Die Konsequenz mit dem Nutzenwert „+ 1000“ ist zwar wünschenswert, aber nur dann, wenn sie nicht gleichzeitig äußerst unwahrscheinlich ist.

Wie schon oben angemerkt, können Nutzenwerte auch anders als in Geldbeträgen ausgedrückt werden. Man denke etwa an medizinische

Entscheidungsprobleme oder auch an den „Goodwill“-Faktor in betriebswirtschaftlichen Entscheidungssituationen. In diesen Fällen muss man gemeinsam mit Experten versuchen, Bewertungen verschiedener Szenarien zu finden. Wir empfehlen, Konsequenzen aus einem sich erschöpfenden Vorrat von 100 Pluspunkten zu bewerten. Diese Bewertungsmethode hat praktische und theoretische Vorteile, auf die wir hier aber aus Platzgründen nicht weiter eingehen wollen.

Die Entscheidungsfindung

Die Entscheidungsfindung besteht darin, für jede Entscheidungsgröße eine (Handlungs-)Alternative (d.h. Maßnahme) auszuwählen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass **zu den verschiedenen Entscheidungszeitpunkten jeweils verschiedene Informationen über die Situation** bekannt sein können. Da unser Jungunternehmen die Umgestaltung des Geschäfts davon abhängig machen will, ob die Kunden als Resultat intensiver Gemeinschaftswerbung vermehrt den Weg in seine Straße finden, muss Information über die Kundenströme zum Zeitpunkt der Entscheidung über die Umgestaltung des Geschäfts nicht jedoch zum Zeitpunkt der Entscheidung über die Intensivierung der Gemeinschaftswerbung verfügbar sein.

Wenn die Entscheidungssituation vollständig qualitativ und quantitativ spezifiziert ist, kann für jede Strategie, also für jede Folge bedingter Entscheidungen, ein erwarteter Nutzen berechnet werden. Dieser erwartete Nutzen ergibt sich aus den Nutzenwerten und den Wahrscheinlichkeiten der betreffenden Ereignisse.

Der Entscheider kann nun sämtliche möglichen Strategien durchspielen, um so die Strategie mit dem höchsten erwarteten Nutzenwert herauszufinden. Da wir es mit Entscheidungen unter Unsicherheit zu tun haben, kann die optimale Strategie nur die beste für die Mehrzahl der Fälle sein: „Ausnahmen bestätigen die Regel“.

Die „**beste**“ **Strategie**, also die Strategie mit dem höchsten erwarteten Nutzen, gibt Empfehlungen, was unter Berücksichtigung der modellierten Einflussfaktoren und Entscheidungsgrößen optimal ist: sie ist

abhängig vom jeweils gültigen Szenario. Ändern sich die Einflussfaktoren und Entscheidungsgrößen, kommen neue hinzu, oder ändern sich die Ziele und damit die Nutzenwerte oder die Wahrscheinlichkeiten, liegt ein neues Entscheidungsproblem vor, das möglicherweise zu einer völlig anderen „besten“ Strategie führt. Aber auch beim Eintritt vorher unsicherer Ereignisse kann sich die „beste“ Strategie radikal ändern.

Angenommen, es wurde eine Studie erstellt, die ergeben hat, dass sich die Kundenströme in nächster Zeit nicht ändern. Dann ist es für den Jungunternehmer wahrscheinlich besser, nichts zu tun, als Geld in eine fruchtlose Werbekampagne zu stecken. Eine „beste“ Strategie kann also immer nur vor dem Hintergrund

- a) eines bestimmten Modells eines Realitätsausschnitts und
 - b) bekannter Information
- angegeben werden.

Liegt ein Modell vor, lassen sich durch Variation bekannter Informationen Szenarien im Sinne von „Was-wäre-Wenn“-Analysen durchspielen. Man kann untersuchen, wie flexibel die beste Strategie zu sein hat, wenn sich die Rahmenbedingungen des Entscheidungsproblems ändern.

4.3 Einflussdiagramme

Entscheidungsprobleme können mit Hilfe von Einflussdiagrammen formalisiert und dargestellt (bzw. modelliert) werden. Die Formalisierung eines Entscheidungsproblems bewirkt, dass sich der Entscheider intensiv mit der Situation auseinandersetzen muss. Der Ansatz der Einflussnetze zur Formalisierung hat für das Training drei Vorteile:

1. Die integrierte Darstellung von Unsicherheit in den Entscheidungsaufgaben bzw. Szenarien.
2. Die Möglichkeit zur Identifikation der optimalen Strategie(n) bzw. zur Abgrenzung „guter“ von „schlechten“ Strategien. Dies ist in den meisten Simulationssystemen nicht befriedigend möglich.

-
3. Die Möglichkeit, wechselnde Rahmenbedingungen bzw. Situationen durch die Angabe beobachteter Werte für bestimmte Einflussfaktoren darzustellen und auf ihren Effekt auf die optimale Strategie zu untersuchen: „Was-wäre-Wenn“-Analyse.

Einflussdiagramme verbinden mit Unsicherheit behaftetes Bereichswissen mit Entscheidungen und Bewertungen. Im vorangehenden Abschnitt wurde beschrieben, was alles zu einer Entscheidungssituation gehört.

Für jeden Bestandteil einer Entscheidungssituation (Ziele, Entscheidungen, Einflussfaktoren, Konsequenzen) gibt es ein formales Äquivalent im Entscheidungsdiagramm.

Einflussfaktoren und Konsequenzen werden durch Zufallsvariablen repräsentiert, die durch Pfeile miteinander verbunden sein können. Die Pfeile stehen für Wahrscheinlichkeiten. Ein Pfeil zwischen den Einflussfaktoren „Kunden besuchen vermehrt Straße“ (KbvS) und „Gemeinschaftswerbung intensivieren“ (Wi) bedeutet beispielsweise, dass das Ereignis, dass die Kunden vermehrt die Straße besuchen, mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eintritt und dass diese Wahrscheinlichkeit davon abhängig ist, ob die Gemeinschaftswerbung intensiviert wurde oder nicht. Man spricht hier von **bedingter Wahrscheinlichkeit**. Wahrscheinlichkeiten werden üblicherweise mit dem Buchstaben „P“ bezeichnet. Bedingte Wahrscheinlichkeiten werden formal angegeben durch $P(\text{Ereignis} \mid \text{Bedingung})$. Die beschriebene Wahrscheinlichkeit wird beispielsweise folgendermaßen formal aufgeschrieben:

$$P(\text{KbvS} \mid \text{Wi}).$$

KbvS steht hierbei für „Ja, die Kunden besuchen vermehrt die Straße“ (KbvS= „ja“) und für „Nein, die Kunden besuchen nicht vermehrt die Straße“ (KbvS= „nein.“). Wi steht für „Ja, die Gemeinschaftswerbung wird intensiviert“ und für „Nein, die Gemeinschaftswerbung wird nicht intensiviert“. Dies sind die möglichen Realisationen der Variablen KbvS und Wi. Die bedingten Wahrscheinlichkeiten müssen für

jede mögliche Kombination zwischen den Realisationen der Variable KbvS und denen der Variable Wi angegeben werden, also:

$$\begin{array}{ll} P(\text{KbvS} = \text{„ja“} \mid \text{Wi} = \text{„ja“}) & P(\text{KbvS} = \text{„ja“} \mid \text{Wi} = \text{„nein“}) \\ P(\text{KbvS} = \text{„nein“} \mid \text{Wi} = \text{„ja“}) & P(\text{KbvS} = \text{„nein“} \mid \text{Wi} = \text{„nein“}). \end{array}$$

Die Summe der bedingten Wahrscheinlichkeiten $P(\text{KbvS} = \text{„ja“} \mid \text{Wi} = \text{„ja“})$ und $P(\text{KbvS} = \text{„nein“} \mid \text{Wi} = \text{„ja“})$ muss 1 ergeben. Denn wenn die Gemeinschaftswerbung intensiviert wird ($\text{Wi} = \text{„ja“}$), dann kann es nur passieren, dass entweder die Kunden vermehrt die Straße besuchen ($\text{KbvS} = \text{„ja“}$) oder nicht ($\text{KbvS} = \text{„nein“}$). Es gibt sonst keine Möglichkeit und 1 steht für das sichere Ereignis: Es ist sicher, dass entweder die Kunden die Straße besuchen oder eben nicht. Die beiden Wahrscheinlichkeiten werden auch als komplementäre Wahrscheinlichkeiten bezeichnet. Ebenfalls bei den beiden Wahrscheinlichkeiten $P(\text{KbvS} = \text{„ja“} \mid \text{Wi} = \text{„nein“})$ und $P(\text{KbvS} = \text{„nein“} \mid \text{Wi} = \text{„nein“})$ handelt es sich um komplementäre Wahrscheinlichkeiten.

Die Handlungsalternativen sind durch Entscheidungsvariablen und Ziele durch Wert- oder Nutzenvariablen repräsentiert. Eine Wert- oder Nutzenvariable ermöglicht die Bewertung von Entscheidungskombinationen im Hinblick auf ein bestimmtes Ziel.

Im folgenden werden die einzelnen Elemente eines Einflussdiagramms näher beschrieben. Dabei wird der Zusammenhang zwischen den Bestandteilen von Entscheidungsproblemen und den entsprechenden formalen Elementen noch einmal herausgestellt.

Grundlagen zu Einflussdiagrammen

Ein Einflussdiagramm enthält drei verschiedene Arten von **Knoten**: Zufallsknoten, Entscheidungsknoten und Wertknoten. Diese **Knotenarten** stellen jeweils einen entsprechenden **Variablentyp** dar.

Ereignis- oder Zufallsvariablen stellen durch einen Entscheider nicht direkt kontrollierbare mögliche Ereignisse dar. Diese Variablen entsprechen Ereignissen (oder Ergebnissen), deren Auftreten dem Entscheider nicht oder nicht mit Sicherheit bekannt ist. Einflussfakto-

ren und Konsequenzen werden als Ereignis- oder Zufallsvariable modelliert. Die möglichen Ereignisse in bezug auf einen Einflussfaktor oder eine Konsequenz werden in Einflussdiagrammen als Realisationen der entsprechenden Variable angegeben. Wie sicher es ist, dass ein Ereignis eintritt, wird durch eine Wahrscheinlichkeit beschrieben. Zeigt im Einflussnetz ein Pfeil oder zeigen mehrere Pfeile auf die zugehörige Variable, dann wird die Wahrscheinlichkeit der möglichen Realisationen der Variable in Form von bedingten Wahrscheinlichkeiten modelliert. Diese bedingten Wahrscheinlichkeiten geben an, wie sicher es ist, dass eine bestimmte Realisation der Variable eintritt unter der Annahme, dass bei den Variablen, von denen die Pfeile ausgehen, bestimmte Realisationen eingetreten sind. Abb. 4.4 zeigt die Modellierung des Einflussfaktors „Kundenverhalten“. Ereignis- oder Zufallsvariablen werden im Einflussdiagramm durch Ovale oder Kreise dargestellt.

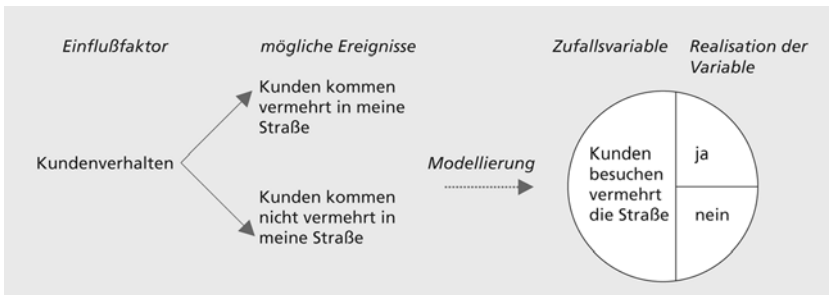


Abb. 4.4: Modellierung des Einflussfaktors „Kundenverhalten“ als Zufallsvariable

Das Auftreten der Realisationen der **Entscheidungsvariablen** ist durch einen Entscheider kontrollierbar (d.h. auswählbar). Durch Entscheidungsvariablen werden Entscheidungen bzw. Handlungsalternativen modelliert oder dargestellt. Eine Entscheidung besteht in der Auswahl einer Alternative (Aktion, Maßnahme, Handlung) aus der Menge der Entscheidungsmöglichkeiten dieser Entscheidungsvariable. Entscheidungsvariablen werden durch Rechtecke oder Quadrate dargestellt. Abb. 4.5 zeigt die Modellierung der Entscheidung „Gemeinschaftswerbung intensivieren“ als Entscheidungsvariable.

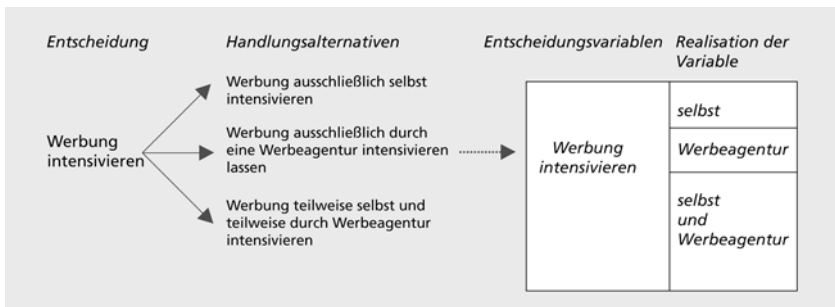


Abb. 4.5: Modellierung einer Entscheidung als Entscheidungsvariable

Werte der **Ziel-, Wert- oder Nutzenvariable** sind die Funktionswerte einer Bewertungsfunktion. Diese hängt von den Vorgängern der Nutzenvariable im Einflussnetz ab und wird durch einen Diamanten oder eine Raute dargestellt. Die Nutzenvariable dient also zur Modellierung bzw. Darstellung von Zielen. In Abb. 4.6 wird gezeigt, wie das Ziel „Gewinn“ als Nutzenvariable dargestellt werden kann.



Abb. 4.6: Modellierung eines Ziels als Nutzenvariable

Man kann ein Einflussdiagramm also als „Spiel des Entscheiders gegen die Natur“ auffassen. Der „Spieler“ bzw. Entscheider spielt die Entscheidungsvariablen, während die Zufallsvariablen von der Natur gespielt werden. Durch geschickte Auswahl von Handlungsalternativen versucht der Entscheider auf die Natur zu reagieren, bzw. indirekt auf sie einzuwirken, um so seine Ziele zu erreichen.

Pfeile und Relationen

Die Pfeile eines Einflussdiagramms besitzen unterschiedliche Bedeutungen:

Pfeile zu einem Zufallsknoten (**Abhängigkeitspfeile**) zeigen an, dass die Realisation der entsprechenden Zufallsvariable (Senke) von der Realisation anderer Variablen (Quellen) abhängig ist. Zu den Abhängigkeitspfeilen gehören bedingte Wahrscheinlichkeiten. Diese bedingten Wahrscheinlichkeiten geben an, wie wahrscheinlich es ist, dass bei der Zufallsvariable (Senke) eine bestimmte Realisation eintritt, wenn bei den Variablen, von denen die Abhängigkeitspfeile ausgehen (Quellen), bestimmte Realisationen eingetreten sind. Diese Pfeile bezeichnen nicht zwingend Kausalität oder zeitliche Präzedenz, obwohl dies in der Praxis meist der Fall ist.

Pfeile zu Entscheidungsknoten (**Informationspfeile**) zeigen an, welche Informationen zum Zeitpunkt der Entscheidung bekannt sind. Ein Informationspfeil von einem Zufalls- oder Entscheidungsknoten **X** zu einem Entscheidungsknoten **Y** zeigt an, dass der Entscheider den Wert der Variable **X** zum Zeitpunkt der Entscheidung **Y** kennt. Er entscheidet sich also erst nach der Realisation von **X**.

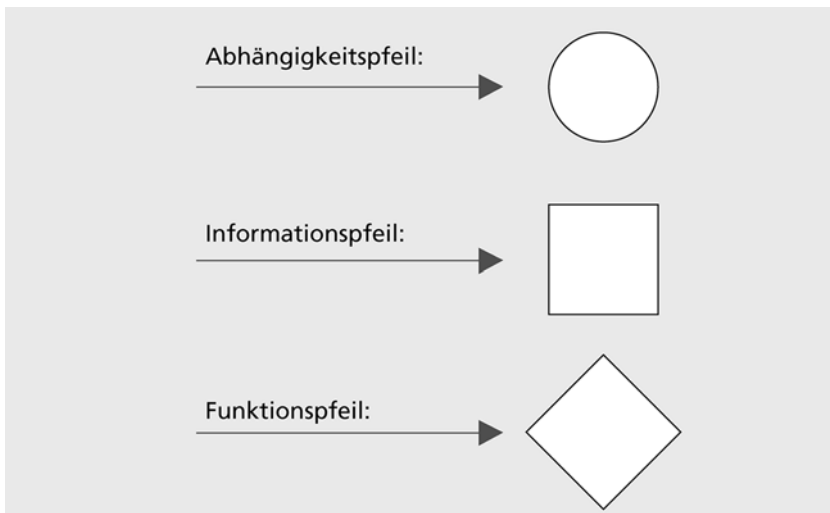


Abb. 4.7: Bedeutung von Pfeilen in Einflussdiagrammen

Ein Pfeil zum Wertknoten (**Funktionspfeil**) zeigt eine Abhängigkeit der Bewertungsfunktion von dem Knoten an, von dem der Pfeil ausgeht, d. h. Funktionspfeile zeigen an, welche Variablen den Nutzen beeinflussen (als Parameter der Bewertungsfunktion).

In der Abb. 4.7 werden die verschiedenen Pfeilarten in einer Übersicht dargestellt. Welche Bedeutung ein Pfeil hat, hängt also nur davon ab, auf welche Knotenart er zeigt.

Voraussetzungen

Zwei Voraussetzungen müssen für eine Entscheidungsanalyse erfüllt sein:

1. Die Entscheidungen werden in einer zeitlichen Abfolge (chronologisch / sequentiell) getroffen.
2. Jegliche Information bleibt erhalten: Wenn Entscheidungsknoten **X** ein Vorgänger von Entscheidungsknoten **Y** ist, dann sind **X** und alle informationellen Vorgänger von **X** informationelle Vorgänger von **Y**. D. h., es existiert ein Pfeil zwischen **X** und **Y**, und für jeden Vorgänger von **X** existiert ein Pfeil zu **Y** („No forgetting“). Diese Restriktion besagt, dass jegliche Information, die zum Zeitpunkt einer bereits getroffenen Entscheidung verfügbar war, auch zum Zeitpunkt nachfolgender Entscheidungen verfügbar ist (nicht „vergessen“ wurde).

4.4 Zu den Prozessen der Entscheidungsfindung

In dem aus Gründen der Lesbarkeit als Anhang 3 abgedruckten ausführlichen Beispiel wird dargestellt, wie man für ein fertig strukturiertes Problem beste Entscheidungskombinationen ermitteln und vorhandene Entscheidungsvorschläge bewerten kann. Das von uns vorgeschlagene Vorgehen (Nutzenermittlung, Bestimmung des Erwartungsnutzens, Auswahl der Handlungsalternative mit dem größten Erwartungsnutzen, etc.) setzt eine Reihe von Annahmen (Axiome) über die Szenarien voraus, die im Prinzip **vorher** überprüft werden müssten. Die Auseinandersetzung mit den Axiomen ist auch deshalb interessant, weil es den Blick für Aspekte der Entscheidungssituation schärft,

die man sonst übersehen hätte. Damit meinen wir nun nicht, dass Entscheidungsprozesse in jedem Fall durch mathematische Berechnungen vorbereitet werden sollen oder können. In vielen Fällen in der Praxis ist dies auch gar nicht möglich, da Informationen über relevante Variablen, Nutzenwerte und Wahrscheinlichkeiten fehlen. In der Praxis werden Entscheidungsprozesse häufig anders verlaufen.

Was wir jedoch unterstützen wollen, ist die gedankliche Auseinandersetzung mit der Entscheidungssituation. Wenn ein Entscheider den Nutzen und die Risiken verschiedener Handlungsalternativen abwägt und die Wahrscheinlichkeiten der relevanten Ereignisse berücksichtigt, dann ist schon viel gewonnen - auch wenn er nicht mit exakten numerischen Wahrscheinlichkeiten und Nutzenwerten operiert. Der Entscheider hat dann eine wohlüberlegte und begründete Entscheidung getroffen, welche er bei Bedarf erklären und rechtfertigen kann - anders als bei Entscheidungen „aus dem Bauch heraus“. Vor allem aber hat der Entscheider die Chance, aus dem aktuell abgelaufenen Entscheidungsprozess für die Zukunft zu lernen.

Auf der CD-ROM finden sich weitere Problemsituationen (Szenarien), die als Basis für das Training dienen. Die Repräsentation von Szenarien als Einflussdiagramm erscheint gegenüber anderen möglichen Alternativen vorteilhaft zu sein. Wie bereits erwähnt, kann die Evaluation eines Einflussdiagramms die Empfehlung einer rational optimalen Verhaltensstrategie liefern, d. h. der subjektiv erwartbare Nutzen dieser Strategie ist maximal.

.....