

Effektiver Einsatz von Rettungskräften bei Naturkatastrophen

Modelle und Verfahren zur Entscheidungsunterstützung

Guido Schryen, Felix Wex

Naturkatastrophen wie Erdbeben, Überschwemmungen, Tsunamis und Hurrikans bedrohen uns zunehmend mehr. Sie fordern oftmals viele Opfer und richten großen wirtschaftlichen Schaden an. Eine der zentralen Aufgaben des Katastrophenmanagements ist die Koordination von Rettungsaufgaben unmittelbar nach dem Eintreten einer Katastrophe. Erstaunlicherweise wird diese Koordination heute weitestgehend immer noch manuell durchgeführt, so dass sich die Frage stellt, ob der Einsatz einer intelligenten Entscheidungsunterstützung durch IT-Systeme nicht zu einer wesentlich effektiveren Koordination führt und Schäden vermieden oder reduziert werden können. Dieser Beitrag zeigt mit Hilfe von Simulationen, dass die heutige Vorgehensweise recht ineffektiv ist und durch den Einsatz neuer Methoden erheblich verbessert werden kann. Er gibt damit einen Einblick in das Forschungsgebiet der quantitativen Entscheidungsunterstützung im Katastrophenmanagement.

Naturkatastrophen und Katastrophenmanagement

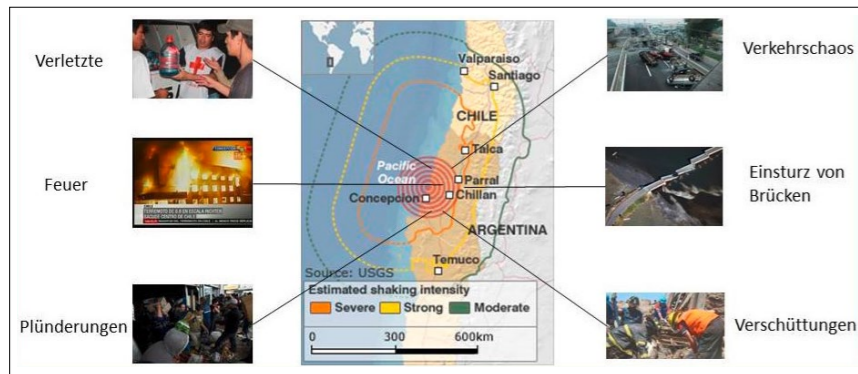
Naturkatastrophen wie Erdbeben, Tsunamis, Überschwemmungen, Hurrikans oder Vulkanausbrüche verursachen jährlich enorme Schäden und bedrohen zunehmend Millionen Menschen sowie deren Infrastrukturen. Dem *World Disaster Report* des Internationalen Roten Kreuzes aus dem Jahr 2010 zufolge verursachte

das gewaltige Erdbeben in Sumatra im Dezember 2004 einen Tsunami, der mehr als 220.000 Menschen das Leben kostete und einen Schaden von 9,2 Milliarden US-Dollar anrichtete. Der tropische Wirbelsturm Nargis im Mai 2008 forderte fast 140.000 Leben und verursachte einen Schaden in Höhe von 4 Milliarden US-Dollar, beim Erdbeben in Haiti am 12. Januar 2010 liegen die Zahlen bei 220.000 Toten und einer ähnlichen Schadenssumme. Global betrachtet schätzt man den von Naturkatastrophen verursachten Schaden in der Zeitspanne der Jahre von 2000 bis 2009 auf fast eine Million Menschenleben und 1.000 Milliarden US-Dollar. Diese Statistiken spiegeln jedoch nicht angemessen diejenigen Millionen von Opfern wieder, deren Leben indirekt von den ökonomischen Auswirkungen der Naturkatastrophen betroffen waren. Den ohnehin schon wirtschaftlich schwachen Bevölkerungsschichten droht oftmals eine weitere Verschlechterung der Lebens- und Arbeitsverhältnisse bis hin zur Armut. Der Trend der letzten drei Dekaden zeigt bedauerlicherweise einen Anstieg sowohl der Anzahl der Naturkatastrophen als auch der Größe der dadurch betroffenen Bevölkerungen.

Um den Auswirkungen von Naturkatastrophen effektiv begegnen zu können, ist ein systematisches Katastrophenmanagement notwendig. Hierunter versteht man die Organisation und das Management von Ressourcen und Verantwortlichkeiten, um alle humanitären Aspekte von Katastrophen anzugehen. Die Aufgaben erstrecken sich dabei auf die folgenden drei Phasen:

1. Vorbereitungsphase: Bevor Naturkatastrophen eintreten, können Maßnahmen getroffen werden, um ihre Auswirkungen zu reduzieren. Dazu gehören beispielsweise die Implementierung von Frühwarnsystemen und die Schulung von Verhaltensmaßnahmen für die Bevölkerung.
2. Reaktionsphase: In der Zeit unmittelbar nach der Katastrophe stehen die zügige Rettung und der Schutz von Überlebenden im Vordergrund. Zu den wichtigsten Aufgaben in dieser Phase gehören z.B. die Bergung von Verschütteten, die medizinische und humanitäre Versorgung von Überlebenden und der Schutz vor Plünderungen.
3. Nachbereitungsphase: Nachdem die Versorgung unmittelbar nach der Katastrophe abgeschlossen ist, gilt es, sich um die mittel- und langfristigen Konsequenzen zu kümmern. Beispielsweise sind Häuser und die Verkehrsinfrastruktur wieder aufzubauen, die öffentliche Ordnung wiederherzustellen und während der Reaktionsphase durchgeführte Rettungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Effektivität zu analysieren.

In diesem Beitrag wird die Reaktionsphase und, im Speziellen, die Koordination von Rettungskräften unmittelbar nach dem Eintreten einer Naturkatastrophe betrachtet. Die Herausforderungen, die sich für die Rettungskräfte dabei ergeben können, sind vielfältig. Abbildung [1] zeigt für das schwere Erdbeben in Chile im Februar 2010 exemplarisch einige der Auswirkungen.



1 Herausforderungen für Rettungskräfte nach dem Erdbeben in Chile (27.02.2010, Stärke 8,8 auf der Richterskala)

Koordination von Rettungskräften

Die Koordination von Rettungskräften nach einer Naturkatastrophe ist eine komplexe Planungsaufgabe für Hilfsorganisationen, die speziell für die jeweilige Katastrophe oftmals ein sogenanntes Operations Emergency Center (EOC) einrichten. Zu dessen primärer Aufgabe gehört es, sich um die zahlreichen Vorfälle wie Verschüttungen, Ausbrüche von Bränden und ähnliches mit den in der Regel zu knappen Ressourcen von Einsatzfahrzeugen und Rettungspersonal usw. zu kümmern. Aufgrund dieser Knappheit können in der Regel nicht alle Ereignisse unmittelbar nach deren Meldung bearbeitet werden, außerdem kann nicht jede Rettungseinheit jeden Vorfall bearbeiten: Sind z. B. Menschen verschüttet, kann eine Sanitätseinheit ohne Bergungsmaterial nicht sinnvoll eingesetzt werden.

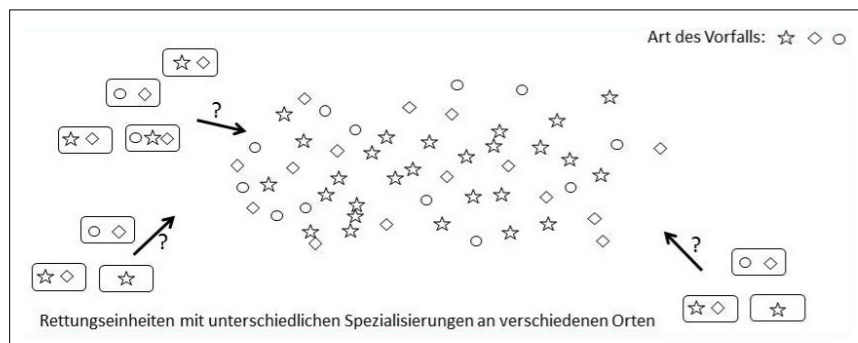
Die Ressourcenknappheit und Anforderungsvielfalt führen konzeptionell zu der in Abbildung [2] dargestellten Koordinierungsaufgabe, bei der zum einen die Vorfälle den (regional verteilten) Rettungseinheiten zugewiesen werden müssen, zum anderen die Reihenfolgen bestimmt werden müssen, mit denen die Rettungsein-

heiten die ihnen zugewiesenen Vorfälle bearbeiten.

Die Komplexität der Koordinierungsaufgabe für EOCs wird dadurch erschwert, dass aufgrund chaotischer Zustände oftmals

- nur vage Informationen über die Charakteristika der Vorfälle vorliegen,
- die zu verwendende Verkehrs- und Logistikinfrastruktur unbekannt ist oder sich ändert (beispielsweise können Brücken einstürzen) und
- Rettungseinheiten ausfallen oder nur noch begrenzt eingesetzt werden können.

Zu den dargelegten „funktionalen“ Anforderungen an EOCs kommt hinzu, dass ein enormer Zeitdruck besteht, Koordinationsentscheidungen zu fällen. Damit liegt es nahe, den Entscheidungsträgern ein IT-basiertes Entscheidungsunterstützungssystem an die Hand zu geben. Es stellt sich dabei allerdings die Frage, wie Entscheidungsvorschläge automatisiert erstellt werden können. In der Fachliteratur zum Katastrophenmanagement gibt es hierzu nur sehr wenige Ansätze, sodass sich vor allem dieser Fragestellung die Forschung an der Professur für Wirtschaftsinformatik gewidmet hat.



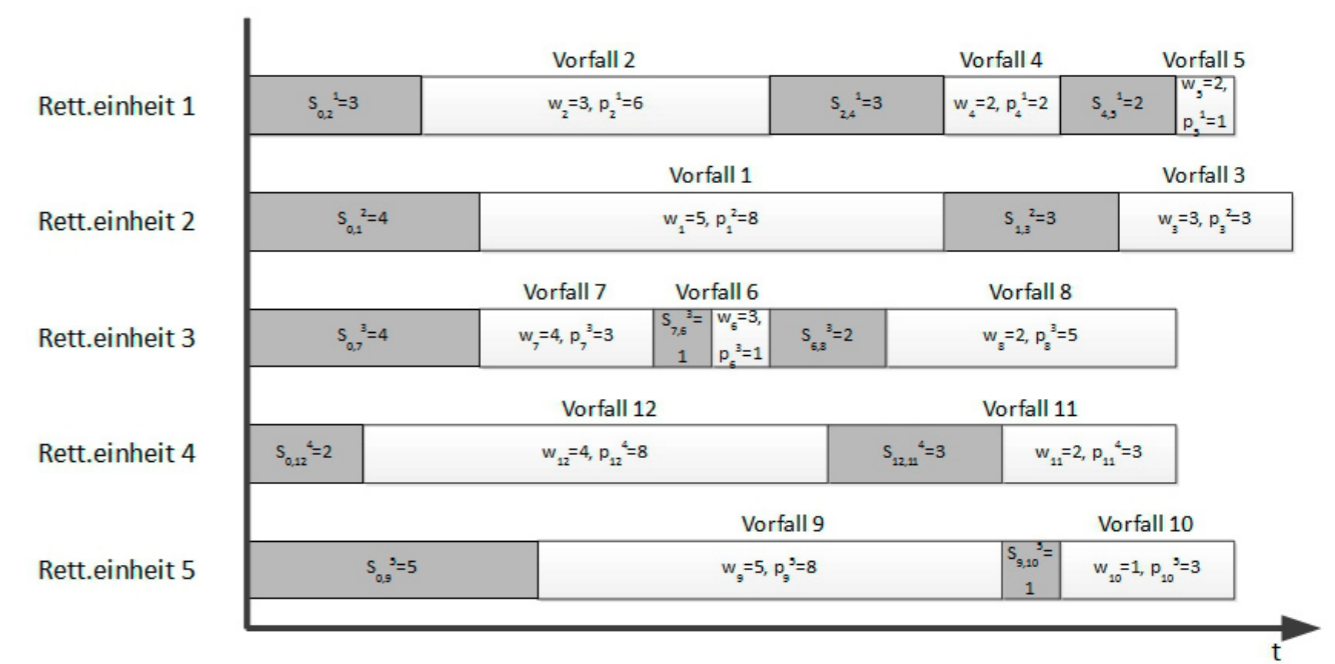
2 Schematische Darstellung der Koordinierungsaufgabe

Problemspezifizierung

Bei der Realisierung von Entscheidungsunterstützungssystemen sind zwei Aufgaben zu bewältigen. Zum einen muss ein formales Modell erstellt werden, das die elementaren Charakteristika des praktischen Problems abbildet. Zum anderen müssen für das erstellte Modell Lösungsmethoden in Form von Algorithmen konzipiert und auf Rechnern implementiert werden. Beide Aufgaben sind typisch für die Disziplin „Operations Research“, die wir für die Modellierung und Lösung des oben beschriebenen Koordinierungs- bzw. Entscheidungsproblems heranziehen.

Um die elementaren Charakteristika des Koordinierungsproblems zu erfassen, haben wir zum einen die Literatur zum Katastrophenmanagement und zum Operations Research herangezogen, zum anderen Interviews mit Praktikern vom Technischen Hilfswerk (THW) durchgeführt. Mit Hilfe dieser Recherchen identifizierten wir die folgenden Charakteristika:

- Jeder Vorfall hat bzgl. seiner Bearbeitbarkeit Anforderungen an die jeweilige Rettungseinheit. Wir modellieren dies, indem wir für jede Rettungseinheit k und jeden Vorfall j eine Variable cap_{kj} einführen, die den Wert 1 erhält, falls sich die Rettungseinheit k prinzipiell um den Vorfall j kümmern kann. Ansonsten erhält sie den Wert 0.
- Die Zeit, die eine Rettungseinheit k benötigt, um einen Vorfall j zu bearbeiten, hängt sowohl von der Rettungseinheit als auch vom Vorfall ab. Wir modellieren die Bearbeitungszeit mit der Variable p_j^k .
- Zwischen der Bearbeitung von zwei Vorfällen i und j durch die Rettungseinheit k vergeht eine Zeitspanne, die sich zum einen aus der Fahrzeit zwischen den beiden Orten ergibt, zum anderen auch aus der Vorbereitungszeit für die Bearbeitung von Vorfall j . Diese Zeit hängt offenbar sowohl von den Vorfällen i und j als auch von der Rettungseinheit k ab, so dass wir diese Zeit mit der Variable s_{ij}^k modellieren.
- Hat eine Rettungseinheit bereits damit begonnen, einen Vorfall zu bearbeiten, so beendet sie die Bearbeitung, bevor sie sich um einen neuen Vorfall kümmert.
- Alternative Einsatzpläne (Zuordnung von Vorfällen zu Rettungseinheiten und Bearbeitungsreihenfolgen) kön-



s_i^k : Reise- und Rüstzeit für Rettungseinheit k bzgl. der Vorfälle i und j	Vorfall j w_j : Schwere des Vorfalles j p_j^k : Bearbeitungszeit von Vorfall j für Rettungseinheit k	Rett.einheiten besitzen erforderliche Eigenschaften: $cap_{1,1}=cap_{1,2}=cap_{1,3}=cap_{1,4}=1$; $cap_{2,1}=cap_{2,2}=cap_{2,3}=cap_{2,4}=1$; $cap_{3,1}=cap_{3,2}=1$
--	--	--

3 Darstellung eines beispielhaften Einsatzplans

Katastrophenmanagement	Maschinenbelegungsplanung
Vorfall j	Job j
Rettungseinheit k	Maschine k
Eine Rettungseinheit k kann sich um einen Vorfall j kümmern und benötigt dafür die Zeit p_j^k .	Eine Maschine k kann einen Job j bearbeiten und benötigt dafür die Zeit p_j^k .
Die Zeitspanne zwischen der Bearbeitung von zwei Vorfällen i und j durch Rettungseinheit k beträgt s_{ij}^k .	Die Zeitspanne, die für die Umrüstung der Maschine k zwischen den Jobs i und j anfällt, beträgt s_{ij}^k .
Jeder Vorfall hat einen Gewichtungsfaktor, der die Schwere des Vorfalles ausdrückt.	Jeder Job hat einen Gewichtungsfaktor, der die Dringlichkeit des Jobs ausdrückt.
Die Güte eines Einsatzplans (der Schaden) bemisst sich aus den (gewichteten) Zeiten zwischen dem Bekanntwerden und dem Bearbeiten von Vorfällen.	Die Güte eines Maschinenbelegungsplans (die benötigten Zeiten) bemisst sich nach den (gewichteten) Zeiten zwischen dem Auftreten und dem Bearbeiten eines Jobs.
Die Lösung des Koordinierungsproblems besteht im Auffinden eines Einsatzplans mit dem geringsten Gesamtschaden.	Die Lösung des Maschinenbelegungsproblems besteht im Auffinden eines Maschinenbelegungsplans mit der geringsten Gesamtbearbeitungszeit.

nen nur dann miteinander verglichen werden, wenn man ein oder mehrere Qualitätskriterien für Einsatzpläne vorieht. Hier ist eine Vielzahl von Kriterien denkbar. Wir verwenden den sogenannten aggregierten „Schaden“ eines Einsatzplans. Dieser orientiert sich nicht an einer (vermutlich kaum sinnvollen) Aufrechnung von Material- und Personenschäden, sondern danach, wie lange es (seit Bekanntwerden der Vorfälle) dauert, bis sich die Rettungseinheiten um die Vorfälle gekümmert haben. Dabei berücksichtigen wir die unterschiedliche Schwere w_j von Vorfällen mit Gewichtungsfaktoren (1 bis 5). Die Klassifikation von Vorfällen muss dabei von Experten vorgenommen werden.

Liegen die o.g. Daten vor, so wird derjenige Einsatzplan gesucht, der zum einen durchführbar ist (s. Charakteristikum [a]) und zum anderen den geringsten aggregierten Schaden aufweist. Eine graphische Illustration eines Beispielsatzplans zeigt [3].

Die oben dargestellte Problemspezifizierung ist idealisiert in der Hinsicht, dass zum Zeitpunkt der Lösung des Koordinierungsproblems bereits alle Vorfälle bekannt sind. In der Praxis werden jedoch aufgrund der großen Dynamik einer Katastrophensituation oftmals neue Vorfälle gemeldet oder Daten zu bereits erfassten Vorfällen aktualisiert. Dieser Dynamik kann Rechnung getragen werden, in dem im Sinne einer rollierenden Planung Sequenzen von Koordinierungsproblemen gelöst werden.

Basierend auf den dargestellten Charakteristika soll nun ein mathematisches (Optimierungs-)Modell erstellt werden, für dessen Lösung Algorithmen entworfen werden können. Dabei ist es lohnenswert, sich in anderen Bereichen des Operations Research umzusehen, um ähnliche Probleme (und Lösungen) zu entdecken, von denen wir profitieren können. In der Tat gibt es einen verwandten, gut erforschten Bereich, nämlich den der Maschinenbelegungsplanung. Bei diesem Problem gilt es, eine Reihe von Jobs (z. B. Montier- und Lackierarbeiten) auf mehreren Maschinen zu bearbeiten. Die große Ähnlichkeit zwischen unserem Koordinierungsproblem beim Katastrophenmanagement und Problemen bei der Maschinenbelegungsplanung wird ersichtlich, wenn wir die Analogien in **Tabelle 1** betrachten.

Ein genauerer Blick in die Literatur zur Maschinenbelegungsplanung zeigt, dass unser Koordinierungsproblem eine schwierigere Version eines sehr speziellen Problems der Maschinenbelegungsplanung ist, dessen optimale Lösung selbst für kleine Problemgrößen und hohe Rechnerkapazitäten mehr Zeit in Anspruch nimmt, als man bei der Maschinenbelegungsplanung in der Praxis und erst recht in Katastrophensituationen hat. Aus dieser Erkenntnis ergeben sich zwei wichtige Schlussfolgerungen bei der Modellierung und Lösung:

1. Bei der mathematischen Modellierung des Koordinierungsproblems kann man auf Modelle der Maschinenbelegungsplanung zurückgreifen.
2. Bei der Lösung des Koordinierungsproblems können Algorithmen der Maschinenbelegungsplanung in modifizierter Form angewendet werden. Dabei besteht aber lediglich die Hoffnung, in angemessener Zeit „gute“ Lösungen zu finden, also solche, die eine recht niedrige Schadenshöhe aufweisen. Aufgrund der Problemkomplexität ist die optimale Lösung des Koordinierungsproblems nur sehr selten möglich.

Die mathematische Modellierung führt zu einem sogenannten „binären quadratischen Optimierungsproblem“. Zur Lösung des Problems haben wir eine Vielzahl von Algorithmen entwickelt. Diese haben die Eigenschaften, dass sie zwar nicht die Ermittlung eines optimalen Einsatzplans garantieren, jedoch innerhalb weniger Minuten zu einer Lösung gelangen (sofern es eine Lösung gibt). Derartige Algorithmen werden auch als „Heuristiken“ bezeichnet.

Simulation und Ergebnisse

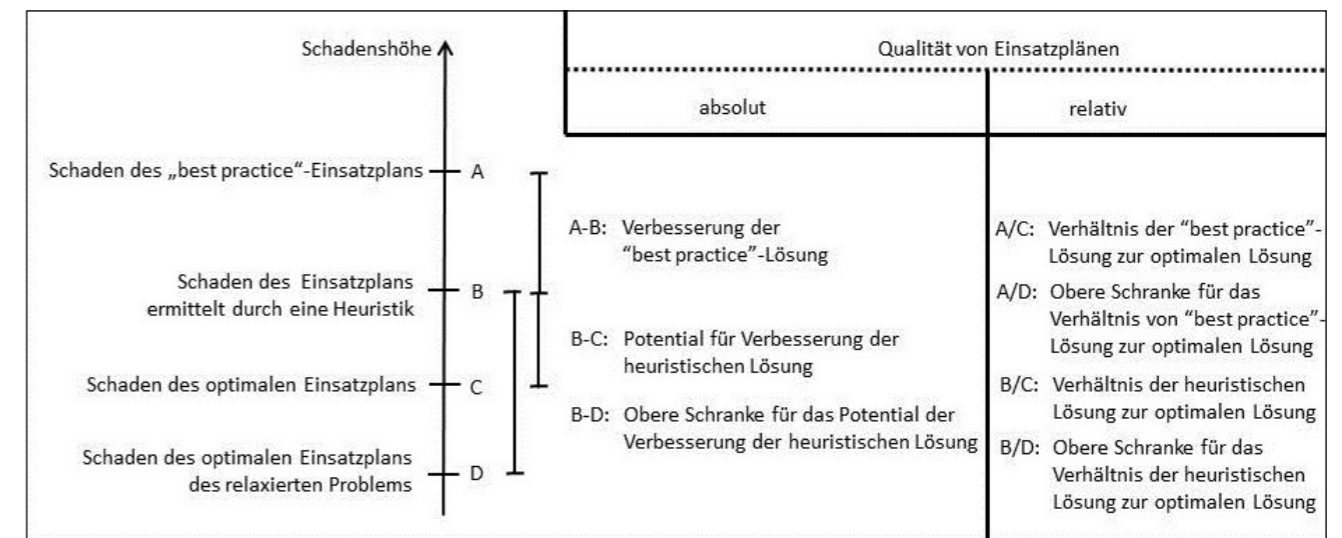
Bei der Entwicklung von Lösungsverfahren stellt sich stets die Frage nach deren Qualität. In unserem Kontext bedeutet dies die Beantwortung der Frage, wie gut die durch unsere Algorithmen ermittelten Einsatzpläne bzw. deren Schadenshöhen sind. Vergleicht man dazu lediglich die Algorithmen untereinander und ermittelt den „besten Algorithmus“, so kann es sein, dass dieser dennoch nicht gut genug für die Aufgabe ist, getreu dem Sprichwort „Unter den Blinden ist der Einäugige König“. Daher wurden die Lösungen unserer Algorithmen bezüglich zweier Benchmarks getestet:

1. Zum einen implementierten und testeten wir das Vorgehen, so wie es – basie-

rend auf unseren Informationen vom THW – in der Praxis durchgeführt wird. Dieses Vorgehen bezeichnen wir als „best practice“.

2. Zum anderen versuchten wir, für die Testprobleme optimale Lösungen zu erzielen. Dies ist jedoch nur für sehr kleine Problemgrößen möglich. Beispielsweise wurden für Probleme mit 40 Rettungseinheiten und 40 Vorfällen selbst nach 48-stündiger Laufzeit auf einem technisch aktuellen PC keine optimalen Lösungen erzielt. In solchen Fällen behilft man sich damit, das Problem ein wenig zu vereinfachen und ein sogenanntes „relaxiertes Problem“ zu betrachten, indem man Bedingungen entfernt oder vereinfacht. Als Konsequenzen daraus ergeben sich zum einen deutlich kürzere Rechenzeiten für das relaxierte Problem, zum anderen aber auch die Gefahr, dass die ermittelte Lösung des relaxierten Problems keine Lösung für das ursprüngliche Problem darstellt. Da die Relaxation eine Vergrößerung des Lösungsraums bewirkt, ist in jedem Fall die Schadenshöhe der optimalen Lösung des relaxierten Problems geringer (oder gleich) als die der optimalen (aber unbekannt) Lösung des Ursprungsproblems. Den Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Schadenshöhen zeigt **Abbildung [4]**

Während wir die Werte für A, B und D berechnen können, bleibt der Wert für C (Schaden des optimalen Einsatzplans) meist unbekannt. Die Werte A bis D können wir nun sowohl absolut miteinander vergleichen als auch relativ. So drückt beispielsweise die Differenz zwischen A und B aus, um wieviel sich der Schaden dadurch reduziert hat, dass wir die „best practice“-Lösung durch die Lösung einer unserer Heuristiken ersetzen. In **Abbildung [4]** haben wir zur Vereinfachung der Darstellung nur die Lösung einer Heuristik (B) gekennzeichnet. Da wir 41 Heuristiken entworfen und getestet haben, gibt es eigentlich die Werte B_1 bis B_{41} . Die Differenz B-D drückt aus, um wieviel sich der Schaden des durch unsere Heuristik ermittelten Einsatzplans noch höchstens verbessern lässt. Im Unterschied zu Differenzen, die absolute Unterschiede zwischen den Schäden von Einsatzplänen ausweisen und stark von den konkret verwendeten Werte(bereiche)n in den getesteten Beispielen abhängen, ist die relative Qualität von Einsatzplänen von diesen



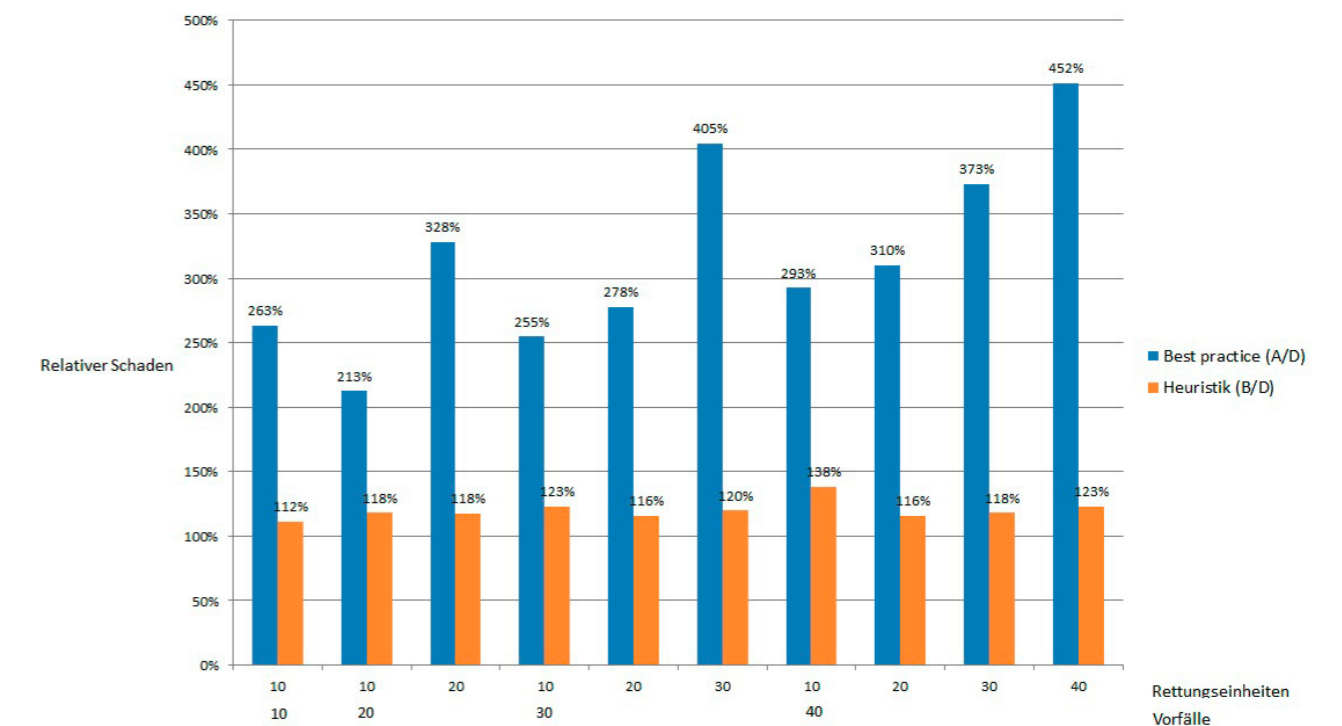
4 Zusammenhang zwischen Schadenshöhen unterschiedlicher Einsatzpläne

Werte(bereiche)n unabhängig. So drückt beispielsweise der Quotient B/D aus, um das Wievielfache der Schaden des heuristisch ermittelten Einsatzplans den Schaden des optimalen Einsatzplans höchstens übersteigt. Ist beispielsweise der Wert von $B/D=1,1$, so bedeutet dies, dass der Schaden des heuristisch ermittelten Einsatzplans höchstens 10 % größer ist als der Schaden des optimalen Einsatzplans. Der Quotient A/D drückt diese Verhältnis für die „best practice“-Lösung aus. Die Werte A/D und B/D sollen uns im Folgenden näher interessieren.

Basierend auf unseren Interviews mit dem THW haben wir künstliche Testprobleme unterschiedlicher Größe generiert, anhand derer wir die Qualität unserer Algorithmen testen wollen. Dabei variierte die Anzahl der Vorfälle und der Rettungseinheiten jeweils zwischen 10 und 40, wobei die Anzahl der Rettungseinheiten niemals größer war als die Anzahl der Vorfälle. Für jede Problemgröße (z. B. 30 Vorfälle, 20 Rettungseinheiten) haben wir 10 konkrete Testprobleme generiert und diese Probleme sowohl mit unseren Algorithmen gelöst als auch mit dem „best practice“-

Verfahren. Ebenfalls haben wir für alle konkreten Testprobleme den Schaden des optimalen Einsatzplans des relaxierten Problems bestimmt.

Die Ergebnisse sind in **Abbildung [5]** dargestellt, wobei wir hier mit „Heuristik“ denjenigen unserer 41 Algorithmen meinen, der am besten abgeschnitten hat. Am Beispiel der Problemgröße (30 Vorfälle, 20 Rettungseinheiten) wollen wir die Bedeutung der Prozentzahlen erläutern. Die in der Realität erzielten „best practice“-Lösungen können durchschnittlich leider bis zu 178% über der theoretischen



5 Zusammenhang zwischen Schadenshöhen unterschiedlicher Einsatzpläne

tisch minimalen Schadenshöhe liegen, während die mittels der Heuristik ermittelten Einsatzpläne im Durchschnitt höchstens 16% über der minimalen Schadenshöhe liegen. Auch die anderen Werte verdeutlichen, wie groß die durch den Einsatz der Heuristik erzielbaren Verbesserungen insbesondere bei großen Problemgrößen sind. Wir schließen daraus, dass die Verwendung der Heuristik in einem Entscheidungsunterstützungssystem ein enormes Potential zur Schadensreduktion bei Naturkatastrophen hat.

Ausblick

Der Einsatz von Entscheidungsunterstützungsverfahren und -systemen für Emergency Operations Center bei Naturkatastrophen ist offenbar enorm lohnenswert, um Rettungsaktionen effektiver als heute koordinieren und dabei Personen rascher bergen und humanitär versorgen zu können. In der Praxis ist jedoch bislang der

Einsatz von derartigen Instrumenten kaum anzutreffen. Daher besteht zum einen die Herausforderung darin, Entscheidungsunterstützungsverfahren und -systeme in die Praxis zu tragen und die Anwender von deren Nützlichkeit zu überzeugen. Zum anderen müssen sich die Instrumente auch im realen Einsatz beweisen und in einem Erfahrungs- und Lernprozess iterativ verbessert werden. Dabei können durchaus auch Modellveränderungen notwendig sein, wenn sich beispielsweise Restriktionen verändern oder hinzukommen. Als nützliche Modellmodifikationen könnte sich z. B. erweisen, dass a) die Bearbeitung von Vorfällen unterbrochen werden kann, wenn dringendere Vorfälle auftreten, b) Zeitfenster bei der Bearbeitung von Vorfällen zu beachten sind, c) Vorfälle von mehreren Rettungseinheiten bearbeitet werden müssen, die miteinander kooperieren und d) die Unsicherheit von Informationen im Modell berücksichtigt wird, indem z. B. probabilistische Ansätze Anwendung finden.

Literatur

Felix Wex, Guido Schryen und Dirk Neumann, Decision Modeling for Assignments of Collaborative Rescue Units during Emergency Response. Proceedings of the 46th Hawaii International Conference on System Science, Maui, Hawaii, USA, 7.–10. Januar 2013.

Felix Wex, Guido Schryen und Dirk Neumann, Operational Emergency Response under Informational Uncertainty: A Fuzzy Optimization Model for Scheduling and Allocating Rescue Units. International Journal of Information Systems for Crisis Response and Management 3/4 (2012a), S. 23–41.

Felix Wex, Guido Schryen und Dirk Neumann, Intelligent Decision Support for Centralized Coordination during Emergency Response. Proceedings of the 8th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM 2011). Lissabon, Portugal, 8.–11. Mai 2011.

F. Fiedrich, F. Gehbauer und U. Rickers, Optimized resource allocation for emergency response after earthquake disasters. Safety Science 35(1–3), 2000, 41–57.

E. Rolland, R. Patterson, K. Ward und B. Dodin, Decision support for disaster management. Operations Management Research 3(1), 2010, 68–79.



Prof. Dr. rer. pol. **Guido Schryen**, Studium der Informatik, Operations Research und Wirtschaftsinformatik an der RWTH Aachen. Forschungsaufenthalte an der Stanford University und der Queensland University of Technology (Brisbane, Australien). 2001 Promotion, 2007 Habilitation zum Thema „Analyse und Design von Anti-Spam-Mechanismen“. 2007–2011 Privatdozent am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Operations Research der RWTH Aachen. 2009 Forschungsaufenthalt am International Computer Science Institute (ICSI) in Berkeley (USA). 2010/11 Vertretungsprofessuren für Wirtschaftsinformatik an den Universitäten Freiburg und Kiel. Seit April 2011 Professor für Wirtschaftsinformatik an der Universität Regensburg. Mitglied des Beirats des „Bayerischer IT-Sicherheitscluster“ sowie des „Forum IT-Security“ des „Bayerischer IT-Sicherheitscluster“.

Forschungsgebiete: Quantitative Entscheidungsunterstützung (Operations Research), Nutzenbewertung von Informationssystemen und -diensten; IT-Sicherheit.



Dr. rer. pol. **Felix Wex**, geb. 1983 in Wangen im Allgäu, ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik (Prof. Dr. Neumann) der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br. 2013 Promotion über entscheidungsunterstützende Systeme für das Krisenmanagement. Sein Studium der Informationswirtschaft (Dipl.-Inform.Wirt) absolvierte er am Karlsruher Institut für Technologie. 2011–2012 Forschungsaufenthalt als Gastwissenschaftler am National Institute of Informatics in Tokio (Japan).

Forschungsgebiete: Quantitative Entscheidungsunterstützung (Operations Research), Big Data, Predictive Analytics.