

Frühe Gefechtssimulationen in der Schweiz - - Militärisches Operations Research und das Simulationsmodell KOMPASS in den sechziger Jahren

von Carl August Zehnder, Professor für Informatik, ETH Zürich

Vorbemerkung: Zweck des nachstehenden Aufsatzes ist nicht eine historisch abgerundete Schilderung der Frühzeit des militärischen Operations Research in der Schweiz, sondern viel eher die Darstellung der damaligen Gegebenheiten, welche zu ersten nutzbaren Anwendungen dieser neuen Arbeitsmethoden für die Schweizer Armee führten. Aus diesem Grunde darf sich der Aufsatz auf die Schilderung von Arbeiten in Zürich, namentlich an der ETH Zürich konzentrieren, obwohl damals das militärische Operations Research auch in Lausanne, Bern und anderswo zu ersten Erfolgen führte.

1. Ein neues Instrument: Der Rechenautomat

Fast jedermann, der heute beruflich mit grösseren Zahlenmengen, Texten oder anderen Daten zu tun hat, verfügt am Arbeitsplatz über einen persönlichen Computer oder über ein Terminal mit Zugang zu einem grösseren Computersystem; die Verbreitung von Bildschirm und Tastatur in den Büros ist dafür der sichtbarste Ausdruck. Sobald Rechenarbeiten anfallen oder Daten benötigt werden, zieht auch der Nicht-Informatiker - also der Ökonom, Naturwissenschaftler, Ingenieur, Sachbearbeiter, Sekretariatsmitarbeiter - den Computer als bequemes Instrument heran. Die dazu nötigen Programme sind ebenfalls meist bereits vorhanden, sei es in Form von problemspezifischen Entwicklungen, sei es in Form von Standardprogrammen, etwa für Textverarbeitung, Datenbanken und Tabellenkalkulation. Wer heute ein Lehrbuch für Tabellenkalkulation zur Hand nimmt, finden darin auch Beispiele für einfache Simulationsmodelle und -verfahren. So leicht ist heute für viele Berufstätige der Zugang zur Simulationstechnik.

Noch vor nur dreissig Jahren (1960 - 1964) war dies völlig anders. Computer waren selten und teuer und standen nicht "einfach so im Büro", sondern in einem eigens dafür bereitgestellten, meist klimatisierten "Maschinenraum" und benötigten Fachleute zur Betreuung. Dieses Betreuungspersonal und dessen Aufgaben gehörten normalerweise strikt entweder zur "kommerziellen Datenverarbeitung" oder dann zum "technisch-wissenschaftlichen Rechnen". Überschneidungen existierten kaum, nicht einmal Kontakte: Auf einer Seite stand die

kommerzielle Datenverarbeitung zur Automation administrativer Massenarbeiten (Prämienabrechnungen, Fakturierung und ähnliches), deren Lochkartengeräte (vom Sortiergerät bis zum Tabulator) damals in grösseren Firmen und Verwaltungen sukzessive durch EDV-Maschinen verdrängt wurden. Auf der anderen Seite entwickelte sich der *technisch-wissenschaftliche* Einsatz früher Elektronenrechner in Hochschulen und wenigen Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der Industrie. Die Welt der Simulation gehörte natürlich klar auf die Seite des technisch-wissenschaftlichen Einsatzes.

Diese Zweiteilung hatte eine Vorgeschichte. Während seit 1891 mit Lochkartentechnik die Automation kommerzieller Aufgaben mit Hollerith-Maschinen (später IBM) möglich wurde, war die Automation umfangreicher wissenschaftlicher Rechenprozesse viel neueren Datums. Erst gegen Ende des Zweiten Weltkriegs und daher auch voneinander völlig unabhängig entstanden erste wirklich nutzbare *Rechenautomaten* in Deutschland und in den USA, so die elektromechanische Z4 von K. Zuse und die ENIAC - bereits mit Elektronenröhren - von J.P. Eckert und J.W. Mauchly. 1951 brachte Univac die erste industriell hergestellte Maschine auf den Markt.

In den frühen sechziger Jahren stand in Zürich an den beiden Hochschulen bereits je ein Rechner (damals sprach man hierzulande von "Rechnern" oder "elektronischen Rechenmaschinen", noch nicht von "Computern"). An der ETH hatte im Institut für angewandte Mathematik die Zeit des automatischen Rechnens früh begonnen durch Miete von Zuses Z4 (elektromechanisch, 1950 - 1954, erster Rechenautomat an einer kontinentaleuropäischen Hochschule), die dann von der ERMETH, einem Eigenbau von E. Stiefel, H. Rutishauser und A. Speiser abgelöst wurde; diese ERMETH (1500 Röhren, im Betrieb 1955/57 - 1963) war logisch hervorragend, physisch aber aufwendig, heikel und um 1960 bereits relativ langsam. Die Universität Zürich kaufte 1962 eine kompakte, industriell gefertigte IBM 1620.

Auf beiden Maschinen standen damals bereits Compiler für höhere Programmiersprachen zur Verfügung, an der ETH für Algol 60 (Sprache teilweise von H. Rutishauser, Compiler von H.R. Schwarz), an der Uni für Fortran II (von IBM). Viele Programme wurden damals allerdings noch in Maschinensprache (ERMETH) oder in Assembler (IBM 1620) geschrieben.

Wozu wurden diese Maschinen damals eingesetzt? Auf der ERMETH gab es seit 1957 neben wissenschaftlichen Arbeiten im Bereich der Rechentechnik (Programmiersprachen) und der numerischen Mathematik (Entwicklung neuer Methoden und Algorithmen) auch bereits Anwendungen aus Technik und Naturwissenschaften, z.B. für die Berechnung von Plattenbelastungen oder Kristallgittern. An der Universität Zürich bemühte sich seit 1958 H.P. Künzi, die neuen Methoden

des Operations Research den Ökonomen schmackhaft zu machen; 1962 erhielt er dazu die erwähnte IBM 1620. (Seit damals gehört das Rechenzentrum der Universität Zürich zu den Ökonomen und damit paradoxerweise zu der Rechts- und Staatswissenschaftlichen Fakultät.)

Wie wichtig die Verfügbarkeit der beiden Rechner für die Zürcher Hochschulen damals war, kann nur ermesen, wer die Alternativen dazu betrachtet. Ingenieure rechneten damals primär mit Rechenschieber (3-stellig) und Logarithmentafel (5-stellig), Bevorzugte auch mit mechanischen oder elektromechanischen Addier- oder gar 4-Spezies-Rechenmaschinen. Von letzteren (Typ Madas) hatte um 1960 die gesamte ETH Zürich ungefähr 50 Stück (die meisten bei den Geodäten); eine einzige Division dauerte damit etliche Sekunden, alle Operanden mussten einzeln eingetastet, alle Ergebnisse von Hand aufgeschrieben werden.

Demgegenüber bildete der Einsatz von Rechenautomaten auf jeden Fall einen gewaltigen Fortschritt, auch wenn bereits relativ einfache programmgesteuerte Berechnungen Stunden dauern konnten. Erst jetzt konnten nämlich ganze *Operationsketten* mit Schleifen, Alternativen und Unterprogrammen systematisch aufgebaut (programmiert) und dann vollautomatisch laufengelassen und auch variiert und wiederholt werden. Gleichzeitig liessen sich problemlos viel höhere Genauigkeiten erreichen (die ERMETH z.B. arbeitete 14-stellig dezimal). Dabei war sich damals jeder Benützer eines Rechenautomaten ständig nicht nur der Vorteile, sondern auch sehr direkt der Grenzen dieses Instruments bewusst. Der Wissenschaftler suchte den Lösungsweg (Algorithmus) für sein Problem meist selber, er programmierte diesen nachher aus, tastete das Programm und die Daten in die Maschine, testete das Programm aus und bediente wiederum selber das gelegentlich auch störrische Gerät - manchmal auch nachtsüber. Die knappe Grösse des Arbeitsspeichers, die Langsamkeit der Maschine und des Druckers und ähnliche Grenzen zwangen zu äusserster Zurückhaltung bei der Abgrenzung des zu rechnenden Problems; nicht zu gross und nicht zu kompliziert musste es sein. Alle Rechenverfahren waren *Insellösungen*: Eine Problemkreis, ein zugehöriger Algorithmus, ein Programm, das dann mit verschiedenen Parametern zum Einsatz kam. Kombinationen verschiedener Verfahren zu ganzen Programmketten gab es kaum.

2. Die Frühzeit des Operations Research-Einsatzes für die Schweizer Armee

Während des Zweiten Weltkriegs hatten Grossbritannien und die USA auf eine Ressource besonderer Art zurückgegriffen: Wissenschaftliches Know-How für anspruchsvolle Planungsfragen mit Risikocharakter. Wissenschaftler verschiedener Richtungen wurden in einer sog. "Operational Research Unit" zusammengezogen, um mit ihren Kenntnissen gemeinsam ungewohnte militärische Optimie-

rungsfragen anzugehen. Ein Beispiel: Welche Suchstrategie sollen Flugzeuge zum möglichst effizienten Aufspüren feindlicher U-Boote in der Nordsee befolgen? Mathematisch ist das vorerst ein Problem der *Wahrscheinlichkeitsrechnung*, allerdings mit mehreren Freiheitsgraden, da sich schliesslich auch der Gegner bewegt und allenfalls seine eigene Strategie ändert, falls er die Systematik der Aufklärungsflugzeuge erkennt. Damit entsteht ein neues Problem, ein Problem der sog. *Spieltheorie* (welche in diesen Jahren geformt wurde; dargestellt von J. v. Neumann und O. Morgenstern, 1944). Oft lieferten gerade die Alltagsaufgaben eines brutalen Kriegs jene Fragestellungen, wo systematisches Nachdenken und anschliessend die Formulierung mathematischer Vorgehensmethoden (Algorithmen) gesucht waren. Nicht vergessen werden darf, dass diese Leistungen damals Teil von Kriegsanstrengungen und bis 1945 "der anderen Seite" nicht zugänglich waren.

Die Jahre nach dem Zweiten Weltkrieg (ca. 1945 - 1960) brachten im Bereich der mathematischen Methoden für Risikoentscheide bedeutende Fortschritte, wobei sich zwei Entwicklungssprünge optimal ergänzten. Einerseits erreichte in dieser Zeit das neue Instrument "Rechenautomat"/"Computer" die Nutz- und Marktreife, andererseits entstanden damals neue Methoden, die ohne Computer gar nie zu praktischer Bedeutung hätten gelangen können. Als wichtiges Beispiel dafür sei etwa die Entwicklung des Simplex-Algorithmus für die Lineare Optimierung von Dantzig erwähnt (1947). Das Prinzip des Simplex-Algorithmus - ein Lösungsweg auf einem Polyeder über benachbarte Ecken bis zur gesuchten, optimalen Ecke - ist geometrisch sehr einfach zu verstehen; der zugehörige Rechenaufwand ist hingegen für Probleme der Praxis derart gross, dass das Verfahren vor der Verfügbarkeit von Rechenautomaten gar nicht erfunden wurde! Sobald jedoch solche Verfahren samt Rechner verfügbar waren, folgte bald auch der Einsatz, und zwar gerade auch im ökonomischen Bereich. Die (seit 1928 so genannte) Ökonometrie entwickelte neue Methoden, das Operations Research (zu deutsch damals oft auch Verfahrensforschung, operationelle Forschung oder Unternehmensforschung genannt) erschien auf der Szene. In der Schweiz wuchs die Zahl von Fachleuten, die sich für diese Methoden interessierten. An der Universität Zürich wurde 1958 wie erwähnt ein entsprechender Lehrstuhl eingerichtet; 1961 erfolgte die Gründung der Schweizerischen Vereinigung für Operations Research.

In der Schweiz bildet herkömmlicherweise der *Militärdienst* eine - selbstverständliche - Teilzeittätigkeit jedes (männlichen) Bürgers (Milizsystem) zugunsten des Gemeinwesens. Die Dienstzeit für die Zwanzigjährigen dauert einige Monate; nachher kommen während vieler Jahre drei-, später zweiwöchige *Wiederholungskurse* sowie weitere Dienstleistungen für Offiziere und Unteroffiziere dazu. Diese - mit dem Alter abnehmende - Dienstpflicht dauert bis zum Alter von etwa 50 Jahren. Die zeitweise Tätigkeit in der Armee bildet somit für jeden Schweizer eine nicht zu übersehende und oft auch belastende Konstante während vieler Jahre

seines beruflich aktiven Lebens. Die meisten tragen diese Last aber mit Fassung und nehmen in Kaderfunktionen sogar in Kauf, jährlich zusätzlich noch einige Tage für die Vorbereitung von Truppendiensten einsetzen zu müssen. Das Milizsystem lebt von dieser Einsatzbereitschaft.

Dieses System, in welches systematisch auch die Kaderleute aus Wirtschaft, Hochschule usw. einbezogen werden, hat für die Armee nebenbei den Vorteil, dass so immer wieder ziviles Know-how für die Armee genutzt werden kann. So entwickelte etwa um 1960 E. Stiefel von der ETH Zürich (militärisch Chef des Artilleriewetterdiensts) einen mechanischen, analog arbeitenden Schiesselementerechner für die Artillerie. Aber auch moderne Managementmethoden gelangen über Milizangehörige relativ rasch auch in Militärkreise. (Dies geschieht übrigens nicht immer zur reinen Freude konservativerer Militärkreise. Dazu ein aktuelles Beispiel: Bis vor kurzem wurde die Verwendung *privater* Kleincomputer im Kompaniebüro von manchen als "nichtgefechtstauglich" beurteilt und abgelehnt - als ob der Grossteil des damit zu vereinfachenden "Papierkriegs" gefechtsorientiert wäre ...!) Es konnte somit anfangs der sechziger Jahre nicht lange dauern, bis die noch jungen Methoden des *Operations Research* auch bei Schweizer Milizangehörigen bekannt und diskutiert wurden - samt allfälliger Nutzbarkeit für Zwecke der Schweizer Armee.

Solche Ideen fanden damals glücklicherweise bei den obersten Planungsinstanzen der Armee (Untergruppe Planung der Generalstabsdienste) offene Ohren. In den massgebenden Chargen standen dort 1962/64 einige äusserst aufgeschlossene Berufsoffiziere (E. Studer, H. Wildbolz, H. Senn, K. Bolliger, A. Guisolan), die übrigens alle später noch in hohe und höchste Chargen der Armee aufsteigen sollten. Als daher Hochschulleute, allen voran H.P. Künzi, den Vorschlag machten, einige Dienstpflichtige mit Operations Research-Kenntnissen im Jahre 1962 nicht ihren normalen Truppendienst leisten zu lassen, sondern zu Operations Research-Arbeiten aufzubieten, fanden sie offene Türen.

Im ersten Kurs dieser Art im Jahre 1962 ging es vor allem um die Grundsatzfrage: Wie kann Operations Research für die Schweizer Armee nutzbringend angewendet werden? Dazu wurden in drei Gruppen damals typische Operations Research-Methoden auf militärische Problemkreise angewandt: Transportprobleme, Ersatzteilmobilität, Lagerhaltung. Das Ergebnis waren entsprechende Berichte.

1963 kam eine neue Fragestellung dazu. Jetzt formulierte die militärische Seite bereits eine konkrete Frage im Zusammenhang mit der Beschaffung neuer Panzer und Panzerabwehrwaffen. Das Operations Research sollte mithelfen, einen bestmöglichen Beschaffungsentscheid zu treffen. In diesem Rahmen begann nun der Einzug der Gefechtssimulation in der Schweizer Armee mit ersten Arbeiten

für das Panzerabwehrmodell KOMPASS. (Darüber wird in diesem Aufsatz ab Kapitel 3 berichtet.)

Die junge Pflanze "Operations Research in der Schweizer Armee" gedieh in den nächsten Jahren in mehreren Richtungen weiter. Da war einmal das Thema Simulation. Neben dem Panzerabwehr- und Erdkampfmodell KOMPASS entstand ab 1965 ein Luftkampfmodell im Zusammenhang mit Flugzeugbeschaffungen [Kohlas 67], wobei sich die Entwicklung und Betreuung der beiden Simulationsmodelle auf Fachleute an beiden Zürcher Hochschulen und deren Rechner aufteilten: das terrestrische Panzerabwehrmodell an der ETH Zürich, das Luftkampfmodell an der Universität Zürich.

Auch im Bereich "Verschiebungen und Transporte" wurde weitergearbeitet. An der Universität Bern entstand bei W. Nef der Kern eines Programmpaketes, dessen produktive Version später unter dem Namen "NPV" ("Neues Programm Verschiebung") in Truppenversuchen zum Einsatz kam. An der ETH Zürich wurde die Transportaufgabe weiterbearbeitet und 1965 in einer Korps-Stabsübung eingesetzt [Zehnder 66].

Und noch eine ganz andere Form des damaligen Einsatzes von zivilen Operations Research-Spezialisten im Rahmen ihrer Miliz-Dienstleistungen sei hier erwähnt. Da die permanenten militärischen Dienststellen der Untergruppe Planung damals nur über ganz wenige Mitarbeiter mit eigenen Fachkenntnissen in Operations Research und anderen einschlägigen Wissensgebieten verfügten, so wurden Milizleute eingesetzt, um systematisch die einschlägige *internationale Fachliteratur* aufzuarbeiten und auf für die Schweiz interessante Arbeiten abzusuchen. Diese sog. "*Literatur-Wiederholungskurse*" bildeten während mehrerer Jahre einen regelmässigen Treffpunkt von Operations Research-Fachleuten aus der ganzen Schweiz.

Diese frühe Blütezeit des Operations Research im Bereich der Schweizer Armee mit ihrem starken Milizeinsatz fand nach einigen guten Jahren aus mehreren Gründen ein Ende. Erstens lassen sich grössere Projekte nicht ausschliesslich im Milizverfahren durchziehen. Es genügt nicht, alle Jahre einige Spezialisten für zwei bis drei Wochen zusammenzurufen, diese über ein schwieriges militärisches Problem nachdenken und "ein bisschen programmieren" zu lassen, und dann die Ergebnisse militärischen Anwendern zu übergeben. Grössere Projekte und vor allem auch deren Anwendung brauchen professionellere Betreuung. De facto war das natürlich auch bei allen grösseren Projekten der frühen Jahre der Fall, indem in den genannten Hochschulinstitutionen die verantwortlichen Professoren (Stiefel/ETH Zürich, Künzi/Uni Zürich, Nef/Bern) einzelne Assistenten ständig an diesen Projekten arbeiten liessen, während die nur milizmässig aufgebotenen

Fachleute während ihren kurzen "Gastspielen" vor allem Konzept-, Test- und Evaluationsarbeiten durchführten und Daten beschafften.

Ein zweiter Grund für den Rückgang der geschilderten Operations Research-Aktivitäten liegt darin, dass der Umgang mit solchen Methoden aus der Phase des Besondern in die Alltagsphase überging. Die oft unorthodoxen Ideen der externen Intellektuellen brachten auch gelegentlich Unruhe in die Routineabläufe. Dazu wurde von manchen militärischen Kommandanten das jahrelange Wegbleiben einzelner Operations Research-Spezialisten von ihrem Stammverband gar nicht geschätzt. (Offiziere konnten übrigens im allgemeinen gar nicht auf diese Art freigestellt werden.) Daher erfolgte mit der Zeit eine Neuorganisation, wobei nur noch wenige Spezialisten, diese aber definitiv, einen Platz in eigentlichen Sonderstäben für Operations Research und andere wissenschaftliche Aufgaben fanden. Die übrigen mussten - meist zu ihrem Leidwesen - wieder zu ihrer angestammten militärischen Aufgabe zurückkehren.

3. Methodenwahl, mathematisches Modell, Simulation

Nun wollen wir uns aber im folgenden auf ein einziges Thema des frühen militärischen Operations Research in der Schweiz konzentrieren: auf die *Simulation* von Panzer-/Panzerabwehrgefechten. Die entsprechenden Arbeiten begannen 1963 mit einer ganz konkreten Frage von militärischer Seite: Lässt sich im Hinblick auf neue *Panzer- und Panzerabwehrwaffenbeschaffungen* der **Nutzen** verschiedener Waffentypen rechnerisch vergleichen? Der Begriff Nutzen sei an den zwei Kriterien Geschwindigkeit und Schiesskadenz konkretisiert: Welcher der folgenden Panzertypen nützt der Schweizer Armee mehr,

- A. ein schnellfahrender, leichter Panzer ohne Stabilisator und demzufolge mit kleiner Kadenz des Geschützes, oder
- B. ein schnellschiessender Panzer mit Stabilisator und demzufolge grösserem Gewicht und kleinerer Geschwindigkeit?

Selbstverständlich kommen zu Fahrgeschwindigkeit und Schiesskadenz noch weitere, teilweise stark voneinander abhängige Entscheidungsgrössen dazu, so das Gesamtgewicht, das Kaliber der Panzerkanone, die Dicke der Panzerung, die Verwundbarkeit usw.

Schon damals existierten geschlossene mathematische Modelle für bestimmte, sehr *einfache* Panzergefechtssituationen. So lassen sich beispielsweise bestimmte Duellsituationen (zwei auf einander zufahrende Panzer mit bekannten, distanzabhängigen Wirkungswahrscheinlichkeiten) durchaus analytisch (also durch geschlossene mathematische Formeln) beschreiben [Taylor 54]. Sobald aber umfassendere Aspekte eines Gefechts hinzukommen - Kampf im Verband, im freien oder gar im coupierten Gelände, usw. -, sind die verfügbaren, geschlosse-

nen Berechnungs- oder gar Optimierungsalgorithmen (Methoden für Differentialgleichungssysteme, Lineare Optimierung, Spieltheorie oder ähnliche) überfordert. Zur Beschreibung der hier auftretenden Zusammenhänge wären hochgradig nichtlineare Funktionen nötig; oft sind Quantifizierungen sogar an sich problematisch. Somit blieb als mögliche quantitative Arbeitsmethode nur die Simulation übrig.

Unter dem Begriff der *Simulation* werden alle Verfahren zusammengefasst, welche das (vor allem zeitabhängige) Verhalten einer bestimmten Wirklichkeit anhand bestimmter *Modelle* untersucht. Solche Verfahren sind an sich nichts Neues, namentlich nicht im Bereich der Gefechtssimulation: Der *Sandkasten* ist ein klassisches, uraltes Beispiel für ein Gefechtsmodell, an welchem Generationen von Offizieren Taktik gelernt haben. Aber auch der Baranoff-Apparat für das Artillerieschiessen bildet ein solches Simulationsmodell.

Mit dem Aufkommen der Rechenautomaten wurde nun das *Arbeiten mit Modellen* vollständig revolutioniert. Vor 1945 gab es nur zwei Arten von Modellen:

- *physische Modelle*, die in anschaulicher, oft verkleinerter Form eine Wirklichkeit darstellen (dazu gehören etwa chemische Experimente, technische Modelle, Architekturmodelle), oder
- *abstrakte Modelle*, die in Form theoretischer Beschreibungen, z.B. mit mathematischen Formeln, allenfalls mit Plänen und Zeichnungen, eine Wirklichkeit darstellen.

Der Rechenautomat ermöglichte nun eine dritte Art:

- *numerische Modelle*, bei denen eine Wirklichkeit rein zahlenmässig und rechnerisch dargestellt wird; Simulationsmodelle sind heute praktisch ausschliesslich solche numerischen Modelle.

Mit numerischen Modellen kann ähnlich wie mit physischen Modellen experimentiert werden, indem die dargestellten Sachverhalte laufend verändert und auch beobachtet werden können. Im Gegensatz zu physischen Modellen geschieht aber die Modellbildung mit Hilfe geeigneter Programme und Daten auf einem Rechenautomaten; das Ergebnis ist *vollständig immateriell*, bei Bedarf heute sogar inklusive Bild und Ton (Computergraphik auf dem Bildschirm, Video). Kein Wunder, dass sich in den letzten paar Jahrzehnten diese Modellbildungstechnik besonders dort stark verbreitet hat, wo physische Modelle gefährlich, umweltbelastend oder schlicht sehr teuer wären. Gefährlich, umweltbelastend und teuer: Das wäre mit Sicherheit jedes physische "Gefecht"! Daher liegt es auf der Hand, dass Untersuchungen über das Verhalten von Gefechtselementen - hier von Panzern - wenn irgend möglich mit nichtphysischen Modellen durchgeführt

werden sollten. Da abstrakte Modelle der Komplexität des Gefechts nicht entsprechen konnten, wollte man es nun mit numerischen Modellen versuchen.

An dieser Stelle seien noch zwei Reminiszenzen angefügt, die den Stellenwert der numerischen Modelle in den frühen sechziger Jahren etwas beleuchten. Rechenautomaten waren damals nur wenig verbreitet und teuer, galten aber trotzdem bei manchen Wissenschaftlern keineswegs als besonders "nobel". Viele klassische Mathematiker betrachteten das "blosse Zahlenrechnen" als zweitrangig gegenüber theoretischen Methoden, besonders in Kontinentaleuropa: Wurde damals einer Operations Research-Gruppe eine bestimmte Aufgabe gestellt, dann tendierten die Europäer so lange wie möglich auf einen analytischen Lösungsweg, während Amerikaner viel schneller auf eine Simulationslösung zusteuerten. Und eine zweite Reminiszenz: In der Praxis wurden damals einfachere numerische Simulationen gelegentlich noch vollständig *von Hand* (d.h. *ohne* Rechner) ausgeführt; der Autor erinnert sich an ein Beispiel, wo die Organisationsstelle einer grösseren Unternehmung Simulationen für Lagerhaltungsstudien *in Heimarbeit* (mit Zufallszahlentabellen) durchführen liess.

4. Vorläufer zum Panzerabwehr-Simulationsmodell

Im Jahre 1963 bestand somit im Hinblick auf eine Operations Research-Unterstützung für das Thema "Panzer- und Panzerabwehrwaffenbeschaffung" folgende Situation:

- Da zur Bearbeitung keine geschlossenen Methoden in Frage kamen, musste ein numerisches Simulationsmodell geschaffen werden, mit welchem verschiedene Varianten numerisch-experimentell untersucht werden konnten.
- Basis dieses Simulationsmodells war der Rechenautomat des Instituts für angewandte Mathematik der ETH Zürich. Das war 1963 noch die oben erwähnte ERMETH (vorgesehener Abbruch im Oktober 1963; die ERMETH steht heute im Technorama in Winterthur). Die Installation der Nachfolgemaschine CDC 1604A war auf April 1964 vorgesehen (die Computerleute der ETH Zürich waren damals sechs Monate ohne Computer ...).
- Personell stand für diese Arbeiten im Jahre 1963 eine zehnköpfige Arbeitsgruppe zu Verfügung, bestehend weitgehend aus den Mitarbeitern des genannten Instituts (=ERMETH- und Numerik-Spezialisten) im Rahmen ihres (militärischen) Wiederholungskurses (d.h. für zwei bis drei Wochen), dazu kam jedoch ein Assistent ganzjährig; für 1964 und 1965 war eine Fortsetzung der Arbeiten in ähnlichem Rahmen vorgesehen.

Die wissenschaftliche Arbeit des Instituts für angewandte Mathematik der ETH hatte damals zwei Schwerpunkte, numerische Mathematik im engeren Sinne und Programmiertechnik (inkl. Programmiersprachen); Operations Research im allgemeinen und Simulationsmodelle im besondern gehörten aber nicht dazu. Somit musste sich die Arbeitsgruppe zuerst einmal mit diesen Fragen grundsätzlich befassen. Gute Literatur war dazu allerdings bereits damals vorhanden, sogar über Gefechtssimulationen! Ein amerikanisches Simulationslehrbuch [Zimmermann 60] wies auf ein amerikanisches Gefechtsmodell "Carmonette" hin und zeigte konkret, wie dort die Simulation eines Gefechts zweier Verbände (je etwa in Kompaniestärke) auf Gegenseitigkeit durchgeführt wurde. Die Simulationseinheiten in diesem Modell waren Panzer und Panzergrenadierzüge (ohne interne Strukturierung); der Gefechtsablauf bestand unter anderem darin, dass für sämtliche beteiligten Elemente ständig Standort und Aktivität (Feuer und Bewegung) rechnerisch festgehalten wurde; wenn also ein Panzer "schoss", wurde nach bestimmten Wahrscheinlichkeitswerten mit (rechnerisch erzeugten) *Zufallszahlen* festgestellt, ob und welche Ausfälle auf der Gegenseite damit ausgelöst wurden, anschliessend ging die Gefechtssimulation mit einem nächsten Element weiter.

Dieses Beispiel zeigt die wichtigsten Grundeigenschaften eines typischen "*Modells zur Simulation diskreter Ereignisse*": Eine Anzahl von Modellelementen

(hier die Panzer- und Panzergrenadierzüge) bewegen und betätigen sich nach ganz bestimmten Regeln und Wahrscheinlichkeiten und in einer zeitlich wirklichkeitsnahen Reihenfolge. Das Modell übernimmt dabei die Rolle eines *Schiedsrichters* und führt laufend Buch über alle Vorgänge, wie etwa Standort der Elemente, Aktivitäten der Elemente, Einwirkung solcher Aktivitäten auf andere Elemente. Das Modell läuft vollautomatisch ab bis zu einem vorgegebenen Abbruchzeitpunkt (z.B. Zeitlimite, Ausfall bestimmter Elemente), ähnlich wie etwa ein Brettspiel mit Würfeln. Daher wird der einzelne, volle Modelldurchlauf auch ein "*Spiel*" genannt.

Die *Simulation diskreter Ereignisse* erfordert zwei wichtige Grundmechanismen:

- *Modellierung der Zeit*: Jedes Modellelement (also z.B. jeder Panzer) enthält eine eigene Weckeruhr (= Datenfeld mit Uhrzeit), welche nach jedem Ereignis dieses Elements auf die nächstmögliche aktive Ereigniszeit weitergestellt wird. (Beispiel Bewegung: Wenn sich ein Modellelement auf den Weg in ein nächstes Spielfeld macht, so wird seine Weckeruhr um jene Zeit weitergestellt, die dem zurückzulegenden Weg entspricht.) Das Simulationsmodell arbeitet ständig mit jenem Element, das die niedrigste Uhrzeit aufweist und bearbeitet dessen Funktionen; anschliessend stellt es dessen Uhrzeit neu und nimmt darauf das zeitlich nächste Element (gemäss dessen Uhr) an die Reihe. Auf diese Weise wird der gesamte Spielablauf elementweise und chronologisch abgewickelt.
- *Einbezug der Wahrscheinlichkeitsrechnung (sog. Monte-Carlo-Simulation)*: Eine wesentliche Eigenschaft von zu simulierenden Sachverhalten liegt häufig darin, dass bestimmte Ereignisse nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eintreten (z.B. Wirkung des Feuers eines Elements auf ein anderes Element). Das Simulationsmodell muss in solchen Fällen die Wahrscheinlichkeitsverteilungen dieser Ereignisse kennen und über einen Mechanismus verfügen, um im Einzelfall zu entscheiden, ob das Ereignis im aktuellen Spiel eintritt oder nicht eintritt. Solche Simulationsmodelle heissen auch *Monte-Carlo-Modelle* und benützen dazu Zufallszahlen. (Bsp.: Die Wirkungserwartung *eines bestimmten Schusses* - bei gegebener Waffe, Distanz, Zielgrösse, Zielbewegung, Panzerung usw. - sei 70 %. Zur Auswertung wird vorerst eine Zufallszahl zwischen 0 und 100 bestimmt. ["Der Computer würfelt."] Ist die Zufallszahl kleiner als 70, so soll der Schuss Wirkung haben, ist sie grösser als 70, so sei er wirkungslos.) Auf diese Weise wird jeder einzelne Zufallsentscheid im Rahmen *eines* Spiels getroffen und damit der weitere Ablauf *dieses* Spiels jedesmal beeinflusst (indem die eine Partei geschwächt oder eben nicht geschwächt weiterspielen kann). Ein *einzelnes* Spiel in einem Monte-Carlo-Modell liefert daher nie eine allgemein gültige Aussage über das Modellverhalten. Erst eine Vielzahl solcher Spiele, die alle mit gleicher Ausgangslage, aber mit unabhängigem Zufallsverhalten durchgeführt und am

Schluss gemeinsam ausgewertet werden, ermöglicht allgemeingültige Schlussfolgerungen (s. Abschnitt 5.3).

Die Arbeitsgruppe ging sehr rasch daran, erste Erfahrungen in Simulationstechnik zu erwerben. Dafür stand 1963 nur die langsame ERMETH zur Verfügung, auf welcher allerdings bereits einfachste Experimente mit Teilmodellen für Bewegung bzw. Feuergefecht möglich waren.

Hauptziel der Arbeiten im Jahr 1963 war aber der Entwurf eines realistischen Gefechtsmodells, ausgerichtet auf die ab 1964 neu zur Verfügung stehenden Rechenanlage CDC 1604A (transistorisiert, 400 mal schneller als die ERMETH, primär dank schnellerem Arbeitsspeicher auf Magnetkernbasis; im Einsatz 1964 - 1970/74). Trotz dieser höheren Leistung musste beim Entwurf des Gefechtsmodells sehr sorgfältig alles nicht unbedingt Notwendige weggelassen werden; die Gefechtssimulation wurde auch so noch aufwendig genug. Das Ergebnis dieses Entwurfs war das Modell KOMPASS.

5. Das Modell KOMPASS

Vorbemerkung: Das Panzergefechtsmodell mit dem Namen KOMPASS wurden in den Jahren 1963 - 67 in mehreren Schritten (1 bis 4) zu einem ersten nutzbaren Abschluss geführt. Später erfolgten dann verschiedene Weiterentwicklungen und Neuprogrammierungen; die Nutzung für taktische Ausbildungszwecke dauert bis in die Gegenwart. Im vorliegenden Aufsatz wird unter dem Begriff "Modell KOMPASS" jedoch *nur der Ausbaustand der ersten Jahre* bis etwa zur Stufe "KOMPASS 4" (1967) verstanden. - Der Name KOMPASS ist ein leicht angepasstes, dafür eingängiges Akronym (Kompaktes operationelles Modell zur Panzerabwehr-Schlacht-Simulation).

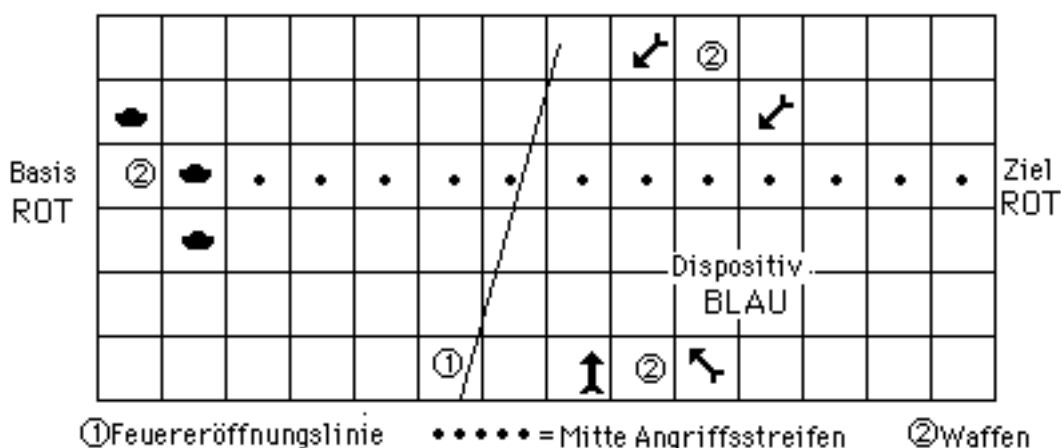
5.1 Konzept und wichtige Funktionsmerkmale

Das Monte-Carlo-Simulationsmodell KOMPASS hatte zum Zweck, verschiedene Panzer- und Panzerabwehrwaffentypen im Gefecht im Verband und in schweizerischen Geländebeziehungen zu beobachten und zu bewerten. Dazu stand eine für damals sehr leistungsfähige Rechenanlage CDC 1604A zur Verfügung; dennoch zwang die inhärente Komplexität eines Gefechtsmodell zu sorgfältigster Ökonomie bezüglich Speicherplatz und Rechenzeiten. Es galt daher, das zu modellierende Gefecht so auf das Allerwesentlichste zu beschränken, dass

- einerseits das Modell für seinen Hauptzweck (Waffenevaluation) genügend aussagekräftig blieb, und
- andererseits die Kapazität des verfügbaren Rechners nicht gesprengt wurde.

Entsprechend wurde das Modell KOMPASS *abgegrenzt*:

- *Nur halbbewegliche Gefechtsform*: Konzentration auf ein Gefecht zwischen einem frei beweglichen Panzerverband ROT (Kompanie mit mehreren Zügen und je mit mehreren Einzelpanzern, allenfalls unterschiedlicher Typen) und einem Panzerabwehrverband BLAU (ähnlicher Grösse und mit verschiedenen Waffentypen), wobei BLAU nur in *festen* Stellungen (inkl. Wechselstellungen) eingesetzt werden kann. (Anmerkung: Die Verwendung der Farben ROT/BLAU für Angreifer/Verteidiger ist in der Schweizer Armee uralt und hat nichts mit dem "Kalten Krieg" zu tun.) Damit wird im Modell auf ein im schweizerischen Gelände sowieso wenig wahrscheinliches Gefecht zwischen zwei freibeweglichen Panzerverbänden auf Gegenseitigkeit ausdrücklich verzichtet. (Diese Einschränkung bedeutet jedoch keinesfalls ein Verzicht auf den Einsatz von Kampfpanzern auf der Seite BLAU; deren Einsatz muss aber in Form eines Kampfs von vorbereiteten Schiesspodesten inkl. Bezug von Wechselstellungen gesehen werden.)
- *Nur "grosse Kaliber"*: Konzentration auf das Gefecht der "grossen Kaliber", d.h. auf Schüsse mit Panzerkanonen und mit panzerbrechenden Waffen (inkl. Raketen und Minen). Eine "Waffe" (beider Seiten) ist die Gefechtseinheit und umfasst sowohl das Gerät wie auch die Bedienungsmannschaft. Verzicht auf Simulation des Infanteriegefechts.
- *Nur Kerngefecht*: Konzentration des zu simulierenden Gefechtsabschnittes auf den Hauptkampf Panzer gegen Panzerabwehr unter Weglassung vorbereitender Artilleriebeschiessungen. (Deren Wirkung kann allenfalls durch bereits bei Simulationsbeginn reduzierte Waffenbestände auf beiden Seiten dargestellt werden.) Verzicht auf Fliegerunterstützung.



Figur 1: KOMPASS-Spielfeld mit Beispielen von Simulationselementen (hier: Panzer, Panzerabwehrkanonen) und Taktikangaben (hier: Angriffsstreifen, Feuereröffnungslinie)

Diese Einschränkungen erschienen im Hinblick auf die angestrebte Nutzung bei Evaluationen für schweizerischen Rüstungsvorhaben vertretbar. Für diesen Zweck

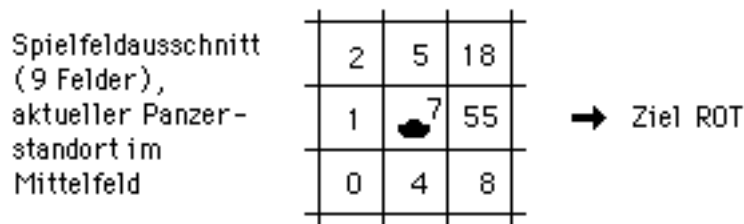
musste das Modell KOMPASS aber eine Reihe von anderen Aspekten möglichst griffig darstellen können:

- *Gelände*: gefechtsrelevante Darstellbarkeit eines Geländeabschnittes von mehreren Quadratkilometern und allenfalls mehreren Geländekammern; dazu wird der gewählte Geländeabschnitt mit einem quadratischen Rastergitter überzogen (s. Fig. 1, Rastergrösse 100m*100m), wobei für jedes Rasterfeld mehrere gefechtsrelevante Eigenschaften festgehalten werden (Höhe, Art und Höhe der Bodenbedeckung, Gängigkeit für Panzer zu allen Nachbarfeldern usw.)
- *Waffentypen*: gefechtsrelevante Darstellbarkeit eines ganzen Sortiments von Waffentypen verschiedener Klassen (Panzer, Panzerabwehrkanonen, Panzerabwehrlenkwaffen, Raketenrohre, Minenfelder), wobei für jeden Waffentyp verschiedene aktive Fähigkeiten (Beobachtung, Schiessen [distanzabhängige Treff- und Wirkungswahrscheinlichkeiten für verschiedene Zieltypen und -richtungen], bei Panzertypen Fahreigenschaften, bei Panzerabwehrwaffen die Eigenschaften zum Bezug von Wechselstellungen) dargestellt werden können.
- *Verbände*: ROT ist ein Panzerverband auf Kompaniestufe, bestehend aus mehreren Zügen mehrerer Panzer, allenfalls aus mehreren Panzertypen. BLAU ist ein Panzerabwehrverband und kann aus Waffen aller Typen bestehen (Panzer können allerdings nur halbstatisch aus Wechselstellungen eingesetzt werden).
- *Taktik*: Jeder Verband - ROT und BLAU - kämpft gemäss dem im voraus festgelegten *Kampfplan* seines Kommandanten. ROT kann *zugsweise* Angriffsstreifen (s. Fig.1), Angriffsziele und Aufgaben (primär Stoss oder primär Feuerunterstützung) vorgeben. BLAU bezieht ein vorrekognosziertes Panzerabwehrdispositiv. Die Feuereröffnung geschieht dadurch, dass der bewegliche Panzerverband ROT die - ihm nicht zum voraus bekannte - Feuereröffnungslinie (s. Fig.1) von BLAU überschreitet.

Um diese verschiedenen Aufgaben erfüllen zu können, arbeitet KOMPASS mit den in Kapitel 4 skizzierten Grundtechniken zu Simulation von Zeit und Wahrscheinlichkeitsverhalten. *Simulationseinheiten* sind alle einzelnen Waffen, also zum Beispiel "12 Panzer ROT (gegliedert in drei Züge, davon zwei Züge ausgerüstet mit Panzertyp A, ein Zug mit Typ B), und von BLAU 7 Panzerabwehrkanonen Typ C und 3 Panzerabwehrlenkwaffen Typ D". Damit aus diesen Elementen ein Gefecht aufgebaut werden kann, müssen wir nun die drei wichtigsten Modellfunktionen noch etwas genauer betrachten, das *Fahren* (der Panzer), das *Schiessen* (aller Waffen) und den Einbezug der *Sicht- und Wirkbereiche im Gelände*.

Das Fahren der Panzer: Im Hinblick auf den Zweck von KOMPASS (Waffen-evaluation) geht es bei der Simulation der Bewegung auf dem Gefechtsfeld

primär darum, den Panzerverband in einer einigermaßen *vernünftigen Gesamtformation* (nicht zu eng, nicht zu weit auseinanderfallend) durch ein Panzerabwehrdispositiv stossen zu lassen. Da die Wirkdistanz der Panzer auf ungepanzerte Panzerabwehrkanonen viel grösser ist als umgekehrt, müssen Panzer in der Tiefe gestaffelt angreifen können (= "nicht zu eng"), sie dürfen sich aber auch nicht verzetteln, weil sonst die Panzerabwehr alle Panzer einzeln mit starkem Feuer erledigen könnte. Für die Bewegung des Einzelpanzers sind noch weitere Randbedingungen relevant: Dieser kann sich in einem konkreten Gelände (mit Bachgräben, Waldstücken, Ortschaften usw.) nicht überall gleich gut bewegen und ist - je nach Gelände - an einzelnen Stellen exponiert (zum Schiessen und zum Beschossenwerden), andernorts aber geschützt oder mindestens getarnt. Die Bewegung jedes einzelnen Panzers im Gefecht ("Routenwahl") ist somit eine recht komplizierte Sache. - Im Rahmen der Arbeiten an verschiedenen Versionen von KOMPASS wurde mit verschiedenen Stufen von "freier Routenwahl" der Einzelpanzer experimentiert.



Figur 2: Darstellung der zweidimensionalen Bewegungsfähigkeit eines Panzers in KOMPASS 4 durch neun Wahrscheinlichkeitswerte (in %)

Die flexibelste Form (in KOMPASS 4, s. Fig. 2) behandelte diese Routenwahl zufallsgesteuert, indem für jeden fahrbereiten Panzer periodisch folgende Frage beantwortet wurde: Auf welches der neun möglichen Felder (Fig.2: aktueller Standort und acht Nachbarfelder) soll der Panzer weiterfahren bzw. stehenbleiben? Dazu wurden für jedes der neun Felder Wahrscheinlichkeiten berechnet (Fig. 2, in den Feldern dargestellt), die die Vor- und Nachteile eines Zugs in das entsprechende Feld wiedergaben (Bsp. Feld in Zielrichtung 52%); die Summe der Wahrscheinlichkeiten aller neun Felder muss 100 % betragen. Anschliessend wurde mit einer Zufallszahl bestimmt, wohin der nächste Schritt führt. - (Wie sich später experimentell zeigte, ist diese zufallsgesteuerte Routenwahl für den Primärzweck von KOMPASS - d.h. für die Waffenevaluation - nicht unbedingt notwendig; einfachere Lösungen, z.B. mit fixer Wegvorgabe des Kommandanten ROT für jeden einzelnen Panzer, sind ebenso zweckmässig, jedoch weniger aufwendig bezüglich Rechenaufwand.)

Das Schiessen (aller Waffen): Bereits in Kapitel 4 wurde im Absatz "*Einbezug der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Monte-Carlo-Simulation)*" gezeigt, wie während des Ablauf eines einzelnen Spiels jeder einzelne Schuss (der grossen

Kaliber) ausgewertet wird: durch Bestimmung eines Wahrscheinlichkeitswerts und anschliessende Auswertung mit einer Zufallszahl. Dieser erwähnte Wahrscheinlichkeitswert ist nun allerdings eine sehr komplexe Grösse (Fig. 3). Darin steckt die *gesamte* Information über die Duellfähigkeit eines Waffentyps gegen einen anderen, und zwar sowohl über das *Treffen* auf eine bestimmte Distanz und in einer bestimmten Gefechtssituation (flankierender oder frontaler Einsatz), als auch über die konkrete *Wirkung* eines Treffers auf ein bestimmtes Ziel. Dabei wird in KOMPASS unterschieden, ob der beschossene Panzer nachher für dieses Spiel vollständig ausfällt, nicht mehr schießen kann ("schieusstot" ist), nicht mehr fahren kann ("fahrtot" ist), oder - vierte Möglichkeit - noch intakt, d.h. nur unwesentlich beschädigt oder überhaupt nicht getroffen ist. Diese *Wirkungswahrscheinlichkeiten* müssen nun für sämtliche eingesetzten Waffentypen *im voraus* ermittelt und festgehalten werden und zwar für alle möglichen Kombinationen von gegnerischen Waffentypen und für alle sinnvollen Schussdistanzen. Fig. 3 zeigt eine solche Tabelle für die Kombination "Panzerabwehrkanone Typ A gegen Panzer vom Typ B".

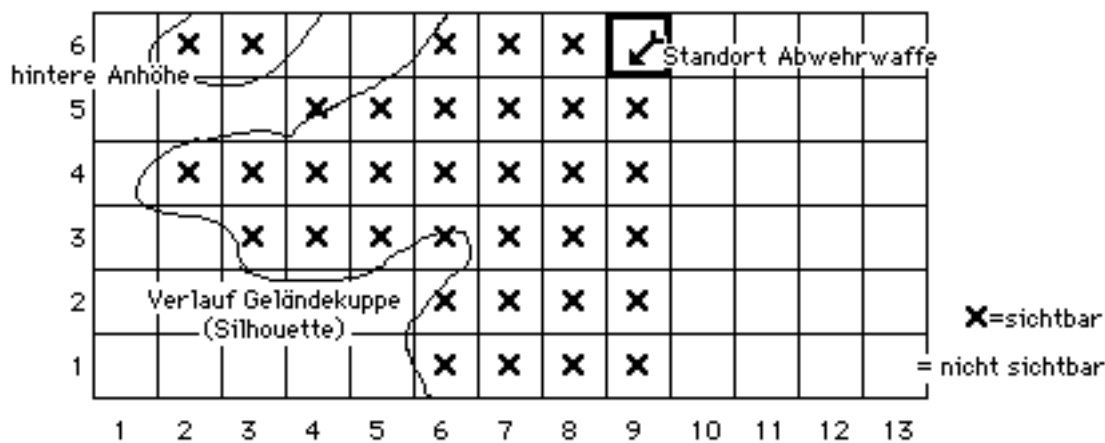
<i>Distanz:</i>		0	100	200	300	400	500	600	700	...	m
<i>Einsatzart: Wirkung:</i>											
flankierend	Vollausfall	0.08	0.11	0.15	0.17	0.18	0.17	0.16	0.15	...	
	schieusstot	0.06	0.08	0.11	0.13	0.15	0.14	0.13	0.11	...	
	fahrtot	0.08	0.11	0.15	0.17	0.18	0.17	0.16	0.15	...	
	intakt	0.78	0.70	0.59	0.53	0.49	0.52	0.55	0.59	...	
frontal	Vollausfall	0.02	0.03	0.05	0.08	0.09	0.08	0.07	0.05	...	
	schieusstot	0.04	0.06	0.08	0.11	0.13	0.12	0.11	0.08	...	
	fahrtot	0.02	0.03	0.05	0.08	0.09	0.08	0.07	0.05	...	
	intakt	0.92	0.88	0.82	0.73	0.69	0.72	0.75	0.82	...	

Figur 3: Vorzugebende Tabelle der Wirkungswahrscheinlichkeiten pro Schuss einer Panzerabwehrwaffe vom Typ A auf einen Panzer vom Typ B (Testwerte)

Das Aufstellen aller notwendigen Tabellen gemäss Fig. 3 für alle im Gefecht möglichen Kombinationen von schießenden und beschossenen Waffen ist eine aufwendige Datenbeschaffungsarbeit (s. Abschnitt 5.4), die allerdings nur einmal gemacht werden muss und nachher für alle Gefechtssimulationen mit den gleichen Waffentypen benützt werden kann.

Sicht- und Wirkbereiche im Gelände: Das Modell KOMPASS sollte eine Beurteilung der Eignung von Waffen *im schweizerischen Gelände* erlauben. Im Hinblick auf mögliche Panzergefechte ist dieses Gelände charakterisiert durch viele relativ kleine Geländekammern und kurze Schussdistanzen; dabei können schon kleine Standortwechsel die Sichtverhältnisse und Wirkbereiche einer Waffe

ganz massiv verändern. Um dies in KOMPASS angemessen darstellen zu können, werden die vollständigen Sicht- und Wirkbereiche *für jeden vorgesehenen Standort* einer Panzerabwehrwaffe (inkl. Wechselstellungen) im entsprechenden Schwenkbereich vor Simulationsbeginn berechnet und gespeichert. Für den Sichtbereich (Fig.4) wurde dazu im wesentlichen die Geländehöhe jedes Rasterfeldes benützt und - radial ausgehend vom Standort der Abwehrwaffe - ein Sichtbarkeitshorizont berechnet und für jedes Rasterfeld geprüft, ob dessen Höhe darüber liegt (und damit sichtbar ist) oder nicht. Der Wirkbereich wird anschliessend ähnlich berechnet, aber unter stärkerer Berücksichtigung der Bodenbedeckung. - Während der Gefechtssimulation wird dann bei jeder Panzerbewegung für das aktuelle Standortfeld des Panzers mit Hilfe der vorge-speicherten Sicht- und Wirkbereiche geprüft, welche Panzerabwehrstellungen sichtbar sind (sofern sich dort eine Waffe durch erfolgte Feuereröffnung über-haupt erkennbar gemacht hat) und ob eine Gefechtsaufnahme (Wirkbereich) möglich ist. (Bemerkung zur Recheneffizienz: Die Berechnung aller Sicht- und Wirkbereiche aufgrund des realen Geländereiefs samt Bodenbedeckung ist recht aufwendig. Dank Verzicht auf freibewegliche Panzer bei BLAU - Abschnitt 5.1, nur "halbbewegliche Gefechtsform" - konnte dieser Aufwand stark reduziert werden, weil in diesem Fall die Sichtbarkeitsprofile nur ein einziges Mal vor Simulationsbeginn berechnet werden müssen.)



Figur 4: Sichtbereich, berechnet für einen bestimmten Standort (9,6) einer Abwehrwaffe in Abhängigkeit vom Geländereief

Mit dieser Schilderung dreier besonders wichtiger Modellfunktionen sei die methodische Beschreibung des Modells KOMPASS abgeschlossen. KOMPASS simuliert darüber hinaus verschiedene weitere gefechtsrelevante Aspekte, meistens unter Verwendung von Wahrscheinlichkeitswerten. Dazu gehören etwa der Einsatz von Minenfeldern, der Informationsstand über die Zerstörung eines Gegners und die Formationsbildung von ROT auf Stufe Zug und Kompanie.

Selbstverständlich ist damit längst nicht "alles Relevante" eines Panzergefechts dargestellt. Von verschiedener Seite wurden immer wieder Wünsche vorgebracht, auch die Artillerie, Kampfhelikopter usw. noch einzubauen. Dem standen einerseits Kapazitätsgrenzen verschiedenster Art entgegen, andererseits verlangte der ursprünglich formulierte Einsatzzweck - Waffenevaluation - diese Erweiterungen nicht zwingend. Wir kommen aber in Kapitel 6 nochmals auf solche Erweiterungswünsche zurück.

5.2 Ein "Spiel" - eine Statistik von Spielen

Bereits in Kapitel 4 wurde bei der Darstellung der Monte-Carlo-Simulation darauf hingewiesen, dass das automatische Durchrechnen eines *einzig*en "Spiels", d.h. einer einzigen Simulation mit bestimmten Ausgangsdaten und *einer* Folge von Zufallsentscheiden noch keine allgemeinen Auswertungen erlaubt. Das Resultat *eines* Spiels zeigt zwar *ein mögliches* Verhalten des zu simulierenden Systems, aber erst die Resultate *vieler* Spiele mit *gleichen* Ausgangsdaten, jedoch mit *verschiedenen* Folgen von Zufallsentscheiden, lassen sich statistisch auswerten und erlauben damit allenfalls quantitative Ergebnisse.

Was heisst das für unser konkretes Problem der Evaluation von Panzern oder Panzerabwehrwaffen? Angenommen, es seien neue Panzerabwehrkanonen zu beschaffen, wofür zwei Angebote vorliegen, Typ X und Typ Y, die sich in Reichweite (mit entsprechenden Wirkwahrscheinlichkeiten) und Beweglichkeit (zum Bezug der Wechselstellungen) unterscheiden. Für einfachste Simulationsarbeiten mit KOMPASS sind nun folgende Arbeitsschritte nötig:

- a. Auswahl eines geeigneten Einsatzgeländes und Erfassung aller für KOMPASS nötigen *Geländedaten* (Höhe, Befahrbarkeit, Bodenbedeckung usw. für jedes Rasterfeld).
- b. Beschaffung und Erfassung der technischen und taktischen *Waffendaten* (Schusskadenz, Geschossgeschwindigkeit usw.) aller beteiligten Waffentypen beider Seiten sowie aller *gegenseitigen Wirkwahrscheinlichkeiten* (gemäss Figur 3).
- c. Festlegung eines Kampfplans ROT (= Panzerangriffsplan) und eines Kampfplans BLAU (= Panzerabwehrdispositiv) und Eingabe der entsprechenden Daten.
- d. Durchführung mehrerer Simulationen mit gleichbleibenden Daten (a, b, c). Trotz gleichen Daten unterscheiden sich die einzelnen Spiele voneinander, da bei der automatischen Simulation jedesmal unterschiedliche Zufallszahlen verwendet werden.

- e. Statistische Auswertung der Simulationsergebnisse. Dazu gehören für jedes Spiel Angaben über die Zahl ausgefallener Waffen beider Seiten, Tiefe des Eindringens der Panzer, Munitionsverbrauch usw.

Sollen nun gemäss der oben skizzierten Problemstellung zwei Waffentypen X und Y miteinander verglichen werden, so müssen zuerst die Simulationsarbeiten mit den Waffendaten von X vollständig durchgeführt werden (Vorbereitungsschritte a, b, c, dann die eigentliche Simulation d; das Ergebnis bilden z.B. 20 Spiele mit Waffentyp X). Nachher kommen die Simulationsarbeiten für Y; dazu werden in Schritt b die Waffendaten von Y eingesetzt, in Schritt c der optimale Kampfplan beim Einsatz von Y-Waffen festgelegt und eingegeben und in Schritt d die wieder die eigentliche Simulationsarbeit durchgeführt (Ergebnis: 20 Spiele für Y). Nun können gemäss Schritt e die zwei mal 20 Spiele statistisch ausgewertet werden. Ein einfaches Beispiel einer solchen Auswertung zeigt Fig. 5 (mit fiktiven Zahlen).

<i>Simulationsserie: 20 Spiele mit gleichen Daten</i>		verwendeter Waffentyp	
		X	Y
eingesetzte Panzer	total	8	8
davon nach Gefechtsende	-voll ausgefallen	4.3	2.7
(durchschnittlich)	-schiessstot	0.3	0.5
	-fahrtot	0.8	1.2
	-intakt	2.6	3.6
eingesetzte Panzerabwehrkanonen	total	9	9
davon nach Gefechtsende	-ausgefallen	5.6	6.2
(durchschnittlich)	-intakt	3.4	2.8

Figur 5: Muster einer Auswertestatistik: Durchschnittszahlen aus zwei Serien von Simulationsspielen zum Vergleich von Waffenvarianten

Damit sind wir endlich an einem ersten Ziel: Aus den Zahlen in Fig. 5 lässt sich nämlich ablesen, dass offenbar der Waffentyp X *aus der Sicht von BLAU* besser ist als der Waffentyp Y: mehr Ausfälle bei ROT, weniger Ausfälle bei BLAU. Mehr als diese Aussage geben die Zahlen von Fig. 5 jedoch nicht her; es lässt sich nämlich nur sehr schwer quantifizieren, *wieviel* besser X als Y ist. (Die Zahlen würden übrigens auch nicht viel aufschlussreicher, wenn die Anzahl durchgespielter Simulationen stark erhöht würde, z.B. pro Fall von 20 auf 50.) Und auf keinen Fall dürfen die in Fig. 5 gezeigten Ausfallzahlen als *Absolutwerte* interpretiert werden, etwa im Sinne von "Beim Einsatz von 9 Waffen vom Typ X kommen von 8 angreifenden Panzern nur deren 2.6 durch." Alle derartigen Interpretation könnten zu völligen Fehlschlüssen führen. Die *wirkliche* Realität eines Panzerabwehrgefechts kann nämlich durch ein Gefechtsmodell wie KOMPASS nicht einmal annähernd simuliert werden.

Die soeben geschilderte statistische Auswertung verschiedener Spielserien bildet die eigentliche Nutzung der Arbeiten an und mit einem Simulationsmodell für die Waffenevaluation. Die Arbeitsgruppe KOMPASS war jedoch in den Jahren 1963 - 64 noch meilenweit entfernt von dieser Nutzung. Vorerst ging es nämlich darum, das vorerst einmal entworfene, aber recht ambitionöse Modell überhaupt zum Funktionieren zu bringen. Dazu musste vorerst einmal das Programm erstellt und ein vollständiger Datensatz (s. Abschnitt 5.4) bereitgestellt und damit ein einzelnes, *vollständiges* Spiel samt dem eingebauten Zufallsverhalten durchgerechnet und *exakt analysiert* werden. Für diese Analyse konnte schon 1965 - dank entsprechender Unterstützung durch die militärische Untergruppe Planung - das Mittel des *Trickfilms* eingesetzt werden. Ein automatisch gerechnetes Spiel wurde durch den Armeefilmdienst in Form eines Trickfilms mit seinem ganzen beweglichen Ablauf sichtbar gemacht. Das war damals nur manuell auf dem Trickfilmtisch möglich (Ergebnis: Film KOMPASS 4-07/37).

Ein einzelnes Simulationsspiel ist, wie bereits gesagt wurde, das Bild *eines möglichen* (nicht "eines wahrscheinlichen") Gefechtsverlaufs. Es zeigt aber alle Eigenschaften eines Modellgefechts, also die Bewegung mehrerer Einzelpanzer in Zuggliederung im Gelände sowie verschiedene Gefechts-handlungen, etwa Panzer an einem Minenfeld und bei Schusswechseln mit verschiedenen Panzerabwehrwaffen inkl. allfällige Ausfälle von Waffen. KOMPASS schildert den Gefechtsverlauf in Form eines ausgedruckten *Gefechtsjournals*. (Was ist wann auf welchem Feld passiert? Beteiligte Waffen?) Offensichtlich lässt sich ein solches Gefechtsjournal mit genügender Geduld sehr wohl auf einer grossen Karte des Geländeabschnittes mit Symbolen zeitmassstäblich darstellen und filmen. Für die Herstellung des Trickfilms wurde daher direkt aus dem Modell KOMPASS nicht nur ein Gefechtsjournal, sondern das vollständige *Drehbuch* automatisch erzeugt. (Zeitraffer etwa 1 : 10, der Film für das Gefecht von real etwa 30 Minuten dauert ca. 3 Minuten. Bei 24 Bildern pro Sekunde [davon immer 2 gleich] mussten somit für das Drehbuch ca. 2200 Spielzustände ausgedruckt werden.)

Dieser Trickfilm war für die Arbeitsgruppe KOMPASS im folgenden in vielfacher Hinsicht eine wichtige Hilfe. Erstens einmal verschaffte er den Modellentwerfern in einer Zeit, als die Datenausgabe aus dem Computer noch fast ausschliesslich über den Zeilendrucker geschah, erstmals eine optische und sogar eine bewegt-bildliche Darstellung des Modellverhaltens. (Wenig später wurden Plotter verfügbar und auch für KOMPASS eingesetzt; der Plotter allein liefert aber nur ein statisches Bild.) Die Modellentwerfer konnten auf Grund einer genauen Analyse des Trickfilms mehrere recht vernetzte Modellfehler von KOMPASS erkennen und eliminieren.

Der Trickfilm brachte aber noch viel mehr. Dank diesem anschaulichen Mittel konnte das damals noch ungewohnte Verfahren der Simulation von Gefechtsvor-

gängen in Vorträgen und Demonstrationen viel besser erläutert und auch verstanden werden. Das geschah dank diesem Trickfilm zu einer Zeit, als Computergraphik auf dem Bildschirm oder gar Computeranimation sich erst als Möglichkeiten der Zukunft abzeichneten.

Allerdings - das sei nicht verschwiegen - verleitete die Besichtigung des Trickfilms auch manche Zuschauer zu Fehlerwartungen: Sie glaubten allzuleicht, das im Film gezeigte, *eine* Spiel sei ein repräsentatives, *wahrscheinliches* Bild der Wirklichkeit. Das trifft nicht zu, jedes Einzelspiel eines Monte-Carlo-Modells ist nur ein *mögliches* Bild der Wirklichkeit.

5.3 Ideenbörse

Zum Entwurf eines Simulationsmodells führt meist nicht nur ein einziger, "richtiger" Weg; im Laufe der Entwicklungsarbeiten müssen sehr viele Einzelfragen noch geklärt und Zwischenentscheide getroffen werden. Besonders offen ist eine Entwicklung, wenn ein für die meisten Beteiligten neuartiges Problem (hier: Panzergefechte) mit neuen Methoden (hier: Computersimulation) zusammentrifft. Eine solche Situation bringt dann zusammen mit interessierten und qualifizierten Leuten am ehesten auch echt neuartige Ideen und Lösungen hervor.

Die Arbeit am Modell KOMPASS während der Jahre 1963 bis 1967 darf sicher als ein Musterbeispiel für eine solche Situation angesehen werden. Die Aufgabe war interessant und neuartig (und für die meisten erst noch eine attraktive Form der Erfüllung der Militärpflicht). Als daher 1963 Prof. E. Stiefel bei seinen Institutsangehörigen nach militärdienstpflichtigen Interessenten für die Mitarbeit in einer neuen Operations Research-Arbeitsgruppe fragte, war das Echo gross. Die Angehörigen des damaligen Instituts für angewandte Mathematik der ETH Zürich (nachstehende Namen mit *) bildeten dann während fünf Jahren den Grossteil der Arbeitsgruppe KOMPASS, wobei ein stabiler Kern sogar über mehrere Jahre mitmachte (darunter der Autor dieses Aufsatzes anfänglich als permanenter Betreuer), wie die folgenden zwei Namenslisten für 1963 und 1967 belegen:

1963: A. Ganz*, P.Läuchli*, A. Schai*, W. Schilling, H.R. Schwarz*, J. Spren-
ger, A.Stofer*, P. Streckeisen*, J. Waldvogel*, C.A. Zehnder*

1967: K. Bauknecht, H. Flühler*, P. Henrici, A. Huber, P. Huber, J. Kohlas, P.
Läuchli*, H. Keppler*, H.R. Schwarz*, W. Sieber, A. Stofer*, J. Waldvogel*,
C.A. Zehnder*

Selbstverständlich wechselten alljährlich einzelne Assistenten, und Externe wurden fallweise für Spezialfragen beigezogen (so 1967 einige Mathematikprofessoren für das Thema der abhängigen Wahrscheinlichkeiten).

Diese Arbeitsgruppe von Mathematikern und Computerspezialisten sammelte einerseits die notwendigen Informationen und das Know-how zum Thema Gefechtssimulation und baute andererseits zielgerichtet und relativ rasch in intensiver Zusammenarbeit das Simulationsmodell auf. Dabei kamen auch gelegentlich exotische Modellierungsvorschläge auf den Tisch, so wenn die Einführung eines "Intelligenzkoeffizienten" zur Darstellung der taktisch besseren/schlechteren Routenwahl durch den einzelnen Panzerkommandanten vorgeschlagen und bereits formelmässig beschrieben wurde. Schliesslich wurde aber wie meist die einfachste verfügbare Lösung gewählt; bei der Routenwahl - wie weiter oben erwähnt - wurde das Modell sogar später nochmals vereinfacht, was zur Stabilität des Modells beitrug. Die Arbeitsgruppe KOMPASS vereinigte in hohem Mass Sachkenntnis und Fantasie mit Verständnis für das Machbare.

Nicht vergessen werden darf in diesem Zusammenhang der Beitrag *militärischer Fachleute* zur Modellbildung (und dann natürlich erst recht zur Gewinnung der Daten; s. Abschnitt 5.4). Militärseitiger Projektleiter war anfänglich der spätere Generalstabschef H. Senn, damals noch als Oberstleutnant in der Untergruppe Planung tätig. Er war ein zentraler Gesprächspartner und vermittelte die notwendigen Kontakte auf verschiedensten Stufen der militärischen Hierarchie.

Eine andere wichtige militärische Partnerschaft konnte ETH-intern gefunden werden. Die Militärschule der ETH Zürich ist die Fachschule der schweizerischen Berufsoffiziere (Instruktoren). Deren damaliger Kommandant, Divisionär I. Rösler, stellte den KOMPASS-Leuten erfahrene Panzeroffiziere aus seiner Schule für Modellierungsfragen des Panzergefechts zur Verfügung. Er war aber auch als exakter Jurist und erfahrener militärischer Lehrer, der selber mit *Sandkastenmodellen* arbeitete, ein hilfreicher und gleichzeitig präzise-kritischer Gesprächspartner bei Fragen der Umsetzung der Simulationstechnik auf den Rechenautomaten. In Gesprächen mit Rösler entstand für das Modell KOMPASS der Beiname "elektronischer Sandkasten", und mit diesem Beinamen konnte anschliessend bei manchen Militärs erstes Verständnis für die neue Technik gewonnen werden. (Allzuviel an systematischer Logik traute aber Rösler dem Rechenautomaten nicht zu. Er war selber ein bekannter Fernschachspieler und bestritt konsequent, dass ein Rechenautomat für den Menschen je ein ernsthafter Schachgegner werden könnte. Womit er in diesem Falle nicht recht hatte.)

5.4 Das Problem der Daten

Der Einsatz von Methoden des Operations Research ist immer auch mit der Beschaffung geeigneter Daten verbunden; das gilt für die Vorbereitung von Entscheidungen zur optimalen Lagerhaltung so gut wie für die Waffenevaluation. In diesem Sinne musste somit auch das Modell KOMPASS nicht bloss programmiert, sondern auch zweckmässig mit Daten ausgestattet werden. Diese Datenbeschaffung umfasste zwei Arbeitsschritte. Zuerst ging es primär darum, realitätsnahe *Testdaten* für alle Modellteile zu erhalten, mit denen KOMPASS überhaupt erst funktions- und demonstrationsfähig gemacht werden konnte. In einer zweiten Phase mussten die Testdaten durch echte Daten ersetzt werden, womit endlich konkrete Vergleiche von Waffentypen (mit statistisch ausgewerteten Spielserien gemäss Abschnitt 5.2) möglich wurden.

Testdaten liessen sich im Gespräch mit Experten und mit eigenem gesundem Menschenverstand relativ einfach konstruieren; dazu kam die Dateneingabe als Fleissarbeit. Interessanterweise präsentierten sich die Spielergebnisse schon bei Testspielen äusserlich durchaus ähnlich wie spätere Spiele auf Grund von echten Daten. Dieser Hinweis soll darauf aufmerksam machen, dass bei der Auswertung von Computerspielen auf die Qualität des Datenmaterials sehr genau geachtet werden muss, wenn aus den Berechnungen bei Waffenbeschaffungs-Fragestellungen keine Fehlschlüsse gezogen werden sollen.

Die Bemühungen um wirklichkeitsnahe Daten für das Gefechtsmodell KOMPASS brachten mehrere erwähnenswerte Erfahrungen. In Abschnitt 5.2 wurden als wichtigste Datenbeschaffungsschritte erwähnt:

- a. Auswahl Einsatzgelände, Erfassung der nötigen Geländedaten
- b. Beschaffung und Erfassung der technischen und taktischen Waffendaten beider Seiten und der gegenseitigen Wirkwahrscheinlichkeiten
- c. Festlegung der Kampfpläne ROT und BLAU und deren Eingabe

Als *Modellgelände* wurde anfänglich ein Einsatzraum südlich von Yverdon verwendet (der auch im erwähnten Film KOMPASS 4-07/37 dargestellt ist), weil in Yverdon die Panzerabwehrschulen der Infanterie ihren Standort hatten und dieses Gelände aus Übungen sehr gut bekannt war, ebenso Kampfpläne für ROT und BLAU. - Ab 1967 kamen aber auch andere Modellgelände mit neuen Kampfplänen dazu, wobei typischerweise Stäbe von Truppenkörpern in taktischen Übungen diese Daten selbständig erarbeiteten. Allerdings verlangte allein die vollständige Erfassung aller Daten für ein neues Modellgelände einen Aufwand von mehreren Personenwochen durch qualifiziertes Nachrichtenpersonal. Dennoch führten gerade diese Arbeiten zu den *ersten wirklichen Nutzungen* von KOMPASS (s. Abschnitt 5.5).

Viel mehr Mühe bereitete demgegenüber die Beschaffung und Erfassung der technischen und taktischen *Waffendaten* und der *Wirkwahrscheinlichkeiten*. Hiezu sind Messungen aus praktischen Schiessversuchen (für das Treffen auf fahrende Ziele) und aus Beschussversuchen (für die eigentliche Waffenwirkung, z.B. Hohlladungen auf Panzerstahl) nötig. Solche Daten existierten zwar für die *Treffererwartung* aus der Sektion für Schiessversuche der Rüstungsdienste in Thun einerseits und aus der Schiessausbildung der Panzerabwehrschulen in Yverdon andererseits; die vorhandenen Werte zeigten aber extreme Differenzen und mussten durch die Arbeitsgruppe KOMPASS modellgerecht gemittelt werden. Noch viel schwieriger war es, an eigentliche *Wirkungsdaten* (Wirkung des Treffers auf den Panzer: Totalausfall, schiesstot, fahrtot, intakt) heranzukommen, weil über die Wirkung der damaligen Hohlladungen auf vollbemannte und aufmunitionierte Kampfpanzer - aus begriflichen Gründen - bloss Spekulationen möglich waren. Trotzdem benötigten die KOMPASS-Leute umgehend konkrete numerische Werte! Da diese Zahlen nicht existierten, mussten sie durch geeignete Schätzungen ersetzt werden. Und hier kam ein neues Problem: Wer sollte auf militärischer Seite solche Schätzungen machen/bzw. absegnen? (Und dann möglicherweise auf Zahlen behaftet werden, die sich im Nachhinein - z.B. auf Grund von realen Kriegserfahrungen - als völlig falsch erweisen könnten!) Die Lösung dieses Dilemmas geschah wie folgt: Der Datenverantwortliche der Arbeitsgruppe KOMPASS legte drei hohen Offizieren persönlich und einzeln konkrete Panzersilhouetten von vorn und von der Seite vor und bat sie um Markierung der Flächen, wo ein Treffer aus Waffe X eine Wirkung "Vollausfall", "schiesstot" bzw. "fahrtot" haben könnte. Diese Angaben wurden dann *ohne Quellenangabe* verwendet, gemittelt, den Treffwahrscheinlichkeiten überlagert und in die Form von Wirkwahrscheinlichkeitstabellen gemäss Fig. 3 gebracht. So konnte diese Datenlücke doch korrekt gefüllt werden.

Ein recht heikles Thema bei der Konstruktion von Simulationsmodellen bildet regelmässig nicht nur die Beschaffung, sondern anschliessend die *Bereinigung* der meist aus verschiedenen Quellen stammenden Daten. Diese Daten müssen derart aufeinander und auf die Eigenheiten des Simulationsmodells abgestimmt werden, dass das resultierende Simulationsgeschehen mit der darzustellenden Wirklichkeit "angemessen" übereinstimmt. Das Modell muss gleichsam an der Realität *geeicht* werden. Dieser Verifikationsprozess ist eine höchst anspruchsvolle Aufgabe, auf welche an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden kann (vgl. Literatur zur Simulationsmethodik, etwa [Bauknecht, Kohlas, Zehnder 76]).

5.5 Erste Nutzungen

Das Modell KOMPASS war ursprünglich für Zwecke der Waffenevaluation geschaffen worden. Seine ersten Nutzungen erfolgten aber keineswegs auf diesem Gebiet. Daran waren einerseits die soeben geschilderten Probleme bei der Beschaffung von waffentypspezifischen Daten verantwortlich, andererseits aber ganz einfach die Tatsache, dass sich andere, geeignetere Nutzungen unmittelbar anboten. Dazu gehörten

- die Evaluation von Kampfplänen,
- die Ausbildung der Kader ortsfester Kampfverbände mittels detaillierter Analyse ihres Geländes und ihrer Kampfpläne,
- die taktische Ausbildung in der Führung des Panzer-/Panzerabwehrkampfes ganz allgemein.

Sehr rasch zeigte sich die Nützlichkeit von KOMPASS für die *taktische Ausbildung ortsfester Kampfverbände*, auf die wenig später die *Evaluation besonders aufwendiger Kampfpläne* folgte, d.h. von Kampfplänen, bei denen einzelne Waffen permanent verbunkert werden sollten. In mehreren kritischen Operationsräumen, wo permanente Einsätze von Landwehrverbänden vorgesehen sind, waren deren Stäbe interessiert, ihr Gelände im Panzergefechtsmodell KOMPASS darstellen und darauf mit eigenen Kampfplanvarianten experimentieren zu können. Dabei standen nicht statistische Auswertungen im Vordergrund, sondern einfach die Aussicht, einmal alternative Kampfpläne und vor allem alternative Gefechtsabläufe im eigenen Einsatzraum *zu sehen* zu bekommen. Gerade ortsfeste Truppen können derartige Denkanstöße sehr gut gebrauchen. Mehrfach haben sowohl Kommandanten wie auch Nachrichtenoffiziere bestätigt, dass sie in einem Geländeabschnitt, den sie wie ihre Hosentasche zu kennen glaubten, durch KOMPASS-Spiele auf gegnerische Möglichkeiten aufmerksam gemacht worden seien, die sie selber bisher immer übersehen hätten. Für diese Leute war der Umgang mit KOMPASS *in ihrem eigenen Geländeabschnitt* primär eine echte Bereicherung, welche zu präziserem Arbeiten und offenerer Beurteilung der gegnerischen Möglichkeiten Anlass gab.

Parallel mit dieser wichtigen Umorientierung in der Nutzung des Simulationsmodells KOMPASS für taktische Evaluations- und Ausbildungszwecke begann auch eine technische Weiterentwicklung; damals neu zur Verfügung stehende Ein- und Ausgabegeräte und Betriebsformen kamen schrittweise zum Einsatz. Wieder einmal zeigte sich hier, wie technische Angebote und neue Bedürfnisse *zusammen* zu neuen Lösungen führen können. Der Plotter erlaubte den direkten Ausdruck ganzer Gefechtsabläufe (in Farben), und ab 1970 brachte die Inbetriebnahme einer neuen Computergeneration (CDC 6500/6400) den Übergang auf beschränkt interaktives Arbeiten an Fernschreibterminals (noch ohne Bildschirm und ohne Graphik).

All diese Arbeiten wurden weiterhin durch die Arbeitsgruppe KOMPASS geleistet, die sich inzwischen aber personell weitgehend erneuert hatte und die seit 1967 unter der Verantwortung des damals neugegründeten Instituts für Operations Research (IFOR) der ETH Zürich stand. Diese Arbeitsweise dauerte bis in die Mitte der siebziger Jahre, wobei der letzte permanente Betreuer sogar noch eine simulationsbezogene Dissertation - zu Fragen der Realitätsnähe von KOMPASS - verfasste [Gutknecht 77].

Mit der Zeit überstiegen aber die Nutzungsansprüche seitens des Militärs die Dienstleistungskapazitäten einer gemischten Hochschul-/Miliz-Arbeitsgruppe derart, dass die militärische Untergruppe Planung um 1975 das Modell KOMPASS selber übernahm und für die Rechenanlage des Militärdepartements umprogrammieren liess, wo es noch heute genutzt werden kann.

6. Gefahren und neue Möglichkeiten, Akzeptanz

Wie eben gezeigt wurde, lässt sich ein Computermodell "Gefechtssimulation" verschiedenartig nutzbringend einsetzen, so für Beschaffungsentscheide, Gelände- und Kampfplananalysen, Ausbildung und anderes. Gleichzeitig müssen aber auch Vorbehalte und Warnungen angebracht werden. Allzuleicht werden nämlich Simulationsergebnisse missverstanden und dann leicht falsch eingesetzt.

Das wohl grundlegendste Missverständnis setzt Modellgeschehen und Wirklichkeit einander gleich. Das ist aus verschiedensten Gründen unzulässig, weil jedes numerische Modell nur *Teile* - meist sogar nur wenige Teile - einer Wirklichkeit darstellen kann, ganz besonders bei einem komplexen Gefechtsgeschehen. Eine Beobachtung am Modell kann daher nie universell die Realität vertreten, sondern nur annähernd einige Aspekte, die bei der Modellbildung besonders im Vordergrund standen. Am Beispiel KOMPASS: Das Modell wurde für Waffenevaluationen geschaffen und kann daher für Waffenvergleiche unter ganz bestimmten Bedingungen (s. Abschnitt 5.2) quantitative Beiträge liefern. Es liefert aber z.B. keine Angaben über den Kampf der Panzergrenadiere und über die Dichte des Funkverkehrs. Und sogar betreffend Hauptfragestellung (Waffenvergleich) gilt ein zentraler Vorbehalt: Niemand wird den Entscheid für einen Waffentyp allein auf Grund von Simulationen treffen. In einer Evaluation werden Offerten im Lichte verschiedener relevanter Kriterien verglichen. Ein solches Kriterium können allenfalls die Methoden des Operations Research liefern und bewerten.

Eine zweites Missverständnis kann daraus hervorgehen, dass die Qualität eines bestimmten Modells daran gemessen wird, ob dessen Spielergebnisse dem Benutzer in den Kram passen. Schon während der frühesten KOMPASS-Arbeiten liessen sich Besucher (Test-)Spiele zeigen. Zeigten nun diese Testspiele viele

Verluste für BLAU und war der Besucher gleichzeitig überzeugt, die schweizerische Panzerabwehr sei zu schwach und müsse verstärkt werden, so führte diese Übereinstimmung zu rascher Akzeptanz des Modells, indem der Besucher aufgrund der "guten Ergebnisse" die Qualität des Modells KOMPASS an sich lobte (obwohl er dessen Modellstruktur gar nicht kannte). Eine negative Übereinstimmung konnte umgekehrt zur Ablehnung der neuen Technik führen. (Aber es passierte schon im Altertum, dass einem Überbringer schlechter Nachrichten der Kopf abgeschlagen wurde.)

Mit der Zeit verschob sich wie erwähnt der Anwendungszweck des Modells KOMPASS recht deutlich weg von der Waffenevaluation zur Ausbildung. Simulatoren stehen ja im ganzen Militärbereich - aus einleuchtenden Gründen - für Ausbildungszwecke vielerorts im Einsatz, meist allerdings für die waffentechnische Ausbildung (Beispiel von 1968: Panzerabwehrlenk Waffen-Simulatoren Bantam). KOMPASS erlaubte demgegenüber eine Schulung auf taktischer Stufe.

Der Einsatz eines Simulationsmodells für die Ausbildung stellt etwas weniger hohe Ansprüche an die Qualität der verwendeten Daten als der Einsatz für Waffenevaluationen; im Vordergrund steht hier eher ein *allgemein* realitätsnahes Verhalten des gesamten Gefechtsmodells. Und die Akzeptanz für die Ausbildung steigt deutlich mit der Verfügbarkeit attraktiver Äusserlichkeiten, wie graphische Ausgabe (im Falle KOMPASS war das anfänglich der erwähnte Trickfilm, bald der Plotter und erst sehr viel später der Graphikbildschirm) und entsprechende Arbeitsplätze für die Dateneingabe. Akzeptanz erhöhend war auch die sukzessive Erweiterung des Modells mit zusätzlichen Waffentypen und Effekten; schon früh wurden die Wünsche betreffend Artillerie, später betreffend Kampfhelikopter formuliert. Schon der frühe Einbau der Panzerabwehrlenk Waffen zeigte aber, dass damit zwar die Anschaulichkeit des Modells für die Ausbildung, nicht aber die Qualität bezüglich Waffenvergleich erhöht werden konnte.

Bei taktischen Modellen, bei welchen sich zwei Parteien als Gegner gegenüberstehen, kommt zusätzlich als Akzeptanzkriterium die "Spielgerechtigkeit" hinzu, d.h. die Art, wie das Modell als Schiedsrichter bei Situationen reagiert, in welchen beide Parteien in irgendeiner Form aufeinanderstossen und das Modell über den Erfolg entscheiden muss. Interessant ist die Erfahrung von Instruktoren, dass dabei die Parteien einen Entscheid des Computers im allgemeinen selbstverständlicher akzeptieren als einen Entscheid eines menschlichen Schiedsrichters in einer ähnlichen Situation (also etwa am Sandkasten oder im Manöver).

7. Zum Schluss

Ein Rückblick auf fast dreissig Jahre "Modell KOMPASS" aus der Sicht eines Modellkonstruktors darf zum Schluss sicher auf zwei Punkte hinweisen:

- Die Arbeiten an diesem Simulationsmodell haben einigen Beteiligten den Zugang zur Computersimulation recht eigentlich erschlossen und damit weitere Simulationsanwendungen und auch die Lehre angeregt [Bauknecht, Kohlas, Zehnder 76].
- Die Modellierung eines - in Wirklichkeit sehr komplexen - Panzerabwehrgefechts auf anfänglich recht beschränkten Computerkapazitäten zwang zu strikter Konzentration auf das Wesentliche (damals "das Gefecht der grossen Kaliber" für die Waffenevaluation). Diese bewusste, aber sorgfältige Vereinfachung eines Problemkreises bildet auch heute noch einen wesentlichen Schritt beim Einsatz von Operations Research-Methoden in der Entscheidungsfindung, auch angesichts der inzwischen viel leistungsfähiger und benutzerfreundlicher gewordenen Informatikmittel.

Das Modell KOMPASS hat seinen Dienst getan. Die Simulationstechnik kann auch heute an vielen Orten und für neue Zweckbestimmungen eingesetzt werden. Jedemal erfordert ein solcher Einsatz aber eine entsprechende, klar auf den Zweck ausgerichtete Modellierungsarbeit.

Literatur:

[Bauknecht, Kohlas, Zehnder 76]

Bauknecht K., Kohlas J., Zehnder C.A.: Simulationstechnik - Entwurf und Simulation von Systemen auf digitalen Rechenautomaten. Springer-Verlag Heidelberg 1976.

[Gutknecht 77]

Gutknecht Ralph: Un modèle de simulation et sa connection avec la réalité - Le modèle de combat de chars KOMPASS-6. Diss. Nr. 5854 ETH Zürich 1977.

[Kohlas 67]

Kohlas Jürg: Simulation von Luftkämpfen. Diss. Uni Zürich. Juris Verlag Zürich 1967.

[Rossi, Zehnder 66]

Rossi J.M., Zehnder C.A.: Simulation d'un combat de chars contre des armes antichar. Industrielle Organisation, Bd. 35 (1966) Heft 2, p. 78-80.

[Taylor 54]

Taylor W.B.: A Continuous Model of a Tank Duel. Separatum USA 1954.

[Zehnder 66]

Zehnder C.A.: Maschinelle Berechnung von Stundenplänen und Transportplänen. Industrielle Organisation, Bd. 35 (1966) Heft 8, p. 337-348.

[Zimmermann 60]

Zimmermann, Richard E.: Simulation of Tactical War Games. in: Flagle C.D., Huggins W.H., Roy R.H.: Operations Research and Systems Engineering. The Johns Hopkins Press, Baltimore 1960, p. 711 -762.