Operations Research

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **80 (1962)**

Heft 4

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-66091

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

für Haupt- und Zusatzlasten; damit ergeben sich rechnerische Sicherheiten von $n_F = 1{,}5$ bzw. $n_F = 1{,}33$ gegen Erreichen der Fliessgrenze $\sigma_F = 2{,}4$ t/cm². Diese Sicherheiten dürfen wohl kaum mehr verkleinert werden, auch deshalb nicht, weil sonst die Proportionalitätsgrenze $\sigma_P = 1{,}9$ t/cm² unter Gebrauchslast überschritten würde. Die Sicherheit gegen Erreichen der Fliessgrenze wird aber nur durch eine Bemessung nach der Elastizitätstheorie und nicht nach dem Traglastverfahren gewährleistet. Wenn dabei eine grössere Bruchsicherheit vorhanden ist, als sie von den Normen verlangt wird, so ist das höchstens ein wirtschaftlicher Nachteil; das Tragwerk ist nicht mit dem kleinstmöglichen Materialaufwand konstruiert.

Die wirtschaftliche Bemessung eines Tragwerks verlangt eine möglichst gute Materialausnützung in möglichst vielen Querschnitten, derart, dass die Kosten aus Material und Bearbeitung minimal werden. Man wird deshalb nur bei untergeordneten Bauteilen unverstärkte Walzprofile mit minimalen Bearbeitungskosten aber grösserem Materialaufwand verwenden; bei allen wichtigeren Bauteilen ist zur Erzielung einer wirtschaftlichen Lösung eine gute Anpassung der Querschnitte an die Momente und Schnittkräfte notwendig. Diese Anpassung ist aber nur möglich, wenn eine zuverlässige Berechnung nach der Elastizitätstheorie vorliegt; das Traglastverfahren ist nicht in der Lage, uns hier die erforderlichen Grundlagen zu liefern. Prof. *K. Sattler* hat kürzlich gezeigt, dass, mindestens für europäische Verhältnisse, das Traglastverfahren häufig nicht auf die wirtschaftlichsten Lösungen führt [8]).

Schlussfolgerungen

Ein statisch unbestimmtes Tragwerk bleibt auch dann statisch unbestimmt, wenn in einzelnen Querschnitten die Proportionalitätsgrenze oder die Fliessgrenze des Materials überschritten wird. Dies bedeutet, dass auch im überelastischen Belastungsbereich neben den Gleichgewichtsbedingungen auch die Formänderungsbedingungen gültig bleiben. Das Ungenügen des Traglastverfahrens beruht darauf, dass es diese grundlegende Tatsache missachtet, und seine «Einfachheit» erweist sich bei näherer Prüfung als unzulässige Primitivität.

Unter *statischer Belastung* besitzen nach der Elastizitätstheorie berechnete statisch unbestimmte Tragsysteme gegenüber einem statisch bestimmten Vergleichstragwerk dann einen Sicherheitsüberschuss, wenn der Querschnittsverlauf dem Verlauf der inneren Kräfte nicht angepasst ist. Dieser Fall kommt in der Konstruktionspraxis bei untergeordneten Bauteilen vor, bei denen man die Gesamtkosten durch Kleinhaltung der Bearbeitungskosten (glatte Walzprofile) und zu Lasten eines vergrösserten Materialaufwandes klein zu halten sucht. Hier kann der Sicherheitsüberschuss in der Regel deshalb nicht ausgenützt werden, weil sonst unter Betriebslast bleibende Formänderungen mit ihren nachteiligen Folgen auftreten würden. Das Traglastverfahren überschätzt diesen Sicherheitsüberschuss. Bei allen wichtigeren Bauteilen ist es dagegen Aufgabe einer wirtschaftlichen baulichen Ausbildung, die Tragwerksquerschnitte unter Beachtung der Zusammenhänge zwischen Steifigkeitsverteilung und innerem Kräfteverlauf den beanspruchenden Kräften möglichst sorgfältig anzupassen («Materialverteilung»). Je besser dies gelingt, um so kleiner wird der Sicherheitsüberschuss. In solchen Fällen hat das Traglastverfahren seinen Sinn verloren.

Unter *oft wiederholter Belastung* («Ermüdung») entspricht das Tragverhalten statisch unbestimmter Tragwerke auch bei ungleichmässiger Materialausnützung der Elastizitätstheorie; das Traglastverfahren hat hier überhaupt nichts mehr zu suchen.

Wenn ein Vertreter der theoretischen Mechanik sich mit plastizitätstheoretischen Untersuchungen beschäftigt, so kann er geltend machen, dass die theoretische Mechanik durchaus das Recht besitze, sich ideale Baustoffe durch Definition zu schaffen, und dass aus solchen Untersuchungen vielleicht an sich theoretisch interessante Ergebnisse resultieren können. Eine Uebertragung solcher Ergebnisse auf die Bemessung von Tragwerken, die aus wirklichen und nicht aus idealisierten Baustoffen bestehen, muss jedoch abgelehnt werden, so lange sich daraus nicht eine Verbesserung, sondern, wie im Falle des Traglastverfahrens, nur eine Verschlechterung der baulichen Qualität ergibt. Sollte jedoch die Befürwortung des Traglastverfahrens als Entgegenkommen an jene Leute gedacht sein, die die normalen und bei normaler Begabung erlernbaren Methoden zur Berechnung statisch unbestimmter Tragwerke nicht beherrschen, so müsste die Einführung einer solchen «Baustatik für Schwachbegabte» erst recht abgelehnt werden.

[8]) *K. Sattler:* Ueber die sinnvolle Berechnung zur Konstruktion. «Stahlbautagung Berlin 1960». Veröffentlichungen des Deutschen Stahlbauverbandes, H. 14.

Operations Research

DK 658

Die Schweizerische Vereinigung für Operations Research, ein neuer Zweig der Schweizerischen Gesellschaft für Statistik und Volkswirtschaft, führte am 15. und 16. September 1961 an der ETH ihre Eröffnungstagung durch. Das grosse Interesse, das dieser Vereinigung und der Tagung von allen Seiten entgegengebracht wurde, äusserte sich darin, dass ihr Präsident, Professor Dr. *H. P. Künzi*, in seiner Ansprache die Vertreter der Bundes-, Kantons- und Stadtbehörde, der Hochschulen, sowie Delegierte von deutschen und österreichischen Gesellschaften und nahezu 500 Teilnehmer begrüssen konnte. Dieses Interesse ist berechtigt, vermochte doch das neue unternehmerische Hilfsmittel — Operations Research — als *Sammelbegriff für den Einsatz der verschiedensten mathematischen Techniken bei der Lösung der unternehmerischen Probleme* bereits beträchtliche Erfolge aufzuweisen.

Professor Dr. *F. Scheurer* überbrachte die Grüsse der Muttergesellschaft, deren Präsident er ist, und wies in seiner Ansprache auf die zunehmende Mathematisierung der Wissenschaft hin. Anschliessend sprach Prof. Dr. *E. Stiefel*, Direktor des Instituts für angewandte Mathematik an der ETH über

Entwicklung der mathematischen Methoden zur Lösung von Extremalproblemen

Viele Stellen versuchen durch Lösung von Extremalproblemen optimale Entscheidungen zu treffen. Mit solchen Problemen hat sich die klassische Mathematik seit Bernoulli und Euler befasst. Jedermann ist die Methode der horizontalen Tangente an eine gegebene ebene Kurve geläufig. Im dreidimensionalen Raum tritt anstelle der Tangente die Tangentialebene. Schwierigkeiten ergeben sich, sobald mehrere lokale Extrema vorliegen, und man das globale Extrem ermitteln will.

Auch die Natur handelt gemäss Extremalwerten; die Reflexion eines Strahles geschieht so, dass der Weg zwischen zwei Punkten über eine Reflexionsebene minimal wird. Eine weitere Methode zum Auffinden der Extrema ist die des «stärksten Abstieges». Dieser Weg führt möglicherweise auf ein Nebenminimum. Man kann aber zuerst die Sattelpunkte bestimmen und von diesen ausgehen. Solche Probleme werden vor allem in der Topologie untersucht, um deren Entwicklung sich Morse verdient gemacht hat.

Am Beispiel des Mora-Spieles wurde anschliessend die Spieltheorie erklärt. Bei graphischer Lösung erhält man einen Polygonzug, woraus das beste Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten, mit welchen ein Spieler seine Strategien spielen soll, abgelesen werden kann. Anstelle der Kurve beim rein theoretischen Problem tritt also ein Polygonzug, bzw. räumlich anstelle der topographischen Fläche ein Polyeder. Hiermit betritt man das Gebiet, in welchem noch vieles zu leisten ist, obwohl schon manches erreicht wurde. In diesem Zusammenhang ist besonders der bereits im Alter von 31 Jahren verstorbene *Walter Ritz* mit seinen Arbeiten über die Variationsrechnung zu erwähnen.

Spieltheoretische Ueberlegungen liegen auch dem Referat von Prof. Dr. *W. Krelle,* Universität Bonn, Deutschland, zugrunde, der über

Optimale Entscheidungen bei Unsicherheit

sprach. Als offizieller Vertreter der deutschen Gesellschaft für Unternehmensforschung übermittelt er der neugegründeten Schweizerischen Vereinigung die Glückwünsche der deutschen Schwestergesellschaft. Die Unsicherheit ist ein wesentliches Element aller Entscheidungen. Man legt das Verhalten in der Zukunft fest, ohne die Reaktion der Umwelt mit Sicherheit zu kennen. Es sei Aufgabe der Unternehmensforschung, aus einer gegebenen Anzahl von Entscheidungsmöglichkeiten die ungünstigen Entscheide auszuschliessen. Es werden dabei vor allem die Methoden der Spieltheorie angewendet. Auf wirtschaftlichem Gebiet handelt es sich vor allem um «Spiele gegen die Natur», was zu bedeuten habe, dass sich die Natur zufällig verhält und die Entscheide der Umwelt nicht etwa bösartig und gegen die Firma gerichtet seien. Hat eine Firma n und die Umwelt m mögliche Strategien, so können für jede Kombination die Gewinne der Firma bestimmt, und in einer $n \cdot m$-Matrix festgehalten werden.

Nun entstehen verschiedene Fälle, je nachdem ob a) die Eintreffenswahrscheinlichkeit den Umweltsstrategien bekannt oder unbekannt ist, oder b) der Firmenentschluss vor oder nach dem Umweltsentschluss (Sicherheit) gefasst wird, oder c) ob ein gefasster Entschluss gewechselt werden kann oder nicht, oder d) ob endlich viele oder unendlich viele Strategien bestehen.

Der Referent hat drei Axiome aufgestellt, die festlegen sollen, wann ein Verhalten (Strategie) bei Unsicherheit rational ist und wann nicht. Für die Lösung solcher Probleme muss weiter bekannt sein, welche Risiken die Firma bereit ist einzugehen. So kann z. B. die Strategie S_1 einen Gewinn von 20 oder von 100 einbringen, die Strategie S_2 dagegen einen solchen von 50 oder 70; welche soll nun gewählt werden? In einem Diagramm kann man jeder Gewinnmöglichkeit einen Risikoindex zuordnen. So erhält man eine Bewertungsfunktion, welche die Risikofreudigkeit bzw. die Risikoscheu der Firma darstellt. Diese Bewertungsfunktion kann man durch eine besondere Befragungsmethode ermitteln.

Es wurden noch einige Entscheidungsmöglichkeiten diskutiert, wie: der kleinstmögliche Verlust, der grösstmögliche Gewinn, das Niehans- bzw. «minimum regret»-Prinzip (kleinstes Bedauern bei Fehlentscheiden, bei welchen aber das 3. Axiom nicht eingehalten wird). Nach wie vor gilt aber für die Unternehmer: «Wer nicht wagt, der gewinnt nicht».

Zukünftige Entwicklungen in der Operations Research

Hierüber berichtete in englischer Sprache Professor Dr. *G. B. Dantzig,* University of California USA, der die Simplex-Methode zur Lösung des linearen Programmierens entwickelt hat. Kleine Industrieunternehmen können von einer einzelnen leitenden Person überblickt werden. Mit wachsender Betriebsgrösse entgleitet diese Uebersicht dem einzelnen Individuum. Sie kann von einem Kollegium von leitenden Personen aufrecht erhalten werden. Für grösste Organisationen ist aber auch das nicht mehr möglich, so dass wissenschaftliche Methoden zur Kontrolle dieser Systeme notwendig wurden. Auf diese Art entstand der neue Wissenschaftszweig des Operations Research, das sich damit befasst, eine Entscheidungstheorie zu entwickeln, mit deren Hilfe vor allem Probleme der Produktion und Administration gelöst werden.

Bisher gaben meist konkret vorliegende militärische Probleme die Anstösse zur Forschung auf dem Gebiet des Operations Research. Erst heute sieht man die Notwendigkeit der systematischen Forschungsarbeit auch auf andern Gebieten ein. Diese Arbeiten werden aber von militärischer Seite unterstützt und deshalb werden auch die meisten Ergebnisse diesen Stellen vorbehalten. Die zivilen Anwendungen sind eigentlich Nebenprodukte dieser grossen Arbeiten. Von seinen jüngsten Arbeiten am Institut in Kalifornien erwähnte Professor Dantzig die Methode der dezentralisierten Entscheidungen, bestehend aus folgendem Kreislauf: Globaler Produktionsplan einer zentralen Planungsstelle — Teilpläne an untergeordnete Instanzen zur Stellungnahme — zurück an zentrale Planungsstelle und Modifizierung des Planes — Wiederholen bis keine Verbesserungen mehr möglich sind.

Bei diesem Verfahren wird die Tatsache berücksichtigt, dass das globale Optimum eines Betriebes nicht mit den Optima seiner einzelnen Elemente zusammenfällt. Diese Methode, welche ein konkretes Schema für den Ablauf einer Planung festlegt, bietet weitere beträchtliche Vorzüge bei der Behandlung von sehr umfangreichen Problemen mit der Hilfe von elektronischen Rechenmaschinen, was an einem Zahlenbeispiel eindrücklich erläutert wurde.

Aehnliche Gedankengänge verfolgte auch Univ.-Dozent Dr. *A. Adam,* Wien, in seinem Vortrag über

Grundfragen einer statistischen Technologie.

Als Modell für ein Unternehmen wird ein Regelkreis gewählt, bei dem der Betrieb als Regelstrecke aufzufassen ist. Nachrichtenströme des Betriebes, seiner Umwelt (Beschaffungs- und Absatzmärkte) und die Informationen für die Betriebsführung werden durch mathematisch-statistische Methoden in Nutz- und Störinformationen getrennt. Operations Research wirkt solcherart als Nachrichtenfilter und bildet Entscheidungsunterlagen für die Betriebsführung, deren Anordnungen damit zu optimalen Zielgrössen (Ausbeute) führen. Im Anschluss an diese grundsätzlichen Gedanken stellte der Referent das Prinzip des Informationsflusses in einem Blockschaltbild dar, deutete die mathematische Formulierung des Modells und zeigte den Lösungsweg für eine optimale Lösung. Der Vortrag schloss mit der Feststellung, dass es mit den gezeigten Methoden gelingt, das «Betriebsgeschehen» mathematisch zu formulieren. Dadurch ist es möglich, eine Versuchsplanung mit dem Betrieb als Versuchsobjekt durchzuführen und den betrieblichen Prozess so zu führen, dass er einem Optimum zustrebt.

Professor Dr. *E. Billeter,* Universität Freiburg, hat die Wichtigkeit der Statistik in Operations Research noch mehr hervorgehoben; in seinem Referat sprach er über

Wesen und Anwendungsmöglichkeiten des Operations Research

Operations Research-Methoden sind dort zu verwenden, wo Entscheidungen zu treffen sind, über die im allgemeinen nur statistisches Material erhältlich ist, und zwischen Entscheidungen zu wählen ist, über welche der gesunde Menschenverstand zur Auswahl nicht mehr genügt. Die Entscheidungen müssen somit quantifizierbar sein, was nicht immer ohne Schwierigkeiten zu erreichen ist. Zum Teil liegen diese darin, dass der Praktiker in der Wirtschaft die mathematischen Methoden nicht versteht, während es dem Mathematiker schwerfällt, die wirtschaftlichen Probleme zu sehen.

Operations Research und Betriebswissenschaft

war das Thema des Vortrages von Professor *W. Daenzer,* Direktor des Betriebswissenschaftlichen Instituts der ETH. Das Erkenntnisobjekt der Betriebswissenschaft ist, wie der Name ausdrückt, der Betrieb. Ihr Ziel besteht darin, die Einflüsse zu erfassen, die sein Leben und Wirken bestimmen. Die Wissenschaftlichkeit bei der Verfolgung dieses Ziels liegt in den angewandten Behandlungsmethoden. In der Praxis versucht man, die verschiedenen betrieblichen Merkmale mit ihren Einflussgrössen zu erfassen. Dann werden die Zusammenhänge zwischen diesen Grössen gesucht und dargestellt und daraus schliesslich die technisch oder wirtschaftlich richtige Verhaltensweise bestimmten möglichen Situationen gegenüber ermittelt.

Die betrieblichen Vorgänge sind zum grössten Teil stochastische Prozesse und die betrieblichen Einflussgrössen sind nicht immer in einfachen physikalischen Einheiten quantifizierbar. Aus diesem Grunde gelangen hier sämtliche Methoden des Operations Research zur Anwendung. Das Ziel der betriebswissenschaftlichen Arbeit besteht im Aufdecken der verschiedenen Zusammenhänge und in deren Vergleich

mit der Praxis. Es beeinflusst die Wahl der mathematischen Methoden. Von Bedeutung sind vor allem die mathematische Statistik und die Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Bei den heutigen Problemen dieses Wissenschaftszweiges sind rund 90 % der anfallenden mathematischen Probleme solche der Verteilung, also statistische Erfassungen. Etwa 9 % sind Korrelations- und Regressionsprobleme. Auf den Rest, also 1 %, lassen sich zum Teil Methoden des Operations Research anwenden. Unter diesen wenigen Problemen befinden sich aber die wichtigsten; z. B. solche, die darin bestehen, langfristig auswirkende Entscheidungen zu treffen, so dass auch relativ kleine Fehler wirtschaftlich sehr stark ins Gewicht fallen können.

Um rechnen zu können, sind aber oft Vereinfachungen des mathematischen Modells notwendig; sie erfordern eine Beurteilung ihrer Zuverlässigkeit; denn sie beeinflussen die Lösungen; diese dürfen daher nicht als absolut richtig angesehen werden, sondern sind immer kritisch zu sichten.

Für die Lösung solcher Probleme ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Mathematikern und Betriebsingenieuren notwendig. Am Betriebswissenschaftlichen Institut der ETH besteht sie und hat sich bis heute gut bewährt.

Während die bisher besprochenen Vorträge die Uebersicht über Operations Research als Ganzes vermittelten, befassen sich die weiteren Berichte mit einzelnen Problemen aus der Praxis. Professor Daenzer hatte bereits darauf hingewiesen, dass die betrieblichen Vorgänge grösstenteils stochastische Prozesse sind, d. h. solche, bei welchen einzelne Zustände nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind. Nun zeigte Professor Dr. *E. Henn* von der Handelshochschule St. Gallen einige Beispiele für

Wirtschaftliche Anwendungsmöglichkeiten stochastischer Prozesse

Die Eintrittswahrscheinlichkeit für einen ganz bestimmten Zustand ist möglicherweise von sämtlichen vorangegangenen Zuständen abhängig. Ein Spezialfall liegt dann vor, wenn die Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten der verschiedenen Zustände zu einem bestimmten Zeitpunkt nur vom unmittelbar vorher herrschenden Zustand abhängen, mit anderen Worten: wenn anhand des im Moment herrschenden Zustandes ohne Berücksichtigung der Vorgeschichte die Wahrscheinlichkeiten für die verschiedenen möglichen Zustände im nächsten Moment festgelegt werden können. In diesem Fall spricht man vom Markoff'schen Typ eines stochastischen Prozesses. Erst dieser Spezialfall wird heute relativ gut beherrscht, so dass man immer versucht, ein allgemeines Problem auf ihn zurückzuführen. Beispiele für solche Prozesse aus der Industrie sind: Terminplanung, Auftragsbearbeitung, Nachrichtenvermittlung, Produktionskontrolle, innenbetriebliches Transportwesen usw. Ein Schulbeispiel liegt beim Einproduktbetrieb mit unregelmässigem Absatz vor, bei dem die Wahrscheinlichkeiten für den Absatz bestimmter Mengen bekannt sind. Ferner ist die Geschäftspolitik für die Produktion und die Lagerbewirtschaftung in Form von Restriktionen bekannt. Auf Grund dieser Angaben kann man am Ende jeder Periode alle möglichen Zustände bestimmen. Wir fragen nun nach der Wahrscheinlichkeit, mit welcher jeder Zustand im jetzigen Zeitpunkt in einen möglichen Zustand im nächsten Zeitpunkt (Periode) übergehen kann. Diese Uebergangswahrscheinlichkeit wird in einer Uebergangsmatrix dargestellt, welche die mathematische Grundlage für sämtliche Berechnungen bildet.

Als weitere Beispiele wurden genannt: Ein Stromnetz wird durch eine gewisse Anzahl intermittierend arbeitender Maschinen unregelmässig belastet. Ueber die Benützungsdauern und die Verteilung der Unterbrechungen werden Erhebungen gemacht. Aus diesen Grundlagen kann für jeden Zeitpunkt t die Anzahl der gleichzeitig betriebenen Maschinen, der zugehörige Mittelwert und die zugehörige Streuung berechnet werden. Ein anderes Beispiel behandelt Produktionsengpässe. Der Auftragszugang, die Planungs- und Ausführungsdauer sind stochastisch unabhängige Grössen. Berechnet wird die Anzahl Aufträge in jedem Kanal zu verschiedenen Zeitpunkten und die Gesamtzahl der bearbeitbaren Aufträge.

Sind die Reparaturkosten bei grossem Maschinenpark gross, dann lohnt es sich, mit Operations Research-Methoden die optimale Grösse der Reparaturabteilung zu bestimmen. Bei zu kleinen Reparaturabteilungen sind die Maschinenausfallzeiten zu lang, bei zu grossen dagegen entstehen Wartezeiten, die ebenfalls unnötige Kosten mit sich bringen. Dieses Beispiel wird mit Hilfe der Monte Carlo-Simulation gelöst. Es wird das Verhalten der einzelnen Maschinen in bezug auf Reparaturanfälligkeit im Betrieb ermittelt, das Zusammenspiel im ganzen Maschinenpark aber in einem mathematischen Modell simuliert. Für jede gewählte Grösse der Reparaturabteilung lassen sich die Gesamtkosten durch Simulation ausrechnen und die kostengünstigste Alternative auswählen. Dafür werden die elektronischen Rechenmaschinen eingesetzt.

Ueber die praktischen Probleme im Einsatz der elektronischen Rechenmaschine sprach Dr. *E. M. Beale* vom Center of Economic and Industrial Research (CEIR), London, in seinem Vortrag:

Some uses of computers in Operations Research

Als der Referent noch bei der britischen Marine tätig war, entwickelte er ein nach ihm benanntes Verfahren zur Lösung gewisser nichtlinearer Programme. Bei der Lösung von Operations Research Problemen ist man schon bei relativ kleinen Problemen auf elektronische Rechenmaschinen angewiesen. Dabei treten vor allem zwei Typen von Schwierigkeiten auf: Erstens besteht mehr als die Hälfte der Arbeit bei der Durchrechnung eines Modells aus logischen Entscheidungen, die für den menschlichen Geist relativ einfach sind, die aber von Rechengeräten nicht ohne weiteres getroffen werden können. Zweitens fehlen in der Praxis und damit auch im zu behandelnden Modell sehr oft die für die Rechenmaschine notwendigen genauen Ausgangsdaten, und es können meistens nur Wertbereiche angegeben werden. Hier sind in letzter Zeit einige Fortschritte erreicht worden. Die unheimliche Rechengeschwindigkeit und die riesige Speicherkapazität der modernen elektronischen Rechenmaschine gestattet, die in Wirklichkeit ablaufenden Vorgänge mathematisch zu simulieren und auf diese Weise zu Lösungen zu kommen.

Beispiel: Für eine zu untersuchende Fliegerabwehrwaffe kennt man nur die Grundwahrscheinlichkeit für die Abschussmöglichkeiten, die Wahrscheinlichkeitsverteilung hingegen lässt sich nicht mathematisch fassen. In diesem Fall ist es notwendig, die verschiedenen Umgebungssituationen, deren Zusammenspiel zu einem Abschuss führen oder auch nicht führen kann, im Rahmen ihrer Möglichkeiten in der Rechenmaschine rein zufällig, somit der Wirklichkeit entsprechend, aufeinander einwirken zu lassen. Um allgemeingültige Resultate zu erhalten, ist eine grosse Zahl von Durchgängen notwendig.

Unumgänglich ist der Einsatz von elektronischen Rechenmaschinen bei der Lösung von linearen und nichtlinearen Programmen. Solche Programme werden oft sehr umfangreich, manchmal sogar zu umfangreich für die zur Zeit bestehenden Rechenmaschinen. Aus diesem Grunde gewinnen heute mehr und mehr neben der von Professor Dantzig entwickelten universellen Lösungsmethode (Simplex-Methode) spezielle, aber nur für bestimmte Probleme geeignete Verfahren an Bedeutung. Es ist somit heute notwendig, bei jedem Problem, das in irgend einer Richtung ein Spezialfall ist, nach einem gegenüber der Simplex-Methode einfacheren Lösungsverfahren zu suchen.

Trotzdem die Rechenmaschinen in den letzten Jahren bezüglich Geschwindigkeit und Speicherkapazität eine riesige Entwicklung erfahren haben, können sie auf gewissen Gebieten des Operations Research kaum mit den an sie gestellten Forderungen Schritt halten. Heute bestehen bereits für verschiedene Probleme theoretische Lösungen, deren praktische Anwendung aber zur Zeit noch nicht in Frage kommt. Für verschiedene Zweige des Operations Research ist es notwendig, so unwahrscheinlich diese Forderung für den Aussenstehenden auch tönen mag, dass Rechenmaschinen grösserer Leistungsfähigkeit entwickelt werden.

Sowohl Professor Dantzig wie auch Dr. Beale haben in ihren Berichten den Einsatz der Operations Research in militärischen Studien erwähnt. Auch in der schweizerischen Armee verfolgt man die Entwicklung mit Aufmerksamkeit und betrachtet Operations Research nach Definition von Dr. Kittel als eine wissenschaftliche Methode, um den verantwortlichen Chefs die zahlenmässigen Grundlagen für ihre Entscheidungen zu liefern.

A. Guisolan, Major im Generalstab, berichtete in seinem Referat

Travaux de planification militaire et recherche opérationnelle

über die Erfahrungen, die gemacht wurden, als man Ende 1959 zum ersten Mal Operations Research-Methoden angewendet hat, um den Entscheid für die Beschaffung einiger Flabwaffen zahlenmässig zu untermauern. Es bestehen heute noch grosse Hindernisse für die umfassende Einführung des Operations Research in die Armee. Das Hauptproblem bildet die Personalfrage. Es ist sehr schwierig, geeignete Leute zu finden, weil keine Misserfolge in Kauf genommen werden dürfen. Eine Möglichkeit zur Lösung dieser Probleme liegt vielleicht in der Zusammenarbeit mit Hochschulinstituten (wie z. B. in Deutschland, Anm. des Berichterstatters) oder in der Gründung eines wissenschaftlichen Zentrums mit anderen interessierten Kreisen, z. B. der Industrie zusammen.

Einen anderen Weg als den, den Professor *Henn* bei der Lösung der Lagerhaltungsprobleme zeigte, wählte P. D. Dr. *E. Soom* von Landis & Gyr, Zug, als er über

Industrielle Lagerhaltungsprobleme

sprach. Die Lagerhaltung ist ein Kostenproblem in zweifacher Hinsicht: Einerseits entstehen Lagerhaltungskosten, anderseits entstehen Kosten durch Nichtverfügbarkeit eines Gutes in Folge zu knapper Lagerhaltung. Will man die ersten senken, steigen die zweiten an und umgekehrt. Irgendwo muss ein Optimum liegen. Es ist daher folgende Frage zu beantworten: In welchen Intervallen soll wieviel aufgegeben werden?

Dem Referenten geht es vor allem darum, einem Disponenten einfach zu handhabende Regeln zu geben, mit welchen er die Lagerbestände optimal zu bewirtschaften hat. Jede etwas kompliziertere mathematische Methode, die bei der enormen Zahl der Artikel, die es in einer Firma zu bewirtschaften gibt, ist auch für den Einsatz der elektronischen Rechenmaschine ungeeignet, mag sie theoretisch noch so einwandfrei sein. Ausserdem würde diese vielleicht genaue Formel zur Berechnung der Lösung ohnehin mit einer stets mit Unsicherheiten behafteten Bedarfsentwicklung verknüpft. Somit würde also der Fall einer genauen Rechnung, die sich auf ungenaue Ausgangsgrössen stützt, vorliegen. Daraus wird ohne weiteres ersichtlich, dass es nicht wirtschaftlich sein kann, die Rechengenauigkeit allzuweit zu treiben. Aus diesem Grund ist es zweckmässig, die wirklichen Lagerabgangsverhältnisse in der Rechnung stark zu vereinfachen.

Eine solche Vereinfachung besteht darin, dass die Artikelmengen in Klassen oder Pakete eingeteilt werden, in jedem Paket eine bestimmte Menge der Artikel. Weiter wird angenommen, dass nur in Paketeinheiten bezogen werden kann, und der Abgang dieser Pakete nach einer normierten Binominalverteilung erfolgt, die aus den effektiven Bezügen zu bestimmen ist. Unter diesen Voraussetzungen ist es möglich, das Problem mit einem einmaligen grossen Rechenaufwand so zu lösen und die Ergebnisse für den praktischen Gebrauch in Tabellen darzustellen. In der Praxis ist also ein Kompromiss zu schliessen zwischen Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit.

Diesen Kompromiss versuchte auch Dr. *E. Nievergelt,* Generaldirektion der SBB, Bern, zu erreichen, als er über die

Anwendung des Operations Research auf Stichprobenerhebung

sprach. Operations Research zeigt Methoden zur Optimalisierung irgend eines Vorganges oder Zustandes. Die Anwendung dieser Methoden muss sich auf Daten stützen, die vorhanden oder noch zu erheben sind.

Für viele Zwecke ist eine vollumfängliche Datenerhebung nicht nötig, sie wäre meist auch zu aufwendig, oft sogar unmöglich. Man begnügt sich dann damit, aus der Gesamtheit aller Träger eines Merkmalwertes eine Stichprobe herauszunehmen und für die Auswertung zu berücksichtigen. Diese Stichprobe muss trotz minimalem Aufwand repräsentativ sein. Dazu wird die betrachtete Gesamtheit zuerst in Schichten eingeteilt. Aus jeder Schicht werden dann einzelne Elemente zufällig ausgewählt. Dabei kann die «Dichte» der entnommenen Proben von Schicht zu Schicht ändern. Vor allem muss die Gesamtzahl der auszuwählenden Elemente so auf die Schichten verteilt werden, dass überall die gewünschte Repräsentativität bei kleinsten Gesamt-Erhebungskosten erreicht wird. Die Aufwands-Bestimmung für verschiedene mögliche Schichteinteilungs-Variationen zur selben Erhebung nehmen rasch einen so grossen Umfang an, dass sich der Einsatz von elektronischen Rechenmaschinen rechtfertigt.

Neben der beschriebenen einstufigen Schichtung kommt auch eine mehrstufige in Frage. Dabei werden die einzelnen Schichten zuerst in Primär-Einheiten aufgespalten, aus denen dann erst die Endelemente statistisch ausgewählt werden. Bei periodischen Erhebungen über zeitlich schwankende Daten ist eine besonders sorgfältige Schichtung angebracht, da hier wegen dem repetitiven Vorgehen die Kosten bald ins Gewicht fallen. Hier wird im ersten Zeitabschnitt eine grosse Stichprobe oder gar eine Vollprobe erhoben. Der Umfang der folgenden Proben wird dann verkleinert und zwar in Funktion der Streuung in den verschiedenen Schichten und des Reduktionsfaktors von Probe zu Probe. — Eine Anwendung der beschriebenen Stichproben-Methoden ist von den Schweizerischen Bundesbahnen geplant für die zentrale Auswertung monatlich anfallender, bisher vollumfänglich verarbeiteter Daten von 800 Stationen.

Zusammenfassend kann auf den zweifachen engen Zusammenhang zwischen Operations Research und Stichprobenerhebung hingewiesen werden: Operations Research stützt sich auf Daten, die oft sinnvoll nur mit Stichproben erhoben werden können, und anderseits können Methoden der Operations Research dazu dienen, Stichprobenerhebungen optimal zu gestalten.

Dass auch ein Lohnsystem optimalisiert werden kann, zeigte Ing. P. D. Dr. *F. Weinberg,* Maschinenfabrik Oerlikon, der über

Die betriebsindividuelle Beurteilung von Lohnsystemen mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung

sprach (vgl. sein Buch «Optimale Lohngestaltung», Verlag Industrielle Organisation, 1960). Es ist versucht worden, mit Hilfe der Mathematik eine sowohl im Interesse des Arbeitgebers als auch des Arbeitnehmers liegende, möglichst objektive Beurteilung des Zusammenhanges zwischen Dienstleistung und Entlöhnung zu erreichen.

Grundlagen sämtlicher Lohnsysteme sind der reine Zeitlohn und der reine Leistungslohn (Akkord). Zwischen diesen Extrema liegt das Prämiensystem, das als Linearkombination der beiden je nach Wert des Prämienanteils k das eine oder das andere stärker berücksichtigt. Das betrachtete Lohnsystem wird nun offenbar dann optimal, wenn der Prämienanteil so gewählt wird, dass die Fehlerstreuung minimal ausfällt. Dr. Weinberg stellte die Gleichung für das Lohnsystem auf und deutete die Ableitung der Beziehungen für die Bestimmungen von optimalen Prämienanteilen an. Für den praktischen Gebrauch wurden Tabellen erstellt.

La coordination de la vente et de la production et quelques autres problemes de la recherche opérationnelle

waren die Themen des Vortrages von Dr. *J. J. Weidmann* der Firma Nestlé, Vevey. Bei jedem neuen Produkt sind folgende Phasen zu unterscheiden: Entwicklung — Industrielle Fertigung und Absatz — Reife — Abklingen. Während die ersten zwei Phasen mit Risiken verbunden sind, müssen in der dritten und vierten die Investitionen bereits zurückbezahlt sein. Der Referent zeigte, wie man durch Prognoserechnung für die Produktionsplanung Ausgangsdaten gewinnen kann,

welche ihrerseits zur Optimalisierung des Produktionsprozesses beitragen.

In seinem Schlusswort wies Professor Dr. *Künzi* darauf hin, dass für die Eröffnungstagung absichtlich verschiedene Themen gewählt wurden, um einen Gesamtüberblick zu vermitteln und jedem etwas bieten zu können. Für Spezialprobleme werden Arbeitstagungen abgehalten. Die Beschäftigung mit Operations Research-Problemen ist auch für einen Mathematiker recht interessant, da ja alle mathematischen Disziplinen angewendet werden. Spezialisieren darf man sich allerdings nicht. Die Vorträge, die an dieser Tagung gehalten wurden, werden vollumfänglich in der Zeitschrift «Industrielle Organisation» veröffentlicht.

Eidg. Patentschriften-Sammlung der SBZ

DK 347.77:608.3

Seit Inkrafttreten des Schweizerischen Patentgesetzes im Jahre 1888 werden vom Eidgenössischen Amt für geistiges Eigentum die neuerschienenen Patentschriften der Redaktion der Schweiz. Bauzeitung [1]) jeweils periodisch zugestellt. Die bis heute auf rd. 360 000 Nummern angewachsene Sammlung ist im Patentanwaltsbüro E. Blum & Co. in Zürich (Bahnhofstrasse 31, Eingang Peterstrasse) untergebracht, und zwar chronologisch wie auch nach Gruppen und Untergruppen geordnet, wodurch das Aufsuchen beliebiger Patentschriften sehr erleichtert wird. Die Sammlung wird im Bibliothekraum der Firma in übersichtlichen Regalen aufbewahrt und steht den Mitgliedern der G. E. P. und des S. I. A. sowie den Studierenden der ETH und weiteren Interessenten während der üblichen Bürostunden (Samstag geschlossen) jederzeit zu freier Benützung zur Verfügung. Seit Anfang 1962 liegen dort auch die Auslegeschriften auf. Die Firma stellt den Besuchern ihre eigene Bibliothek in entgegenkommender Weise ebenfalls zur Verfügung. Auf diese Gelegenheit zum Studium der Patentliteratur seien alle Interessenten deshalb aufmerksam gemacht, weil das Arbeiten durch die getroffene sachgemässe Sortierung, im Gegensatz zu andern Bibliotheken hier besonders erleichtert wird.

Isotopentrennung durch Ionenwanderung, Destillation und Thermodiffusion

DK 66:539.155.2

Dieses Thema behandelte Prof. Dr. *Klaus Clusius*, Zürich, in einem Vortrag, den er anlässlich der Ueberreichung des Dechema-Preises 1960 am 1. Dezember 1961 in Frankfurt (Main) hielt. Seine im Rahmen des 90. Dechema-Kolloquiums gemachten Ausführungen seien nachstehend kurz zusammengefasst.

Die grössten Fabriken, welche menschlicher Unternehmungsgeist je geschaffen hat, sind die seit dem zweiten Weltkrieg entstandenen Anlagen zur Trennung der Uranisotope. Es ist einleuchtend, dass schon diese Tatsache allein einen mächtigen Anreiz bildet, die bestehenden Verfahren zu verbessern oder neue zu erfinden, die einfacher und wirtschaftlicher durchführbar sind, was theoretisch durchaus möglich erscheint. Im übrigen fügen sich alle Stofftrennverfahren dem Zuge der modernen chemischen Entwicklung bestens ein. Bei dem ungeheuren Bedarf und dem verschwenderischen Verschleiss an täglichen Gebrauchsgütern muss die Wissenschaft helfen, immer ärmere Rohstoffvorkommen rationell aufzuarbeiten und so schwierige Prozesse wie Isotopentrennung überhaupt durchführbar zu machen.

Dazu ist es nötig, selbst die feinsten und unscheinbarsten Naturphänomene auf ihre praktische Verwendbarkeit hin zu durchmustern. In gewissen Fällen sind dazu strömende Salzlösungen geeignet, die sich in einem elektrischen Kondensator genügend hoher Feldstärke befinden. Man kann es dann erreichen, dass die Ionen der leichten Isotope eben noch gegen die Strömung anzulaufen vermögen, während die Ionen der schwereren Isotope von der Strömung mitgenommen werden. Auf diese Weise konnten in einer Art Filterpresse die Isotope des Elementes Rubidium teilweise getrennt werden.

Manche Isotope lassen sich durch aufs äusserste getriebene Destillationsprozesse trennen. Dazu gehören die schweren Isotope der Elemente Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Die Isotope der letztgenannten beiden Elemente lassen sich sogar, was eine einzigartige Besonderheit ist, durch Tieftemperaturdestillation von Stickoxyd bei —155° C im selben Arbeitsgang gewinnen.

Neben der Destillation kommt dem sogenannten Trennrohr eine besondere Bedeutung zu, weil es bei kleinstem Platzbedarf ganz hervorragend scharfe Isotopentrennungen in einfachster Weise durchzuführen gestattet. Es weist aber einen grossen Energiebedarf auf und arbeitet langsam. Das Verfahren benützt den Thermodiffusionseffekt. Mit dem Trennrohr konnten gegen 20 gasförmige Isotope, z. T. im Zustand höchster Reinheit, gewonnen werden, die früher überhaupt nicht zugänglich waren. Eine wichtige und nützliche Anwendung hat das schwerste stabile Kryptonisotop 86 Kr zur Füllung von Lampen gefunden, die ein Licht von definierter Wellenlänge aussenden. Mit der Strahlung der orangen 86 Kr-Linie ist es gelungen, die Länge des Metermasses auf $1:10^8$ genau anzugeben und somit der Wissenschaft und Industrie zu einem Längenmasstab von ausserordentlicher Exaktheit zu verhelfen.

Verkehrsplanung in Hannover

DK 711.7

Von **Ernst Zietzschmann,** dipl. Arch. S.I.A., G.E.P., Direktor der Werkkunstschule, Hannover

Als 1943 die grössten Teile der Innenstadt von Hannover in Schutt und Asche sanken, ahnte noch niemand, wie durch diese grosse Teile der Bevölkerung treffende Katastrophe der Grund gelegt wurde zu einer Reorganisation des ganzen Stadtorganismus. Die Schuttwüsteneien, durch die der Rest des Lebens mühsam wie ein austrocknendes Rinnsal tröpfelte, wurden in der Sicht der Männer, die den Wiederaufbau planen mussten, zu einem Aufruf, hier etwas Ganzes zu versuchen, was aus der Katastrophe wenigstens eines rettete: die Sanierung der ehemals menschenunwürdigen Wohnverhältnisse der Innenstadt, die Sanierung auch des Verkehrs, der — so sahen es diese Männer richtig — in wenigen Jahren nach dem Kriege Ausmasse annehmen würde, die alle alten Rahmen und Masse sprengen würde.



Strassenverkehr in Hannover zur Messezeit

[1]) Deren Gründer, Ing. A. Waldner, hatte sich auf dem Boden der G.E.P. zusammen mit Ing. Emil Blum und Ing. G. Naville um das Zustandekommen unserer Patentgesetzgebung grosses Verdienst erworben. Näheres siehe im Nachruf auf Ing. E. Blum in SBZ, Band 93, S. 242 (11. Mai 1929).