Zeitschrift: ASMZ : Sicherheit Schweiz : Allgemeine schweizerische Militärzeitschrift

Herausgeber: Schweizerische Offiziersgesellschaft

Band: 127 (1961)

Heft: 5

Artikel: Wissenschaftliche Planung im Militärwesen (Schluss)

Autor: Billeter, Ernst P. / Eichenberger, Heinrich

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-39298

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

samte Operation kann in weniger als einer Stunde vollführt werden. – Andere Rettungsmannschaften sind vorgesehen, auf der Erde zu operieren. Dank umfangreichen Lufttransportmitteln können sie überall eingesetzt werden, nur wird die Bergung mit gewissen Schwierigkeiten verbunden sein, wenn es sich um bergige Regionen oder um Urwald handelt.

Das zurzeit konstruierte Modell einer Kabine in Kegelform mißt ungefähr 2 Meter an der Basis, was gestattet, daß sich im Innern ein Mensch der Länge nach hinlegen kann. Die Höhe stellt ungefähr das Doppelte dar; die Wände sind aus gewalzter, hitzebeständiger Glasfiber. Die Hitze ist enorm, wenn der Satellit bei großer Geschwindigkeit wieder in die irdische Atmosphäre zurückkehrt. Ein Ausblickfenster mit mehreren Schichten aus speziellem Glas ist vorgesehen. Über der Kapsel oder Kabine wird eine Rücklaufrakete befestigt. Das Versuchsprogramm der Bergung einer Kabine ist jetzt in den Rahmen des Mercury-Projektes eingefügt worden, von welchem weiter unten die Rede sein wird.

Die beiden letzten Abschüsse von Discoverer-Satelliten, Ende Dezember 1960 und Anfang 1961, verfolgten ebenfalls wissenschaftliche Ziele, und zwar im besonderen die Infrarotstrahlungen hinsichtlich der Ausarbeitung eines Auffindungssystems auf der Erde zugunsten des Midas-Satelliten.

Schlußendlich gelang es dem letzten der Discoverer, also der Nummer XXI, durch Betätigung von der Erde aus, seinen Weg auf der Kreislaufbahn zu ändern, wobei die Trägerrakete oder letzte Stufe ihren Motor wieder zündete. Man gelangte also zu Leistungen, welche gestatten werden, ein Raumschiff zu lenken.

Zu diesen verschiedenen Serien von weltumfliegenden Forschungssatelliten kann man noch weitere spezielle Geräte hinzufügen, die Serie der

Pioneers

Fünf davon wurden von Oktober 1958 bis März 1960 abgeschossen, einer ohne Erfolg. Zwei weitere verflüchtigten sich, nachdem sie beide mehr als 100000 Kilometer von der Erde entfernt waren. Sodann haben sich zwei weitere in künstliche Planeten oder Planetoiden verwandelt; sie tragen die Nummern 2 und 3; der erste davon heißt Lunik I. Ihre Sendeposten konnten noch bis aus einer Entfernung von 750000 Kilometern und 36 Millionen Kilometern von der Erde weg vernommen werden.

Die beiden letzten, IV und V, die anscheinend immer noch auf ihrer die Sonne umkreisenden Laufbahn sind, zeigen die nachstehenden charakteristischen Merkmale; Gewicht: 6 respektive 40 Kilogramm; Länge: einige Zentimeter und 66 Zentimeter. Umdrehungszeit von Pioneer V 311 Tage. Der vorhergehende, der als Mondumkreisungsgerät vorgesehen war, hat sich in ein Planetoid verwandelt, und zwar nach dem gleichen Mißgeschick, das einem Lunik zugestoßen war. Sein Sonnenkreislauf scheint unbekannt geblieben zu sein. Sonnenferne und Sonnennähe (Distanzen auf die Sonne bezogen) für Pioneer V allein betragen 147 respektive 119,5 Millionen Kilometer.

Die für den Abschuß von Pioneer IV und V verwendeten Raketen waren: Juno II, vierstufig, bestehend aus Zusammensetzungen von Jupiter und 11 Sergeants, 25 Meter hoch und von einem Gesamtschubgewicht von 68 Tonnen, sowie Thor-Able IV, von 24,5 Metern und einem Startgewicht von 47 Tonnen, also fast genau eine Tonne pro Tonne Satellit.

Der Zweck dieser Geräte ist die Erforschung der Bedingungen, welche in Räumen weitester Entfernung vorherrschen und die direkt oder indirekt von großer Wichtigkeit sind für die spätere Luftschiffahrt von Raumschiffen oder gar von Kampfmitteln, welche gegen Satellitensysteme wirken könnten, welche zu militärischen Zwecken gebraucht werden. (Schluß folgt)

Wissenschaftliche Planung im Militärwesen

Von Professor Dr. Ernst P. Billeter und Heinrich Eichenberger
(Institut für Automation und Operations Research, Universität Freiburg-Schweiz) (Schluß)

II. Praktische Anwendung bei einem Problem der Luftraumverteidigung

Das gestellte Problem bestand darin, ein Fliegerabwehr-Dispositiv zu finden, das einerseits einen verlangten Schutz garantiert, andererseits ein Minimum an Aufwand erfordert. Oder genauer gesagt, es ist die Anzahl der Lenkwaffenstellungen und die in den Stellungen gelagerte Anzahl der Lenkwaffen zu minimieren, welche notwendig ist, um einen Luftangriff erfolgreich abzuwehren, das heißt dem Feind mindestens eine bestimmte Verlustquote zuzufügen. Daß ein solches Minimum an Aufwand die erforderliche Wirkung erzielt, bedingt natürlich, daß das Stellungssystem eine optimale Verteilung der Kräfte darstellt.

Wie in den meisten praktischen Fällen, läßt sich auch das vorliegende Problem nicht eindeutig in eines der von der Theorie behandelten Modelle des Operations Research kleiden. Es handelt sich vielmehr um ein Problem eigener Art, das sich von den strategischen Entscheidungsproblemen unterscheidet. Der grundlegende Unterschied liegt darin, daß der Verteidiger beim vorliegenden Problem seine Strategien im Gegensatz zum Angreifer nicht beliebig und nicht mit genügender Flexibilität verändern kann. Der Angreifer hat nämlich die Möglichkeit, die für ihn ungefährlichsten Angriffswege auszukundschaften und immer an der schwächsten Stelle des Luftverteidigungs-Dispositivs einzufliegen. Es ist somit für den Verteidiger unerläßlich, prinzipiell für den «schlimmsten Fall» zu disponieren.

Grundsätzlich ist die Abwehrwirkung der Batterien von ihrer Aufstellung abhängig. Dabei ist die Wirkung einer einzelnen Lenkwaffenstellung von vielen Tatsachen abhängig, das heißt eine Funktion von vielen Vektoren. Als Vektoren sind zum Beispiel die technischen Eigenschaften der Lenkwaffe, die Höhe und Geschwindigkeit der feindlichen Flugkörper und die Entfernung, in welcher der Flugkörper an der Stellung vorbeifliegt, anzusehen. Die Wirkungsfunktionen sind nur in ganz kleinen Bereichen ableitbar, denn sie sind durch Grenzfälle charakterisiert. Entweder kommt eine Batterie infolge ihrer Entfernung und ihrer Bereitschaft zum Schuß, zum Nachschuß usw. oder eben nicht. Zwischenlösungen gibt es nicht. Diese Tatsachen bergen insofern Schwierigkeiten, als die Wirkungen nicht ohne weiteres mittels mathematischer Funktionen formuliert werden können. Es ist deshalb anzunehmen, daß hier die Methoden der gewöhnlichen Analysis wegen der Natur des Problems scheitern werden. Die Lösung muß auf einem anderen Wege gesucht werden, nämlich auf *iterativem Wege mit Hilfe der Simulation.*

Wird angenommen, daß die Feuerstellungen auf einer Geraden liegen, so ist für den Verteidiger jener Angriff am günstigsten, dessen Richtung mit der Stellungslinie einen möglichst kleinen

Winkel bildet. Denn je spitzer dieser Winkel ist, desto zahlreicher sind die Batterien, die den Angreifer unter Beschuß nehmen können. Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet käme naheliegenderweise am zweckmäßigsten ein Zickzacksystem in Frage. Eine solche Konstellation von Feuerstellungen ergibt bei kreisförmigem Schutzgebiet ein sternförmiges Stützpunktdispositiv. Die Feuereinheiten würden sich in diesem Falle auf den innern und den äußern Eckpunkten, sowie auf den Schenkeln der Zacken befinden.

Ein solches sternförmiges Dispositiv hat jedoch einen entscheidenden Nachteil. Eine Angriffsrichtung, die über eine Spitze führt oder einen Schenkel schneidet, ist vom Angreifer aus gesehen ungünstiger als eine Angriffsrichtung, die genau zwischen zwei Zacken verläuft. Der Grund liegt darin, daß die Zacken infolge der Sternform divergieren, das heißt daß die Batterien auf den äußeren Zackenspitzen weiter auseinanderliegen als jene auf den inneren Zackenspitzen. Da nun aber die schwächste Stelle die Gesamtstärke des Systems bestimmt, ist jede Heterogenität im Dispositiv hinsichtlich der Verteidigungskraft unwirtschaftlich. Die stärker dotierten Punkte kommen höchst selten voll zum Zug, da sie umgangen werden.

Es ist daraus der Schluß zu ziehen, daß das Verteidigungssystem möglichst homogen in seiner Abwehrkraft als Rundumverteidigung gestaltet werden muß. Dieser Forderung trägt ein System Rechnung, das im Grenzfalle die gesamte Feuerkraft in einem einzigen Punkte zusammenfaßt. Ein solches System ist aber beim vorliegenden Problem aus technischen Gründen nicht realisierbar. Die optimale Anordnung ist in diesem Fall die Anordnung der Feuerstellungen mit konstantem Zwischenraum auf dem Kreisumfang, dessen Zentrum die Schutzzone ist.

Um die Beziehungen in einem Problem der vorliegenden Art modellmäßig darstellen zu können, müssen sämtliche Daten, die den Angreifer und den Verteidiger kennzeichnen, fest normiert oder als Parameterwert vorgesehen werden.

Ausgegangen wird von der Problemstellung. Diese enthält einerseits die zur Lösung des Problems notwendigen Angaben, die *exogenen Parameter* und andererseits das Ziel, das auf dem Lösungsweg erreicht werden soll. Als exogene Parameter oder Größen, die vom Problemsteller, das heißt von außen gegeben sind, liegen die folgenden vor:

1. die Anzahl der angreifenden Flugzeuge oder Flugkörper
2. die Angaben über die möglichen Formationen
3. die verschiedenen Flughöhen und Fluggeschwindigkeiten
4. die zu erwartenden Atombombenkaliber.

In der Analyse sind nicht weniger als 80 grundsätzlich verschiedene Luftangriffe eingeschlossen, nämlich 5 Formationen, je 4 Fluggeschwindigkeiten und Flughöhen und 4 Atombombenkaliber.

Es wird angenommen, daß alle Angriffe mit konstantem Geschwindigkeitsvektor radial in Richtung des Schutzzonenzentrums verlaufen.

Über die Lenkwaffen sind folgende Angaben vorhanden:

1. die Organisation einer Feuereinheit, Radarausrüstung, Art der Werfer;
2. die Feuerleistung;
3. die Zielwechsel- und Radarbesetzungszeiten;
4. die flugmechanischen Eigenschaften, die vereinfacht durch die maximale Reichweite und die mittlere Geschwindigkeit dargestellt werden können;
5. die Einzelabschußwahrscheinlichkeit.

Von den Z angreifenden Flugzeugen sind Q % abzuschießen, und zwar spätestens auf dem Bombenabwurfkreis. Dieser ist dahin definiert, daß die Explosionswirkung einer Bombe, die auf dem Bombenabwurfkreis abgeworfen wird, unter Berücksichtigung ihrer Bewegung in der Luft, die Schutzzone höchstens berührt. Anhand der Einzelabschußwahrscheinlichkeit ist nun zu berechnen, wieviele Raketen im Durchschnitt auf ein Flugzeug abgefeuert werden müssen. Wird die Einzelabschußwahrscheinlichkeit mit w, die Anzahl der notwendigen Raketen mit x bezeichnet, so berechnet sich x nach der Formel:

$$Q = 1 - (1-w)^x \quad \text{das heißt} \quad x = \frac{\log \ (1-Q)}{\log \ (1-w)}$$

Wird Z mit x multipliziert, erhält man die Anzahl Raketen Z', die im ganzen verschossen werden muß, um den Angriff abzuwehren. Diese Raketen müssen möglichst gleichmäßig auf die angreifenden Flugzeuge verteilt werden. Liegt beispielsweise x zwischen 2 und 3, so müssen auf jedes einzelne Flugzeug in einem bestimmten Verhältnis 2 oder 3 aber nie deren 1 oder 4 abgefeuert werden. Dieses Prinzip folgt aus der rasch sinkenden Grenzwahrscheinlichkeit von x, was aus der angegebenen Formel für Q deutlich zu Tage tritt.

Das Zeil, das erreicht werden muß, wird bekanntlich in einer Zielfunktion formuliert. Im vorliegenden Problem soll als Zielfunktion jenes Verteidigungsdispositiv verstanden werden, das sowohl dem Schutzverlangen genügt als aber auch finanziell am billigsten zu stehen kommt. Als Kostenfaktoren kommen vor allem die Stellungen und die darin gelagerten Raketen in Betracht. Da das Grundprinzip des Systems die Rundumverteidigung ist, muß in jeder Stellung die maximal erforderliche Anzahl von Lenkwaffen zur Verfügung stehen. Damit sind die beiden antagonistischen Funktionen herausgeschält. Je kleiner die Anzahl der Feuerstellungen, desto größer die Anzahl der zu lagernden Raketen und umgekehrt. Mathematisch ist als Zielfunktion das Produkt zu betrachten, das durch Multiplikation der Anzahl Feuerstellungen und der Anzahl Raketen, gewichtet mit den zugehörigen Preisen, entsteht. Die Zielfunktion wird jedoch nur äußerlich von diesen beiden Vektoren gebildet. Im Grunde existiert noch ein dritter Vektor, der in der Zielfunktion nicht in Erscheinung tritt. Es handelt sich um den Radius des Stellungsrings. Eine Feuereinheit, die weit vom Schutzzentrum entfernt liegt, kann den Gegner früher und während längerer Dauer unter Beschuß nehmen. Dies bedeutet, daß die Feuerstellungen in einem Ring mit großem Radius eine größere Einzelwirksamkeit besitzen, als jene, die eng um das Schutzzentrum gruppiert sind. Andererseits kann die Kollektivwirkung eine größere sein, wenn die Batterien nahe um den Mittelpunkt herum stehen; in einem solchen Fall können auch die dem Angreifer abgewandten Stellungen zum Schuß kommen, wenn ihre Reichweite genügt, die Schutzzone zu überschießen. Je größer der Stellungsradius ist, desto kleiner wird der wirksame Sektor für die einzelne Batterie. Die Anzahl der notwendigen Stellungen ist somit auch vom Radius des Stellungsrings abhängig. Wie oben dargelegt, ist jedoch die Anzahl der Stellungen auch mit der Anzahl der darin gelagerten Raketen funktionell verbunden. Ändert etwa die Anzahl der gelagerten Raketen die Anzahl der Stellungen gemäß der Zielfunktion, so ändert sich auch der optimale Radius des Rings. Es ist wichtig, die Wechselwirkung dieser drei Vektoren (Batterien, Raketen, Radius des Stellungsrings) zu erkennen. Hier liegt eine charakteristische Schwierigkeit des Problems, der das zugrunde gelegte System der Berechnung gewachsen sein muß.

Die Zielfunktion und die exogenen Parameter folgen aus der Problemstellung und sind Teile des operations-externen Bereiches.

Aus der Gesamtheit der exogenen Parameter wird das *allgemeine Modell* konstruiert. Allgemein deshalb, weil die Angaben über den Feind erst in absoluter Form und nicht in Beziehung zum Verteidigungssystem vorliegen. Im allgemeinen Modell sind vom Verteidiger nur die technischen Daten seiner Mittel bekannt, nicht aber deren Einsatz-Dispositiv.

Die Größen, welche das Verteidigungssystem beschreiben, treten in diesem Problem als endogene Parameter auf. Die Bezeichnung endogen soll darauf hinweisen, daß diese Parameter vom Lösungssystem selber, also auf der Operationsebene, im Sinne der Zielfunktion festgelegt werden.

Durch die Einlagerung der endogenen Parameter ins allgemeine Modell entsteht das *fixierte Modell* oder die *Situation*. Im fixierten Modell sind alle stereometrischen und kinetischen Grössen, die technischen Daten und die Variablen eingeführt. Damit aber treten wir über vom Modell zum System (vgl. Schema).

Für die Simulation sind die Flugbahnen der Flugkörper und Abwehrwaffen von zentraler Bedeutung. Diese können formelmäßig mittelst der stereometrischen und kinetischen Größen dargestellt werden. Diese beiden Bahngleichungen sind nun als Gleichsystem anzusehen. Reelle Lösungen dieser Gleichungen weisen auf mögliche Schnittpunkte der beiden Bahnen hin; im ganzen sind Z' Schnittpunkte notwendig.

Die Lösung kann auf konventionelle Art oder mit Hilfe eines elektronischen Rechenautomaten erfolgen. Um mit der Vielfalt und dem Charakter der Komplikationen vertraut zu werden, ist es zweckmäßig, einige Beispiele von Hand durchzurechnen, auch wenn ein Rechenautomat eingesetzt wird. Dies geschieht am besten graphisch. Es wird die Anzahl der notwendigen Stellungen abgeschätzt und für jede die zugehörigen allgemeinen Flugbahngleichungen (Distanz Batterie bis Flugzeug = f (t)) erstellt. Diese werden nun graphisch aufgetragen. Unter Berücksichtigung der technischen Kapazitätsgrenzen des Lenkwaffensystems werden alle möglichen Raketenflugbahnen eingezeichnet und die Schnittpunkte mit den Flugbahnen der Flugzeuge ausgezählt. Falls die Anzahl der Schnittpunkte dem Erfordernis nicht genügt, wird eine weitere Batterie eingeführt und die Berechnung beginnt von vorne. Daß dieses Vorgehen mühsam und zeitraubend ist, leuchtet sofort ein. Der hauptsächliche Nachteil liegt darin, daß jede Variation von Parametern die gleiche Rechenarbeit erfordert wie bei den vorhergehenden Berechnungen.

Der Einsatz von elektronischen Rechengeräten erweist sich bei der Lösung von Problemen solchen Umfanges als sehr nutzbringend, um so mehr als dann allgemeingültige *Tafeln* erstellt werden können. Die Hauptschwierigkeit liegt natürlich in der Erstellung des Programms. Es sind einige Kunstgriffe anzuwenden, um die Simulation, also das Durchspielen des zeitlichen Vorganges eines Angriffs und dessen Abwehr, simultan für alle Batterien durchzuführen und derart zu speichern, daß eine Modifikation des Schießplanes möglich ist. Grundsätzlich wird hier eine Graphik (Flugbahn-Diagramm) digital gespeichert.

Zuerst wird eine *Ausgangslösung* ermittelt. Diese ist dadurch charakterisiert, daß sie die kleinste theoretisch mögliche Anzahl von Feuerstellungen aufweist. Ist beispielsweise ein Angriff mit 100 Raketen abzuwehren und ist die in der Angriffsrichtung am weitesten vorgeschobene Stellung in der Lage, während des Angriffes 20 Raketen abzufeuern, so beträgt die kleinste mögliche Anzahl von Batterien 5. Im logistischen Plan wird somit vom allgemeinen Modell direkt zur Modifikation der endogenen Parameter gesprungen. Es liegt natürlich im Interesse einer kurzen Rechenzeit, daß bereits mit einer eventuell möglichen Lösung in den Zyklus der Simulation mit nachfolgenden Modifikationen eingestiegen wird.

Die Darstellung der Simulation und des Schießplanes wird zweckmäßigerweise in einer Matrix zusammengefaßt. Für jede Batterie wird eine Zeile, für jede Welle beziehungsweise jedes Flugzeug wird eine Kolonne geführt. In den Matrixfeldern sind die spezifischen Ein- und Austrittszeiten einer Welle in oder aus dem Wirkungsbereich der betreffenden Batterie vorberechnet. Für jede Batterie und für jede Welle wird ein genaues Protokoll geführt. Dieses gibt Auskunft über die Leistung, den Nutzungsgrad und die laufende Einsatzbereitschaft der Feuerstellungen und Werfer einerseits und über die Abschüsse in den einzelnen Wellen andererseits. Mit den Rechenmethoden der Linearplanung (linear programming) ist es unter diesen Voraussetzungen möglich, für jedes Verteidigungssystem den optimalen Schießplan zu berechnen.

Ist die Simulation abgeschlossen, so wird entschieden, ob im Sinne der Zielfunktion die optimale Lösung vorliegt oder nicht. Je nachdem wird die Lösung ausgegeben oder eine weitere Modifikation der endogenen Parameter, das heißt eine weitere Iteration durchgeführt.

Anwendungsmöglichkeit

Der Anwendungsbereich der dargelegten wissenschaftlichen Planungsmethoden im Dienste der Landesverteidigung erschöpft sich aber nicht in den dargelegten Beispielen. Die Generalstäbe ausländischer Armeen haben in enger Zusammenarbeit mit den wissenschaftlichen Stellen Taktik-Analysen für Boden- und Luftstreitkräfte erfolgreich angestellt und Fragen des Nachschubs und der Verteilung, sowie Munitions-, Material- und Treibstoff-Dispositionsprobleme im rückwärtigen Raum gelöst. So könnte für die Luftwaffe untersucht werden, wie groß die Ersatzlager an Triebwerken, Tragflächen, Fahrgestellen usw. sein müssen, wieviele Motoren und Raupen für die Panzerwaffe bereitzustellen sind, um den zeitgerechten Einsatz der entsprechenden Waffen und Waffenträger im Ernstfall zu gewährleisten. Wieviel Treibstoff und Material muß unter bestimmten Annahmen von Ernstfallsituationen gelagert werden, und wo sollen sich diese Lager befinden? Wichtige Fragen in diesem Zusammenhang betreffen aber auch die wissenschaftliche Kriegsvorsorge.

Wie sehr die wissenschaftliche Auswertung bestimmter Ernstfallsituationen als notwendig empfunden wird, geht auch daraus hervor, daß das amerikanische Heer neuerdings mit fahrbaren elektronischen Rechenautomaten ausgerüstet wird, und daß die Ergebnisse von Flugbeobachtungen sofort im Flugzeug selber elektronisch mittels sogenannten «airborne computers» ausgewertet und bestimmten Bodenstellen drahtlos übermittelt werden.

Solche wissenschaftliche Planungen können nicht nur bei den Armeen von Großstaaten betrieben werden, sondern auch bei solchen kleinerer Länder. Man könnte sogar noch weiter gehen und behaupten, daß vor allem die Kleinstaaten mit ihren beschränkten Mitteln und Möglichkeiten die wissenschaftlichen Planungsmethoden mit großem Nutzen einsetzen können, und diesen daher vermehrtes Interesse entgegenbringen müßten.

Literatur

1 Richard Ruggles – Henry Brodie, An Empirical Approach to Economic Intelligence in World War II (Journal of the American Statistical Association, Vol. 42, 1947, Nr. 237, March, S. 72–91)

2 Abraham Wald, Sequential Analysis (John Wiley, New York 1947).

3 Nicolas Metropolis – S. Ulam, The Monte Carlo Method (Journal of the American Statistical Association, Vol. 44, 1949, Nr. 247, September, S. 335–341).

4 Rand Corporation, A Million Random Digits with 100 000 Normal Deviates (The Free Press, Publishers, Glencoe, Illinois, 1955).