

Qualität von Gruppenentscheidungen

Quality of group decisions

Hagen Lindstädt*

Lehrstuhl für Personalwirtschaft, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Johann Wolfgang Goethe-Universität, D-60486 Frankfurt a.M., Deutschland

Eingegangen: 18. November 1997/ Angenommen: 9. Juni 1998

Zusammenfassung. Die Qualität von Entscheidungen einer Gruppe mit heterogenen Zielen wird aus Sicht einer gewinnorientierten Instanz untersucht. Dazu erfolgt eine Modellierung des Gruppenentscheidungsprozesses einschließlich Interaktion und Abstimmung mit statistischen und spieltheoretischen Hilfsmitteln (Harsanyi/Selten). Mit einem Simulationsmodell können die Bedeutung von persönlichen Interessen, Qualifikation, Gruppengröße, strategischem Verhalten, Risikoaversion und Konformität quantifiziert werden. *Trade offs* von Gruppeneigenschaften wie Qualifikation und Zielkonflikt und Implikationen für die Entscheidungsdelegation werden diskutiert. Wichtige Ergebnisse: Die *mittlere* Qualität verbessert sich durch strategisches Verhalten der Mitglieder, und es lassen sich situativ optimale Gruppengrößen ermitteln.

Abstract. This article develops a model für calculating the quality of group decisions judged by a profit oriented principal using a simulation approach. The model analyzes the average decision quality of a heterogeneous group considering its preferences, qualification, size, personal interest, riskaversion, and conformity of its members. The decision process contains interaction within the group and voting under strategic behaviour, using the Harsanyi/Selten approach. The simulation calculates the chosen alternative and quantifies the impact of the parameters on the average decision quality.

Schlüsselwörter: Gruppenentscheidungen - Agency-Theorie - Spieltheorie - Simulation

Keywords: Group decisions - Agency-theory - Game theory - Simulation

1 Einleitung und Problemstellung

Die Qualität von Gruppenentscheidungen ist von großem theoretischem und praktischem Interesse. In Unternehmen wird oft durch Gruppen entschieden. Durch Einbeziehung von mehr Informationen und verschiedenen Standpunkten soll der wachsenden Komplexität von Entscheidungen Rechnung getragen werden. Die Konsensbildung in der Organisation erfordert darüber hinaus häufig die Einbeziehung Betroffener.

Die sozialpsychologische Kleingruppenforschung unterscheidet drei Erklärungsansätze für die in Gruppenentscheidungen gewählte Alternative [9]: Der Ansatz der Gruppenentscheidungsregeln erklärt den Aggregationsmechanismus zur gewählten Alternative ausschließlich auf Basis von Mitgliederpräferenzen vor Interaktionsbeginn. Der Ansatz des normativen Einflusses führt Präferenzveränderungen auf Konformität auslösende Prozesse in der Gruppe zurück, die durch den Austausch individueller Meinungen und Werturteile ausgelöst werden. Der Ansatz des informationellen Einflusses schließlich erklärt die Präferenzanpassungen mit einer veränderten sachlichen Einschätzung durch den Austausch von Argumenten.

Die Ökonomie betrachtet Gruppenentscheidungen aus verschiedenen Blickwinkeln. Die Social Choice-Theorie untersucht Abstimmungsmechanismen hinsichtlich ihrer logischen Eigenschaften, da nach Arrows bekanntem Unmöglichkeitstheorem kein Abstimmungsmechanismus existiert, der eine Reihe plausibler Anforderungen erfüllt und die Aggregation der individuellen Präferenzen auf gerechte Art vornehmen könnte [1, 23]. Darüber hinaus wurden Einflußmöglichkeiten einzelner Mitglieder durch strategisches Abstimmungsverhalten untersucht. Strategische Überlegungen von Mitgliedern sind Antizipationen des Verhaltens anderer Mitglieder mit dem Ziel, das Abstimmungsergebnis im eigenen Sinne zu beeinflussen. Nach Gibbard/Satterthwaite kann es für rationale Individuen bei jeder nichtdiktatorischen Abstimmungsregel für bestimmte Präferenzkonstellationen günstig sein,

* *Korrespondenzadresse:* St. Benedictstraße 28, D-20149 Hamburg, Deutschland

sich strategisch zu verhalten [4, 22]. Vielfalt und Komplexität der Einzelfälle und Phänomene erschweren die Analyse, so daß die meisten Untersuchungen grundsätzliche Eigenschaften einzelner Regeln analysieren [15, 18].

Betrachtet man Gruppenentscheidungen aus Sicht einer übergeordneten Instanz, so tritt die Frage auf, ob die Instanz die Entscheidung selbst treffen oder an eine Entscheidungsgruppe delegieren sollte. Mit der Delegation an eine Gruppe verbindet die Instanz die Hoffnung auf eine verbesserte Prognosequalität durch eine hohe Qualifikation der Gruppe für das fragliche Entscheidungsproblem. Andererseits verfolgt jedes Mitglied der Entscheidungsgruppe seine eigenen Zielsetzungen, die möglicherweise von der Zielsetzung der Instanz abweichen. Die abweichenden Zielsetzungen der Mitglieder können allerdings durch geeignete Anreize in Form einer Beteiligung an der Instanzzielsetzung zumindest teilweise kompensiert werden. Diese Kompensation durch ein geeignetes Anreizsystem erzeugt Belohnungskosten für die Instanz, die ihren Gesamtnutzen aus der Entscheidung mindern.

Für die Instanz ergibt sich so folgendes Metaentscheidungsproblem: Sie muß Anreize, Gruppenzusammensetzung und Regeln der Gruppenentscheidung (z.B. Abstimmungsregel) unter Beachtung von Qualifikation, Zielkonflikt und Belohnungskosten optimal im Hinblick auf ihre eigene Zielsetzung abstimmen. Mit dem Delegationswertkonzept von Laux [10, 11] läßt sich das Metaentscheidungsproblem der Instanz prinzipiell lösen, sofern Urteile der Mitglieder im einzelnen berücksichtigt werden können.

Die Fragestellung erinnert an Multiagenten-Ansätze der Agency-Theorie [7, 16, 17, 25], die sich schwerpunktmäßig der Ableitung optimaler Anreizsysteme widmen. Ihnen liegt jedoch eine andere Situation zugrunde als das Metaentscheidungsproblem der Instanz im vorliegenden Modell. Multiagenten-Ansätze gehen in der Regel davon aus, daß ein zufallsbeeinflußter, funktionaler Zusammenhang zwischen einem mit Arbeitsleid belegten Aktivitätsniveau der Agenten und einem mit Gewinn verbundenen Output existiert. Der Output hängt vom gemeinsamen Aktivitätsniveau der Agenten und von stochastischen Faktoren ab. Diese zufälligen Einflüsse sind für den Prinzipal nicht oder nicht kostenlos beobachtbar, wodurch Verhaltensunsicherheit (*moral hazard*) entsteht. Für gewöhnlich wird zwischen individuellen Zufallseinflüssen (*idiosyncratic shock*) unterschieden, die nur der einzelne Agent beobachten kann, und gemeinsamen Zufallseinflüssen (*common shocks*), die für alle Agenten identisch sind. Diesen Modellen liegt die Vorstellung zugrunde, daß die einzelnen Agenten durch ihre Aktivität zum Gesamtoutput beitragen, mit dem sie sonst jedoch keine Interessen verbinden.

Das Modell dieses Beitrags bildet demgegenüber Wahlhandlungen einer Gruppe gleichberechtigter Entscheider mit heterogenen Präferenzen und subjektiven Erwartungen ab. Alternativen werden auf der Basis zunächst individuell erschlossener und dann kommunizierten Informationen bewertet. Eine Interpretation als Managemententscheidung ist naheliegend. Die Qualität der Entscheidungen wird jedoch nicht aus der Perspektive der Mitglieder (des Managements) betrachtet, sondern aus Sicht einer risikoneutralen, nur am Gewinn orientierten Instanz ohne persönliche Interessen. Die Instanz repräsentiert in der Interpretation als Managemententscheidung z.B. einen Kapitalgeber einer Aktiengesellschaft, dessen Kapital hinreichend diversifiziert ist, um die Annahme der Risikoneutralität zu rechtfertigen.

Nach Zusammenstellung der Gruppe und erfolgter Delegation entscheidet die Gruppe autonom ohne weitere Eingriffe der Instanz. Die Mitglieder verhalten sich als rationale Nutzenmaximierer. Annahmegemäß verbinden sie untereinander unabhängige persönliche Interessen mit den Alternativen, so daß zwischen Instanz und Mitgliedern ein Zielkonflikt und Verhaltensunsicherheit (*moral hazard*) darüber besteht, ob Mitglieder eine Alternative wegen hoher Gewinnerwartung oder persönlicher Interessen befürworten. Die persönlichen Interessen weisen Ähnlichkeit zum Arbeitsleid der Agency-Theorie auf. Anders als dort verbinden die Mitglieder im vorliegenden Modell jedoch persönliche Interessen *mit den Alternativen selbst*, z.B. in Form von Prestigegewinnen, der Hoffnung auf Beförderungen oder ähnlichem. Ein Aktivitätsniveau der Mitglieder wie in der Agency-Theorie wird nicht benötigt. An seine Stelle treten Verteilungsannahmen über die persönlichen Interessen der Mitglieder.

Zur Kompensation des Zielkonfliktes aus persönlichen Interessen werden die Mitglieder von der Instanz linear am später erzielten, tatsächlichen Gewinn der gewählten Alternative beteiligt. Dieser Anreiz verursacht Belohnungskosten und geht neben den persönlichen Interessen in die Nutzenfunktionen der Mitglieder ein.

2 Das Grundmodell

In einem Grundmodell werden zunächst Gruppen aus Mitgliedern untersucht, die lediglich finanzielle und persönliche Interessen haben. Später werden zusätzlich Risikoaversion, Konformitätstendenz in der Gruppe sowie andere Abstimmungsregeln betrachtet. Grundlegendere Überlegungen zur hier vorgestellten Weiterentwicklung finden sich in [14].

Der Entscheidungsprozeß wird in drei Schritten modelliert: Die Mitglieder bilden sich zunächst subjektive Urteile über die Gewinnverteilungen der Alternativen und ihre persönlichen Interessen. Beim Schätzen der Gewinnverteilungen machen sie normalverteilte, von ihren Qualifikationen abhängige Fehler. Dann teilen sich die Mitglieder diese Urteile in einem Interaktionsprozeß mit und verbessern so die durchschnittliche Qualität ihrer Schätzungen. Schließlich stimmen sie auf Basis ihrer Gesamtpreferenzen an den Alternativen strategisch ab. Strategisches Verhalten wird mit Hilfe der Gleichgewichtsauswahl nach Harsanyi und Selten modelliert. Im Grundmodell stimmt die Gruppe geheim und gleichzeitig nach dem Single Vote-Kriterium ab: Jedes Mitglied verfügt über eine Stimme, die es für eine der N Alternativen abgeben kann. Die Alternative mit der höchsten Stimmenanzahl ist gewählt.

Eine analytische Lösung des Modells erweist sich als kaum machbar. Einerseits müßten aus Verteilungsannahmen über persönliche Interessen und Schätzfehler vor und nach der Interaktion die gemeinsame Verteilung von Mitgliederpräferenzen und Gewinnerwartungen der Alternativen abhängig vom Prämiensatz ermittelt werden. Dies wäre später um den Einfluß von Risikoaversion und Konformitätstendenz zu ergänzen. Die Verteilung der Gewinnerwartungen müßte dann als diejenige Verteilung berechnet werden, die durch die Zufallsvariable "Abstimmung nach dem Single-Vote-Kriterium" induziert wird. Große Schwierigkeiten macht außerdem die Behandlung von strategischem Verhalten bei der Abstimmung mit der erforderlichen Auswahl zwischen in der Regel mehreren Nash-Gleichgewichten.

Zur Umgehung dieser Schwierigkeiten erfolgt im vorliegenden Beitrag die Berechnung mit Hilfe eines Simulationsmodells. Jeder der im folgenden vorgestellten Parameterkonstellationen liegt eine Monte Carlo-Simulation mit 5000 Simulationsläufen (bei den Untersuchungen zu strategischem Verhalten 3000 Simulationsläufe) zugrunde. Bei den angegebenen Werten handelt es sich jeweils um Approximationen der tatsächlichen, nicht explizit berechenbaren Werte. Konfidenzintervalle oder ähnliches können jedoch nicht angegeben werden, da die exakte Verteilung der Zielgröße Entscheidungsqualität nicht bekannt ist. Simulationsverlauf und Stichprobenumfänge zeigen jedoch auf einen hohe Zuverlässigkeit der Approximationen mindestens im Rahmen der getroffenen, qualitativen Aussagen.

2.1 Modellkonzeption, Entscheidungsproblem und Entscheidungsqualität

Aus Gründen der analytischen Klarheit wird folgende, überschaubare Modellierung gewählt: Die Instanz kennt die entscheidungsrelevanten Gewinnerwartungswerte $\underline{\mathbb{A}}_n$ nicht, sie hätte sonst kein Entscheidungsproblem. Darum werden *diese Gewinnerwartungswerte ihrerseits* als zufällig zwischen den Alternativen aufgefaßt. Annahmegemäß kann sich die Instanz ein subjektives Bild von dem Intervall $[a;b]$ machen, in dem die Gewinnerwartungen aller Alternativen liegen. Darüber hinaus hat sie jedoch keine Informationen über die zugrunde liegende Wahrscheinlichkeitsverteilung der Gewinnerwartungen.

Deshalb wird von einer Verteilung ausgegangen, die bei den übrigen Freiheitsgraden anschaulich gesprochen möglichst *zufällig, unsicher* oder *maximal unverbindlich* ist. Als Maß hierfür ist in der Informationstheorie die statistische Entropie gebräuchlich. Nach dem *Prinzip der maximalen Entropie der Ausgangsverteilung* stellt diejenige Verteilung eine geeignete a priori Annahme zur Modellierung dar, welche unter gegebenen Nebenbedingungen die statistische Entropie maximiert. Unter allen im Intervall $[a;b]$ konzentrierten reellen Verteilungen ist dies die Rechteckverteilung. Ihre Dichte nimmt im Intervall $[a;b]$ den Wert $1/(b-a)$ an, außerhalb den Wert 0 [3, 5, 8]. Die Instanz geht also in Übereinstimmung mit dem Prinzip der maximalen Entropie der Ausgangsverteilung davon aus, daß die Gewinnerwartungen der gegebenen Alternativen stochastisch unabhängig rechteckverteilt auf dem reellen Intervalls $[a;b]$ sind, also einen mittleren Gewinnerwartungswert von $E_{\text{Gew}}(\underline{\mathbb{Y}}) = (a + b)/2$ und eine Spannweite der Gewinnerwartungen von $d_{\text{Gew}}(\underline{\mathbb{Y}}) = b - a$ haben.

Die Instanz maximiert im Metaentscheidungsproblem den Gewinnerwartungswert abzüglich der Delegationskosten. Der tatsächlich realisierte Alternativengewinn liegt zu diesem Zeitpunkt außerhalb des Beobachtungshorizontes. Der Nutzen der Instanz bei dieser Festlegung der Steuerungsvariablen ist der Gewinnerwartungswert $\underline{\mathbb{A}}_n$ derjenigen Alternativen, die bei diesen Steuerungsvariablen gewählt wird. Der Nutzenerwartungswert des zufallsbeeinflussten Auswahlprozesses (Metaentscheidungsproblem) ist der mittlere Gewinnerwartungswert der gewählten Alternative (ursprüngliches Entscheidungsproblem). Die Erwartungswertbildung erfolgt also zunächst über den unsicheren Gewinn der einzelnen Alternativen, dann über den zufallsbeeinflussten Auswahlprozeß.

Die Zahl *Qualität* (A_{n^*}) bezeichnet den Nutzen für die Instanz im Metaentscheidungsproblem bei Entscheidung für A_{n^*} nach Belohnungskosten und geeigneter Umskalierung. Die Qualität der Entscheidung für A_{n^*} wird als Verbesserung des Gewinnerwartung $\underline{\mathbb{A}}_{n^*}$ bei Entscheidung für n^* gegenüber der kleinsten möglichen Gewinnerwartung $a = E_{\text{Gew}}(\underline{\mathbb{Y}}) - [d_{\text{Gew}}(\underline{\mathbb{Y}})/2]$ definiert. Die Summe der Belohnungen für alle M Mitglieder $B_m(A_{n^*})$

werden noch von der Erwartungswertdifferenz abgezogen. Das Ergebnis wird dann ins Verhältnis zur maximalen möglichen Verbesserung gesetzt, also der Spannweite $d_{\text{Gew}}(\underline{g})$ der Verteilung. Die positive, affin-lineare Transformationen der Nutzenfunktion beeinflusst die Entscheidung nicht.

Qualität(A_{n^*})

$$:= \frac{g(A_{n^*}) - \sum_{m=1}^M B_m(A_{n^*}) - \left(E_{\text{Gew}}(g) - \frac{d_{\text{Gew}}(g)}{2} \right)}{d_{\text{Gew}}(g)} \quad (2.1)$$

Alternative Definitionen relativ zur *tatsächlichen* Spannweite zwischen maximaler und minimaler Gewinnerwartung sind ungeeignet: Auch bei identischen Verteilungen werden unterschiedliche tatsächliche Spannweiten erzeugt. Entscheidet eine Gruppe besser bei kleinen *tatsächlichen* Spannweiten, eine andere im wichtigeren Fall von großen, so würde die Qualität der erstgenannten Gruppe nach alternativen Definitionen überschätzt.

Im Metaentscheidungsproblem wird jedoch von einzelnen Alternativen abstrahiert. Die Instanz kennt nur noch Parameter des Metaentscheidungsproblems in Form eines Vektors von Steuerungsvariablen v und eines Vektors von situativen Parametern p , von denen zufällige Einflüsse auf die Entscheidung und somit auf die Qualität ausgehen.

Die Realisation einer bestimmten Qualität wird als Bild einer reellen Zufallsvariable aufgefaßt, die jeder verursachenden Wirklichkeit abhängig von p und v die Entscheidung für eine Alternative A_{n^*} und somit die resultierende Qualität zuordnet. Im Metaentscheidungsproblem interessieren Verteilung und Erwartungswert der Qualität. Für ein durch $(v;p)$ charakterisiertes Problem hat die Verteilung der Entscheidungsqualität eine unbekannte Verteilungsfunktion $F(\text{Qualität}(v;p))$. Für die risikoneutrale Instanz ist es wie erläutert im Metaentscheidungsproblem rational, durch Wahl der Steuerungsvariablen v bei vorgegebenen situativen Parametern p die *erwartete* Entscheidungsqualität (eEQ) zu maximieren. Die eEQ wird durch Monte Carlo-Simulationen approximativ bestimmt, da ihre analytische Berechnung oder gar die der Verteilung F wie erwähnt auf große Schwierigkeiten stößt.

2.2 Quantifizierung der Mitgliederziele in Nutzenfunktionen

Im Grundmodell verfolgen die Mitglieder zwei Zielsetzungen: Finanzielle und persönliche Interessen. Eine Prämien differenzierung ist für die Instanz auch in einer heterogenen Gruppe nicht vorteilhaft, wenn sie wie angenommen keine Informationen über Eigenschaften einzelner Mitglieder hat, sondern nur die Verteilung in der Gruppe kennt. $B_m(A_n)$ bezeichnet die finanzielle Belohnung von Mitglied m bei Wahl von Alternative n . Es wird von einer linearen Belohnung B der Form $B = f \cdot G + F$ ausgegangen. G bezeichnet den mit der Realisation einer Alternative *verbundenen*, *tatsächlichen* Gewinn und $f \in [0; 1]$ den Prämienatz. Für später ermittelte und diskutierte optimale Prämienätze ist die Optimalität nur in dieser Klasse linearer Belohnungsfunktionen garantiert.

Das erfolgsunabhängige Fixum F ist nicht entscheidungsrelevant, also oBdA $F = 0$. Bei Risikoneutralität und Abwesenheit persönlicher Interessen ergibt sich bekanntlich eine lineare Nutzenfunktion U_m mit der erwarteten Belohnung $f \cdot \underline{g}(A_n)$ als Sicherheitsäquivalent.

Der Nutzen persönlicher Interessen läßt sich annahmegemäß durch eine sichere, äquivalente Zahlung von Geldeinheiten ausdrücken. Die Höhe des Geldäquivalentes wird als unabhängig von der Prämie f angenommen (multiplikatives Modell) und für Mitglied m bei Alternative n als $PI_m(A_n)$ bezeichnet. Die Instanz geht wegen maximaler Entropie bei Kenntnis des reellen Intervalls für die $PI_m(A_n)$ wiederum von zwischen den Mitglieder stochastisch unabhängigen Rechteckverteilungen aus.

Die Mitglieder ersetzen die ihnen unbekanntes, tatsächlichen $\underline{g}(A_n)$ durch Schätzwerte $\hat{\underline{g}}(A_n)$, wie im nächsten Abschnitt beschrieben. Als Präferenzfunktion V_m für Mitglied m ergibt sich bei linearer Nutzenfunktion U_m

$$V_m(A_n) = f \cdot \hat{\underline{g}}(A_n) + PI_m(A_n) . \quad (2.2)$$

2.3 Erster Schritt des Entscheidungsprozesses: Schätzen der Gewinnverteilungen

Zu Beginn des Prozesses bildet sich jedes Mitglied ein Urteil über die Gewinnverteilungen der Alternativen, um sich rational gemäß seiner Präferenzfunktion zu verhalten. Jedes Mitglied m bildet sich bei diesem im folgenden als Schätzen bezeichneten Vorgang das subjektive Urteil $\bar{\mu}_m(A_n)$ über die Gewinnerwartungen. Bei diesen Schätzungen treten Abweichungen von den tatsächlichen Werten auf, d.h. zusätzlich zu dem Zielkonflikt aus persönlichen Interessen entsteht ein Prognosekonflikt. Die Güte einer Schätzung wird in der Schätzqualifikation oder Prognosequalität deutlich und läßt sich an Hand der Abweichung vom tatsächlichen Wert beurteilen.

Einzelne Abweichungen müssen sinnvoll als zufällig modelliert werden. Gerechtfertigt durch den zentralen Grenzwertsatz wird eine Normalverteilung als Schätzfehlerverteilung angenommen, da Schätz- und Meßfehler nach einer häufig artikulierten Vorstellung aus vielen auditiven, unabhängigen Störeinflüssen entstehen. Durch Abhängigkeiten zwischen individuellen Schätzungen können systematische Verfälschungen auftreten. Die Instanz kann jedoch die Abhängigkeiten und die Verfälschungen nicht operational antizipieren. Deswegen wird bei der Modellierung optimistisch von stochastisch unabhängigen, unverzerrten Schätzfehlern der Mitglieder (Erwartungswert 0) ausgegangen. Die Mitglieder verfügen im Modell über eine Schätzqualifikation, die als Streuung der Fehlerverteilungen $s_{\text{Schätz}}$ parametrisiert wird. Bei hoher Qualifikation ist die Schätzstreuung demnach klein, umgekehrt groß. Es gilt also $\bar{\mu}_m(A_n) \sim N(\bar{\mu}(A_n); s_{\text{Schätz}}^2)$, stochastisch unabhängig für alle m, n .

2.4 Zweiter Schritt des Entscheidungsprozesses: Interaktion zwischen den Mitgliedern

Nachdem sich die Mitglieder individuelle Urteile über die Alternativen gebildet haben, folgt eine Interaktion in der Gruppe, bei der jedes Mitglied zielrational Informationen abgibt, aufnimmt und interpretiert. Die Mitglieder kennen vor der Interaktion annahmegemäß Nutzenfunktionen und persönliche Interessen der anderen als *common knowledge*, nicht jedoch die geschätzten Gewinnerwartungen. Jedes Mitglied verfolgt in der Interaktion zwei Ziele: Die Beeinflussung der anderen Mitglieder im Sinne der eigenen Präferenzen und die Verbesserung der Prognosequalität der Gruppe. Dazu können sie versuchen, die persönlichen Interessen und die Gewinnerwartungs-Schätzungen anderer Mitglieder zu verändern.

Der Interaktionsprozeß muß wegen seiner hohen Komplexität im Modell vereinfacht werden. Annahmegemäß werden Informationen stets an alle Mitglieder gleichzeitig abgegeben. Rationale Mitglieder werden eine *explizite* Beeinflussung ihrer persönlichen Interessen als Manipulation durchschauen. Gleichwohl ist zu erwarten, daß sich persönliche Interessen in der Interaktion verändern. Ihre *systematischen* Veränderungen können jedoch ebenso wenig operational vorhergesagt werden wie ihre ursprüngliche Verteilung. Deswegen wird die *Verteilung* der persönlichen Interessen nach der Interaktion nicht verändert, obwohl dies für das einzelne $PI_m(A_n)$ nicht notwendig gilt.

Neben den persönlichen Interessen werden Informationen über Schätzwerte $\bar{\mu}_m(A_n)$ ausgetauscht. Zur Komplexitätsreduktion wird davon ausgegangen, daß Mitglieder ihre Schätzungen nicht bewußt verfälschen. Dieses Vorgehen wird dadurch gerechtfertigt, daß zu große Verfälschungen die Glaubwürdigkeit eines Mitglieds aufs Spiel setzen, während kleine Verfälschungen keine dominierende Bedeutung haben.

Verschweigen von Schätzwerten kann dann für ein Mitglied nicht rational sein: Obwohl das Mitglied um seine beschränkte Qualifikation weiß, hat es keinen Anhaltspunkt, ob seine Schätzung vergleichsweise hoch oder niedrig ist, ob es also Schätzungen anderer nach oben oder nach unten beeinflußt. Es kann das Wissen um seine Qualifikation nicht zur Verbesserung der eigenen Schätzung einsetzen. Andererseits steigert ein Mitglied durch die Bekanntgabe seiner Schätzung die Prognosequalität der Gruppe und somit auf Basis seiner subjektiven Informationsbasis c.p. den realisierbaren Präferenzwert. Im Modell teilt jedes Mitglied somit bei der Interaktion seine $\bar{\mu}_m(A_n)$ wahrheitsgemäß mit.

Wie können die Mitglieder die Schätzungen der anderen auf optimale Art nutzen? Es kann nur sinnvoll sein, die Schätzfehlerverteilung in einem bestimmten Sinne zu minimieren, da die Schätzfehler selbst unbekannt sind. Hierfür müssen die Verteilungen durch eine Verlustfunktion bewertet werden. Sinnvoll und üblich ist die Einschränkung auf erwartungstreue Schätzer bei konvexer Verlustfunktion. Im vorliegenden Fall identischer Qualifikation aller Mitglieder ist es optimal, das arithmetische Mittel aller Einzelschätzungen zu bilden, also alle Schätzungen gleich stark zu gewichten. Nach der Interaktion haben dann alle Mitglieder identische Schätzungen für die $\bar{\mu}(A_n)$ [2], und für M Mitglieder ergibt sich für alle n [12].

$$\frac{\sum_{m=1}^M g_m(A_n)}{M} \sim N \left(g(A_n); \left(\frac{s_{\text{Schätz}}}{\sqrt{M}} \right)^2 \right) \quad (2.3)$$

2.5 Dritter Schritt des Entscheidungsprozesses: Abstimmung in der Gruppe

Schließlich folgt die Abstimmung nach dem Single Vote-Kriterium, bei der sich die Mitglieder ebenfalls rational und strategisch verhalten, indem sie das Abstimmverhalten anderer antizipieren. Die Abstimmung kann spieltheoretisch als Spiel mit M Spielern betrachtet werden, die durch Stimmabgaben versuchen, ihre Präferenzen mit den in der Interaktion angepaßten Gewinnerwartungs-Schätzungen zu maximieren. Die Strategiemenge eines Mitglieds entspricht für das Single Vote-Kriterium der Alternativenmenge $\{1, \dots, N\}$. Es wird gleichzeitige, geheime Wahl ohne Verhandlungen, Absprachen oder *side payments* vorausgesetzt, und die einzig erlaubten Spielzüge sind die Stimmabgaben. So ist die Abstimmung als unkooperatives Nichtnullsummenspiel modellierbar. Eine geheime Abstimmung ist notwendig, damit die Mitglieder ihre Schätzungen in der Interaktion ohne Konsequenzen für ihr späteres Abstimmungsverhalten bekanntgeben können.

Normalerweise existieren in solchen Spielen zahlreiche Nash-Gleichgewichte, so daß eine Auswahlmethode benötigt wird [19, 20]. Die Auswahl erfolgt nach der Spurprozedur von Harsanyi und Selten [6]. Sie startet mit der Grundidee, die bei gewöhnlicher Unsicherheit zum Ziel führt: Auf Basis der als *common knowledge* bekannten Präferenzen der anderen bildet sich jedes Mitglied zu Beginn der Abstimmung ein a priori-Urteil über die Wahrscheinlichkeiten, mit denen andere Mitglieder für die Alternativen stimmen. In die Bildung dieses a priori Wahrscheinlichkeitsurteils werden noch keine strategischen Überlegungen einbezogen. Bei diesem Ansatz stimmt jedes Mitglied optimalerweise für die Alternative, die seine erwartete Präferenz auf Basis der a priori Verteilung über das Abstimmverhalten der anderen maximiert. Dieses Verhalten nennen Harsanyi und Selten *naiv bayesianisch*.

Naiv bayesianisches Verhalten führt i.A. nicht zu einem Nash-Gleichgewicht, wie es für spieltheoretische Rationalität nötig wäre: Jede *naiv bayesianische* Strategie ist eine beste Antwort auf diejenige Kombination gemischter Strategien, welche dem zugehörigen a priori Urteil des Mitglieds entspricht. Die Strategien sind jedoch i.A. keine besten Antworten *aufeinander*. Die Eigenschaft, daß alle Spieler Strategien spielen, die beste Antworten *aufeinander* sind, ist jedoch kennzeichnend für Nash-Gleichgewichte. Bei *naiv bayesianischem* Verhalten nutzen die Mitglieder nur Informationen über Präferenzen der anderen Mitglieder, nicht jedoch das Wissen um deren rationale Antizipationsfähigkeit.

Das Harsanyi/Selten-Modell wählt dasjenige Gleichgewicht aus, das auf bestimmte Art am konsistentesten mit *naiv bayesianischem* Verhalten ist, oder am wenigsten weit davon entfernt. Technisch wird dies durch die sogenannte Spurprozedur erreicht, welche die Information um die Rationalität der anderen Spieler stückweise in die Erwartungen der Spieler integriert, bis ein Nash-Gleichgewicht erreicht ist. Die lineare Prozedur reicht zur Berechnung des *Erwartungswertes* eEQ aus: Das Gleichgewicht ist fast immer eindeutig [6]. Sie wird mit einem Parameter t simuliert, der in Schritten von 0.1 wächst.

In großen Gruppen führt *naiv bayesianisches* Verhalten allerdings oft schon unmittelbar zum Nash-Gleichgewicht: Eine Abstimmung, bei der kein Mitglied das Ergebnis durch veränderte Abstimmung *allein* verändern kann, ist bereits ein Nash-Gleichgewicht. Strategische Überlegungen, die über den bayesianischen Kalkül hinausgehen, sind demnach nur bei knappen Abstimmungen wesentlich. Es ist also zu erwarten, daß *naiv bayesianisches* Verhalten die eEQ bei strategischem Verhalten häufig gut approximiert.

Die Wahl der Abstimmstrategie hängt von den a priori Verteilungen einzelner Mitglieder für das Verhalten der anderen Mitglieder ab. Dabei existieren rationale und nicht rationale a priori Verteilungen, und auch rationale Verteilungen weisen unterschiedliche Plausibilitäten auf. Rationale a priori Verteilungen hängen nur von Präferenzverhältnissen ab, nicht von ihrer absoluten Höhe. OBdA kann die Untersuchung mit den auf das Intervall $[0;1]$ normierten Präferenzen $V_m^*(A_n)$ erfolgen, wobei für alle m, n definiert wird

$$V_m^*(A_n) := \frac{V_m(A_n) - \min_{l=1, \dots, N} \{V_m(A_l)\}}{\sum_{k=1}^N \left(V_m(A_k) - \min_{l=1, \dots, N} \{V_m(A_l)\} \right)} \quad (2.4)$$

Kein rationales Mitglied wird beim Single Vote-Kriterium für seine am wenigsten präferierte Alternative stimmen. Jedes Mitglied ordnet also der Stimmabgabe anderer für deren *schlechteste* Alternative die Wahrscheinlichkeit 0 zu. Zusätzlich ist zu erwarten, daß ein Mitglied eher für eine Alternative mit höherer Präferenz stimmt. Plausible a priori Verteilungen sind deshalb monoton in den Präferenzen. Jede rationale a priori Verteilung für die Abstimmung nach dem Single Vote-Kriterium läßt sich mit einer geeigneten Funktion $f_{SV}: [0;1] \rightarrow [0;1]$ und $f_{SV}(0) = 0$ abhängig von den normalisierten Präferenzen V_m^* wie in Formel (2.5) schreiben. Bei plausiblen Verteilungen ist f_{SV} außerdem monoton wachsend.

$$p_{m;\text{Single Vote}}^{\text{a priori}}(A_n) := \frac{f_{SV}(V_m^*(A_n))}{\sum_{l=1}^N f_{SV}(V_m^*(A_l))} \quad (2.5)$$

2.6 Das Simulationsmodell zur Untersuchung der erwarteten Entscheidungsqualität

Eine explizite Modellierung aller Variablen im nun vollständig beschriebenen Grundmodell ist nicht erforderlich. Die Entscheidung ist invariant gegen Skalierung der Gewinnerwartungen und auditive Verschiebungen der Verteilung persönlicher Interessen. Gewinnerwartungen und persönliche Interessen werden nach dem Prinzip der maximalen Entropie durch unabhängige Rechteckverteilungen in einem gegebenen Intervall beschrieben. Die mittlere Gewinnerwartung ist 100, die *mittleren* persönlichen Interessen betragen 0. Durch Variation von N für $N > 3$ ergeben sich kaum Erkenntnisse, so daß zur Vereinfachung von $N = 5$ Alternativen ausgegangen wird. Tabelle 1 enthält die Variablen des Grundmodells. Die angegebene Parameterausprägung wird im folgenden als Referenzmodell verwendet. Man beachte die Skalierung der persönlichen Interessen als Vielfaches der mittleren Gewinnerwartung 100.

Abbildung 1 faßt das Grundmodell überblickartig zusammen.

Tabelle 1. Variable, Parameter und Referenzausprägungen im Grundmodell

Modellelement	Symbol	Erläuterung/Referenz-Modell
Entscheidungsproblem		
Anzahl Alternativen	N	stets $N = 5$
Gewinnerwartungswerte der Alternativen	$g(A_n)$	\sim Rechteck $[100 \pm d_{Gew}(g)]$ $d_{Gew}(g) = 50$
Entscheidungsgruppe		
Anzahl Gruppenmitglieder	M	$M = 5$
Schätzqualifikation (Schätzstreuung Mitglieder)	$^{\circ}Schätz$	$^{\circ}Schätz = 10$
Persönl. Interessen Mitglieder an Alternativen	$PI_m(A_n)$	\sim Rechteck $[\pm 100 \cdot PI_{max}]$ $PI_{max} = 0,001$
Strategisches Verhalten (naiv / naiv bayes. / strategisch)	v_{Strat}	
Prämienatz für jedes Gruppenmitglied	f	

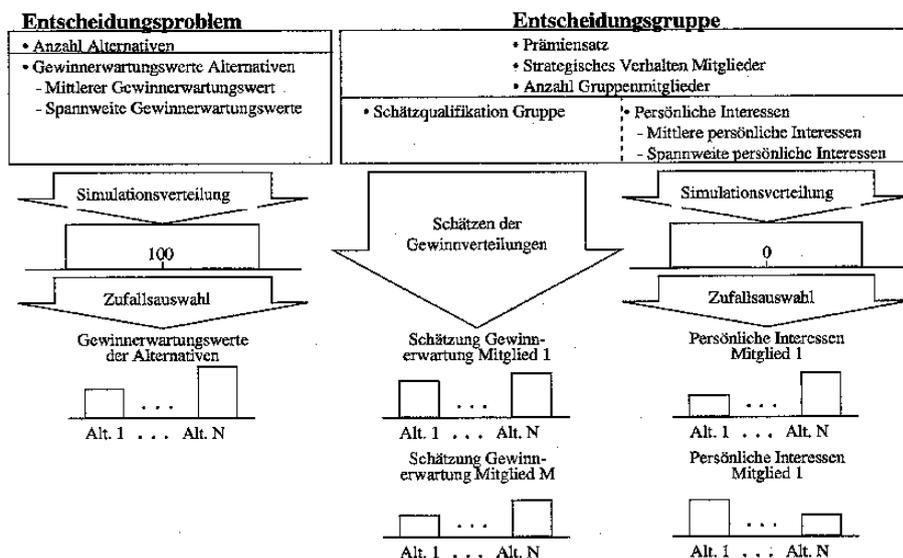


Abb. 1. Überblick Grundmodell

3 Wirkungsweise und Bedeutung der Einflußfaktoren im Grundmodell

In diesem Abschnitt wird das Zusammenspiel der Einflußfaktoren bei der Beeinflussung von optimalem Prämiensatz und eEQ untersucht. Nach einer Analyse der Situation ohne Zielkonflikt werden - bei naiver Abstimmung gemäß Erstpräferenzen - zunächst der Einfluß von persönlichen Interessen und Qualifikation im Zusammenspiel, dann der Einfluß der Gruppengröße diskutiert. Es folgt eine Untersuchung zum Einfluß von strategischem Verhalten bei der Abstimmung. Dabei wird jeweils zunächst der optimale Prämiensatz erörtert, und dann der Einfluß auf die eEQ, der bei Wahl des optimalen Prämiensatzes entsteht.

3.1 Kein Zielkonflikt: Prämiensatz und eEQ bei Abwesenheit persönlicher Interessen

Ohne persönliche Interessen entscheiden nur Abstände der Gewinnerwartungen und Prognosequalität der Gruppe über die eEQ, also ihre Größe und die Mitgliederqualifikation.

Der optimale Prämiensatz

Im theoretischen Fall der Abwesenheit von Zielkonflikten sollte der Prämiensatz möglichst klein, aber positiv gewählt werden, um bei möglichst kleinen Belohnungskosten einen positiven Anreiz zu gewährleisten. Ein optimaler Prämiensatz existiert genaugenommen nicht. Im Modell steigt die eEQ mit fallendem Prämiensatz. Wird jedoch keine Prämie gewählt, so fällt die eEQ beim Übergang zu $f = 0$ in einer Unstetigkeitsstelle ab, alle Alternativen haben für die Mitglieder den gleichen Nutzen. Bei einem sehr kleinen Prämiensatz jedoch ergeben sich fast keine Belohnungskosten. Die Mitglieder orientieren sich ohne Zielkonflikte nur am Belohnungsäquivalent. Es entstehen nur verschwindend kleine Belohnungskosten $M \cdot f$.

Die erwartete Entscheidungsqualität bei Wahl des optimalen Prämiensatzes

Ohne Zielkonflikte haben alle Mitglieder identische Präferenzen, da ihre Schätzwerte für die Gewinnerwartungen nach der Interaktion übereinstimmen. Alle plausiblen Abstimmungsregeln führen unabhängig von strategischem Verhalten zum gleichen Ergebnis.

Mit steigender Gruppengröße und Qualifikation nehmen Prognosequalität und eEQ monoton zu. Im Modell konvergiert die erwartete Entscheidungsqualität für feste N und $d_{\text{Gew}}(\Delta)$ gegen die maximale eEQ bei stets optimaler Entscheidung im Sinne der Instanz (für $N = 5$ ist $eEQ_{\text{max}} = 0,83$). Die Schätzstreuung der Gruppe nach der Interaktion beträgt $s_{\text{Schätz}}/M^{0,5}$. Unabhängig von den einzelnen Größen hängt die eEQ also nur von der Gewinnerwartungs-Spannweite und dem Verhältnis von Schätzstreuung zur Quadratwurzel der Gruppengröße ab (siehe Formel (2.3)). Abbildung 2 veranschaulicht diesen Zusammenhang.

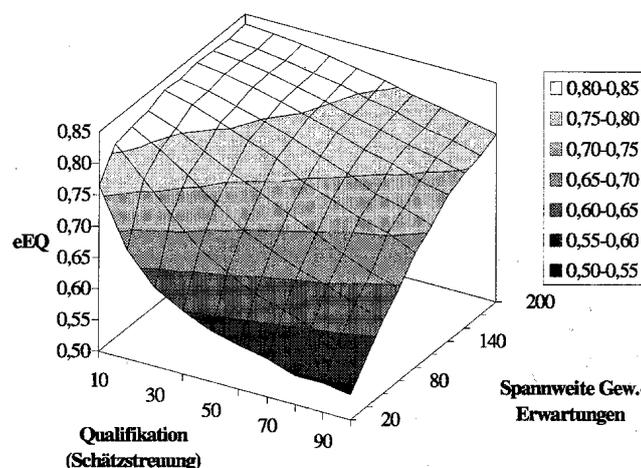


Abb. 2. Einfluß Qualifikation und Spannweite Gewinnerwartungen auf die eEQ ($N = 5$; $M = 5$; $PI_{\text{Max}} = 0$; d_{Gew} und $s_{\text{Schätz}}$ variieren, Single Vote, naiv, stets f_{opt})

3.2 Das Zusammenspiel von persönlichen Interessen und Qualifikation bei Zielkonflikten

Der optimale Prämiensatz

Haben die Mitglieder persönliche Interessen an den Alternativen, so stellt sich die Frage nach dem optimalen Prämiensatz $f_{opt} \cdot f$ sollte so gewählt werden, daß einerseits der Zielkonflikt zwischen Instanz und Mitgliedern möglichst weitgehend zugunsten der Instanz beeinflußt wird. Andererseits sollte die Instanz nur einen begrenzten Teil der Gewinnerwartungsdifferenz zwischen den Alternativen als Belohnung zahlen. Im Optimum sind der Nutzen der Instanz durch Anreiz für die Mitglieder und die Kosten durch die Zahlung der Belohnung balanciert: Der anreizbedingte Grenznutzen und die belohnungsbedingten Grenzkosten stimmen überein. Mit zunehmender Bedeutung persönlicher Interessen steigt f_{opt} zunächst an, da ein höherer Anteil persönlicher Interessen kompensiert werden muß. Wachsen die persönlichen Interessen weiter, so nimmt f_{opt} wieder ab, da eine weitergehende Kompensation zu teuer wäre.

Die Bedeutung persönlicher Interessen und die Auswirkungen der Belohnungskosten auf die eEQ stehen auch in Relation zum Abstand der Gewinnerwartungen. Mit zunehmender Spannweite steigt der optimale Prämiensatz zunächst, da ein höherer Anteil für Zahlungen aufgewendet werden kann. Schließlich fällt er wieder ab, weil sich die Alternativen hinsichtlich ihres Belohnungsteilnutzens stärker differenzieren. Es ist dann nur noch ein kleinerer Prämiensatz zur Kompensation der persönlichen Interessen erforderlich. Insgesamt ist die Kombination von persönlichen Interessen und Gewinnerwartungs-Spannweite entscheidend.

Sinkt die Qualifikation, so sinkt der Anreizeffekt eines gegebenen Prämiensatzes, da die Gewinnerwartungen schlechter unterschieden werden. Anreiznutzen und Grenzkosten gleichen sich so bei kleinerer Prämie aus. Der optimale Prämiensatz fällt mit steigender Qualifikation.

Die erwartete Entscheidungsqualität bei Wahl des optimalen Prämiensatzes

Auch bei Wahl des optimalen Prämiensatzes beeinflussen persönliche Interessen die eEQ negativ. Entscheidend für die Geschwindigkeit der eEQ-Abnahme mit stärkeren persönlichen Interessen ist die Abstand der Gewinnerwartungen. Mit wachsender Spannweite der Gewinnerwartungen $d_{Gew}(\Delta)$ können steigende PI_{max} besser durch Prämienzahlungen ausgeglichen werden, und die eEQ fällt langsamer.

Entscheiden sich Mitglieder wegen persönlicher Interessen nur teilweise nach ihrer Schätzung der Gewinnerwartung, so hat die Qualität dieser Einschätzung nur noch geringeren Einfluß. Vergrößert sich der Zielkonflikt mit steigenden persönlichen Interessen, so nimmt die Bedeutung der Qualifikation ab. Diesen Zusammenhang veranschaulicht Abbildung 3: Bei kleinerem PI_{max} variiert die eEQ mit der Qualifikation deutlich stärker als bei großem.

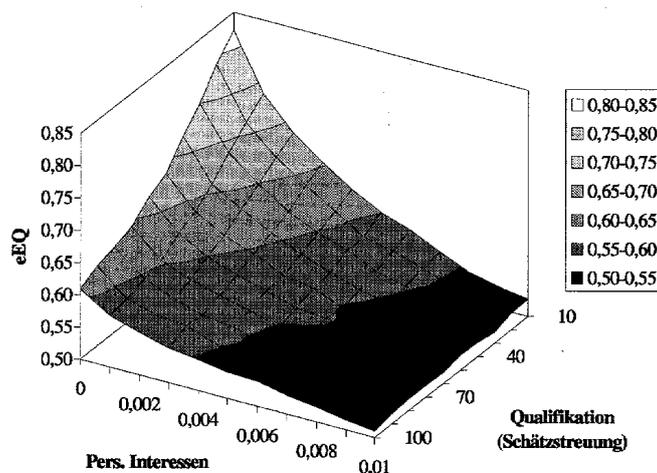


Abb. 3. Einfluß persönlicher Interessen und Qualifikation auf eEQ ($N = 5$, $d_{Gew} = 50$, $M = 5$, $s_{Schätz}$ und PI_{Max} variieren, Single Vote, naiv, stets f_{opt})

3.3 Der Einfluß der Gruppengröße

Der optimale Prämiensatz

Für die Instanz wird es in größeren Gruppen teurer, persönliche Interessen durch Prämien zu kompensieren. Die Grenzkosten der Belohnung bei Erhöhung von f nehmen proportional mit M zu. Der Grenznutzen des Anreizes steigt jedoch nicht.

Grenznutzen und Grenzkosten gleichen sich also auf niedrigerem Niveau aus, so daß der optimale Prämiensatz mit steigendem M sinkt. Abbildung 4 verdeutlicht diesen Zusammenhang: Das partielle Maximum der Funktion liegt mit wachsendem M bei kleinerem f . Mit wachsender Gruppengröße nimmt eEQ für Prämiensätze $f > f_{opt}$ jenseits des Optimums dabei schneller ab, denn bei großen Gruppen wirkt sich die Zahlung eines zu hohen Prämiensatzes wegen des geschilderten Zusammenhanges stärker auf die eEQ aus.

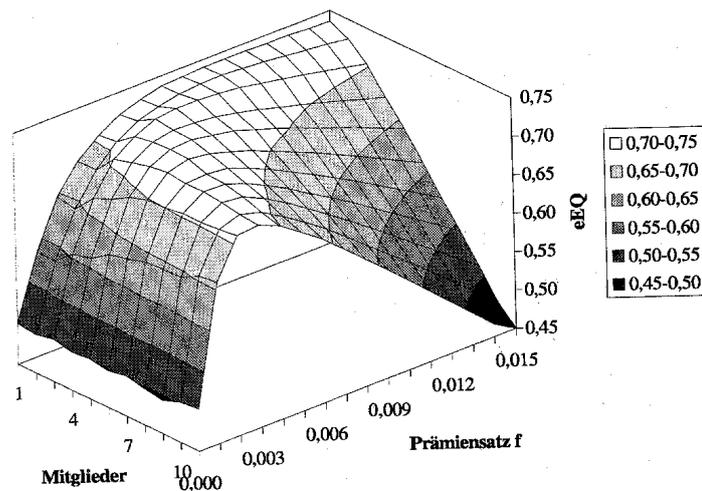


Abb. 4. Einfluß Gruppengröße und Prämiensatz auf die eEQ ($N = 5$; $d_{Gew} = 50$; $s_{Schätz} = 10$; $PJ_{Max} = 0,001$; M und f variieren, Single Vote, naiv)

Die erwartete Entscheidungsqualität bei Wahl des optimalen Prämiensatzes

Die Frage nach der optimalen Gruppengröße wird in der sozialpsychologischen Literatur oft unabhängig von spezifischer Situation und Gruppe beantwortet [26]. Dabei wird jedoch folgender Zusammenhang übersehen: Einerseits steigert bei niedriger Qualifikation der Mitglieder eine Vergrößerung der Gruppe ihre Prognosequalität stärker als bei hoher Qualifikation. Andererseits besteht umgekehrt bei großer Bedeutung persönlicher Interessen eine Tendenz zu kleineren Gruppen, denn die Prämienzahlungen werden teurer, und der Einfluß der Qualifikation nimmt ab. Bei gleichzeitigem Vorliegen von Ziel- und Prognosekonflikten kann die Frage nach der optimalen Größe demnach nur situationsabhängig geklärt werden.

Abbildung 5 veranschaulicht die Situationsabhängigkeit der optimalen Gruppengröße für das Modell, indem für sechs unterschiedliche Parameterkonstellationen (a bis f) die eEQ als Funktion der Gruppengröße dargestellt wird. Für diese Parameterkombinationen ergeben sich Mitgliederzahlen von 1(a), 3(d), 5(b), 6(c und e) und 11(f) als eEQ-optimal.

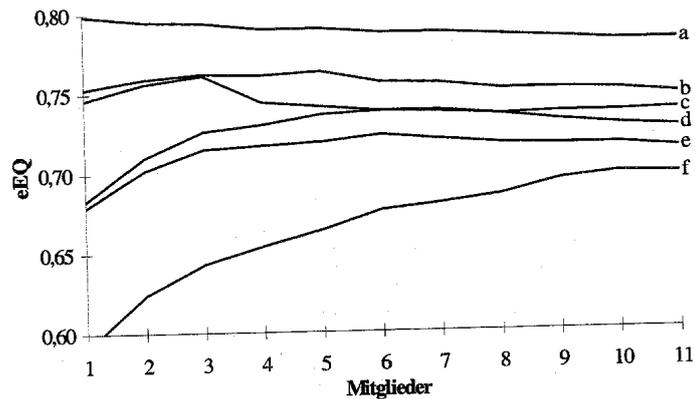


Abb. 5. Situativ optimale Gruppengrößen (a bis f: $N = 5$; $d_{Gew} = 50$; M variiert; Single Vote, naiv, stets f_{opt} . a bis f: $PI_{Max} = 0,001; 0,002; 0,002; 0,003; 0,003; 0,001$. a bis f: $s_{Schätz} = 10, 20, 40, 20, 40, 100$)

3.4 Der Einfluß von strategischem Verhalten bei der Abstimmung

Die erwartete Entscheidungsqualität bei strategischem Verhalten

Verhalten sich die Mitglieder bei der Abstimmung strategisch, so beziehen sie Präferenzen anderer mit in ihre Überlegungen ein. Ob dies bei einer konkreten Entscheidung zu Verbesserungen oder zu Verschlechterungen der Entscheidungsqualität aus Instanzsicht führt, hängt von den Präferenzen im Einzelfall ab. Bezieht ein Mitglied bei der Abstimmung die Präferenzen der anderen ein, so wird es c.p. eher für eine Alternative stimmen, die andere Mitglieder im Mittel ebenfalls präferieren, da so die Chance steigt, daß diese Alternative gewählt wird. Umgekehrt wird es einer Alternative, die andere Mitglieder als schlecht beurteilen, seine Stimme seltener geben, da diese nur geringe Wahlchancen besitzt. Durch strategisches Verhalten werden also im Mittel Konsensalternativen mit einem vergleichsweise hohen Grad an Komplementarität hinsichtlich der Mitgliederziele bevorzugt.

Die persönlichen Interessen sind in der Gruppe unkorreliert, während das Prämienziel in der Gruppe komplementär ist, d.h. die Mitglieder schätzen die Attraktivität der Alternativen im Hinblick auf das Prämienziel gleich ein. Durch strategisches Verhalten schlägt demnach das Prämienziel im Mittel stärker durch. Entgegen der Intuition, daß strategisches Verhalten die Entscheidungsqualität negativ beeinflusst, steigt die Entscheidungsqualität durch strategisches Verhalten in dieser Konstellation *im Mittel* an, da die Prämienzahlung positiv mit dem Instanzziel maximalen Gewinns verknüpft ist [13, 15]. Gibt es ein gemeinsames Gruppenziel, daß negativ mit dem Instanzziel korreliert ist, ist der entgegengesetzte Effekt zu erwarten. Ein ähnlicher Zusammenhang zeigt sich bei Tendenz zur Konformität in der Gruppe.

Der geschilderte, positive Effekt auf die eEQ in der Modellsituation hat jedoch nur geringen Einfluß. Tabelle 2 zeigt die approximative eEQ für naives und strategisches Abstimmungsverhalten bei verschiedenen Parameterkombinationen und Wahl der a priori-Verteilungen entsprechend der normalisierten Präferenzen der Mitglieder. Obwohl die Abstände nur gering sind, weist die Durchgängigkeit der Ergebnisse bei allen durchgeführten Simulationen trotz unklarer statistischer Signifikanz auf die Richtigkeit der Aussage hin.

Tabelle 2. Einfluß strategisches Verhalten auf die eEQ
($N = 5$; $N = 3$ bei M variabel; $d_{Gew} = 50$; $M = 5$; $s_{Schätz} = 10$; $PI_{Max} = 0,001$, $f = f_{opt}$, außer wenn variabel)

EEQ	PI_{Max}			f			$s_{Schätz}$			$d_{Gew}(g)$			$M(N = 3)$		
	,001	,004	,010	,002	,005	,008	10	40	100	50	100	200	3	5	7
Naiv	,732	,625	,529	,690	,732	,712	,732	,656	,574	,732	,787	,813	,681	,662	,660
Strat	,736	,632	,530	,696	,736	,714	,736	,658	,575	,736	,788	,815	,683	,668	,662

Approximation durch naiv bayesianisches Verhalten

Es zeigt sich, daß das Abstimmungsergebnis bei naiv bayesianischem Verhalten oft identisch zum Harsanyi/Selten-Gleichgewicht ist, daß die eEQ gut approximiert wird, und daß die eEQ bei naiv bayesianischem

Verhalten zwischen der bei naivem und strategischem liegt. Tabelle 3 zeigt die Approximationsgüte als eEQ-Differenz und den Anteil naiv bayesianischer Nash-Gleichgewichte für einige Parameterkombinationen.

Tabelle 3. Approximationsgüte der eEQ bei naiv bayesianischem Verhalten für strategisches ($N = 5$; $d_{\text{Gew}} = 50$; $M = 5$; $s_{\text{Schätz}} = 10$; $f = f_{\text{opt}}$ bei PI_{Max} variabel, f variabel)

	Persönliche Interessen			Prämiensatz		
	PI_{max}			f		
eEQ-Differenz	0,001	0,004	0,010	0,002	0,005	0,008
strat.-naiv	0,004	0,007	0,001	0,006	0,005	0,002
strat.-naivbayes.	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,000
Anteil nb.-Glgew.	83%	67%	47%	63%	83%	92%

Veränderte a priori-Verteilungen für strategisches Verhalten

Bis jetzt wurde strategisches Verhalten stets mit a priori Verteilungen der Mitglieder gemäß der normalisierten Präferenz der anderen untersucht. Sowohl die Steigerung der eEQ als auch die hohe Approximationsgüte sind jedoch nicht nur für diese a priori-Verteilung gültig. Die Ergebnisse scheinen vielmehr robust gegen Veränderungen der a priori-Verteilung zu sein, zumindest, wenn sich die Betrachtung auf plausible a priori Verteilungen im Sinne von Formel (2.5) beschränkt.

Tabelle 4 zeigt die eEQ bei naivem, naiv bayesianischem und strategischem Verhalten bei Annahme zehn verschiedener a priori Verteilungen. Für f_{SV} aus Formel (2.5) werden folgende zehn Funktionen betrachtet: $1/(N - 1)$, $(\cdot)^{0,25}$, $(\cdot)^{0,5}$, $\ln(\cdot + 1)$, Ident., $e^{\cdot} - 1$, $(\cdot)^2$, $(\cdot)^3$, $(\cdot)^4$, naive a priori-Verteilung (höchste Präferenz mit Wahrscheinlichkeit 1). Insgesamt ist der Einfluß auf die eEQ zumindest bei plausiblen a priori-Verteilungen vernachlässigbar gering.

Tabelle 4. EEQ im Referenzfall für verschiedene, plausible a priori Verteilungen ($N = 5$, $d_{\text{Gew}} = 50$, $M = 5$, $s_{\text{Schätz}} = 10$; $PI_{\text{Max}} = 0,001$; Single Vote, naiv, stets f_{opt})

f_{SV}	$(N - 1)^{-1}$	$(\cdot)^{0,25}$	$(\cdot)^{0,5}$	$\ln(\cdot -)$	Ident.	$e^{\cdot} - 1$	$(\cdot)^2$	$(\cdot)^3$	$(\cdot)^4$	naiv
Naiv					,732					
Naiv-bayes.	,733	,733	,735	,735	,734	,735	,735	,735	,736	,736
Strat.	,735	,735	,736	,736	,736	,736	,736	,736	,737	,737
% nb.-Glgew	82%	83%	83%	83%	83%	85%	86%	88%	89%	89%

4 Erweiterungen des Grundmodells

Jetzt werden drei Erweiterungen des Grundmodells untersucht: Risikoaversion der Mitglieder, Konformitätstendenz in der Gruppe und die Abstimmung nach anderen Regeln. Für jede der Erweiterungen werden zunächst die Umsetzung im Modell erläutert, dann die Auswirkungen auf die Entscheidungsqualität und die optimale Steuerung durch die Instanz.

4.1 Risikoaversion der Gruppenmitglieder

Umsetzung im Modell

In diesem Abschnitt erfolgt eine Untersuchung des Einflusses der Risikoaversion von Mitgliedern auf Entscheidungsqualität und optimale Steuerung durch die Instanz. Es wird angenommen, daß die Mitglieder über konstante absolute Risikoaversion verfügen. Bei anderen Formen der Risikoaversion müßte das Vermögen der Mitglieder in die Betrachtung einbezogen werden. Der Alternativengewinn -jetzt ist eine Verteilungsannahme erforderlich- ist annahmegemäß normalverteilt mit Varianzen $s^2(A_n)$, welche die Mitglieder analog zu den Mittelwerten schätzen. Die Schätzfehler sind unabhängig identisch normalverteilt mit Schätzstreuung $s_{\text{Schätz}}$, $s_m^2(A_n) \sim N(s^2(A_n); s_{\text{Schätz}}^2)$. Die Parametrisierung erfolgt wiederum durch Mittelwert und Spannweite einer

Rechteckverteilung, aus der die Varianzen unabhängig gezogen werden. Bei Prämiensatz f und Wahl von A_n hat die Belohnung für ein Mitglied Erwartungswert $f \cdot \underline{g}(A_n)$ und Varianz $f^2 \cdot s^2(A_n)$. Mitglied m orientiert sich an seinen subjektiven Einschätzungen $f \cdot \underline{g}_m(A_n)$ und $f^2 \cdot s_m^2(A_n)$. Aus konstanter absoluter Risikoaversion folgt das Vorliegen einer exponentiellen Nutzenfunktion, deren Erwartungswert wegen der normalverteilten Zielgröße nur noch linear von Erwartung und Varianz der Zielgrößenverteilung abhängt. Mit persönlichen Interessen ergibt sich (4.1) für die Präferenz $V_m(A_n)$ von Mitglied m für A_n [21, 24]. Die rechte Seite ist das Sicherheitsäquivalent. Im folgenden sei dann $a^{\text{risk}} := 0,5r_a$.

$$V_m(A_n) = f \cdot g_m(A_n) - 0,5 \cdot r_a \cdot f^2 \cdot s_m^2(A_n) + PI_m(A_n). \quad (4.1)$$

Auswirkungen auf erwartete Entscheidungsqualität und optimale Steuerung

Der Zielkonflikt zwischen Instanz und Mitgliedern dehnt sich bei Risikoaversion partiell auf den Belohnungsteilnutzen aus, und der Anreiznutzen eines gegebenen Prämiensatzes wird geringer. Mit zunehmender Risikoaversion sinkt der optimale Prämiensatz. Gleichzeitig nimmt der negative Einfluß persönlicher Interessen auf die eEQ zu: Die Instanz kann persönliche Interessen der risikoaversen Mitglieder weniger effektiv finanziell kompensieren.

Der durch wachsende Risikoaversion vergrößerte Zielkonflikt verursacht eine abnehmende Bedeutung der Qualifikation, d.h. die eEQ hängt bei steigender Risikoaversion weniger empfindlich von der Qualifikation ab. Aus diesem verminderten Einfluß der Qualifikation folgt eine Verkleinerung der optimalen Gruppengröße mit wachsender Risikoaversion: Die optimale Gruppengröße ist wie gesehen durch einen Ausgleich positiver Effekte der Gruppenvergrößerung durch Verbesserung der Prognosequalität und negativer Effekte durch wachsenden Zielkonflikt mit der Instanz wegen Verteuerung der Prämienanreize determiniert. Bei wachsender Risikoaversion verbessert eine Vergrößerung der Gruppe die Prognosequalität mit jedem zusätzlichen Mitglied in gleichem Maße wie bei Risikoneutralität. Gleichzeitig nimmt durch Anreizverteuerung der negative Einfluß persönlicher Interessen wie gezeigt zu. Positive und negative Effekte für die eEQ gleichen sich so bereits bei kleineren Gruppen aus.

4.2 Konformitätstendenz in der Gruppe

Die Sozialpsychologie betont den Einfluß von Konformität auf Gruppenentscheidungen. Alternativen mit hoher Präferenz vieler Mitglieder sind aus Sicht der Konformität attraktiv.

Umsetzung im Modell

Zur Abbildung von Konformität wird eine Komponente in die Nutzenfunktionen aufgenommen. Sie wird als Teilziel aufgefaßt, das Mitglieder in Abstimmung mit ihren übrigen Zielen berücksichtigen. Annahmegemäß existiert wiederum ein Geldäquivalent, mit dem die Konformität eines Mitglieds für eine Alternative *bei gegebenem Nutzen der anderen* quantifiziert werden kann. Konformität wird als ein Teil der persönlichen Interessen modelliert, welcher von dem Sicherheitsäquivalent der übrigen Mitglieder für diese Alternative abhängt. a^{konf} mit $0 \leq a^{\text{konf}} < 1$ bezeichnet den Konformitätsanteil persönlicher Interessen in der Gruppe, $(1 - a^{\text{konf}})$ entsprechend die eigenständigen persönlichen Interessen, im folgenden mit $PI_m^0(A_n)$ bezeichnet. Bei zwei Mitgliedern gilt folgende Bestimmungsgleichung für $PI_1(A_n)$:

$$PI_1(A_n) = (1 - a^{\text{konf}}) \cdot PI_1^0(A_n) + a^{\text{konf}} \cdot (f \cdot g(A_n) - a^{\text{risk}} \cdot [f^2 \cdot s^2(A_n)] + PI_2(A_n)) \quad (4.2)$$

Bei mehr als zwei Mitgliedern ist unklar, auf welche Mitglieder sich die Konformitätstendenz eines Mitglieds bezieht. Die Konformität könnte sich z.B. nach Sympathie, Hierarchie oder ähnlich verteilen. Annahmegemäß verteilt sich die Konformitätstendenz eines Mitgliedes im Modell gleichmäßig auf alle anderen Mitglieder. Das Sicherheitsäquivalent jedes Mitglieds beeinflußt also die persönlichen Interessen anderer Mitglieder mit dem Gewicht $a^{\text{konf}}/(M - 1)$. Für $M > 1$ ergibt sich die Bestimmungsgleichung $\forall m = 1, \dots, M$

$$PI_m(A_n) = (1 - a^{\text{konf}}) \cdot PI_m^0(A_n) + \frac{a^{\text{konf}}}{M-1} \cdot \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq m}}^M (f \cdot g(A_n) - a^{\text{risk}} \cdot f^2 \cdot s^2(A_n) + PI_l(A_n)) \quad (4.3)$$

Annahmegemäß wissen die Mitglieder um die Konformitätstendenz der anderen. Für eine konsistente Festlegung der persönlichen Interessen müssen rationale Erwartungen für die Konformität in der Gruppe gebildet werden: Mitglied a muß die Konformität von Mitglied b antizipieren, die b im Gegenzug mit a verbindet. Zur Berechnung der persönlichen Interessen eines Mitglieds ist also die Kenntnis der Sicherheitsäquivalente aller übrigen erforderlich. Diese Sicherheitsäquivalente hängen jedoch ihrerseits von den persönlichen Interessen des erstgenannten Mitglieds ab. Aus Formel (4.3) ergeben sich für jedes A_n die konsistenten Sicherheitsäquivalente unter Konformitätseinfluß durch Lösung des folgenden linearen Gleichungssystem in $PI_m(A_n)$ mit M Zeilen, das für $a^{\text{konf}} < 1$ stets eindeutig lösbar ist. Man beachte, daß die rechte Seite hinter dem Summenzeichen unabhängig vom Index l ist $\forall m$:

$$PI_m(A_n) - \frac{a^{\text{konf}}}{M-1} \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq m}}^M PI_l(A_n) = (1 - a^{\text{konf}}) PI_m^0(A_n) + \frac{a^{\text{konf}}}{M-1} \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq m}}^M (f \cdot g - a^{\text{risk}} f^2 s^2(A_n)) \quad (4.4)$$

Auswirkungen auf erwartete Entscheidungsqualität und optimale Steuerung

Durch Konformität nimmt der Zielkonflikt in der Gruppe ab. Für den Fall, daß gemeinsames Teilziel der Mitglieder und Instanzziel konkurrieren, wird sich bei mit wachsender Konformität der Zielkonflikt *zwischen Gruppe und Instanz* vergrößern. Hängt jedoch wie im Modell die Belohnung als gemeinsames Teilziel positiv mit dem Instanzziel zusammen, so wird mit steigender Konformität der Zielkonflikt zwischen Instanz und Gruppe gemindert, die eEQ steigt. Diesen Zusammenhang verdeutlicht Abbildung 6. In dieser Situation nimmt der negative Einfluß persönlicher Interessen auf die eEQ mit wachsender Konformitätstendenz ab, wie Abbildung 7 illustriert.

Im folgenden wird weiterhin davon ausgegangen, daß Instanzziel und gemeinsames Teilziel der Gruppe wie im Modell durch Anreize positiv zusammenhängen. Ist die Konformität einer *gegebenen* Gruppe unabhängig von ihrer Größe, so steigt die *optimale* Größe mit der Konformität: Da die Bedeutung persönlicher Interessen sinkt, wird die Verbesserung der Prognosequalität durch Vergrößerung erst später durch wachsenden Zielkonflikt kompensiert. Umgekehrt hat in größeren Gruppen die Konformität stärkere Auswirkungen auf die eEQ. Diesen Zusammenhang verdeutlicht Abbildung 8. Empirische und sozialpsychologische Untersuchungen deuten jedoch auf *abnehmende* Konformität mit *wachsender* Größe hin, wodurch die obigen Ergebnisse relativiert werden.

Sowohl Konformitätstendenz als auch strategisches Verhalten vermindern wie diskutiert die Auswirkungen des Konfliktes innerhalb der Gruppe. Mit wachsender Konformität wird so der positive Effekt strategischen Verhaltens vermindert. Abbildung 9 verdeutlicht diesen Zusammenhang, wobei die statistische Signifikanz wegen des geringen eEQ-Differenzen offen bleiben muß.

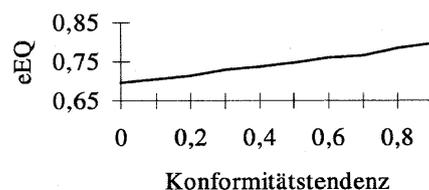


Abb. 6. Einfluß Konformität auf die EEQ ($N = 5$; $d_{\text{Gew}} = 50$; $M = 5$; $s_{\text{Schätz}} = 10$; $PI_{\text{Max}} = 0,001$; $a^{\text{risk}} = 0$; a^{konf} variiert, Single Vote, naiv, stets f_{opt})

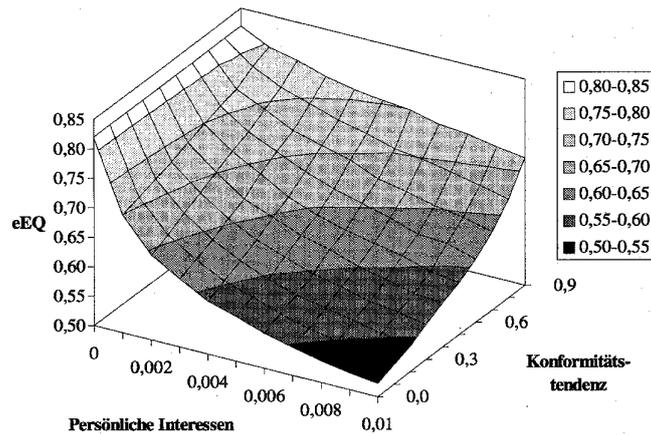


Abb. 7. Einfluß persönliche Interessen und Konformität auf eEQ ($N = 5$; $d_{Gew} = 50$; $M = 5$; $s_{Schätz} = 10$; $\alpha^{risk} = 0$; PI_{Max} und α^{konf} variieren; Single Vote, naiv, stets f_{opt})

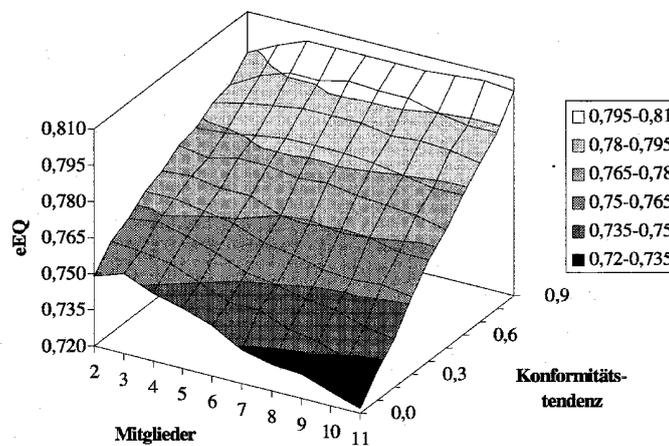


Abb. 8. Einfluß Gruppengröße und Konformität auf die eEQ ($N = 5$; $d_{Gew} = 50$; $s_{Schätz} = 10$; $PI_{Max} = 0,001$; $\alpha^{risk} = 0$; M und α^{konf} variieren; Single Vote, naiv, stets f_{opt})

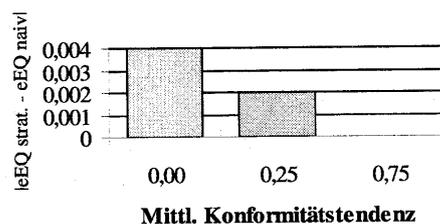


Abb. 9. Konformität, Einfluß strateg. Verhalten ($N = 5$; $d_{Gew} = 50$; $M = 5$; $s_{Schätz} = 10$; $PI_{Max} = 0,001$; $\alpha^{risk} = 0$; α^{konf} variiert; Single Vote, naiv, stets f_{opt})

4.3 Einfluß der Abstimmungsregel

Im folgenden wird untersucht, wie eine Abstimmung nach Borda-Kriterium oder Hare-Regel die eEQ beeinflusst. Beim Borda-Kriterium vergibt jedes Mitglied $N - 1$ Punkte an eine der Alternativen, $N - 2$ Punkte an eine andere usw.; eine Alternative erhält keinen Punkt. Als gewählt gilt die Alternative mit der höchsten Punktzahl.

Bei der Hare-Regel gibt jedes Mitglied eine Liste mit einer Alternativenrangfolge ab. Erzielt eine Alternative die absolute Mehrheit der Erstpräferenzen ($> 0.5 \cdot N$), so ist sie gewählt. Andernfalls wird die Alternative mit den wenigsten Erstpräferenzen aus den Präferenzordnungen gestrichen, und die restlichen Alternativen rücken auf die

frei gewordenen Plätze nach. Der Vorgang wird so lange wiederholt, bis in den veränderten Präferenzen eine der Alternativen die absolute Mehrheit erzielt. Bei allen Regeln wird wenn erforderlich geeignet randomisiert.

Informationsgehalt der Abstimmungsregel, Auswirkungen auf eEQ und optimale Steuerung

Entscheidend für die eEQ, die sich c.p. bei Verwendung einer Abstimmungsregel ergibt, ist der Informationsgehalt über die Mitgliederpräferenzen, den eine Abstimmungsregel berücksichtigt. Je höher dieser Informationsgehalt, desto größer die *mittlere* Qualität der Entscheidung. Sowohl Hare-Regel als auch Borda-Kriterium führen zu einer höheren eEQ als das Single Vote-Kriterium, da beide mehr Informationen über die Präferenzordnungen einzelner enthalten. Den höchsten Informationsgehalt über die Präferenzen unter den drei betrachteten Abstimmungsregeln hat das Borda-Kriterium, da hier die gesamte Präferenzordnung in die Abstimmung eingeht. Die Hare-Regel enthält einen mittleren Informationsgrad.

Die Auswirkungen des Informationsgrades der Abstimmungsregel sind am stärksten, wenn *keine* Interaktion über die individuellen Gewinnerwartungsschätzungen der Mitglieder stattfindet. Nach einer Interaktion haben die Mitglieder identische Schätzungen über die Gewinnverteilungen, so daß sich erst durch persönliche Interessen eine Abweichung zwischen den Präferenzordnungen ergibt. Alle Abstimmungsregeln führen ohne Interaktion zum gleichen Ergebnis.

Die Auswirkungen des mit den Abstimmungsregeln verbundenen Informationsgrades verdeutlicht Abbildung 10 am Beispiel ohne Zielkonflikt und ohne Interaktion. Entsprechend dem Informationsgrad der Regeln ergibt sich beim Borda-Kriterium die beste eEQ, gefolgt von Hare-Regel und Single Vote-Kriterium. Eine noch bessere Berücksichtigung der individuellen Schätzungen läßt sich durch die Interaktion in der Gruppe erzielen.

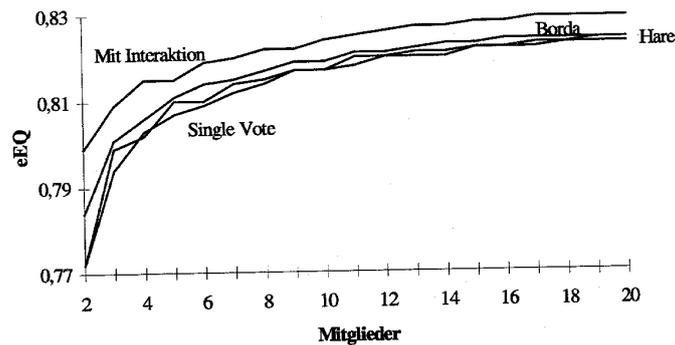


Abb. 10. Einfluß Gruppengröße, Abstimmungsregeln auf eEQ ohne Interaktion ($N = 5$; $d_{Gew} = 50$; $s_{Schätz} = 10$; $PI_{Max} = 0$; $\alpha^{risk} = 0$; $\alpha^{konf} = 0$; $f_{opt} \equiv \varepsilon > 0$; M variiert; naiv; keine Interaktion)

Interessanterweise ist die Hare-Regel für kleine, gerade Gruppengrößen weniger gut geeignet als für ungerade oder größere Mitgliederzahlen, weil bei Gleichstand zwischen den betreffenden Alternativen eine Zufallsauswahl stattfinden muß. Die absolute Mehrheit an Erstpräferenzen, welche die Hare-Regel verlangt, ist besonders für kleine, gerade Gruppengrößen restriktiv und führt zu häufiger Randomisierung mit Verschlechterung der eEQ. Die Verbesserung der Prognosequalität beim Übergang von drei auf vier oder fünf auf sechs Mitglieder wird bei der Hare-Regel kaum in eine eEQ-Verbesserung umgesetzt.

Liegt ein Zielkonflikt zwischen den Mitgliedern vor, so unterscheiden sich auch nach erfolgter Interaktion die Mitgliederpräferenzen wegen unterschiedlicher persönlicher Interessen. Der Informationsgrad der Abstimmungsregel entscheidet in diesem Fall darüber, wie gut die Kompensation der persönlichen Interessen durch die Prämie umgesetzt wird.

Es ergibt sich ebenfalls eine Rangfolge entsprechend dem Informationsgrad: Höchste eEQ bei Borda-Kriterium, gefolgt von Hare-Regel und Single Vote-Kriterium.

Nähern sich persönliche Interessen und somit die Präferenzen der Mitglieder durch zunehmende Konformität, so gleichen sich auch die eEQ der Abstimmungsregeln an, da dann der Informationsgrad der Regel geringere Auswirkungen auf die eEQ hat. Abbildung 11 veranschaulicht diesen Zusammenhang.

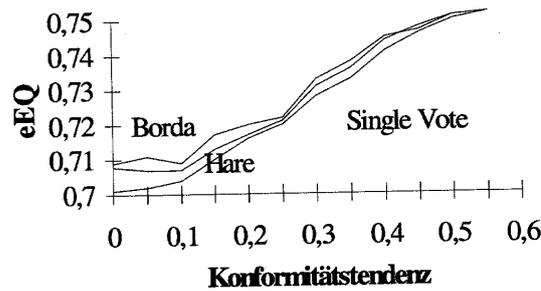


Abb. 11. Konformität, Abstimmungsregel, eEQ ($N = 5$; $d_{\text{Gew}} = 50$; $M = 5$; $s_{\text{Schätz}} = 10$; $PI_{\text{Max}} = 0,001$; $\alpha^{\text{risk}} = 0$; α^{konf} variiert; naiv, stets f_{opt})

Es zeigt sich, daß die Ergebnisse für strategisches Verhalten beim Single Vote-Kriterium für Borda-Kriterium und Hare-Regel in ähnlicher Form gelten [13], wobei wiederum auf die Schwierigkeiten statistischer Signifikanz hingewiesen werden muß. Es besteht nur eine geringe Abhängigkeit zwischen mittlerer Entscheidungsqualität und a priori Verteilung, die eEQ bei strategischem Verhalten steigt leicht gegenüber naiver Abstimmung, und die eEQ bei naiv bayesianischem Verhalten ist eine gute Approximation für diejenige bei strategischem Verhalten. Die eEQ-Verbesserung ist bei Borda-Kriterium und Hare-Regel etwas geringer als beim Single Vote-Kriterium.

Der Einfluß der Abstimmungsregel auf die eEQ nimmt also bei strategischem Verhalten gegenüber naiver Abstimmung ab. Die Rangfolge nach dem Informationsgrad bleibt jedoch bestehen, so daß das Borda-Kriterium die eEQ unter den betrachteten Abstimmungsregeln stets maximiert.

5 Ergebnis

Die Qualität von Gruppenentscheidungen ist von zahlreichen Einflußfaktoren abhängig, deren Bedeutung und Wirkungsweise im Einzelnen untersucht wurden. Die Wirkung der Einflußfaktoren auf die Entscheidungsqualität läßt sich entlang der drei eingangs erwähnten Hauptdeterminanten Qualifikation (Prognosequalität), Zielkonflikt und Belohnungskosten beschreiben. Eine steigende Qualifikation erhöht die Qualität der Entscheidung, während wachsender Zielkonflikt und steigende Belohnungskosten sich negativ auswirken. Die Einflußfaktoren wirken über diese Hauptdeterminanten unterschiedlich auf die erwartete Entscheidungsqualität. Die Wirkungsmechanismen zwischen Einflußfaktoren, Hauptdeterminanten und Entscheidungsqualität sind in Abbildung 12 überblickartig zusammengefaßt. Bei konkreten Entscheidungen kann die situativ optimale Festlegung der Steuerungsparameter durch Approximation der eEQ für die möglichen Gruppen erfolgen [14].

Das vorgestellte Modell könnte in mehrerlei Hinsicht realistischer gestaltet werden, um reale Zusammenhänge wirklichkeitsnäher abzubilden. Ansatzpunkte hierfür sind die Einführung einer risikoaversen Instanz und die Untersuchung anderer Verteilungsannahmen für Modellparameter. Es zeigt sich allerdings, daß die Untersuchung einer auch hinsichtlich Qualifikation, Risikoaversion und Konformitätstendenz heterogenen Gruppe mit rechteckverteilten Parametern kaum zu neuen Ergebnissen führt [14].

Darüber hinaus sollten drei Kritikpunkte an der Modellierung beachtet werden: Die Annahme im Mittel richtiger, stochastisch unabhängiger Schätzungen der Gewinnverteilung von Mitgliedern ist optimistisch. Sie bewirkt, daß die Gruppe mit steigender Größe beliebig gute Prognosequalität erreicht.

Der Interaktionsprozeß konnte nur stark vereinfacht abgebildet werden. Eine realitätsnähere Modellierung z.B. im Zeitverlauf unter Berücksichtigung empirischer Phänomene schließlich könnte weitere Mechanismen enthüllen.

Die Unabhängigkeitsannahme zwischen persönlichen Interessen und Instanzzielen bewirkt, daß im Modell ein abnehmender Zielkonflikt in der Gruppe stets zur Verbesserung der mittleren Entscheidungsqualität führt. In der Realität kann sich jedoch die Abnahme des Zielkonfliktes durch verstärkte Konformitätstendenz in der Gruppe oder durch strategisches Verhalten negativ auf die erwartete Entscheidungsqualität aus Instanzsicht auswirken, wenn nämlich Instanzziel und gemeinsames Ziel der Gruppe konkurrierend sind. Die Konformität wirkt immer nur zielkonfliktmindernd *in der Gruppe*. Die Zielsetzung der Instanz ist nur indirekt betroffen.

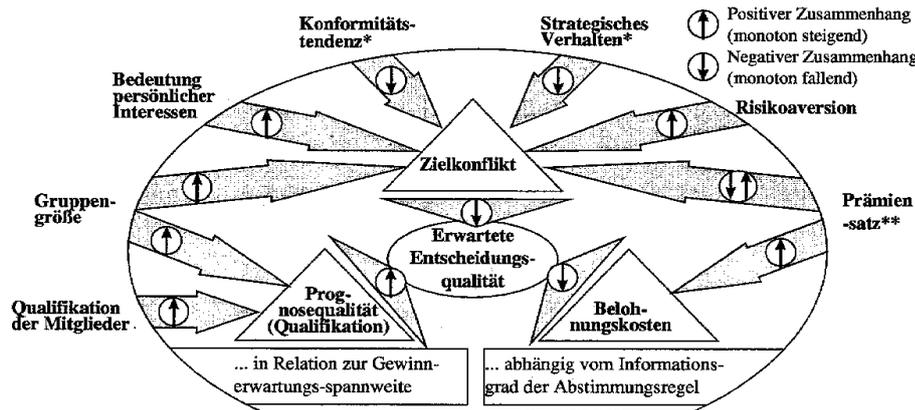


Abb. 12. Gesamtüberblick Einflussfaktoren und Wirkungsmechanismen

* Vermindert nur den Zielkonflikt innerhalb der Gruppe
 ** Steigender Prämiensatz vermindert Zielkonflikt aus persönl. Interessen, erhöht jedoch den aus Risikoaversion

Literatur

1. Arrow KJ (1963) Social choice and individual values, 2nd edn. Wiley, New York
2. Aumann R (1976) Agreeing to disagree. Annals of Statistics 4:1236-1239
3. Chan MMW (1971) System simulation and maximum entropy. Operations Research 19:1751-1753
4. Gibbard A (1973) Manipulation of voting schemes. Econometrica 41:587-601
5. Good IJ (1963) Maximum entropy für hypothesis formulation especially für multidimensional contingency tables. Annals of Mathematical Statistics 3:911-934
6. Harsanyi J, Selten R (1988) A general theory of equilibrium selection in games. MIT Press, Cambridge
7. Holmström B (1982) Moral hazard in teams. Bell Journal of Economics 13:324-340
8. Jaynes ET (1968) Prior probabilities. IEEE Transactions on System Sciences and Cybernetics SSC-4:227-241
9. Kaplan MF, Miller CE (1983) Group discussion and judgment. Paulus PB (ed) Basic group processes, pp 65-94. Springer, New York
10. Laux H (1979) Grundfragen der Organisation. Springer, Berlin Heidelberg New York
11. Laux H (1979) Der Einsatz von Entscheidungsgremien. Springer, Berlin Heidelberg New York
12. Lehmann EL (1983) Theory of point estimation. Springer, New York
13. Lindstädt H (1996) The effect of strategic behavior on group decisions. Kleinschmidt P et al. (eds) Operations Research Proceedings 1995. pp 493-498. Springer, Berlin Heidelberg New York
14. Lindstädt H (1997) Optimierung der Qualität von Gruppenentscheidungen. Springer, Berlin Heidelberg New York
15. Miller NR (1977) Graph-theoretical approaches to voting. American Journal of Political Science 21:769-803
16. Mookherjee D (1984) Optimal incentive schemes with many agents. Review of Economic Studies 51:433-446
17. Nalebuff B, Stiglitz J (1983) Prices and incentives: towards a general theory of compensation and competition. Bell Journal of Economics 14:21-43
18. Nurmi H (1987) Comparing voting systems. Reidel, Dordrecht
19. Pattanaik PK (1978) Strategy and group choice. North Holland, Amsterdam
20. Peleg B (1984) Game theoretic analysis of voting in committees. Cambridge University Press, Cambridge
21. Pratt J (1964) Risk aversion in the small and in the large. Econometrica 32:122-136
22. Satterthwaite MA (1975) Strategy-proofness and arrow's condition. Journal of Economic Theory 10:187-217
23. Schauenberg B (1978) Zur Logik kollektiver Entscheidungen. Gabler, Wiesbaden
24. Schneeweiß H (1967) Entscheidungskriterien bei Risiko. Springer, Berlin Heidelberg New York

H. Lindstädt: Qualität von Gruppenentscheidungen

25. Singh N (1985) Monitoring and hierarchies: the marginal value of information in a principal-agent model. *Journal of Political Economy* 93:599-609
26. Türk K (1973) Gruppenentscheidungen-Sozialpsychologische Aspekte der Organisation kollektiver Entscheidungsprozesse. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 43:295-321