

# Abstraktifizierung – Ein neuer Ansatz zur Evaluation der Wissenschaftsgeschichte von Operations Research in den USA und Deutschland



Warteschlangen vor der Mautstation in Chicago 2008

Foto-Aufnahme von Warren Black, 2008, auf Flickr.com. Lizenz nach Creative Commons.

## Working Paper on the History of Computing No. 4/2019

Richard Vahrenkamp  
Logistik Consulting Berlin  
Email: [vahrenkamp2016@gmx.de](mailto:vahrenkamp2016@gmx.de)  
Web: [www.vahrenkamp.org](http://www.vahrenkamp.org)

Erweiterter Beitrag zum Tagungsband Algorithmische Wissenskulturen, Deutsches Museum  
München, Tagung 12. bis 14. Oktober 2017, herausgegeben von Ulf Hashagen und Rudolf Seising

## Inhalt

1	Einleitung.....	4
2	Die Entstehung des Operations Research im Cold War Kontext .....	7
3	Die Ausstrahlung der Linearen Programmierung auf andere Mathematisierungsansätze.....	10
4	Die erfolgreiche Institutionalisierung von Operations Research 1950 – 1980 in den USA und Westdeutschland .....	11
5	Die zögernde Anwendung von Operations Research in der Industrie .....	19
6	Der Aufstieg der Wirtschaftsinformatik als Barriere für Operations Research .....	22
7	Der anfangs problematische Einsatz des Großcomputers in der Massendatenverarbeitung ....	23
8	Management Science und Operations Research .....	26
9	Der Computer und Simulationen im Operations Research .....	27
10	Der artifizielle Inhalt von Cold War Operations Research .....	30
10.1	Die Dynamische Programmierung ohne Anwendung .....	30
10.2	Das Netzwerkfluss-Modell verbleibt in der Mathematik.....	31
10.3	Das Quadratische Zuordnungsproblem als zu starke Vereinfachung .....	31
10.4	Das Transportmodell als Abstraktifizierung.....	32
10.5	Das Travelling-Salesman-Problem als Erfindung.....	35
10.6	Berechnete Mahlzeiten als mathematische Unterhaltung.....	36
11	Der Boom der Transportoptimierung in der DDR .....	37
12	Literaturverzeichnis.....	44



## Zusammenfassung

Der Aufstieg des Fachgebietes Operations Research, das mathematische Modelle zur Steuerung von Wirtschaftsunternehmen bereitstellt, in der politischen Wissenskultur von Cold War Science wird aufgezeigt und dann übergeleitet zur Institutionalisierung von Operations Research in Europa und in der Bundesrepublik Deutschland. Die Vorläuferorganisationen zur Deutschen Gesellschaft für Operations Research werden dargestellt und das Zusammenspiel der Jahrestagung dieser Gesellschaft mit den Tagungen auf europäischer und weltweiter Ebene. Erzählt wird, wie im Zeitraum 1960 bis 1980 zahlreiche Lehrstühle für Unternehmensforschung und Operations Research an den Universitäten gegründet wurden. Die Verbindung von Operations Research mit dem makroökonomischen Fachgebiet der Ökonometrie in Lehrstühlen, Tagungen und Publikationen wird erläutert und problematisiert. Hingewiesen wird auf die großartige Publikationsflut zum Thema Operations Research im Zeitraum 1960 bis 1980. Der Aufstieg des konkurrierenden Fachgebietes Wirtschaftsinformatik in den 1980er Jahre stoppte allerdings den Erfolgskurs von Operations Research. Aufbauend auf der wissenschaftshistorischen Studie von Alexander Nützenadel wird der Unterschied zwischen dem auf empirischen Daten beruhenden Fachgebiet der Ökonometrie und dem Fachgebiet Operations Research herausgearbeitet, das eher akademisch orientiert ist. Das methodische Vorgehen von Operations Research wird als Abstraktifizierung bezeichnet. Ein Beispiel für die Abstraktifizierung ist das Transportmodell der Linearen Optimierung, das die ökonomische Realität so weit vereinfacht (abstraktifiziert), um sie in überschaubare Formeln bringen zu können. Das Transportmodell ist jedoch für Anwendungen in der realen Wirtschaft ungeeignet und dient damit bloß als ein selbstreferentielles Projekt dem akademischen Betrieb. Der Beitrag zeigt auf, dass dem Operations Research eine Ebene der empirischen Umsetzung der mathematischen Modelle fehlt, wie sie in der Ökonometrie und in den Sozialwissenschaften bekannt ist. Wie die Transportoptimierung in den politischen Wissenskulturen des Ostblocks (1945 – 1990) und in der DDR aufgenommen wurde, wird in einem Abschnitt behandelt.

### Inhaltsverzeichnis:

## 1 Einleitung

---

Das Paper zeigt auf, wie das Fachgebiet Operations Research (OR) in der politischen Wissenskultur des Kalten Krieges seit 1945 entstanden ist. Zunächst wird der rasante institutionelle Aufstieg in den sozialen Räumen der Universitäten verdeutlicht, dann aber der geringe Grad an empirischen Projekten in den sozialen Räumen von Wirtschaftsunternehmen geschildert und Gründe dafür angeführt. Zugleich behinderte die rapide Verbreitung von Computern zur Unternehmenssteuerung die Implementierung von OR-Projekten in Unternehmen. Der Abstieg des Fachgebiets Operations Research in den sozialen Räumen der Universitäten begann, als in den 1990er Jahren immer mehr Lehrstühle auf Wirtschaftsinformatik und Logistik umgewidmet wurden.

Wie bereits Alexander Nützenadel im Jahre 2005 in seiner wissenschaftshistorischen Studie „Die Stunde der Ökonomen“ über die Volkswirtschaftslehre, die Ökonometrie und wissenschaftliche Politikberatung in der Bundesrepublik Deutschland (BRD) der 1950er und 1960er Jahre anmerkte,<sup>1</sup> war diese Zeitperiode, die grundlegend für die politische und wirtschaftliche Entstehung und Etablierung der BRD war, bisher wenig erforscht worden. Ich nehme in diesem Papier den Ansatz von Nützenadel auf und erweitere dessen Untersuchung von der Volkswirtschaftslehre auf die Historisierung der mathematischen Planungsverfahren in Volks- und Betriebswirtschaftslehre in der BRD.

---

Das Fachgebiet Operations Research ist in der Betriebswirtschaftslehre verortet und hat die mathematischen Methoden für die Planung von Materialflusssystemen in Fabriken, für die Umlaufplanung von Verkehrsmitteln und für die Erstellung von Personaleinsatzplänen zum Gegenstand.<sup>2</sup> Die forschungsleitenden Ideen sind die Minimierung von Kosten oder die Maximierung von Gewinnen eines einzelnen Unternehmens. Über den Umsatz eines Unternehmens sind die Größen Kosten und Gewinn definitorisch wie folgt verknüpft:  $\text{Gewinn} = \text{Umsatz} - \text{Kosten}$ . Kosten oder Gewinne werden als eine Funktion von Variablen modelliert, und das Minimum bzw. Maximum dieser Funktion wird versucht zu bestimmen. In der sogenannten Linearen Programmierung werden diese Funktionen als lineare Funktionen der eingesetzten Mengen modelliert und zum Gegenstand von Algorithmen, wenn sie über komplexe Strukturen von Nebenbedingungen, die zumeist durch lineare Ungleichungen ausgedrückt werden, über kompakte Mengen im n-dimensionalen Zahlenraum minimiert bzw. maximiert werden. Häufig besitzen die Algorithmen eine Schleifenstruktur der Form Repeat ... Verbesserungsschritt ... until Abbruchbedingung.

Bisher waren die Veröffentlichungen zur Geschichte des Operations Research eher unkritische Success-Stories, wie etwa die „Timeline“ von Saul Gass und Arjang Assad aus dem Jahre 2005 oder auch die Geschichte des OR von Stephen Johnson aus dem Jahre 1997.<sup>3</sup> Dagegen ist es das Ziel dieses Papers, das Fachgebiet Operations Research wissenschaftshistorisch aufzuarbeiten und die sozialen Räume im Cold War Science der USA, aber auch im Ostblock, aufzuzeigen, in denen die algorithmischen Wissenskulturen des Operations Research entstanden sind. Zur Evaluation wird mit einem neuen Ansatz das OR als eine mathematische Disziplin charakterisiert, die auf der Entwicklung neuer mathematischer Methoden beruht, aber weniger an der Gewinnung von empirischen Daten interessiert ist. Vergleicht man das Operations Research mit den auf empirischen Daten beruhenden Wissenschaften der Ökonometrie, der Meteorologie, der Astronomie und den Ingenieurwissenschaften, so wird dieser Ansatz des OR deutlich. Atsushi Akera and Brent Jesiek haben bereits die führende Rolle von Mathematikern bei der Entwicklung des elektronischen Digitalcomputers hervorgehoben.<sup>4</sup> Ich möchte diese Art der Argumentation aufnehmen und aufzeigen, dass Operations Research ebenfalls eine von Mathematikern vorangetriebene Sicht der Welt begründet, die mit neuen mathematischen Methoden abstraktifizierte Modelle von ökonomischen und sozialen Strukturen der Gesellschaft entwickelt.

---

<sup>1</sup> Nützenadel, Ökonomen, 2005.

<sup>2</sup> Operations Research wird auch abgekürzt mit OR und ist im Deutschen auch als Unternehmensforschung bekannt.

<sup>3</sup> Gass/Assad, Timeline, 2005. Johnson, Approaches, 1997.

<sup>4</sup> Akera, Calculating, 2007. Jesiek, Origins, 2013. Zur Frühgeschichte des digitalen Computers siehe auch Rojas / Hashagen: The First Computers, 2000.

---

In den Ingenieurwissenschaften, der Ökonometrie, der Astronomie und in der Meteorologie dienen mathematische Modelle dazu, gemessene Daten zu strukturieren, um bessere Voraussagen zu machen. Computer werden mit Daten geladen, um Modelle zu testen. Die Gelehrten arbeiten innerhalb des Dreiecks Daten–Modell–Computer und machen damit diesen Ansatz zu einem Daten–getriebenen.<sup>5</sup> Zahlreiche Beiträge in der Literatur zeigen die Entstehung von mathematischen Modellen in der Meteorologie, die Datensammlung in diesem Bereich und deren Auswertung auf Computern in der Arbeitsgruppe von John von Neumann am Institute for Advanced Study in Princeton in den Jahren 1945 bis 1955 auf.<sup>6</sup> Ebenso weisen die Beiträge von Gabriele Gramelsberger den empirischen Bezug der Wissenschaftszweige Biologie und Meteorologie auf. Die Wissenschaftler besitzen zumeist persönliche Erfahrungen mit dem Material, das sie studieren, wie Nathan Ensmenger an dem Beispiel von Laboratorien in der biologischen Forschung aufgezeigt hat.<sup>7</sup> Alexander Nützenadel zeigte in seiner wissenschaftshistorischen Studie die Rolle von empirischen Wirtschaftsdaten bei der Anwendung von mathematischen ökonometrischen Modellen der Gesamtwirtschaft zur Prognose der Wirtschaftsentwicklung auf.<sup>8</sup>

Der hier skizzierte empirische Bezug anderer Wissenschaftsdisziplinen fehlt jedoch beim Operations Research. Hierauf hatte bereits im Jahre 1981 der Darmstädter Professor für Operations Research, Heiner Müller–Merbach, kritisch hingewiesen, und dieses Papier folgt seinem Ansatz.<sup>9</sup> Ohne einen empirischen Forschungsansatz werden im OR ökonomische Beziehungen in mathematische Modelle überführt und abstraktifiziert, die Material für den akademischen Betrieb abgeben und bloß einen Wert an sich darstellen, aber nicht dazu dienen, um soziale und ökonomische Probleme zu lösen. Operations Research ist daher nicht Daten–getrieben, sondern getrieben von neuen mathematischen Methoden und gehört dem Bereich der angewandten Mathematik an. Dieser Bezug zur angewandten Mathematik wird auch von Professoren für OR so gesehen, wie etwa von dem führenden OR–Promotor Hans Künzi, der an der Universität Zürich einen Lehrstuhl für OR inne hatte. In seinem Eröffnungsvortrag der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unternehmensforschung 1971 führte er aus: „Man geht nicht fehl, wenn man die Theorie des neuen Forschungszweiges als Teilgebiet der angewandten Mathematik betrachtet.“<sup>10</sup> Anders als in den oben beschriebenen Daten–getriebenen Wissenschaften besaßen die Forscher keine persönlichen Erfahrungen mit dem Material ihres Bereiches. Empirische Daten lagen nicht im Focus von OR, und daher blieb das Dreieck Daten–Modell–Computer vielfach ungenutzt. Das Paper zeigt auf, dass dem OR eine Ebene der empirischen Umsetzung der mathematischen Modelle, wie sie etwa aus der Ökonometrie und den Sozialwissenschaften bekannt ist, fehlt und diese Ebene auch nicht Gegenstand von Lehrbüchern oder von Forschungsbemühungen im Fachgebiet Operations Research war.

---

<sup>5</sup> Gramelsberger, Science, 2011.

<sup>6</sup> Thompson, Weather 1957. Aspray, Neumann, 1990.

<sup>7</sup> Ensmenger, Construction, 2012.

<sup>8</sup> Nützenadel, Ökonomen, 2005.

<sup>9</sup> Müller-Merbach, Empirische Forschung, 1981

<sup>10</sup> Künzi: Unternehmensforschung, 1971, S. 3.

Zu betonen ist, dass der Vorgang der Modellbildung die soziale Realität insoweit vereinfacht, dass mathematische Formeln überhaupt angewendet werden können und die gegebenenfalls erforderliche Datenerhebung ebenfalls vereinfacht wird, wie unten am Beispiel des Berliner Air Lifts aufgezeigt wird. Allerdings vereinfachen alle Modelle, auch in den oben genannten Disziplinen der Ingenieurwissenschaften, der Ökonometrie, der Astronomie und in der Meteorologie, die Realität. Im Unterschied zum OR werden allerdings die Ergebnisse der Modellrechnungen wiederum in der realen Welt angewendet. Dieser Rückbezug auf die Realität fehlt aber dem OR, wie dieser Beitrag am Beispiel des Transportmodells aufzeigt.

## 2 Die Entstehung des Operations Research im Cold War Kontext

---

In diesem Abschnitt wird aufgezeigt, wie das Operations Research in der politischen Wissenskultur im Zweiten Weltkrieg und im anschließenden Kalten Krieg entstand. Während des Zweiten Weltkriegs wurde das Operations Research in Großbritannien und in den USA entwickelt, um Methoden zum Aufspüren feindlicher Flugzeuge und U-Boote zu erforschen. Großbritannien gründete die Gruppe für Naval Operational Research und die USA die Antisubmarine Warfare Operations Research Group (ASWORG). Nach dem Zweiten Weltkrieg brach die OR-Forschung nicht ab, sondern die USA bewahrten spezielle OR-Kenntnisse mit der Navy Operations Evaluation Group, allerdings mit reduzierter Mannschaft. Diese Gruppe entwickelte in der Zeit des Kalten Krieges die OR-Methoden weiter.<sup>11</sup>

In den sozialen Räumen der mathematischen Abteilungen in den Waffengattungen der US Streitkräfte unterstützten die Mathematiker in starker Weise die Entwicklung des Digitalcomputers und verwandter Forschungen in Spieltheorie und Operations Research. Das Army's Ballistic Research Laboratory in Aberdeen, Md., wurde von Mathematikern geleitet und finanzierte die Entwicklung des ersten elektronischen Digitalcomputers ENIAC an der Moore School der University of Pennsylvania in Philadelphia. Die Navy unterhielt ein Büro für Naval Research in Washington, D.C., mit einer mathematischen Abteilung und unterstützte zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte.<sup>12</sup> Ferner betrieb die Air Force die RAND Corporation (in Sante Monica bei Los Angeles) mit einer Abteilung für angewandte Mathematik und das National Bureau of Standards (in Washington, D.C.) als Agenturen, um den Digitalcomputer, Operations Research und Spieltheorie zu finanzieren und zu entwickeln. Im National Bureau of Standards wurde die Computerentwicklung von der Abteilung für angewandte Mathematik geleitet, welche eine Buchserie zur angewandten Mathematik herausgab. Die RAND Corporation wurde 1948 in Santa Monica von der Air Force gegründet und galt als deren Denkfabrik.<sup>13</sup> Die Forschung dort fokussierte nicht alleine auf die Zukunft des Luft-Krieges und der strategischen Bombardierung, sondern auch auf akademische Aktivitäten. RAND organisierte Konferenzen und gab Bücher heraus. Als im Jahr 1947 neu gegründeter Zweig des Militärs war die US-Luftwaffe (zuvor war die

---

<sup>11</sup> Harris, Center, 1996, S. 62–64. Shrader, History, 2013, Kapitel 1.

<sup>12</sup> Rees, Computing, 1982, S. 102–120.

<sup>13</sup> Shrader, History, 2013, S. 60. Zur Rolle RAND Corporation in der Forschungs- und Entwicklungspolitik siehe Edwards, World, 1996, S. 114–116. George Dantzig: Impact of Linear Programming on Computer Development, Lecture at ORSA/TIMS meeting on April 30, 1985, typewriter manuscript Stanford University, Document ADA157659, 1985 (Internet source).

Luftwaffe Teil der US Army) bestrebt, sich einen Namen für die Anwendung wissenschaftlicher Methoden bei der Programmplanung und der Nutzung des Digitalcomputers – der erst in Zukunft erwartet wurde – für diese Aufgabe zu machen, wie ein Rundschreiben des Stabschefs vom 13. Oktober 1948 zum Ausdruck brachte.<sup>14</sup>

Die Erfindung der Linearen Programmierung erfolgte unabhängig voneinander durch den russischen Mathematiker und späteren Nobelpreisträger Leonid Kantorowitsch im Jahre 1939 und den US–amerikanischen Mathematiker George Dantzig im Jahre 1947 bei RAND im Kontext von Cold War Science. Bevor die Lineare Programmierung als mathematische Optimierungsmethode in der RAND Corporation entstand, entwickelte Kantorowitsch seine in den USA bis 1960 unbekannt gebliebenen Linearen Programmierungsansätze im Jahre 1939.<sup>15</sup> Im Jahre 1947 startete RAND das Projekt SCOOP, mit dem Planungsunterlagen und Voraussagen für den Bedarf an Ersatzteilen und Treibstoff für die verschiedenen Flugzeugtypen auf den weltweiten Air Force Basen erstellt werden sollten. Dieses Projekt wurde bereits in verschiedenen historischen Analysen zur Mathematisierung beschrieben.<sup>16</sup> Ziel dieses Projekts war es, die Planungsschritte für eine militärische Operation, das sogenannte Programm, zu beschleunigen. In Erwartung des elektronischen Digitalcomputers sollte der Einsatz mathematischer Planungsmethoden die Programmschritte verkürzen. Der RAND-Mathematiker Georg Dantzig erfand 1947 einen mathematischen Planungsansatz und nannte ihn Linear Programming. Es stellte Berechnungstechniken zur Verfügung, um eine lineare Funktion über eine konvexe und kompakte Menge im n-dimensionalen Zahlenraum, die von linearen Ungleichungen aufgespannt wurde, zu maximieren. Die RAND Corporation besaß zahlreiche CPC–IBM–Maschinen, und Dantzig programmierte, aber erst im Jahre 1952, sein SCOOP–Optimierungsproblem mit 45 Variablen auf dieser Maschine, um die minimalen Kosten der weltweiten Ersatzteilversorgung für die Air Force zu identifizieren. Nach 8 Stunden Laufzeit bekam er das Ergebnis. Im Jahr 1952 codierte er dieses Problem ebenfalls auf dem digitalen Hochgeschwindigkeits–Computer Univac I.<sup>17</sup> Unter Dantzigs zahlreichen Research Memoranden blieben Anwendungen seines Modells im Projekt SCOOP, das die Reparatur–Kapazität der Air Force weltweit koordinieren sollte, unbekannt. Dantzigs Arbeit bei RAND schien akademisch und ohne Anwendungen zu bleiben. Der Leiter des Projekts SCOOP, Murray Geisler, schätzte, dass die Anforderungen der Air Force zu umfangreich waren, um von der Größenordnung her als ein Lineares Programm in der damaligen Zeit behandelt werden zu können.<sup>18</sup> Unabhängig von Dantzigs Bemühungen konnten bereits andere Gelehrte, die in dem Projekt SCOOP arbeiteten, mit dem Einsatz anderer Methoden als der Linearen Programmierung Entscheidungen treffen, um Lufttransport–fähige Notfallkisten mit den wichtigsten Ersatzteilen zusammenzustellen, die dann über alle Air Force Basen weltweit verteilt wurden. Wissenschaftshistorisch bemerkenswert ist, dass die Entwicklung der Linearen Programmierung

---

<sup>14</sup> Paul Erickson et al., *How Reason Almost Lost Its Mind*, 60. Zur Geschichte von RAND siehe auch die offizielle Darstellung *50 Years Project Air Force*, 1996.

<sup>15</sup> Die englische Übersetzung findet sich in Kantorowitsch, *Methods*, 1960.

<sup>16</sup> Zum SCOOP Projekt siehe Ceruzzi, *Limits*, 1989, S. 41–43. Dantzig, *Impact*, 1985, S. 15. Dorfman, *Discovery*, 1984. Geisler, *History*, 1986, S. 3–17. Johnson, *Approaches*, 898. Erickson, *Mind*, 72. Klein, *Cold War*, 2007.

<sup>17</sup> Orchard-Hays, *History*, 1984, S. 300. Zu Dantzigs Codierungsarbeiten siehe auch Dantzig, *Impact*, 1985, S. 26. Zu den CPC–Maschinen siehe Bashe et al., *IBM's*, 1986, S. 71.

<sup>18</sup> Geisler, *History*, 1986, S. 5. Ich spreche hier von digitalen Hochgeschwindigkeits–Computern, um die Nutzung von elektronischen Analogcomputer abzugrenzen, die in der US–Luftfahrtindustrie zur Lösung von Differentialgleichungen verbreitet waren, siehe Vahrenkamp, *Computing Boom*, 2019. Professor Jürgen Heinhold von der Universität München beantragte im Jahre 1962 ein DFG–Projekt zu Anwendungsmöglichkeiten des elektronischen Analogcomputers auf Probleme der nichtlinearen Optimierung, siehe Brusberg, *Unternehmensforschung* 1965, S. 313.



nicht von der sonst unter Ökonomen Erwartung geprägt war, in den Wirtschaftswissenschaften ähnlich exakte Voraussagen wie in der Physik zu ermöglichen. Diese Erwartungshaltung motivierte viele mathematische Ökonomen in den 1940er Jahren, wie Alexander Nützenadel in seiner Untersuchung hervorhob.<sup>19</sup>

---

Als ein Vorzeigeprojekt für die Lineare Programmierung in der politischen Wissenskultur der US-Luftwaffe im Kontext des Kalten Krieges entwickelte die SCOOP-Gruppe auch ein Modell für die Berliner Luftbrücke von 1948-1949 (Operation Vittell) und machte es auf verschiedenen Konferenzen publik. Ausgehend von der breiten Palette von Flugzeugmodellen, die in der Berliner Luftbrücke eingesetzt wurden, vereinfachte das Projekt die Flugzeugflotte und betrachtete nur C7- und C47-Flugzeuge. Es ermittelte den kostengünstigsten Zeitplan unter Berücksichtigung von Treibstoffkosten, Besatzungen und Ersatztriebwerken. Das Modell wurde nie in der täglichen Planung verwendet, sondern diente als Tutorial-Beispiel, um den Nutzen der Linearen Programmierung zu demonstrieren. Es erregte akademische Aufmerksamkeit, und einige Dissertationen über dieses Modell wurden geschrieben. Murray Geisler, der Leiter von SCOOP, vermutete, dass die Anforderungen der Luftwaffe zu umfangreich seien und die Größenordnung übertrafen, die ein Lineares Programm damals bewältigen konnte. Er vermutete, dass 3600 Variablen und 3600 Ungleichheiten notwendig wären.<sup>20</sup>

Wie Nützenadel seiner Untersuchung festgestellt hatte, war unter den Ökonomen der 1940er Jahre die Vorstellung verbreitet, für die Vorgänge in der Volkswirtschaft maschinelle Analoga zu suchen, wie etwa hydraulische Maschinen. Auch die statistische Bestimmung von Stoffströmen zwischen Wirtschaftssektoren zählte dazu, die dann zu Input-Output-Tabellen formalisiert wurden, die alle Vorlieferbeziehungen abbildet.<sup>21</sup> Im Bureau of Labour Statistics der USA sammelte Wassily Leontief Daten für eine Input-Output-Matrix der USA und erwarb sich damit ein hohes wissenschaftliches Ansehen. Aber diese Matrix, sagen wir A, mit 200 Zeilen und Spalten konnte nur mit einem digitalen Hochgeschwindigkeits-Computer genutzt werden, der erst Mitte der 1950er Jahre verfügbar war. Denn zur Nutzung der Tabelle musste die "Leontief-Inverse"-Matrix  $(I-A)^{-1}$  berechnet werden, was nur mit einem Computer möglich war.<sup>22</sup> Wassily Leontiefs Forschung beeinflusste auch SCOOP. Im Project SCOOP erweiterte Dantzig die Matrix, bezeichnet als inter industries relations, sogar auf 400 industrielle Sektoren.<sup>23</sup> Wissenschaftshistorisch bemerkenswert ist, wie die SCOOP-Gruppe zwischen lokaler Optimierung in einem Unternehmen oder einer Organisation wie der Luftwaffe und der makroökonomischen Ebene der Wirtschaft hin- und herschwankte. Es wurden Ideen zur zentralen Wirtschaftsplanung ("Marktsozialismus") diskutiert, die sich in ihrem Feindesland – der Sowjetunion – durchgesetzt haben. Im Marktsozialismus arbeiteten die Unternehmen unabhängig voneinander, aber die Preise der Waren wurden von

---

<sup>19</sup> Nützenadel, Ökonomen, 2005, S. 91.

<sup>20</sup> Murray Geisler, A Personal History of Logistics, 6. Marshall Woon and Murray Geisler, Development of Dynamic Models for Program Planning, 1951. Zur Operation Vittell siehe Paul Erickson et al., How Reason Almost Lost Its Mind, 2013, S. 56f.

<sup>21</sup> Nützenadel, Ökonomen, 2005, S. 104–108.

<sup>22</sup> Frederick Moore, "A Survey of Current Interindustry Models", in National Bureau of Economic Research, 1955, 215–252. Zur Berechnungszeit von Matrix-Inversion auf verschiedenen Maschinen siehe Gass, Programming Shoppe, 2002, 62.

<sup>23</sup> Dantzig, Operations Research in the world, 1967, S. 115.

einem zentralen Computer berechnet („Superbrain“).<sup>24</sup> Als Mitglied von SCOOP wies George Dantzig auf der Konferenz zur Aktivitätsanalyse 1949 wie ein sowjetischer Planer darauf hin, dass Leontiefs Modell die zentrale Planungsfrage beantworten könnte, wieviel Aluminium, Stahl und elektrische Energie benötigt würden, um den Anforderungen der steigenden Waffenproduktion gerecht zu werden.<sup>25</sup> Wie Nützenadel kritisch anmerkte, blieb jedoch offen, ob die Input–Output–Tabellen bloß eine imposante Ansammlung von Statistiken darstellen, oder ob sie einen Nutzen bei wirtschaftspolitischen Entscheidungen ermöglichen.<sup>26</sup>

---

### 3 Die Ausstrahlung der Linearen Programmierung auf andere Mathematisierungsansätze

In diesem Abschnitt wird der Aufstieg der Linearen Programmierung in den Wissenskulturen der Spieltheorie und der Volkswirtschaftslehre aufgezeigt. Als Dantzig seine Entdeckung der Linearen Programmierung John von Neumann im Jahre 1947 vorstellte, konnte das mathematische Genie von Neumanns in kurzer Zeit Verbindungen der Linearen Optimierung zum Zweipersonen Null-Summen-Spiel herstellen und ferner die Dualitätstheorie der Linearen Optimierung entwickeln.<sup>27</sup> Zu jedem Linearen Programm gehört ein duales Programm mit dualen Variablen, welches die transponierte Koeffizientenmatrix des Primalprogramms benutzt. Bei der Lösung des primalen Programms wird implizit auch zugleich das duale Programm gelöst. Diese primal–duale Sicht erweiterte die Wissenskultur der Linearen Programmierung beträchtlich. Während beim klassischen Simplexalgorithmus die primalen Variablen stets im Bereich der Zulässigkeit gehalten werden, das heißt, dass sie nicht negativ sind und im Bereich der zulässigen Lösungen des Polyhedrons liegen, werden parallel im dualen Programm die dualen Variablen schrittweise in deren zulässigen Bereich überführt, so dass am Schluss sowohl die primalen als auch die dualen Variablen zulässig sind. Auf diesen primal–dualen Ansatz setzen verschiedene Algorithmen auf. So untersucht der Algorithmus für das Transportmodell, wie er vorhandene primale Lösungen verbessern kann, indem er attraktive duale Variable identifiziert. Das Zuordnungsproblem als Spezialisierung des Transportmodells geht anders vor. Dort werden die dualen Variablen bei jedem Schritt im Bereich der Zulässigkeit gehalten, während die Primalvariablen schrittweise in den Bereich der Zulässigkeit überführt werden.<sup>28</sup> Das Transportmodell strahlt mathematische Schönheit aus, und intellektuell ist das Spiel mit primalen und dualen Variablen sehr faszinierend.

Auch die Volkswirtschaftslehre hat die primalen und dualen Ansätze aufgegriffen. In den volkswirtschaftlichen Modellen sind primale Modelle mengenorientiert, während duale Modelle

---

<sup>24</sup> Dorfman, Robert, Paul Samuelson and Robert Solow, *Linear Programming and Economic Analysis*, New York, 1958, 395. This book appeared under copyright of the RAND Corporation. Philip Mirowski, *Machine Dreams*, 259.

<sup>25</sup> Marshall Woon and George Dantzig, „The Programming of independent Activities“, in: Koopmans 1951, 15–18, hier 18.

<sup>26</sup> Nützenadel, *Ökonomen*, 2005, S. 108.

<sup>27</sup> Dantzig, *Impact*, 1985. Von Neumann/Morgenstern, *Theory*, 1944. Morgenstern, *Collaboration*, 1976. Henn/Moeschlin, *Mathematical*, 1977. Oskar Morgenstern übernahm im Jahre 1973 einen Lehrauftrag am Lehrstuhl von Professor Rudolf Henn an der Universität Karlsruhe.

<sup>28</sup> Mattfeld/Vahrenkamp, *Logistiknetzwerke*, 2014, S. 173.

zugehörige Preisinformationen liefern. In der Volkswirtschaftslehre konnte die Lineare Programmierung Modelle liefern, die auf Produktion mit linearen Produktionsfunktionen, auf die allgemeine Gleichgewichtstheorie, auf die Wohlfahrtökonomie und die Theorie der Duopole angewendet werden konnte. Insofern entwickelte sich die Lineare Programmierung zu einem wichtigen Bestandteil für die statischen Gleichgewichtsmodelle der neoklassischen Theorie. Die berühmten Ökonomen Robert Dorfman, Robert Solow und Paul Samuelson waren der RAND Corporation dankbar, dass diese Lineare Programmierung als ein fruchtbares analytisches Instrument ansah und im Jahre 1958 die Herausgabe ihres Buches "Linear Programming and Economic Analysis" unterstützte, wie sie im Vorwort schrieben. Diese Publikation in der RAND Books Series war sehr einflussreich, insofern als auch eine internationale Studentenedition erschien.

---

#### **4 Die erfolgreiche Institutionalisierung von Operations Research 1950 – 1980 in den USA und in Westdeutschland**

---

Dieser Abschnitt geht auf die politischen Wissenskulturen ein, in den Operations Research entstand. Diese ist bereits von der Gruppe am Max Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte (MPI-Gruppe) erforscht worden, die 2010 in Berlin eine Summer School zu diesem Thema abhielt.<sup>29</sup> Die Projekte der US-Luftwaffe haben auch den Sprung von militärischen zu zivilen Anwendungen der Linearen Programmierung in Verwaltung und Industrie vorangetrieben. Mit den Universitäten Chicago und Pittsburgh schloss RAND Verträge ab, um mit dem mathematischen Ökonomen Tjalling Koopmans, mit Abraham Charnes und mit Herbert Simon die unter dem Begriff "Operations Research" zusammengefassten mathematischen Planungsverfahren im zivilen Bereich anzuwenden.<sup>30</sup> 1949 – nur zwei Jahre nach Dantzig's Entdeckung – organisierte RAND die später berühmte gewordene Konferenz über Lineare Programmierung an der University of Chicago, die als "Activity Analysis of Production and Allocation" angekündigt wurde, gefolgt vom ersten Symposium in Linear Programming in Washington, D.C., unter der gemeinsamen Schirmherrschaft der RAND Corporation und des National Bureau of Standards 1951. Beide Konferenzen fanden ohne jegliche Erfahrung mit digitalen Hochgeschwindigkeits-Computern statt, die erst 1953 bei RAND verfügbar waren. Zusammen mit dem Leiter einer Ölraffinerie, Bob Mellon, hat die University of Pittsburgh im Auftrag der US-Luftwaffe ein Linear-Programming-Projekt zur kostengünstigsten Mischung von Flugbenzin durchgeführt.<sup>31</sup> Das Modell enthielt 22 Variablen und wurde mit Hilfe von elektromechanischen Tischrechnern gelöst. Die Autoren Charnes et al. haben die Verwendung einer digitalen IBM CPC-Maschine oder gar eines digitalen elektronischen Computers nicht erwähnt. Die Motivation des Luftwaffenvertrages bleibt unklar. Gab es einen vorherrschenden Mangel an Flugbenzin? Oder war das Thema "Flugbenzin" eine ausreichende Rechtfertigung für einen Luftwaffenvertrag? Diese Fragen beleuchten die diffuse Motivation der Luftwaffe in ihrer F&E-Politik.

---

<sup>29</sup> Erickson u.a., How Reason 2013. Klein, Cold War 2015.

<sup>30</sup> Johnson, Three Approaches to Big Technology, 898. Paul Erickson et al., How reason almost lost its mind, 2013, 72. Klein, The Cold War Hot, 2007. Koopmans, Activity Analysis, 1951. Klein, Cold War, 2015.

<sup>31</sup> Charnes, Programming Interdependent Activities, 1952.

---

Unter dem Begriff des Operations Research wurden in den 1950er Jahren eigentlich heterogene mathematische Methoden wie Spieltheorie, Dynamische Optimierung, Lineare Optimierung, Lagerhaltung, Ersatzteiltheorie, Warteschlangentheorie, Simulation und Produktionssteuerung zusammen gefasst, die als Einsatzfeld primär auf den zivilen Bereich in der Industrie abzielten. Zum Thema Operations Research wurden wissenschaftliche Gesellschaften und Zeitschriften in den 1950er Jahren gegründet, wie die Operation Research Society of America (ORSA) 1952 und das Institute for Management Science (TIMS) 1953. Die ORSA erreichte in den 1960er Jahren die erstaunliche Zahl von 8000 Mitgliedern.<sup>32</sup> Auch Beratungsunternehmen gründeten OR-Gruppen, wie William Thomas in seiner Studie betonte. 1953 veröffentlichten Abraham Charnes und William Cooper das erste Lehrbuch über Lineare Programmierung.<sup>33</sup>

Dieser Abschnitt geht auf die sozialen Räume ein, die als Institutionalisierung des OR durch Mathematiker an wirtschaftswissenschaftlichen Fachbereichen von Universitäten beschrieben werden. Die Gründung von ORSA und TIMS beruhte nicht auf einer Nachfrage der Industrie nach OR-Anwendungen, sondern stellte sich als eine autonome Expertenbewegung von Mathematikern heraus, die von militärischen Forschungseinrichtungen unterstützt wurde. Das Office of Naval Research gab die Zeitschrift *Naval Research Logistics Quarterly* seit 1953 heraus, die u.a. Modelle von Schlachtfeldern publizierte und die weltweit führende internationale Zeitschrift für Operations Research in den 1950er Jahren wurde. Das Office of Ordnance Research der US Army hielt seine erste OR-Konferenz im Januar 1955 ab.<sup>34</sup> In seinem 1960 publizierten Buch über die Automationsbewegung charakterisierte Herbert Simon das Operations Research als eine neue Wissenschaft des Managements, die von Mathematikern vorangetrieben werde.<sup>35</sup> Die autonome OR-Bewegung der Mathematiker war nicht ungewöhnlich für das 20. Jahrhundert. Man kann ebenso den Taylorismus in den Kontext verschiedener Expertenbewegungen im 20. Jahrhundert einordnen, und ebenfalls die Rationalisierungsdebatte in Europa in den 1920er Jahren und in die Automationsdebatte in den USA und Europa um 1960.<sup>36</sup>

---

In den 1950er Jahren wurden in den USA und Großbritannien Lehrstühle für Operations Research in den Fakultäten für Management der Universitäten eingerichtet. Das Nato-Hauptquartier in Brüssel setzte eine militärische OR-Gruppe ein, die auf die Gründung eines OR-Lehrstuhls an der Katholischen Universität Löwen (Belgien) ausstrahlte, wo Jacques Drèze CORE, the Center for Operations Research and Econometrics, im Jahre 1966 gründete.<sup>37</sup> In den 1960er Jahren wurden OR-Lehrstühle auch in der Schweiz und in der Bundesrepublik Deutschland (BRD) eingerichtet, wo sie auch als Lehrstühle für Unternehmensforschung bezeichnet wurden. Bereits im Jahre 1958 besetzte der habilitierte Mathematiker Hans Künzi einen OR-Lehrstuhl an der Universität Zürich

---

<sup>32</sup> Hansmann, Unternehmensforschung, 1971, S. 11.

<sup>33</sup> Thomas, Operations Research 2012. Charnes, Linear Programming, 1953.

<sup>34</sup> Churchman/Ackoff/Arnoff, Introduction, 1957, S. 429.

<sup>35</sup> Simon, Science, 1960, S. 15.

<sup>36</sup> Haber, Efficiency, 1964. Maier, Taylorism 1970. Kline, Cybernetics, 2006.

<sup>37</sup> NATO Conference on the Role and Evaluation of Military Exercises in Operational Research, London, England, 25 August 1964. Brusberg, Unternehmensforschung 1965, S. 52.

und ab 1966 zusätzlich einen Parallel-OR-Lehrstuhl an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. Seit 1962 war er Präsident der Schweizerischen Vereinigung für Operations Research (SVOR). In seinem Eröffnungsvortrag zum Thema „Unternehmensforschung in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik“ der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unternehmensforschung in Bochum 1971 berichtete Künzi von einem Projekt mit dem Wirtschaftsministerium der Schweiz, wo er in einem Optimierungsmodell die kostenminimale Zuweisung von Anbauflächen in der Schweizer Landwirtschaft modellierte, um im Verteidigungsfall die Versorgung der Schweizer Bevölkerung mit Nahrungsmitteln sicherzustellen. Zur Bestimmung der optimalen Lösung lief das Modell eine Stunde auf einem digitalen Hochgeschwindigkeits-Computer. Ferner berichtete er von einer kostenminimalen Auswahl eines Jagdflugzeuges für das Schweizer Militär und die Optimierung von innerstädtischen Ampelschaltungen.<sup>38</sup> In diese drei Beispielen fehlen aber industrielle Anwendungen. Aus dem Titel „Unternehmensforschung in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik“ bezieht sich Künzi zuerst auf die Wissenschaft und zeigt damit das selbstreferentielle Verständnis des sozialen Raums der Unternehmensforschung an.

Bevor in der BRD eine verstärkte Institutionalisierung von OR an den Universitäten in den 1960er Jahren einsetzte, wurden 1957 in Darmstadt der Arbeitskreis Operational Research (AKOR) gegründet und die Deutsche Gesellschaft für Unternehmensforschung (DGU) 1961 in München, deren Mitgliederzahl im Jahre 1962 die Anzahl von 259 erreichte. Diese Gesellschaften gaben die Zeitschriften „Ablauf- und Planungsforschung“ (fünf Mal jährlich) und „Unternehmensforschung“ (vier Mal jährlich) heraus.<sup>39</sup> Im Jahr 1971 verschmolzen AKOR und DGU zur Deutschen Gesellschaft für Operations Research (DGOR), die seitdem Jahrestagungen abhielt und die gehaltenen Referate in jährlich erscheinenden Proceedings veröffentlicht. Die Zahl der persönlichen Mitglieder der DGOR wuchs von 496 im Jahre 1972 auf über 600 im Jahre 1978.<sup>40</sup>

Im Jahre 1963 existierten bereits drei Institute für Unternehmensforschung an Universitäten in der BRD:<sup>41</sup>

- 
- Institut für Industrielle Unternehmensforschung an der Universität Münster, geleitet von Ludwig Pack, Professor für Betriebswirtschaftslehre.
  - Institut für Ökonometrie und Unternehmensforschung an der Universität Bonn, geleitet von Martin Beckmann, Professor für Volkswirtschaftslehre, nachdem er mit dem mathematischen Ökonom Tjalling Koopmans (siehe unten) in der Cowles Commission an der Universität Chicago gearbeitet hatte.<sup>42</sup>
  - Institut für Unternehmensforschung an der Universität Hamburg, geleitet von Herbert Jacob, Professor für Industriebetriebslehre und Organisation.
- 

<sup>38</sup> Künzi, Unternehmensforschung, 1971, S. 8.

<sup>39</sup> Brusberg, Unternehmensforschung, 1965, S. 56f, S. 242–244. Albach, Unternehmensforschung, 1967, S. 254.

<sup>40</sup> Reinhold Sellien, Helmut Sellien (Hersg.), Gablers Wirtschafts Lexikon, 10. Auflage, Wiesbaden 1980, Spalte 1003f. Bradtke, Grundlagen, 2003, S. 3. Deutsche Gesellschaft für Operations Research (Hersg.), Mitgliederverzeichnis, 1978, Niddatal 1978. Brusberg, Unternehmensforschung, 1965, S. 241.

<sup>41</sup> Brusberg, Unternehmensforschung, 1965, S. 253.

<sup>42</sup> Zur Rolle von Tjalling Koopmans bei der Cowles Commission siehe Mirowski, Machine, 2002.

Dem von Thomas Bradtke in der BRD beobachtete Boom<sup>43</sup> von Operations Research in den Jahren 1960 bis 1970 verlieh die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) einen beträchtlichen Schwung, als sie im Jahre 1961 das Gebiet Unternehmensforschung in ihr Schwerpunktprogramm aufnahm. In den Jahren 1962 und 1963 finanzierte sie jeweils 16 bzw. 30 Kleinprojekte zur Unternehmensforschung mit ein bis zwei Mannjahren an den Lehrstühlen westdeutscher Universitäten, die weit überwiegend modelltheoretisch ohne einen empirischen Bezug aufgestellt waren, wie die thematische Auflistung aller Projekte offenbarte.<sup>44</sup> Die DFG gab ein Gutachten über den Stand der Unternehmensforschung in Auftrag, das als eine Buchpublikation mit über 400 Seiten im Jahre 1965 erschien. Der Autor, der Diplomingenieur Helmut Brusberg, empfahl eine Verlängerung des DFG–Schwerpunktprogramms und die Aufnahme von „mindestens einem Mathematiker“ in die lokalen OR–Forschungsgruppen.<sup>45</sup> Von Mathematikerinnen war in dem Gutachten nicht die Rede. Von der räumlichen Nähe des DFG–Sitzes in Bad Godesberg profitierte die wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität Bonn. Nicht nur, dass in Bonn eine Literaturstelle für OR von der DFG finanziert wurde, die im Jahre 1963 bereits 836 Bände umfasste.<sup>46</sup> Auch konnte die Fakultät in den Jahren 1962 und 1963 zwei bzw. drei Kleinprojekte im Schwerpunktprogramm OR einwerben: Professor Horst Albach, der in der Betriebswirtschaftslehre eine führende Rolle spielte, erhielt die modelltheoretischen Projekte:

- 
- Betriebliche Fragen der Investitionspolitik,
  - Anwendungen der Dynamischen Programmierung in der Investitionstheorie und
  - Ablaufplanung und Produktionsplanung.
- 

Und Professor Wilhelm Krelle erhielt von der DFG zwei selbstreferentielle Projekte: „Förderung der Unternehmensforschung“.<sup>47</sup> Krelle hatte als Diplom–Physiker sein Studium abgeschlossen und spielte bereits bei der Gründung der DGU und als deren Vorsitzender eine entscheidende Rolle im OR–Netzwerk. Andererseits entwickelte er auf der makroökonomischen Ebene große ökonometrische Modelle der Volkswirtschaft der BRD („das Bonner Modell“) und wurde Sprecher des DFG–Sonderforschungsbereichs 21 „Ökonomische Prognose–, Entscheidungs– und Gleichgewichtsmodelle“ der Universität Bonn von 1970 bis 1984. Er forschte im Teilprojekt B1 zu mathematischen ökonometrischen Prognosemodellen der Gesamtwirtschaft.<sup>48</sup>

Mit einer ökonomischen und mathematischen Ausbildung besetzte Rudolf Henn im Jahre 1966 den Lehrstuhl für Ökonometrie und Unternehmensforschung an der Universität Karlsruhe und stieg mit seiner seit 1963 herausgegebenen Zeitschrift „Operations Research Verfahren“ zu einem der führenden OR–Promotoren in der BRD auf. Der im Jahre 1963 erschienene Band 1 veröffentlichte die Papers der Tagung über OR–Verfahren in der Industrie, die am 9. und 10. Dezember 1959 in Zürich stattfand. Die Tagung wurde von der Forschungsstelle Operations Research und Ökonometrie der Universität Göttingen und dem Institut für Betriebswirtschaftslehre der Hochschule St. Gallen ausgerichtet.<sup>49</sup> Der im Jahre 1965 erschienene Band 2 enthielt den

---

<sup>43</sup> Bradtke, Grundlagen, 2003, S. 2.

<sup>44</sup> Brusberg, Unternehmensforschung 1965, S. 313–316.

<sup>45</sup> A.a.O., S. 319. Siehe auch Albach, Unternehmensforschung, 1967.

<sup>46</sup> Katalog der Literaturstelle für Unternehmensforschung, Institut für Ökonometrie und Unternehmensforschung, Universität Bonn 1963–1970, Institut für Ökonometrie und Unternehmensforschung, Bonn, 1971.

<sup>47</sup> Brusberg, Unternehmensforschung 1965, S. 313f.

<sup>48</sup> Zu Wilhelm Krelle siehe Nützenadel, Ökonomen, 2005, S. 118–119.

<sup>49</sup> Zur Geschichte der Ökonometrie siehe Nützenadel, Ökonomen, 2005, S. 91f.

Eröffnungsvortrag von Henri Theil über „Ökonometrie und Unternehmensforschung“, den er auf der gemeinsamen Tagung von TIMS und der Econometric Society im September 1964 in Zürich gehalten hatte, was den Einfluss von TIMS in Europa und die Verbindung der Fachgebiete OR und Ökonometrie anzeigt. Mit dem Erscheinen von Band 3 versah der Diplom–Mathematiker Burkhardt Rauhut als Mitarbeiter am Lehrstuhl Henn im Institut für Wirtschafts– und Sozialwissenschaften der Technischen Hochschule Karlsruhe die Funktion der Schriftleitung. Beide, Henn und Künzi, gaben im Jahre 1966 gemeinsam das Grundlagenwerk „Einführung in die Unternehmens–forschung“ für die universitäre Lehre in den Heidelberger Taschenbüchern des Springer Verlags in zwei Bänden heraus.<sup>50</sup>

Fünf neu geschaffene OR–Lehrstühle in der BRD deuten auf eine erfolgreiche Institutionalisierung von OR in den sozialen Räumen der Universitäten im Zeitraum 1969 – 1981:

- 
- Hans-Jürgen Zimmermann (Lehrstuhl für Unternehmensforschung) an der RWTH Aachen 1969. Zimmermann schloss sein Studium in dem von mathematischen Modellen stark geprägten Studiengang des Diplomingenieurs ab und promovierte in mathematischer Volkswirtschaftslehre. Zimmermann führte Methoden von Fuzzy Sets in das OR ein.
  - Christoph Schneeweiss (Lehrstuhl für Operations Research) an der FU Berlin 1971. Schneeweiss promovierte zuvor in dem von mathematischen Modellen stark geprägten Fachgebiet Physik. Schneeweiss war 1999 bis 2000 Präsident von EURO (siehe unten).
  - Heiner Müller–Merbach, 1972 Professor für Betriebswirtschaftslehre und Operations Research an der TH Darmstadt. Er war 1961 bis 1967 Assistent am Institut für Praktische Mathematik der TH Darmstadt.
  - Dieter Pressmer (Lehrstuhl für Unternehmensforschung) an der Universität Hamburg 1974. Er schloss sein Studium in dem von mathematischen Modellen stark geprägten Studiengang des Diplomingenieurs ab. Pressmer war Präsident des 9. Weltkongresses der IFORS 1984 (siehe unten).
  - Wolfgang Domschke (Lehrstuhl für Operations Research) an der Bundeswehr Universität Hamburg 1975. Domschke erwarb seine akademischen Grade an der stark mathematisch geprägten Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Technischen Hochschule Karlsruhe.
  - Richard Vahrenkamp (Lehrstuhl für Operations Research) an der Universität–Gesamthochschule Kassel 1981. Vahrenkamp schloss sein Studium an der Universität Heidelberg als Diplom–Mathematiker ab.
- 

Der von Thomas Bradtke in der BRD beobachtete Boom von Operations Research hielt nach dieser Aufstellung auch in den Jahren 1970 bis 1980 an.<sup>51</sup> Die Tendenz, OR–Lehrstühle an wirtschaftswissenschaftlichen Fakultäten vornehmlich mit mathematisch ausgebildeten Bewerbern zu besetzen, kann man hier bloß konstatieren. Der Grund für das hohe Ansehen dieser Bewerberkategorie an den wirtschaftswissenschaftlichen Fakultäten lässt sich nur durch Studium der Archivbestände erschließen, wo Akten von Berufungsverfahren Aufschluss geben könnten. Man kann allgemein ein hohes Ansehen von den modernen, aus den USA stammenden quantitativen Verfahren in Europa annehmen, das auch in der Presse von zahlreichen

---

<sup>50</sup> Henn/Künzi, Einführung, 1966 mit biographischen Daten von Henn und Künzi.

<sup>51</sup> Bradtke, Grundlagen, 2003, S. 2.

Bildreportagen über das Eintreffen von Großcomputern aus den USA per Luftfracht auf Flughäfen der BRD und der Schweiz geschaffen und unterstützt wurde.<sup>52</sup>

Hans Künzi und Martin Beckmann gewannen im deutschsprachigen Raum des OR-Forschungs-Netzwerkes eine beherrschende Stellung, als sie im Jahre 1968 gleich zwei Softcover Lecture Notes Reihen im wissenschaftlichen Springer Verlag herausgaben: Die „Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems“ und die „Lecture Notes in Operations Research and Mathematical Economics“, die ab Band 15 in „Lecture Notes in Operations Research and Mathematical Systems“ umbenannt wurde. Den Band 1 der OR-Reihe über Entscheidungen bei Unsicherheit verwandte Künzi gleich als Schulungsmaterial für die SVOR.<sup>53</sup> Mit diesen Reihen erschloss der Springer Verlag ein neues Publikationsformat, das auf Vervielfältigung von Schreibmaschinenmanuskripten mit dem Offsetverfahren basierte, damit den aufwendigen Bleisatz umging und eine rasche Publikation nach Manuskripteinreichung ermöglichte. Die Reihen wuchsen explosionsartig. Die Reihe „Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems“ erreichte im Jahre 1979 die Anzahl von 170 Titeln, d.h. 16 Titel pro Jahr seit 1968, wie die Herausgeber in einem Sonderband dokumentierten.<sup>54</sup> Die andere Reihe erreichte bereits im Jahre 1970 die Anzahl von 50 Titeln, d.h. auch 16 Titel pro Jahr.<sup>55</sup> Vor dem Erfolg der Lecture Notes Reihen legten Hans Künzi und Wilhelm Krelle das Fundament für die Hard-Cover-Buchreihe „Ökonometrie und Unternehmensforschung“ im Springer Verlag. Der Band 1 war Künzi/Krelle/Oettli: Nichtlineare Programmierung, 1962. Dann kam erst vier Jahre später 1966 der Band 2 heraus mit der deutschen Übersetzung von Dantzig's Buch „Linear Programming and Extensions“. Innerhalb von 10 Jahren folgten dann 20 weitere Bände.<sup>56</sup> Das von Alexander Nützenadel geprägte Diktum „Stunde der Ökonomen“ scheint auf die 1970er Jahre zuzutreffen, wenn man die rasante Expansion beider Lecture Notes Reihen und Künzis und Krelles Hard-Cover-Reihe bedenkt.

Wie die einzelnen Titel anzeigen, vereinigten beide Lecture Notes Reihen einen bunten Strauß verschiedenartigster Themen: z.B. OR-Verfahren für betriebliche Anwendungen, wie z.B. Warteschlagenberechnungen. Dann traten Titel auf zur Statistik, zur Ökonometrie und zur Volkswirtschaftslehre. Rudolf Henn veröffentlichte gemeinsam mit Otto Opitz ein Lehrbuch mit einem Standardtext zur neoklassischen Konsum- und Produktionstheorie (OR-Reihe, Band 25, 1970), das als Begleitmaterial zu den Grundvorlesungen an der TH Karlsruhe eingesetzt wurde. Aber auch Forschungsberichte wurden veröffentlicht. Carl Christian von Weizsäcker, Professor für Volkswirtschaftslehre an der Universität Heidelberg, veröffentlichte einen Forschungsbericht zu

---

<sup>52</sup> Vergl. das großartige Presseecho vom Eintreffen eines UNIVAC Rechners auf dem Frankfurter Rhein-Main-Flughafen in einer PAN AM Frachtmaschine am 6. August 1956. Der Rechner war für das Auftragsforschungsunternehmen Battelle in Frankfurt a.M. bestimmt, siehe Die Lochkarte – Hausmitteilungen der Remington Rand GmbH Frankfurt a. M., Nr. 168, 1956, S. 1973.

<sup>53</sup> H. Bühlmann u.a.: Einführung in die Theorie und Praxis der Entscheidung bei Unsicherheit, Berlin 1968, zweite Auflage 1969.

<sup>54</sup> Beckmann/Künzi 1979.

<sup>55</sup> Beckmann, Unternehmensforschung heute, 1971, Verzeichnis der Titel.

<sup>56</sup> Eine Liste der erschienenen Bände ist abgedruckt in Burkhard/Derigs: Assignment und Matching Probleme, 1980, Innenumschlag. Bereits vor den Lecture Notes Reihen veröffentlichte der Akademie Verlag in Ostberlin 1965 die Protokolle der Tagung „Mathematik und Kybernetik in der Ökonomie“ in einem ähnlichen Format wie die Lecture Notes Reihen. Softcover, Offsetdruck, um eine rasche Publikation zu ermöglichen, wie das Vorwort hervorhob, und ein farbiger, markanter Querbalken auf dem Titel. Offenbar gab diese Publikation ein Vorbild für die Lecture Notes Reihen ab.



Steady State Capital Theory (OR–Reihe, Band 54, 1971). Als Band 50 der OR–Reihe gab Martin Beckmann den Band „Unternehmensforschung heute“ im Jahre 1971 heraus, der sechs rein mathematische Übersichtsvorträge der gemeinsamen Tagung von SVOR und DGU in Zürich im September 1970 enthielt:

- W. Dinkelbach: Über einen Lösungsansatz zum Vektormaximumproblem,
- F. Fenschel: Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Warteschlagentheorie,
- D. Hochstädter: Neuere Entwicklungen der stochastischen Lagerhaltungstheorie,
- P. Kall: Entwicklungstendenzen in der mathematischen Optimierung,
- B. Korte: Ganzzahlige Programmierung,
- W. Uhlmann: Grundbegriffe der Entscheidungstheorie.

Als günstig zur Vermarktung von mathematischen OR–Verfahren erwies sich, dass die Herausgeber die „Mathematical Systems“ mit „Economics“ im Reihentitel kombinierten und so den „Mathematical Systems“ eine inhaltliche Relevanz vermittelten.

---

Zur Bildung eines internationalen, selbstreferentiellen Systems Operations Research trug die internationale Kooperation von nationalen OR–Gesellschaften bei und erklärt deren explosionsartiges Wachstum. Bereits im Jahre 1955 gründeten die US–amerikanische, die englische und die französische nationale OR Gesellschaft die International Federation of Operations Research Societies (IFORS). An der ersten Konferenz der IFORS am 2. bis 6. September 1957 in Oxford (England) beteiligten sich sieben Mitglieder der AKOR. Dort referierte der Diplom–Mathematiker Hans Kregeloh als Vorsitzender der AKOR über die Verbreitung von OR–Methoden in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Zur zweiten Konferenz der IFORS in Aix–en–Provence vom 5. bis 9. September 1960 entsandte die AKOR 16 Mitglieder. Auf der dritten Konferenz der IFORS in Oslo vom 1. bis 5. Juli 1963 berichteten zwei Mitglieder der AKOR über Arbeitsergebnisse aus der Praxis.<sup>57</sup> Für die junge Bundesrepublik waren diese internationalen Kontakte äußerst wichtig, um im Nachkriegseuropa ein wenig Reputation zu erlangen. Im Jahre 1975 vereinigte der Aachener OR–Professor Hans–Jürgen Zimmermann elf nationale OR–Gesellschaften Westeuropas (d.h. unter Ausschluss von Ländern aus dem Ostblock) unter dem Dach „EURO“.<sup>58</sup> Während die IFORS ihre internationalen Tagungen im Dreijahresrhythmus veranstaltete, bot EURO in den verbleibenden Zweijahreslücken ihre internationalen Konferenzen an, die von bis zu 2000 Teilnehmern besucht wurden, wie die EURO Webseite berichtet. EURO gab seit 1976 das European Journal of Operational Research heraus, dessen explosionsartiges Wachstum man daran ermessen kann, dass im Jahre 1996 bereits der 96. Band erschien. Diese internationalen Kooperationen bildeten ein selbstreferentielles System. Ein(e) OR–Forscher/inn an einer Universität in der BRD konnte jährlich die Tagungen der DGOR besuchen, dort Referate halten und diese als Paper in den Proceedingsbänden veröffentlichen. Diese Schritte steigerten die wissenschaftliche Reputation. Ohne dass die Qualität der Papiere noch einmal anwuchs, konnten Forscher die national präsentierten Papiere unverändert noch einmal auf der internationalen Ebene präsentieren, so ihre Reputation verdoppeln und mit einer abwechslungsreichen Auslandsreise verbinden.

---

<sup>57</sup> Brusberg, Unternehmensforschung, 1965, S. 242.

<sup>58</sup> Euro – The Association of the European Operational Research Societies, Newsletter 2, Brüssel 1975. Zimmermann, Founding 1995.

Wie eine Analyse der Proceedingsbände der DGOR ergab, waren die weitaus meisten Beiträge modelltheoretisch ohne einen empirischen Teil, der erhobene Daten präsentiert hätte. Damit bot das selbstreferentielle System Operations Research eine Plattform für umfangreiche modelltheoretische Aktivitäten, die von der Notwendigkeit abschirmte, in Unternehmen empirische Daten zu erheben. Auf Jahrestagung der DGOR 1981 in Göttingen hatte bereits Heiner Müller–Merbach, seit 1972 Professor für Betriebswirtschaftslehre und OR an der TH Darmstadt, gegen die hypothetische und nominelle Art vieler OR–Papiere Stellung bezogen, die etwa einleitend einen fiktiven Industriebetrieb mit den Worten „Ein Industriebetrieb habe drei Maschinen...“ beschwören, um dann den modelltheoretischen Ansatz fortzuführen. Er forderte eine stärkere empirische Orientierung. Jedoch blieb sein Appell ohne Wirkung, und die Kongress–Maschinen von DGOR, EURO und TIMS liefen ungestört zur Reputationsgewinnung weiter. Die Jahrestagung der GOR 2017 in Berlin besuchten noch immer 900 Personen.<sup>59</sup>

Das Bild, das AKOR, DGU und DGOR vom Operations Research in der Fachöffentlichkeit zeichnete, führte in der BRD der 1960er Jahre zu einer übersteigerten Erwartung von Unternehmensführern. Das Universitätsseminar der Wirtschaft der Universität Bonn, das sich als Weiterbildungsinstitut für Führungskräfte der Wirtschaft verstand, kritisierte in einer Veröffentlichung des Jahres 1971 diese Erwartungen: „Man denkt sich die Unternehmensforschung als eine Art Werkzeugkiste voller exotischer mathematischer Verfahren...Diese Vorstellungen werden auf die Spitze getrieben, wenn die mathematischen Verfahren in Verbindung mit der immer noch mystischen Rolle des Computers gesehen werden... So hegte ein Vorstandsmitglied eines großen Energieversorgungsunternehmens die Erwartung, man müsse nur einige Daten sammeln und einige Maschinenprogramme aus dem Regal ziehen, um am anderen Ende des Computers den optimalen Investitionsplan...in Empfang zu nehmen.“<sup>60</sup> Insofern entsprachen diese Erwartungen von Führungskräften der Wirtschaft genau dem Bild, was die OR–Hochschulforscher mit ihrem selbstreferentiellen Ansatz verfolgt hatten.

An der hier vermittelten Geschichte der Institutionalisierung von OR fällt die Doppelrolle zahlreicher Lehrstühle auf den Gebieten des OR und der Ökonometrie auf. Es handelt sich um die Lehrstühle von Drèze, Beckmann, Henn und Krelle. Auch zahlreiche Tagung organisierten Panels sowohl für Ökonometrie wie auch für OR. Ferner boten Beckmann und Künzi in ihren Lecture Notes Reihen Veröffentlichungen zu beiden Fachgebieten an. Martin Beckmann gab 1979 zusammen mit Günter Menges und Reinhard Selten das Handbuch der mathematischen Wirtschaftswissenschaften heraus, das Teilbände zur Unternehmensforschung und zur Ökonometrie enthielt. Wissenschaftshistorisch ist die Doppelrolle von OR und Ökonometrie bemerkenswert, da es sich um eine Kopplung von zwei inkompatiblen Gebieten handelt. Ökonometrie ist makroökonomisch orientiert und verwendet als bedeutsamen Input für ihre mathematischen Modelle empirische Daten über die Volkswirtschaft und deren Verflechtungen, die sie vom Statistischen Bundesamt bezieht. Ökonometrie zählt damit zur empirischen Wirtschaftsforschung, die Voraussagen macht und daher für die Politikberatung und in volkswirtschaftlichen Abteilungen von Banken relevant ist.<sup>61</sup> Andererseits ist Operations Research

---

<sup>59</sup> Die GOR war die Nachfolgeorganisation der DGOR. <http://www.gor-ev.de/rueckblick-or-2017-in-berlin>. (Zugriff am 30.5.2018).

<sup>60</sup> Hanssmann, 1971, S. 25.

<sup>61</sup> Nützenadel, Ökonomen, 2005, S. 92.

auf betriebliche Abläufe fokussiert und stellt unabhängig von empirischen Daten mathematische Verfahren bereit, ohne Voraussagen zu machen.

Ebenfalls in die sozialistische DDR wurden die Ideen von Operations Research verbreitet. Dort wurde nicht der Terminus Unternehmensforschung verwendet sondern Operationsforschung. Das Grundlagenwerk von Werner Dück und Manfred Blieferich erschien 1971 in einem dreibändigen Werk in Ost-Berlin, das als ein Remake des Buches von Henn und Künzi aufgefasst werden kann.<sup>62</sup> Auch in Band 1 gibt es, wie bei Henn und Künzi, lediglich mathematische Grundlagen in Analysis und Linearer Algebra. Der Band 2 behandelt die Spieltheorie.

## 5 Die zögernde Anwendung von Operations Research in der Industrie

---

In einem deutlichen Unterschied zur Publikationsflut über theorieorientierte OR-Themen blieb die Anwendung von OR-Methoden in der Industrie jedoch gering. Martin Beckmann drehte dieses Verhältnis von Theorieangebot und Nachfrage von Anwendern einfach um, als er 1979 das Gegenteil behauptete: "Mathematische Verfahren finden im Wirtschafts- und Sozialbereich immer weitere Anwendungen, vor allem dort, wo es um die Entscheidungsfindung in komplizierten Situationen geht. Gerade die Unternehmensforschung, bei der es um die Anwendung von mathematischen Modellen für wirtschaftliche Entscheidungen geht, hat sich aufgrund dieses Bedarfs...schnell entwickelt."<sup>63</sup>

Die geringe Anwendung von OR in den sozialen Räumen der Industrie sprach der Präsident von TIMS und Chef der mathematischen Abteilung von RAND, Merrill Flood, an, als er konzidierte in seiner Präsidentschaftsadresse im Jahre 1955, dass OR zwar allgemein als wichtig anerkannt würde, aber doch bloß gewissermaßen „in der Luft“ läge.<sup>64</sup> Als Promotor der Linearen Optimierung betonte Dantzig, dass die erste Anwendung dieser Methode in der Industrie die Planung von Flugbenzin in einer Petroleumsraffinerie im Jahre 1951 war.<sup>65</sup> Wie Dantzig in seinem Buch von 1963 anmerkte, war die Akzeptanz der Industrie, die Lineare Optimierung in der Produktionsplanung einzusetzen, aber verhalten.<sup>66</sup> In anderen Veröffentlichungen berichtet er von der erfolgreichen Anwendung in der Ölindustrie.<sup>67</sup> Der geringe Erfolg von OR-Methoden steht auch in Zusammenhang damit, dass US-Unternehmen bereits in den 1930er und 1940er Jahren vermehrt wissenschaftliche Methoden in der Unternehmensführung eingesetzt habe und von daher der Bedarf nach Beratung nicht so ausgeprägt war wie in Großbritannien, wo die Unternehmensführung große Defizite aufwies. Dort wurde OR erfolgreich in den Stadtwerken und in der Grundstoffindustrie angewandt. Man sprach vom „Goldenen Zeitalter des OR“ in der Spanne

---

<sup>62</sup> Dück/Blieferich, Operationsforschung, 1971.

<sup>63</sup> Beckmann, Unternehmensforschung 1979, Vorwort.

<sup>64</sup> Flood, Objectives, 1956.

<sup>65</sup> Charnes/Cooper/Mellon, Blending, 1952.

<sup>66</sup> Dantzig, Programming, 1963, S. 28. Das Buch erschien unter dem Copyright von RAND.

<sup>67</sup> Dantzig, Operations Research in the World, 1965. Siehe auch Steinecke, 1973.

von 1945 bis 1970. OR wurde als Mittel gesehen, die Industrie zu modernisieren. Vor allem auf Verbandsebene wurden OR–Forschungsgruppen installiert, wie z.B. die von Sir Charles Goodeve 1950 gegründete OR Research Gruppe der British Iron and Steel Research Association.<sup>68</sup>

Anders als in Großbritannien gab es aber in den USA und in Westdeutschland Hindernisse bei der breiten Anwendung von Operations Research in den sozialen Räumen der Unternehmen, auch insofern, als die Modelle empirische Daten benötigten, um optimale Lösungen berechnen zu können. Die Daten waren aber erst in den Unternehmen zu erheben. Dieses Datenproblem wird in den OR–Veröffentlichungen meistens mit formelmäßigen Äußerungen heruntergespielt. In seinem 1963 erschienenen Grundlagenpapier „Verfahren des Operations Research und ihre Anwendungen in der Industrie“ in Band 1 seiner Zeitschrift „Operations Research Verfahren“ schreibt Rudolf Henn: „Bei vielen betrieblichen Abläufen kommt es vor, dass man in jeder Zeitperiode für die Größen [gemeint sind Variable – R.V.] eine Wahrscheinlichkeitsverteilung hat.“ Wie man diese Wahrscheinlichkeitsverteilungen ermittelt, sagt er nicht. Auch andere Professoren konnten diese Fragen nicht beantworten. Vielmehr bildete sich eine Arbeitsteilung zwischen Universitäten und „Praktikern“ in industriellen Unternehmen heraus. Wie die oben gezeigten Themen der DFG–Kleinprojekte zu OR von Professor Horst Albach erkennen lassen, sind diese ausschließlich modelltheoretisch ohne einen empirischen Bezug angelegt. Albach leitete auch das Universitätsseminar der Wirtschaft der Universität Bonn, das sich als Weiterbildungsinstitut für Führungskräfte der Wirtschaft verstand. Für dieses Seminar ließ er von dem Unternehmensberater Friedrich Hanssmann eine Schrift zur Unternehmensforschung erstellen, worin Hanssmann die Schwierigkeiten der Datenerhebung im Unternehmen lebhaft schilderte.<sup>69</sup> Albach schrieb das Vorwort und dankte Hanssmann für seine mühevollen Arbeit. Damit hatte Albach, der mit seinen DFG–Projekten und seinem 1967 erschienenen Paper als ein Promotor der Unternehmensforschung gelten kann,<sup>70</sup> die Verantwortung für empirische Forschung auf einen Praktiker abgeschoben. Auch Albach deutete die zögernde Anwendung von OR–Methoden in der Industrie an.<sup>71</sup> Nievergelt u.a. sprechen in ihren praktischen Studien zur Unternehmensforschung von den „hohen Opfern“, die ihre Firma bei der Einführung von OR leisten musste.<sup>72</sup>

Um Daten zu gewinnen, mussten die mathematisch orientierten OR–Forscher an den Universitäten sich in die sozialen Räume von Unternehmen begeben, wofür sie allerdings keine sozialwissenschaftliche Ausbildung aufweisen konnten. Aus der Sicht des Managements eines Unternehmens ist es bekannt, dass Daten über die einzelnen betrieblichen Vorgänge innerhalb des Unternehmens zu sammeln, sowohl mühsam als auch teuer ist. Auch gibt es Widerstände des unteren Managements, den eigenen Entscheidungsbereich durchleuchten zu lassen.<sup>73</sup> Daher balanciert das Management zwischen der Qualität der Daten und den Kosten der Erhebung und neigt eher zu einfachen Regeln. Aber die OR–Berater mussten über die Barriere der Datenerhebung springen, um Daten hoher Qualität zu gewinnen, die sie in ihre verfeinerten OR–Modelle einbauen konnten. Wegen dieser Schwierigkeiten blieb letztlich das Ausmaß der

---

<sup>68</sup> Kirby, M. und R. Capey: The Origins and Diffusion of Operational Research in the UK, in: The Journal of the Operational Research Society, Vol. 49, 1998, No. 4, 307–326, hier 309. Kirby, Maurice: Operational Research in War and Peace: The British Experience from the 1930s to 1970, London 2003.

<sup>69</sup> Hanssmann, Unternehmensforschung, 1971, S. 25.

<sup>70</sup> Albach, Unternehmensforschung, 1967.

<sup>71</sup> A. a. O., S. 254.

<sup>72</sup> Nievergelt, E, O. Müller, F. Schlaepfer: Praktische Studien zur Unternehmensforschung, Vorwort.

<sup>73</sup> Kaplan/Cooper, Cost 1998.

Anwendungen von Operations Research in den Unternehmen niedrig. So wunderte sich zum Beispiel Lewis Bodin darüber, wie niedrig der Grad der Anwendungen auf dem Gebiet der Tourenplanung für Fahrzeuge, wie zum Beispiel Milcheinsammlung bei Farmen auf dem Lande oder Schulbusplanung in den Vororten, in den 1990er Jahren noch immer war, obwohl bereits 20 Jahre lang die wissenschaftliche Gemeinde über Tourenplanung geforscht hatte.<sup>74</sup>

Betrachtet man das Versprechen der Kostensenkung durch den Einsatz von Operations-Research-Methoden, so konnten die OR-Berater nur einen schmalen Anteil an den Kosten mit ihren Modellen senken, da viele industrielle Prozesse hohe Fixkosten tragen, so dass eine Reduktion von, zum Beispiel 5 Prozent, der variablen Kosten nicht besonders überzeugend erschien. Zusätzlich zeigten viele Prozesse Kostenkurven, die kein scharfes Minimum aufwiesen, so dass Abweichungen von den minimalen Kosten nur gering ins Gewicht fielen und grobe Schätzmethode angewendet werden konnten. In der Literatur ist keine Kostenkurve bekannt mit einem scharfen Kostenminimum, etwa wie ein Spalt in einen Felsen, das eine aufwendige Suche nach dem Kostenminimum rechtfertigen würde.

In ihrem OR-Buch von 1957 zeigten Churchman et al. im Detail, wie die Methoden der Datensammlung, etwa Kostenkurven in Stahlwerken oder Warteschlangen an Mautstationen der New Yorker Stadtautobahn, vor sich gehen und verbreiteten Warnungen, dass OR-Forscher sich nicht auf Methoden konzentrieren, sondern stattdessen lieber Daten im Unternehmen sammeln sollten.<sup>75</sup> Sie sollten auch vertraut werden mit den sozialen Beziehungen in dem Unternehmen, von dem sie den Beratungsauftrag erhielten.

Jedoch wandten sich die OR-Forscher nicht empirischen Projekten in den sozialen Räumen von Unternehmen zu, sondern etablierten sich erfolgreich in den sozialen Räumen von wirtschaftswissenschaftlichen Fakultäten der Universitäten. Dort trieben sie die Entwicklung von mathematischen Optimierungsmethoden voran und verwandelten ihre Lehrbücher über Operations Research in reine Methodenbibeln. Das zweibändige Werk zur Unternehmensforschung von Henn und Künzi behandelte in Band 1 gar keine Unternehmensforschung sondern lediglich Mathematik: Mengenlehre, lineare Algebra, Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik. Der Band 2 enthielt auch ein Kapitel zur Spieltheorie. Da sich die Unternehmensforschung nicht den ökonomischen Beziehungen im Unternehmen zuwandte, unterblieb weitgehend eine empirisch orientierte Forschung. Die starke Betonung mathematischer Methoden stieß bereits seit den 1950er Jahren auf Ablehnung durch Unternehmensführer. Man warf den OR-Spezialisten unverständliches „Fachchinesisch“ vor, wie der Leiter des Maschinenbaukonzerns Fichtel und Sachs, Walter Trux, in seinem Eröffnungsvortrag der Jahrestagung 1980 der Deutschen Gesellschaft für Operations Research in Essen formulierte.<sup>76</sup>

---

<sup>74</sup> Bodin, Years, 1990.

<sup>75</sup> Churchman et al., Introduction, 1957.

<sup>76</sup> Rider, Operations, 1992, S. 231. Trux, Einsatz, 1981, S. 21.

## 6 Der Aufstieg der Wirtschaftsinformatik als Barriere für Operations Research

---

Wenn man die Verbreitung von OR historisiert, so erfolgten nach einer Phase einer erfolgreichen Institutionalisierung an den Universitäten bis 1970 eine Stagnation und ein Niedergang nach 1980, der auf den Aufstieg der konkurrierende Fachgebiete Wirtschaftsinformatik und Logistik zurückzuführen ist.<sup>77</sup> Seit Ende der 1980er Jahre wurden zunehmend Lehrstühle für Operations Research in die Fachgebiete Wirtschaftsinformatik und Logistik umgewandelt. Als Fachvertretung der OR–Professoren an deutschen Universitäten innerhalb des Verbandes der Betriebswirte verlor die Wissenschaftliche Kommission Operations Research zunehmend Mitglieder mit der Denomination Operations Research. Im Jahre 2019 besaßen von den 100 Professoren (Lehrstühle nur innerhalb von Deutschland, ohne Emiriti) der Wissenschaftlichen Kommission Operations Research bloß noch zwei die Denomination Operations Research, während die übrigen die Denomination Wirtschaftsinformatik oder Logistik aufwiesen.<sup>78</sup> Auch in Großbritannien nahm man eine Krise von OR wahr.<sup>79</sup>

Abgesehen von diesen akademischen Umwälzungen wurde der Einsatz von Operations Research in den sozialen Räumen von Unternehmen auch durch den Aufstieg von computergestützten Datenbanksystemen zur Produktionssteuerung behindert. Diese betriebswirtschaftliche Steuerung von Unternehmen durch Computer kann wie folgt historisiert werden. Die Kapazität der Unternehmen, ihre eigene Organisation zu modernisieren, wurde in den Jahren 1960 bis 2000 absorbiert von der Installation immer neuer und leistungsfähigerer Generationen von Computern zur betriebswirtschaftlichen Steuerung der Produktion und konnte kaum der Beratung von OR–Consultants Beachtung schenken. In der Produktionswirtschaft stand die Anwendung der von der Wirtschaftsinformatik bevorzugten relationalen Datenbankmodelle für die Steuerung des Materialflusses in der Produktion der Fertigungsindustrie im Mittelpunkt, während noch in den 1960er Jahren IBM vergeblich hierarchische Datenbankmodelle favorisiert hatte. Die relationalen Datenbankmodelle wurden möglich, als in den 1960er Jahren der Übergang vom Turing–like linearen Speicher auf Band auf den wahlfreien Zugriff auf Magnetplatten erfolgte und der Aufbau von Dateisystemen erstmals überhaupt möglich wurde. Am Beispiel der Fichtel & Sachs AG in Schweinfurt wird der Zuwachs an Plattenkapazität deutlich. In diesem Unternehmen wuchs die Plattenkapazität von 2,8 MB im Jahre 1975 auf 15 MB 1980.<sup>80</sup>

Dieter Pressmer, Professor für Unternehmensforschung an der Universität Hamburg (siehe oben), initiierte am Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft in den 1980er Jahren ein Förderprogramm für das Universitätsfachgebiet Wirtschaftsinformatik und gründete 1995 das Institut für Wirtschaftsinformatik an der Universität Hamburg.<sup>81</sup> Die von der Wirtschaftsinformatik

---

<sup>77</sup> Bradtke, Operations Research, 2003, spricht von einer Krise des OR zu Ende der 1970er Jahre, S. 3. Rudolf Henn stelle das Erscheinen seiner Zeitschrift Operations Research Verfahren im Jahre 1979 ein.

<sup>78</sup> Mitteilung des Vorsitzenden der WK Operations Research, Professor Achim Koberstein.

<sup>79</sup> Fildes, R. and JC Ranyard: The foundation, development and current practice of OR: An editorial introduction and overview, in: Journal of Operational Research, vol. 49, 1998, 304–306.

<sup>80</sup> Eröffnungsvortrag zur neunten Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Operations Research in Essen im Jahre 1980 von Walter Trux. Trux, Einsatz, 1981, S. 22.

<sup>81</sup> Traueranzeige Pressmer auf der Webseite [www.bwl.uni-hamburg.de/iwi/ueber-das-Institut/pressmer.html](http://www.bwl.uni-hamburg.de/iwi/ueber-das-Institut/pressmer.html), Zugriff am 15. März 2019.

entwickelten Programme zur Produktionssteuerung in der Fertigungsindustrie (auch als PPS bezeichnet) gehen auf einfache Stücklistenprozessoren der 1960er Jahre zurück. Als erste Programme für die effiziente Ausnutzung von digitalen Hochgeschwindigkeits-Computern wurden Job Shop Scheduling Programme bereits Anfang der 1950er Jahre entwickelt, welche eine optimale Sequenz von Anwendungsprogrammen (Jobs) bestimmten, die als Lochkarten im Batch in den Computer eingelesen wurden, um die gesamte Wartezeiten des wertvollen Prozessors zu minimieren. Diese Job Scheduling Programme wurden später in PPS integriert. PPS wurde um die Verwaltung weiterer betrieblicher Funktionsbereiche erweitert, wie Vertrieb, Lieferanten, Finanzen, Personal und Raumplanung einschließlich verschiedener Standorte im In- und Ausland und als Enterprise Resource Planning (ERP) bezeichnet.<sup>82</sup> Damit wurde die gesamte Unternehmensorganisation in diesem Datenbank-Programm abgebildet, was aber nicht immer reibungslos gelang. Bei der Programm-Installation in den Firmen entstanden zwischen der Rigidität der vorgesehenen Software und der lebendigen Organisation der Firmen Konflikte.<sup>83</sup>

In der Fertigungsindustrie zerlegten Datenbankmodelle die Strukturen von Arbeitsmaschinen, Material und Stücklisten in Tausende von Tabellen in atomisierten Normalformen, wodurch sich wegen zahlreicher Festplattenzugriffe lange Laufzeiten auf dem Computer zur Erstellung von Produktionsplänen des Folgetages ergaben. Die Computer liefen die gesamte Nacht lang. Dieser Nachteil konnte erst behoben werden, als Halbleiter-basierte Hauptspeicher im Gigabytebereich ab dem Jahre 2000 technologisch möglich wurden und somit die langsamen Festplattenzugriffe auf die atomisierten Tabellen in den schnellen Hauptspeicher verlagert werden konnten. Der Softwarekonzern SAP vertrieb diese neue ERP-Software unter der Marke Hana. In sein Produkt zur Produktionsplanung R3 fügte SAP in den 1990er Jahren ein auf der Linearen Programmierung basierendes Optimierungstool mit der Bezeichnung „Advanced Planner und Optimizer“ ein.<sup>84</sup> Empirisches Wissen über den Einsatz dieses Tools liegt nicht vor. Ob es für Produktions-Unternehmen nützlich war oder bloß eine Marketingaktion von SAP, lässt sich nicht entscheiden.

## **7 Der anfangs problematische Einsatz des Großcomputers in der Massendatenverarbeitung**

In diesem Abschnitt sollen die Probleme der Massendatenverarbeitung mit Großcomputern in den sozialen Räumen von Unternehmen in den 1950er Jahren aufgrund der geringen Hauptspeichergröße aufgezeigt werden, um dann überzuleiten zum Thema OR als Management Science.

Ich folge hier Timo Leimbach, der in seiner Studie zur Softwarebranche den Einsatz des Computers für administrative Zwecke im Unternehmen nach zwei Arten unterscheidet. Einerseits der Computer als Automatisierung einfacher Angestelltenarbeit und zweitens als ein Instrument,

---

<sup>82</sup> Kurbel, Enterprise, 2011. Fleischhack, Welt, 2016. Sie berichtet von Anwendungen von Job Shop Scheduling Programmen in kommunalen Rechenzentren noch in den 1970er Jahren, S. 58.

<sup>83</sup> Ein Beispiel um die Einführungskonflikte von SAP R/3 beim M.I.T. siehe Williams, Solid, 2000, S. 641–668.

<sup>84</sup> Bartsch, SAP APO, 2000.

welches Informationen bereitstellt, um dem Manager Entscheidungen zu ermöglichen.<sup>85</sup> In den 1950er Jahren hielt der Großcomputer in den Unternehmen Einzug, um administrative Vorgänge zu automatisieren, wie zum Beispiel Verkaufsstatistiken, Lohnabrechnungen und die Lagerverwaltung. Viele dieser Bereiche waren bereits durch den Einsatz von Lochkartenmaschinen teilweise automatisiert worden, und der Computer konnte diese Ansätze der Lochkartenabteilungen in den Unternehmen fortführen, zumal der Input und Output von Daten noch über Lochkarten erfolgte.<sup>86</sup> John von Neumann hatte dem digitalen Großcomputer eine besondere Architektur verliehen. Er kombinierte eine schnelle arithmetische Einheit mit einem schnellen Hauptspeicher. Diese Architektur ermöglichte es, insbesondere Differentialgleichungen zu integrieren, indem in kürzester Zeit Millionen Iterationsschritte kleine Datenmengen zwischen dem Hauptspeicher und der arithmetischen Einheit hin und her schoben. Für die Computerhersteller war der Großcomputer in den 1950er Jahren kein besonders großer Absatzmarkt. Die Anzahl von Installationen blieb überschaubar. Tatsächlich setzte sich eine andere Architektur durch, die von Neumann nicht berücksichtigt hatte. Eine schnelle arithmetische Einheit wurde mit einem langsamen Hauptspeicher kombiniert, der von einer Magnettrommel realisiert wurde. Unter den bis zu 70 Typen von Digitalcomputern mit Magnettrommel, die in den 1950er Jahren auf dem Markt in den USA erschienen,<sup>87</sup> wurde die IBM 650 zum Erfolgsmodell dieser Architektur.

Mag ein Großcomputer, wie der IBM 701 oder die Univac 1103, bei wissenschaftlichen Berechnungen, wie der Integration von Differentialgleichungen, erfolgreich gewesen sein, so sieht dessen Anwendung in der administrativen Datenverarbeitung weniger günstig aus. Diese Anwendung wurde zwar von einer großartigen Rationalisierungs–Rhetorik von Effizienz, Schnelligkeit und Kosteneinsparung begleitet. Jedoch war, wie Thomas Haigh in seiner Studie zur Computereinführung bei der administrativen Datenverarbeitung in den 1950er Jahren aufzeigte, dieser Weg äußerst mühsam, da Großcomputer bloß über winzige Hauptspeicher verfügten und die Verarbeitung von Massendaten in zahlreiche separate Runs gesplittet werden musste. Der Geschwindigkeitsvorteil des Großcomputers ging so verloren.<sup>88</sup> Diese Hauptspeicherrestriktion wiesen aber die klassischen Tabelliermaschinen nicht auf.

Es kam in der administrativen Datenverarbeitung besonders auf sortierte Datenbestände an. Umsatzdaten, Personaldaten, Kundendaten, Materialdaten und Lieferantendaten erhielten Nummerierungssysteme, mit denen bestimmte Datensätze in einem sortierten Bestand schnell aufgefunden werden konnten; das Magnetband musste nur soweit vorgespult werden, bis die Datensatz–Nummer erschien. Allerdings mussten die Datenbestände stets neu sortiert werden, sobald Änderungen eintraten. Anders als bei Lochkarten wurden die linearen Magnetbänder aber zu Käfigen für die Massendaten. In Magnetbändern aufbewahrte Massendaten auf Großcomputeranlagen zu sortieren, erwies sich als einschneidender Engpass, da die Bänder mit Massendaten wegen des kleinen Hauptspeichers wiederum in zahlreiche separate Runs gesplittet werden mussten, während Sortierung auf Lochkartenmaschinen problemlos möglich war. Paul Ceruzzi schätzte, dass Großcomputeranlagen 25% ihrer Zeit für Sortierungen aufwandten. In einer

---

<sup>85</sup> Leimbach, Geschichte, 2010.

<sup>86</sup> Vahrenkamp, Informationsexplosion, 2017, S. 209–242. Erweiterte Fassung unter [http://www.vahrenkamp.org/files/Punch\\_Cards\\_Vahrenkamp\\_WP1\\_2017](http://www.vahrenkamp.org/files/Punch_Cards_Vahrenkamp_WP1_2017).

<sup>87</sup> Weik, Survey, 1955.

<sup>88</sup> Haigh, Tabulator, 2001.



Anzeige spricht die Electronic Data Division von RCA sogar von 40% für Sortierung.<sup>89</sup> Bei den umständlichen Sortiervorgängen fiel der langsame Hauptspeicher der IBM 650 und der langsame Massenspeicher mit Magnetplatten (600 Millisekunden mittlere Zugriffszeit) der IBM 1401 nicht ins Gewicht.<sup>90</sup> Im Computer Science wurden Sortieralgorithmen zu einem wichtigen Forschungsfeld; Donald Knuth von der Stanford University veröffentlichte 1973 eine mit über 700 Seiten überbordende Sortierbibel.<sup>91</sup>

Während die mittelgroße IBM Maschine 650 noch über kein eigenes Druckwerk verfügte, sondern dafür eigens eine Tabelliermaschine angeschlossen werden musste, brachte die Maschine 1401 zusammen mit dem Schnelldrucker 1403 im Jahre 1959 IBM den Durchbruch in der administrativen Datenverarbeitung mit Computern. Der Schnelldrucker mit einer Leistung von 1000 Zeilen pro Minute konnte ein Abbild der Unternehmensdaten auf riesigen Papierstapeln ausdrucken, die auf kleinen Wägeln in die Büros befördert wurden.<sup>92</sup>

Zum Erfolg der 1401 trug bei, dass auf diese Maschine – wie bereits auf der IBM 650 – viele Programme der alten IBM-Tabelliermaschinen mit Übersetzungsprogrammen übertragen werden konnten. Die Tabelliermaschinen-orientierten Ansätze in der administrativen Datenverarbeitung entwickelte IBM fort, als es in den 1960er Jahren den Großcomputer S/360 einführte. In dieser Maschine gab es einen Status, der die erfolgreiche Maschine 1401 emulierte. Damit konnten die alten Programme der 1401 weiterbenutzt werden und Kunden überzeugt werden, auf die 360-Maschine zu wechseln. Auch der große, bis in die 1980er Jahre anhaltende Erfolg des Lochkarten-orientierten IBM-Softwareprodukts „Report Program Generator“ (RPG), mit dem Summen<sup>93</sup> einer Umsatz-Liste oder ähnlicher Listen über verschiedene Kriterien gezogen und als Reporte auf Papier ausgedruckt werden konnten, auf der IBM S/360 zeigt diese Politik auf, die alten Tabelliermaschinen-Ansätze der administrativen Datenverarbeitung fortzuführen, was sicherlich auch den Markterfolg von IBM zum Teil erklärt.<sup>94</sup> In gewisser Weise erscheint es heute absurd, wenn auf der Hochleistungsmaschine S/360 die alten Tabelliermaschinenprogramme im langsamen 1401-Modus liefen, zeigen aber die hohe Bedeutung von Reportlisten für die Unternehmensführung an.<sup>95</sup> Solange Massendaten auf Bändern als primäres Speichermedium aufbewahrt wurden und noch nicht auf Plattenspeichern mit wahlfreiem Zugriff, konnte die hohe Geschwindigkeit der Maschine S/360 ohnehin nicht wirklich ausgenutzt werden, sodass der langsame 1401-Modus nicht stark ins Gewicht fiel.

---

<sup>89</sup> Die Anzeige von RCA Electronic Division findet sich in *Datamation*, Band 6, 1960, S. 7. Ceruzzi, *History*, 2000, S. 89. Vahrenkamp, *Informationsexplosion*, 2017, zeigt die Bedeutung von Sortiervorgängen beim Lochkarteneinsatz auf.

<sup>90</sup> Baer, *1400 Series*, 1976, S. 629f.

<sup>91</sup> Knuth, *Computer Programming*, 1973.

<sup>92</sup> Haigh, *Tabulator*, 2001, S. 86. Ceruzzi, *History*, 2000 S. 73f.

<sup>93</sup> Es konnten auch andere statistische Funktionen programmiert werden, wie Mittelwert, Minimum und Maximum der in Frage stehenden Werte.

<sup>94</sup> Campbell-Kelly/Aspray, *Computers*, 1996, S. 133. Zum RPG siehe Rottmann, *IBM/360*, 1966. Heger, *100 Jahre*, 1990, S. 140–144. Zur Anwendung von Festplattenlaufwerken zur Sitzplatzreservierung für täglich 1000 Flüge der US-Airline United Airlines auf der IBM Maschine RAMAC bereits im Jahre 1959 siehe Thompson, *RAMAC*, 1959. Ich verdanke diese Quelle Dr. Daniela Zetti von der ETH Zürich.

<sup>95</sup> Ceruzzi, *History*, S. 149–151.

## 8 Management Science und Operations Research

In der Automationsdebatte in den 1950er Jahren wurde auch sehr stark der zweite Aspekt des Computereinsatzes betont, für das Management Daten bereitzustellen, um es in Entscheidungssituationen zu unterstützen, wie es die Reportlisten bereits taten. Die Ausführungen gingen so weit, auch das Ziel zu formulieren, mit dem Computer Entscheidungen des Managements zu automatisieren oder zumindest teilweise zu automatisieren.<sup>96</sup> Ein Rekurs auf die Methoden des Operations Research vermittelte diesem Fachgebiet die Aura, die notwendigen Methoden für die Automation der Managemententscheidungen zu liefern. Bereits im Jahre 1955 – als noch kaum ein Großcomputer in der administrativen Datenverarbeitung überhaupt installiert war – hielten Herbert Simon und Russel Ackhoff in Harvard eine Konferenz zur Entscheidungsunterstützung des Managements mit Computern und zum Einsatz von OR-Methoden ab.<sup>97</sup> Simon publizierte im Jahre 1960 das in der Automationsdebatte einflussreiche Buch „Die Neue Wissenschaft der Managemententscheidung“. In diesem Buch zählt Simon die beiden Möglichkeiten des Computereinsatzes auf, die Automation von einfacher Angestelltenarbeit und die Unterstützung des Managements. Ganz typisch für das unkritische Vorgehen in der Automationsdebatte, erblickte er in Frederick Taylor und im Taylorismus einen Vorläufer des Operations Research.<sup>98</sup> Konkrete Vorgehensweisen, wie Managemententscheidungen unterstützt werden sollten, konnte Simon nicht liefern, sondern er brachte nur Schlagworte vor, indem er die verschiedenen Methoden des Operations Research aufzählte, wie Spieltheorie, Dynamische Programmierung, Lineare Optimierung und Simulation.<sup>99</sup> Betrachtet man den oben skizzierten steinigen Weg, den Computeranwendungen zur Automation einfacher Angestelltenarbeit in den 1950er Jahren nehmen mussten, so scheinen die Ausführungen von Simon märchenhaft zu sein. Man konnte damals den Computer nicht einfach als ein Arbeitsinstrument benutzen, etwa an einen Computer herantreten und am Bildschirm über die Tastatur eine Abfrage über Umsatz, Lagerbestand oder Finanzmittel eingeben. Vielmehr verfügten die Computer nur über Eingabekonsolen mit Schaltern und Glühlampen, aber ohne einen Bildschirm. Schließlich mussten Lochkarten für Programm und Daten hergestellt, kompiliert und in den Computer eingelesen werden.<sup>100</sup> Wie in dem winzigen Hauptspeicher anspruchsvolle Programme zur Analyse von großen Datenmengen durchgeführt werden sollten, und damit sogar Manager unterstützt werden könnten, verbleibt im Bereich der Fantasie. Ausgerechnet Operations Research zur Unterstützung des Managements heran ziehen zu wollen, war wenig zielführend, da die Promotoren nicht die bloß geringe empirische Orientierung von Operations Research beachtet hatten. So konnte das Operations Research gar nicht die empirischen Methoden bereitstellen, um das Management zu unterstützen. Die Vertreter des Operations Research waren auch insofern die falschen Adressaten von Simons Automationsthese, da sie ihr Fachgebiet weitgehend frei von Computeranwendungen gehalten hatten. In den Textbüchern zum Operations Research wird durchweg kein Bezug zum Computer hergestellt. In dem Grundlagenwerk von Henn und Künzi aus dem Jahre 1966 wird nur ein einziges Mal in altmodischer Terminologie der „elektronische

---

<sup>96</sup> Simon, Management, 1960, S. 14. Auch in der Sowjet-Union wurde die Automatisierung von Management-Entscheidungen diskutiert, siehe Gerovitch, Cybernetics, 2002, S. 266.

<sup>97</sup> Ackhoff/Simon, Proceedings, 1955, wo Ackhoff die Anwendung des Operations Research für das Management empfahl.

<sup>98</sup> Zur Automationsdebatte siehe Vahrenkamp, Botschaften, 1988. Zur Taylorismusdebatte siehe Vahrenkamp, 1977, aktualisiert als Working Paper unter: [http://www.vahrenkamp.org/files/WP20\\_2018.pdf](http://www.vahrenkamp.org/files/WP20_2018.pdf).

<sup>99</sup> Simon, Management, 1960, S. 14–16.

<sup>100</sup> Zum Vorgang des Compilierens mit der Sprache Fortran auf dem IBM 650 siehe den Erfahrungsbericht der Columbia University unter <http://www.columbia.edu/cu/computinghistory/650.html>. (Abgerufen am 30. Mai 2018).

Rechenautomat“ erwähnt.<sup>101</sup> Wie in den Textbüchern erkennt man auch in der Forschung das gleiche Bild. In den Proceedings der Jahrestagungen der Deutschen Gesellschaft für Unternehmensforschung bzw. Operations Research treten Vorträge über Computer–Anwendungen nur vereinzelt auf: Auf der Tagung 1971 gar nicht, auf der Tagung 1972 bloß zwei Paper unter 30 Paper.<sup>102</sup> Als einer der wenigen OR–Wissenschaftler veröffentlichte der Diplom–Mathematiker Ulrich Derigs, angestellt am „Industrieseminar“ der Universität Köln, im Jahre 1980 Software zur Lösung von OR–Algorithmen, zusammen mit Rainer Burkhard, Professor für Mathematik am Mathematischen Institut der Universität Köln.<sup>103</sup>

Als in den 1960er Jahren Computer leistungsfähiger wurden und Bildschirm–Terminals, Timesharingssysteme, Dateisysteme auf Festplattenlaufwerken und darauf aufbauende Datenbanksysteme eingerichtet werden konnten, kam die Idee auf, dem oberen Management einen einfachen Zugang zu den Informationen zu geben, die bereits in den Datenbanken der operativen Systeme der Massendatenverarbeitung vorlagen. So entstand eine Debatte um Managementinformationssysteme (MIS) mit einer rasch wachsenden Zahl von Publikationen, wobei die Informationsversorgung im Vordergrund stand, aber das Operations Research nur eine Nebenrolle spielte.<sup>104</sup> Im MIS wurde der Manager als Nutzer konzipiert, der Terminalabfragen in der Datenbasis starten konnte. Die Einrichtung eines MIS galt als teuer und dessen Nutzen schwerer nachweisbar als in der Massendatenverarbeitung. Kontrovers blieb, ob die MIS–Promotoren zu viel versprochen hatten. Manche Autoren sahen im MIS sogar einen Misserfolg.<sup>105</sup>

## 9 Der Computer und Simulationen im Operations Research

In der Literatur umfasst das Thema Simulation ein weites Gebiet. Dieser Abschnitt beschränkt sich auf diskrete Monte–Carlo–Simulationen, ohne auf Simulationen einzugehen, die Systeme von Differentialgleichungen mit Computerprogrammen lösen, wie in der Meteorologie, der Astrophysik und der Industrial Dynamics von Jay Forrester.<sup>106</sup>

Im Operations Research war die diskrete Simulation von Produktionssystemen oder Verkehrssystemen ebenfalls ein Thema. Sie wurden als Softwareprogramme auf Digital–Computern eingesetzt, wenn keine geschlossenen Lösungen mit mathematischen Formeln abgeleitet werden konnten und Teile des Systems von Zufallsvariablen mit gewissen Verteilungsfunktionen abhingen. Sie wurden auch eingesetzt, wenn Experimente mit realen Systemen zu teuer oder zu gefährlich waren, wie bei Kettenreaktionen in einer kritischen Masse von Uran–Atomen.

---

<sup>101</sup> Henn/Künzi, Unternehmensforschung, 1966, Band 2, S. 171.

<sup>102</sup> Jeweils Physica Verlag Würzburg 1972 und 1973.

<sup>103</sup> Burkard/Derigs, Assignment, 1980.

<sup>104</sup> Alavi/Carlson, Review, 1992, S. 45–62.

<sup>105</sup> Teichroew, Management, 1976, S. 845–847.

<sup>106</sup> Zur Simulation in der Meteorologie siehe Gramelsberger, Computerexperimente, 2010, S. 209. Forrester, Industrial, 1961. Dieses Buch lieferte später die methodische Vorlage für das Weltmodell des Club of Rome.

Die Debatte um die Monte–Carlo–Simulation greift den Fragenkomplexen 7 nach politischen Wissenskulturen des Workshops Algorithmische Wissenskulturen auf und stelle diese in den Kontext von Cold War Science in Los Alamos. Als erster Wissenschaftler überhaupt setzte John von Neumann die von Zufallszahlen unterstützte Simulation ein. Er wollte sich einen heuristischen Eindruck von der Streuung der Neutronen bei Kettenreaktionen in Atombomben verschaffen und diese Bomben nach gewissen Zielen „optimieren“. Seine Frau, Clara von Neumann, und Nicholas Metropolis programmierten den Computer ENIAC und berechneten zusammen die Neutronenstreuung im Jahre 1948.<sup>107</sup> Beide waren dazu mit zahlreichen Lochkarten ausgestattet, die Zufallszahlen enthielten. Klara von Neumann und John von Neumann stammten beide aus großbürgerlichen Elternhäusern in Budapest und besaßen persönliche Erfahrungen, das Glücksspielcasino in Monte Carlo, Monaco, besucht zu haben. Auf eine Idee von Stan Ulam zurückgehend, hatten beide, Stan Ulam und John von Neumann, den Einsatz von randomisierten Verfahren im Jahre 1946 in Los Alamos erfunden und gaben dem Verfahren den Namen „Monte–Carlo–Methode.“ Dieser Begriff faszinierte Mathematiker und Naturwissenschaftler augenblicklich, da mit Monte Carlo vermutlich weltweit mit dem Glücksspiel assoziiert wurde. Auf diesen Trend sprang die RAND Corporation der US Air Force auf. Obwohl sie im Jahre 1949 noch über keinen Digitalcomputer verfügte und keine Erfahrungen mit der Simulation besaß, organisierte sie gleichwohl die erste wissenschaftliche Konferenz zur Monte–Carlo–Methode in Los Angeles an der Universität UCLA, der später weitere folgten.<sup>108</sup>

Auch das Operations Research übernahm die Monte–Carlo–Methode und gab sich damit einen geheimnisvollen Anstrich. Allerdings brachten die Autoren Henn und Künzi im Kapitel vier zur Monte–Carlo–Methode ihres Buches (Band 1) fast ausschließlich triviale Anwendungen, wie der erratische „Weg eines betrunkenen Mannes“ (random walk), das Nadelexperiment von Buffon aus dem Jahre 1733 und den Umsatz eines Zeitungsverkäufers. Mit diesen Beispielen konnten sie keine Unternehmensführer vom Nutzen des Operations Research überzeugen und zeigten damit, dass sie gar nicht diese Absicht besaßen, sondern lediglich auf die akademische Arena zielten, um Material für Lehrveranstaltungen zu OR zu präsentieren. Mit dem Erfolg von Monte–Carlo–Methoden stieg der Bedarf an Zufallszahlen stark an, damit Simulationen mit einem anderen Set von Zufallszahlen wiederholt werden konnten und somit die Replizierbarkeit von Simulations–Experimenten gewährleistet wurde. Lehrbücher veröffentlichten Tabellen mit gleichverteilten Zufallszahlen. Eine Publikation der RAND Corporation mit Zufallszahlen wurde zu einem Bestseller im RAND–Buch–Programm.<sup>109</sup> In der theoretischen Informatik wuchs ein eigener Forschungszweig heran, um Software zur Erzeugung von gleichverteilten Zufallszahlen zu entwickeln.<sup>110</sup> Aus den 1960er Jahren berichtete Hans Künzi über Anwendungen von Simulationen an seinem Züricher Lehrstuhl für Operations Research in Kooperation mit dem Schweizer Militär. Auf dem Computer wurden

---

<sup>107</sup> Zum Computer ENIAC und der Programmierung von Metropolis und Clara von Neumann siehe Haigh/Priestley/Rope, ENIAC, 2016.

<sup>108</sup> Dyson, Turing's, 2012, beschreibt in Kapitel 12 die Berechnungen von Klara von Neumann und Nicholas Metropolis. Dysons Buch beruht auf einer Recherche im Archiv der Princeton University. Eine detaillierte Darstellung der ENIAC–Programmierung liefern Haigh/Priestley/Rope, ENIAC, 2016, Kapitel 8 und 9. Ob von Neumann mit der Monte–Carlo–Simulation sein Ziel erreichte, die Atombombe zu „optimieren“, ist nicht bekannt. Monte–Carlo–Method, 1951. Galison, Computer, 2011, S. 125.

<sup>109</sup> 50 Years Project Air Force, 1996, S. 50.

<sup>110</sup> Galison, Computer, 2011. Churchman et al., Operations Research, 1957, geben auf Seite 173 eine Tabelle von Zufallszahlen an, die sie von der RAND Corporation bezogen haben. Henn und Künzi, Unternehmensforschung, 1966, geben auf Seite 129f von Band 1 eine Tabelle von Zufallszahlen an.

Luftkämpfe simuliert, um eine kostenminimale die Beschaffung eines Jagdflugzeuges unter verschiedenen Typen zu ermitteln. Auch berichtete er von Simulationen von innerstädtischem Individualverkehr, um Ampelschaltungen zu optimieren.<sup>111</sup> OR-Fachleute in der DDR benutzten ebenfalls den Terminus Monte Carlo, ohne jedoch auf das Spielcasino hinzuweisen.<sup>112</sup>

Die Historisierung der Simulation kann auch Fragenkomplexen 4 nach der Visualisierung des Workshops Algorithmische Wissenskulturen aufgreifen. Während noch in den 1980er Jahren die vornehmlich von Ingenieuren des Maschinenbaus eingesetzten Simulationssprachen SIMAN und ARENA zur Simulation von Produktionssystemen im Batch abliefen, kamen in den 1990er Jahren Softwarepakete mit graphischer Benutzeroberfläche auf den Markt. Wie in einem Baukasten konnte man Arbeitsmaschinen, Warteräume und Material-Fördersysteme zusammenstellen, diese auf Bildschirmen visualisieren und Engpässe im Materialfluss ermitteln. Die einzelnen Elemente wurden mit randomisierten Ankunfts- und Abfertigungszeiten versehen, deren Verteilung gewählt werden konnte (Gleichverteilung, Normalverteilung und Poissonverteilung). Kritisch war bei der Anwendung dieser Software, empirische Daten über das Verhalten der einzelnen Elemente zu erhalten. Kenndaten der Arbeitsmaschinen der Maschinenbauerhersteller und die Erfahrungen von Produktionsingenieuren wurden herangezogen.<sup>113</sup> Während von praktischen Anwendungen von Simulationssoftware zum Layout von Produktionssystemen keine Misserfolge in der Literatur bekannt sind, ist in theoretischer Hinsicht zu beachten, dass die Ergebnisse von Layoutsimulationen bloß Mittelwerte liefern, davon aber große Abweichungen bei der Realisierung von Zufallsvariablen auftreten können.

Als die Rechenleistung der Computer stark anstieg, konnten randomisierte Verfahren des Operations Research Millionen von Alternativen in kürzester Zeit überprüfen. Riesige Suchräume konnten mit Realisierungen von Zufallsvariablen auf günstige Lösungen abgetastet werden.<sup>114</sup> So wurden in den 1990er Jahren zahlreiche deterministische Verfahren des OR in randomisierte Verfahren umgewandelt. Der Einsatz von gleichverteilten Zufallsvariablen, die nahezu jede Programmiersprache mit einem Zufalls-Generator implementiert hatte, nahm man nun als selbstverständlich hin, ohne noch bombastisch von Monte Carlo zu sprechen. Als neuen Forschungszweig des Operations Research untersuchte man genetische Algorithmen und das Simulated Annealing.<sup>115</sup> Das Letztere simuliert das Abkühlungsverhalten von Kristallen, um aus lokalen Minima springen zu können und bessere Lösungen zu erhalten. Das Erstere ahmt die Evolution in der Natur nach. Werte von Variablen wurden als binäre 1-0-Strings modelliert. Mit der Mutation wurden einzelne Positionen im String zufallsgesteuert geändert. Mit der Rekombination wurden Teile von zwei Strings zufallsgesteuert ausgetauscht. Die Selektion wählte aus den sich ergebenden randomisierten Lösungen die vielversprechendsten aus. Genetische Algorithmen und das Simulated Annealing waren ideale Felder des OR, da sie der Methodenorientierung von OR neuen Antrieb gaben und das OR endlich mit dem Computer verbanden.

---

<sup>111</sup> Künzi, Unternehmensforschung, 1972, S. 9f.

<sup>112</sup> Dück et al., Operationsforschung, 1971, Band 2, S. 383–387. Schubert, Nutzeffekt, 1965.

<sup>113</sup> Eley, Simulation, 2012. Wenzel u.a., Simulation, 2008. Herbert Simon wies bereits 1960 darauf hin, dass Simulationsstudien einen Bedarf an empirischen Daten haben, der nur schwer zu befriedigen sei, siehe New Science, S. 19.

<sup>114</sup> Zum eindimensionalen Zuschnittproblem siehe etwa Vahrenkamp, Random, 1996.

<sup>115</sup> Michalewicz, Algorithms, 1996, S. 250–252.

## 10 Der artifizielle Inhalt von Cold War Operations Research

Der folgende Abschnitt geht auf das Transport Modell, das Travelling Salesman Problem und das Diet-Problem ein und zeigt deren artifiziellen Inhalt von Cold War Operations Research auf. Aber auch andere OR-Fragestellungen weisen diesen artifiziellen Inhalt auf und wurden nicht in der Wirtschaft angewendet, blieben also akademisch.

### 10.1 Die Dynamische Programmierung ohne Anwendung

Die Dynamische Programmierung entwirft Modelle optimaler Entscheidungen im Zeitablauf und geht von einem festen, aber in der Zukunft liegenden Zeithorizont aus. Als RAND-Forscher publizierte der Mathematiker Richard Bellman im Jahre 1957 erstmals zu diesem Gebiet und fand viele Nachahmer.<sup>116</sup> Man vermutete, Bellman könnte 10 Jahre nach Dantzig's Linearer Programmierung dessen Erfolg mit einem neuen Ansatz wiederholen. Dieser Ansatz bezog die Zeitdimension wirtschaftlichen Handelns explizit ein und zerlegte den zukünftigen Zeitablauf in verschiedene Perioden, in denen jeweils verschiedene Politikoptionen gewählt werden konnten. In einem Aufsehen erregenden, weil kontraintuitiven Vorgehen bestimmte Bellman zunächst in der Endperiode die optimale Politik und arbeitete sich schrittweise von dort zum Gegenwartszeitpunkt zurück (Rückwärtsrekursion). Die Dynamische Programmierung war ideal für OR-Modelle, da es über zukünftigen Entwicklungen prinzipiell keine empirischen Daten gibt, also Forscher gar nicht empirisch arbeiten müssen. Hans Künzi veröffentlichte in seiner Lecture Notes Reihe im Jahre 1968 für die SVOR gleich einen Einführungskurs in Dynamische Programmierung.<sup>117</sup> Wie die Lineare Programmierung konnte auch die Dynamische Programmierung optimale Lösungen wegen der aufwendigen Berechnungen nur mit Hilfe des Computers ermitteln. Christoph Schneeweiss wies im Jahre 1979 auf den hohen Hauptspeicherbedarf der Rückwärtsrekursion hin, der mit dem damaligen Technologiestand der Computertechnik nur für sehr kleine Modelle befriedigt werden konnte.<sup>118</sup> Damit war die Dynamische Programmierung gar nicht in der Lage, Berechnungsprogramme für die weltweite Ersatzteilversorgung der Air Force zu leisten, wie Judith Klein in ihrer Studie zur Cold War Dynamic Programming unterstellte.<sup>119</sup>

---

<sup>116</sup> Siehe z.B. Martin Beckmann, *Dynamic Programming* 1968. Horst Albach erhielt 1962 an der Universität Bonn ein DFG Kleinprojekt zur Dynamischen Programmierung, siehe oben.

<sup>117</sup> Künzi, Hans, O. Müller, E. Nievergelt: *Einführungskurs in die Dynamische Programmierung*, Berlin 1968 (Lecture Notes in Operations Research and Mathematical Economics, Bd. 6).

<sup>118</sup> Schneeweiss, Christoph: *Dynamische Programmierung*, in: Beckmann, Martin, Günter Menges und Reinhard Selten (Hrsg.): *Handwörterbuch der Mathematischen Wirtschaftswissenschaften*, Teilband Unternehmensforschung, Wiesbaden 1979, S. 32.

<sup>119</sup> Klein, *Cold War*, 2015

Unbeantwortet blieb die Frage, wieso die Dynamische Programmierung einfachen Entscheidungsregeln überlegen sei, die ohnehin auf unsicheren Annahmen über die zukünftigen Entwicklungen – etwa bei Investitionsentscheidungen – basieren. Mit einer Abstraktifizierung verwandelte die Dynamische Programmierung unsichere Daten über die Zukunft in scheinbar exakte Daten und reflektiert nicht die Kuriosität, einen aufwendigen, exakten Algorithmus auf unsichere Daten anzuwenden. Auch die Kritik von Judy Klein über Dynamische Programmierung als Cold War Science erkennt nicht diesen Schwachpunkt der Dynamische Programmierung.<sup>120</sup>

## 10.2 Das Netzwerkfluss–Modell verbleibt in der Mathematik

Das Netzwerkfluss–Modell vereinfacht die als Navier–Stokes–Gleichungen bekannten partiellen Differentialgleichungen über strömende Flüssigkeiten in Röhren, die von Ingenieuren und Physikern im 19. Jahrhundert entwickelt wurden. Das Netzwerkfluss–Modell abstraktifiziert die komplexen Navier–Stokes–Gleichungen soweit, dass gar keine Reibung beim Transport von Flüssigkeiten in Röhren auftreten, also der Transport verlustfrei und wirbelfrei abläuft. In diesem vereinfachten Kontext konnten die Mathematiker Lester Ford und Delbert Fulkerson im Jahre 1956 das berühmte Dualitäts–Theorem „Max–Flow–Min–Cut“ formulieren.<sup>121</sup> Aber Anwendungen vom Netzwerkfluss–Modellen blieben unbekannt. In die Debatte um den Netzausbau wichtiger Infrastrukturen, wie dem Elektrizitätsnetz oder dem Gasnetz, wurden die Netzwerkmodelle des Operations Research nicht einbezogen.

## 10.3 Das Quadratische Zuordnungsproblem als zu starke Vereinfachung

Das Quadratische Zuordnungsproblem formulierten zuerst die mathematischen Ökonomen Martin Beckmann und Tjalling Koopmans in einem gemeinsamen Artikel in der *Econometrica* im Jahre 1957, der berühmt und ca. 1500 Mal zitiert wurde.<sup>122</sup> Der Artikel behandelt eine nur auf den ersten Blick volkswirtschaftliche Fragestellung, nämlich die räumliche Anordnung von verschiedenen Produktionsbetrieben auf gegebenen Ansiedlungsflächen. Unterstellt werden dabei hypothetische – empirische Daten lagen nicht vor – Lieferbeziehungen unter den Betrieben, die in Tonnen gemessen in das Modell eingehen. Bekannt seien die räumlichen Entfernungen in Kilometern zwischen den Fabriken. Gefragt wird nach einer optimalen Anordnung der Fabriken auf den Grundstücken, welche die Verkehrsleistung (Tonnen\*km) beim Austausch von Gütern unter den Fabriken minimiert. Auch auf betrieblicher Ebene gab es Veröffentlichungen, die sich mit der Anordnung von Maschinen in einem Industriebetrieb in Hinsicht auf den Austausch von Zwischenprodukten beschäftigten.<sup>123</sup> Die dem Quadratische Zuordnungsproblem zugrunde liegende Abstraktifizierung wird an dem eindimensionalen Ziel der Minimierung der

---

<sup>120</sup> Klein, Cold War, 2015.

<sup>121</sup> Lester Ford Jr., D.R Fulkerson: Maximal flow through a network. In: *Canad. J. Mathematics*, 8, 1956, S. 399-40.

<sup>122</sup> Tjalling Koopmans and Martin Beckmann: Assignment Problems and the Location of Economic Activities, in: *Econometrica*, Vol. 25, No. 1 (Jan., 1957), S. 53-76.

<sup>123</sup> Wäscher, Gerhard: Innerbetriebliche Standortplanung bei einfacher und mehrfacher Zielsetzung, Wiesbaden : Gabler, 1982.

Verkehrsleistungen deutlich. Wohl nur sowjetische Planer im Stalinismus konnten so eindimensional bei der Ansiedlung von Fabriken vorgehen. In demokratischen Gesellschaften geht jedoch eine Vielzahl von Kriterien in die Ansiedlungspolitik ein. Auch die Konfiguration von Fabriken mit Maschinen weist ein ähnlich komplexes Zielbündel auf, wie Gerhard Wäscher in seinem Standardwerk nachgewiesen hat. Im Unterschied zu Beckmanns oben in Abschnitt 5 wiedergegebene Behauptung, Operations Research sei in komplizierten Entscheidungssituationen anwendbar, reduzieren die Autoren Koopmans und Beckmann die Komplexität der Entscheidungssituation auf die eine Dimension der Verkehrsleistung.

Im Computer Science und in der kombinatorischen Mathematik löste das Quadratische Zuordnungsproblem, das bis zum Jahre 2013 nur bis zu einer Problemgröße von  $n = 30$  exakt lösbar war, eine Flut von Veröffentlichungen aus, so zum Beispiel in dem Handbook of Combinatorial Optimization, das in fünf Bänden zuletzt 2013 erschien und bereits Vorgängerauflagen aufwies.<sup>124</sup> Jedoch bleiben Anwendungen mit empirischen Daten unbekannt.<sup>125</sup>

## 10.4 Das Transportmodell als Abstraktifizierung

Das im Folgenden behandelte Transportmodell zeigt das Paradox auf, dass dessen Entdecker mit dem Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften ausgezeichnet wurde, aber dennoch dieses Modell keine Anwendung in der wirtschaftlichen Realität fand. Die Gründe für dieses Scheitern werden versucht zu erklären. Man kann diesen Fall dahingehend verallgemeinern, dass das Transportmodell für viele andere Modelle des OR steht, deren Relevanz stets nur behauptet wird.

Das Transportmodell ist stets ein bedeutendes Kapitel in jedem Textbuch zum Operations Research und beschreibt als ein einfaches statisches Modell ohne Einbezug der Zeitdimension, wie Transporte eines homogenen Gutes zwischen verschiedenen Quellen und Zielpunkten bei gegebenen konstanten Transportkosten pro Tonne organisiert werden sollten, damit die gesamten Transportkosten minimal sind. Das Modell wird in Abbildung 1 visualisiert. Wenn man das Transportmodell (auch als Transportproblem bezeichnet) betrachtet, das einen speziellen Fall der Linearen Programmierung darstellt, so fällt die nominale Natur dieses Problems auf, das die physische Welt lediglich benutzt, um ein Problem zu identifizieren und in ein einfaches mathematisches Modell zu überführen. In diesem Prozess werden Transportvorgänge in einfache mathematische Modelle für die akademische Welt verwandelt (abstraktifiziert), ohne jedoch irgendein Problem in der Transportwirtschaft damit zu lösen.

Während des Zweiten Weltkrieges formulierte Tjalling Koopmans, promoviert als mathematischer Physiker in den 1930er Jahren, das so genannte Transportmodell. Als Mitglied des Combined

---

<sup>124</sup> Burkard, Rainer: Quadratic Assignment Problems, In: Handbook of Combinatorial Optimization, S. 2741-2814, herausgegeben von Panos M. Pardalos, Ding-Zhu Du und Ronald L. Graham, Springer Verlag 2013. Burkard gibt eine Bibliographie an.

<sup>125</sup> Axel Nyberg behauptete in seinem Vortrag am 15. November 2013 an der Abo Universität in Turku, das im Jahre 1972 erbaute Klinikum in Regensburg hätte ein nach dem Quadratic Assignment optimales Layout. Dieses wurde aber erst im Jahre 2000 bewiesen, konnte also beim Bau keine Rolle gespielt haben.



Shipping Boards beobachtete er Engpässe in der Transportkette, formulierte diese Engpässe in ein einfaches Transportmodell um und erhielt den Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften im Jahre 1975 für diese Entdeckung (zusammen mit dem russischen Mathematiker Leonid Kantorowitsch für dessen Entdeckung der Linearen Programmierung).<sup>126</sup> Das Transportproblem abstraktifiziert die reale Welt in verschiedenen Stufen. Es stellt für ein homogenes Gut verschiedene Anbieter verschiedenen Nachfragern gegenüber, wobei die Transportkosten pro Tonne vom Anbieter  $i$  zum Nachfrager  $k$  gegeben sind. In einem Prozess der Vereinfachung wird die Verschiedenartigkeit von Gütern eliminiert und bloß ein homogenes Gut betrachtet, sodass es für einen Nachfrager gleichgültig ist, welche Anbieter ihn beliefern. Es abstrahiert von verschiedenen Güterarten und auch von zeitlichen Änderungen des Transports, die in der realen Welt auftreten. Auch abstrahiert es von den Economies of Scale, die in der Transportwirtschaft vorherrschen, wo die Frachtsätze für eine Tonne höher sind als für 1000 Tonnen.<sup>127</sup> Die zeitliche Fluktuation der Frachtsätze kann das Modell ebenfalls nicht abbilden.

In der Problemstellung des abstraktifizierten Transportmodells kann der Leser bemerkenswerte Kenntnisse über primale und duale Variable und deren ökonomische Interpretation erhalten. Beim sogenannten Transportmodell der Linearen Optimierung können Angebot und Nachfrage in einer Tabelle gegenübergestellt werden, worauf der so genannte Netzwerk-Simplexalgorithmus angewendet werden kann. Dieser kann vollständig im ganzzahligen Bereich ablaufen, da es bloß um Addition und Subtraktion von Größen geht, aber nicht um die Division.

Zusätzlich kann dieses Problem eindrucksvoll graphisch z. B. mit einer Landkarte der USA hinterlegt werden, wie es Georg Dantzig in seinem Buch bereits auf Seite drei getan hat, um die ökonomische Bedeutung seines Buches zu unterstreichen. Er zeigt dort Standorte von fünf Lagerhäusern und drei Fischverarbeitungsfabriken der Fischkonservenindustrie. Zudem zeigt er Verkehrsrelationen zwischen diesen Standorten und den dort gegebenen Transportkosten pro Tonne:

---

<sup>126</sup> Koopmans, Optimum, 1947. Die Gesellschaft für Operations Research behauptet fälschlicher Weise auf ihrer Webseite, dass Dantzig einen Nobelpreis erhalten habe, siehe <http://www.gor-ev.de/or-2008-in-augsburg>. (Zugriff am 30.5.2018).

<sup>127</sup> Auf die Ausblendung von Economies of Scale machte bereits Richard Vahrenkamp in seinem Vortrag auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Operations Research 2008 in Augsburg aufmerksam.

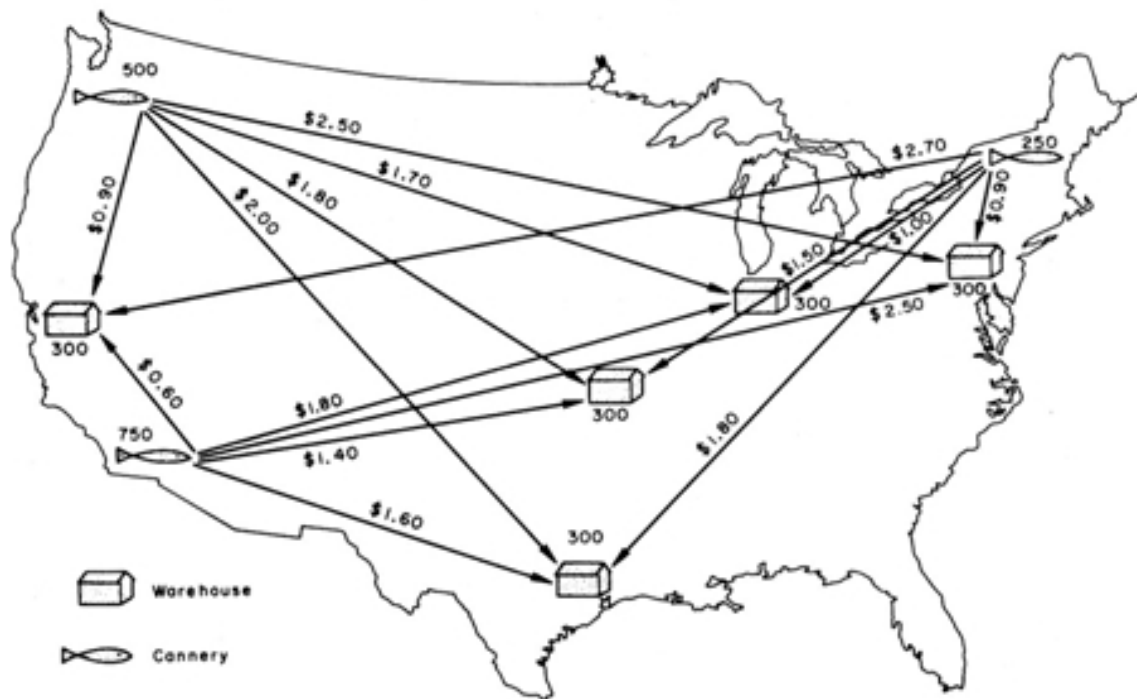


Abbildung 1: Dantzig's Karte mit drei Fischkonservenfabriken, Frachtsätzen und fünf Lagerhäusern in den USA. (Quelle: Dantzig, Lineare Optimierung, 1966, S. 3. Copyright beim Wissenschaftsverlag Springer)

Als bloß nominalen Ansatz leitete Dantzig die Standorte der Lagerhäuser auf dieser Landkarte als eine Erfindung auf seinem Schreibtisch ab, nicht aber durch einen Beratungsvertrag von einer Fischkonservenfirma. Die Landkarte scheint die Autorität eines bedeutenden ökonomischen Problems auszustrahlen, jedoch ist dieser Eindruck irreführend. Bis heute ist keine Anwendung des Transportmodells in der physischen Welt außerhalb des kommunistischen Blocks 1945–1990 publiziert worden. Es verbleibt als ein Modell in der OR-Welt, ohne eine Transformation in die physische Welt aufzuweisen. In der Literatur ist kein Beispiel dafür bekannt, dass Unternehmen der Transportindustrie (Schiff, Flugzeug, Eisenbahn, Lastkraftwagen) in der kapitalistischen Welt das Transportmodell benutzt haben, um ihre Routen zu optimieren.

Im akademischen Betrieb ist das Transportmodell aber sehr nützlich, da es Stoff bietet für OR-Lehrbücher, für OR-Vorlesungen, für Übungen und Klausuren. Den Studenten wird sogar der Anschein eines anwendungsrelevanten Modells vermittelt. Bemerkenswert ist, dass viele OR-Textbücher keine, sich eigentlich anbietende Spreadsheet-Software mit deren Visualisierungsmöglichkeiten präsentieren, um das Transportmodell als Tabelle zu visualisieren und darin Berechnungen durchzuführen.<sup>128</sup> Stattdessen schildern sie altmodische Methoden aus der Vor-Computerzeit, um die optimale Lösung zu finden. Dieses sind die Northwest-Regel und die Stepping-Stone-Methode.

<sup>128</sup> Zur Spreadsheet Software siehe Campbell-Kelly, Number, 2007.

Im akademischen Bereich von Operations Research waren die Gelehrten an ihren Modellen interessiert, nicht aber an der Anwendung. Darum zog in den seit seiner Entdeckung vergangenen 70 Jahren die Frage gar keine Aufmerksamkeit auf sich, warum das Transportmodell unzureichend ist, um die Transportvorgänge der realen Welt abzubilden. Diese Frage ließen die Gelehrten unbeantwortet. Man kann hier vermuten, dass das Modell so stark vereinfacht wurde, dass es in der realen Welt keine Anwendung fand.

Auf den ersten Blick könnte die Koordination von leeren Güterwagen in einer Eisenbahngesellschaft geeignet sein, um Quell- und Zielverkehre zu modellieren und das Transportmodell anzuwenden. Jedoch koordinierte die deutsche Eisenbahngesellschaft Reichsbahn in den 1920er Jahren nicht ihre Kohlenzüge, um Leerwagen zu bündeln. Stattdessen benutzte sie für den Kohlentransport Pendelzüge zwischen den Kohlegruben und den Orten des Verbrauchs. Auf der Rückfahrt fuhren die Pendelzüge leer zu den Zechen zurück. Empirische Forschungen über Eisenbahn-Gesellschaften zeigen die Bedeutung der Zeitstrukturen des Transportes auf. So benötigen Eisenbahngesellschaften Vorausschau für den Bedarf an leeren Güterwagen, welches das Transportmodell nicht bereitstellen kann.<sup>129</sup>

## 10.5 Das Travelling-Salesman-Problem als Erfindung

Das berühmte Travelling-Salesman-Problem<sup>130</sup> entstand in der akademischen Umgebung von RAND als eine Erfindung des Mathematikers Georg Dantzig, um etwas Licht von Anwendungen auf das Operations Research zu werfen, aber nicht als eine Auftragsarbeit für eine Firma, welche ihre Verkaufsorganisation verbessern wollte. Bei RAND sah man das Travelling-Salesman-Problem als eine zusätzliche intellektuelle Herausforderung neben der Spieltheorie an.<sup>131</sup> Dantzig abstraktifizierte ein Problem aus dem täglichen Arbeitsleben eines Handlungsreisenden, der seine Kunden besucht. Mit einer kleinen semantischen Verschiebung schlug Dantzig vor, dass ein Reisender nicht eine gewisse Anzahl von Kunden, sondern stattdessen eine gewisse Anzahl von Städten besuchen solle. Dantzig warf die Frage auf, wie eine Reise durch diese Städte zu organisieren sei, um eine Route zu finden, die unter allen Reisealternativen eine minimale Distanz aufwies. Zusammen entwickelten die RAND-Mathematiker George Dantzig, Delbert Fulkerson and Selmer Johnson eine Route durch die 48 Staaten der Vereinigten Staaten, wobei sie für jeden Staat bloß eine einzige Stadt auswählten. Damit enthielt die Route auch dünn besiedelte Staaten, wie den Staat Montana, in dem damals weniger als eine halbe Million Einwohnern siedelten, wo aber ein Handlungsreisender wegen geringer Nachfrage kaum Produkte verkaufen konnte. Zusätzlich wurde Washington, D.C., in die Route eingeführt. So entstand eine Route, die ein Handlungsreisender in der physischen Welt kaum durchfahren würde. Die Entfernungsangaben zwischen den Städten entnahmen die Forscher als "Schreibtisch-Forschung" einem Autoatlas. Aber die vorgeschlagene Route durch 48 Staaten diente nicht einer Verkaufsorganisation, um ihre Handlungsreisenden einzusetzen. Sie war aber eine gute Marketingstrategie von Dantzig, als er, unterstützt mit der Abbildung einer Karte der Vereinigten Staaten, an den nationalen Stolz der US-

---

<sup>129</sup> Spiess, Bedeutung, 1926. Gorman, Empty, 2015. Zum Leerwagenproblem siehe auch Nievergelt u.a., Praktische Studien, 1970.

<sup>130</sup> Hoffman/Padberg, Travelling, 1996.

<sup>131</sup> Gass/Assad, Timeline, 2005, S. 48.

Bürger in jedem Staat appellierte. Er zeigte, dass Operations Research ein vereinigendes Band darstellt, das die einzelnen Staaten verbindet. Gass und Assad machten in ihrer Timeline die launige Bemerkung: "Erleben Sie die USA in einem Chevrolet", womit sie den nicht ganz ernst gemeinten Ansatz des Travelling-Salesman-Problems unterstrichen.<sup>132</sup> Über die vergangenen 60 Jahre faszinierte das Travelling-Salesman-Problem, mit seinem Anschein von Anwendung in der realen Welt, die von der Empirie abgewandten Mathematiker mit einer stetig wachsenden Zahl von Städten, die besucht werden sollten – parallel zu der anwachsenden Rechenkraft der Digital-Computer – und im Jahre 2017 wurden bereits Routen durch 1,9 Millionen Städte der Welt veröffentlicht. Der maßgebliche OR-Gelehrte in Deutschland, Andreas Drexl, der nach der Pressemitteilung seiner Universität Kiel der führende Forscher an der Universität Kiel war, berichtete in einem Presseinterview, er sei von der Schönheit des Travelling-Salesman-Problems beeindruckt. Empirische Erhebungen über den Bedarf von Lösungsverfahren für das Travelling-Salesman-Problem in der Industrie blieben unbekannt. Merrill Flood berichtete in seinem Papier, dass er von Anwendungen gehört habe.<sup>133</sup>

## 10.6 Berechnete Mahlzeiten als mathematische Unterhaltung

Um den Anschein einer Anwendung zu erwecken, erfand Dantzig neue Probleme, die mit Hilfe der Linearen Programmierung zu lösen waren: das Diätproblem und das Problem des Handlungsreisenden. Hier werde ich das Diätproblem darstellen. Dieses Problem wurde zunächst 1945 vom späteren Nobelpreisträger und Ökonomen George Stigler erfunden. Es ist ein seltsames Problem: Wie kann man einen Menschen ausreichend und kostengünstig ernähren? Stigler stellte den Gehalt an Nährstoffen (Fette, Proteine, Kohlehydrate) in verschiedenen Lebensmitteln (wie Gemüse, Obst und Fleisch) den Kosten seiner Beschaffung gegenüber und fragte, wie man eine Mahlzeit für eine Person mit ausreichenden Nährstoffen zu den niedrigsten Kosten serviert.<sup>134</sup> Stiglers Papier steht jedoch in einem Vakuum und ist nicht mit der wirtschaftlichen Situation der USA im Jahr 1945 verbunden. Viele Konsumgüter wurden durch den Krieg rationiert. Die kommunalen und staatlichen Sozialprogramme richteten sich an arme Menschen. Wollte Stigler die Kosten für diese Programme senken? Warum hat Stigler nach den niedrigsten Kosten gesucht, nicht nach den zweitniedrigsten oder gar den maximalen Kosten? Das seltsame Ernährungsproblem überlebte viele Jahrzehnte in den Lehrbüchern von Operations Research, ohne jegliche Erklärung, warum es nützlich sein könnte.

1947 löste Jack Laderman vom Mathematical Tables Project im National Bureau of Standards das Diätproblem mit der neuen Technik der Linearen Programmierung. Sein Ansatz bestand aus 9 Gleichungen und 77 Variablen, und er löste es mit Hilfe von Büro-Rechnern als eine akademische Übung ohne Anwendung. Dantzig widmete diesem Problem in seinem Buch von 1963 ein Kapitel. Selbst auf dem Hochgeschwindigkeits-Digitalcomputer 701 von IBM kodierte er das Problem bei der RAND Corporation, aber seine berechneten Mahlzeiten wurden nie an die Piloten von Dantzigs

---

<sup>132</sup> Gass/Assad, Timeline, 2005, S. 48.

<sup>133</sup> Pressemitteilung der Universität Kiel vom 28.11.2005. Handelsblatt vom 12.12.2005. Flood, Travelling, 1956, S. 65.

<sup>134</sup>

George Stigler, „The Cost of Subsistence“, in *Journal of Farm Economics*, vol. 27, 1945, no. 2, 303-314.

Arbeitgeber, der Luftwaffe, ausgegeben. Dantzig erkannte nicht die doppelte Kuriosität, fortschrittliche Berechnungstechniken auf ein erfundenes Problem anzuwenden, das nur auf schwachen Daten basiert – ein Problem, das weder von der Industrie, den Kommunen noch von der Luftwaffe gestellt wurde. Als empirische Daten zeigte er in seinem Buch eine Tabelle mit Nährstoffen, in welcher der Gehalt an Ascorbinsäure zwischen verschiedenen Apfelsorten um mehr als 100 Prozent variierte.<sup>135</sup> Dantzig konnte also die Frage nicht beantworten, ob ein Pilot ein oder zwei Äpfel pro Tag essen sollte. Während die MPI-Gruppe das Diätproblem als ein ernsthaftes wissenschaftliches Problem betrachtete, kann man hier kritisieren, dass Dantzig's Verfahren die Spitzentechnologie von Hochgeschwindigkeits-Digitalcomputern auf das Niveau eines Spielzeugs senkte, das ausschließlich der mathematischen Unterhaltung dient.<sup>136</sup>

## 11 Der Boom der Transportoptimierung in der DDR

---

Die Anwendung von OR-Methoden im Ostblock war von politischen Wissenskulturen geprägt. Während in der Sowjet-Union die – auch als Kybernetik bezeichnete – Anwendung mathematischer Planungsmethoden in der Volkswirtschaft zunächst Anfang der 1950er Jahre als „westlich“ abgelehnt worden war, änderte sich die Einstellung durch Nikita Chruschtschows Kritik an Stalin auf dem 20. Parteitag der KPDSU 1956 und mit einer Tagung zur Wirtschaftsmathematik 1959 in Moskau.<sup>137</sup> Im Jahre 1967 schätzte George Dantzig, inzwischen Professor für OR an der Stanford University, dass in der Sowjet-Union gegenüber den USA ein Mehrfaches an Mathematikern, OR-Forschern und Forschern in Computer Science tätig seien, um den Rückstand in der Güterproduktion aufzuholen.<sup>138</sup>

Nachdem in der DDR auch der SED-Chef Walter Ulbricht noch zu Beginn der 1950er Jahre skeptisch gegenüber der Kybernetik und Datenverarbeitung eingestellt gewesen war, wandelte er sich Ende der 1950er Jahre zum Promotor von Kybernetik und Datenverarbeitung. Kybernetik als Systemwissenschaft wurde nun breit diskutiert. Im Jahre 1964 fand die internationale Tagung „Mathematik und Kybernetik in der Ökonomie“ in Ost-Berlin statt.<sup>139</sup> Der Computer wurde als ein ideales Werkzeug der Planwirtschaft gesehen.<sup>140</sup> In der Richtlinie zum Neuen Ökonomischen System der Planung und Leitung der Volkswirtschaft forderte der Ministerrat der DDR 1963 den

---

135

George Dantzig, *Linear Programming*, 551-553. Georg Dantzig, „The Diet Problem“, in *Interfaces*, vol. 20, 1990, no. 4, 43-47.

136

Paul Erickson et al., *How Reason Almost Lost Its Mind*, 65.

<sup>137</sup> Zur Debatte um die Kybernetik in den 1950er Jahren siehe Seising, *Cybernetics*, 2010. Zur Kybernetik in der UdSSR siehe Gerovitch, *Cybernetics*, 2002, hier S. 155. Brusbeck, *Unternehmensforschung*, 1965, S. 46.

<sup>138</sup> Dantzig, *Operations Research in the World*, 1967, S. 117.

<sup>139</sup> Dittmann/Seising, *Kybernetik 2007. Mathematik und Kybernetik in der Ökonomie*, Internationale Tagung in Berlin im Oktober 1964, *Proceedings*, Akademie-Verlag Berlin 1965.

<sup>140</sup> Donig, *DDR-Computertechnik*, 2006, S. 252. Potthoff, *Linearprogrammierung*, 1961. Nützenadel, *Ökonomen*, 2005, S. 201.

Aufbau eines computergestützten Systems der Rechnungsführung für die Volkswirtschaft.<sup>141</sup> Der Sogar der Schweizer OR–Promotor Hans Künzig konnte in der DDR, im Leipziger Teubner Verlag, im Jahre 1966 eine Schrift über mathematische Optimierung mit FORTRAN– und Algolprogrammen publizieren.<sup>142</sup>

Unter der Vielzahl von Kybernetikmethoden greife ich hier die computergestützte Transportoptimierung heraus. Der gesamte Ostblock erlebte Anfang der 1960er Jahre geradezu einen Boom der Transportoptimierung. Anders als in der kapitalistischen Welt wurden im Ostblock Methoden der computergestützten Transportoptimierung, wie die Tourenplanung und das Transportmodell, begierig aufgegriffen, da sie den vereinfachenden Denkansätzen der Planwirtschaft zu entsprechen schienen. Wie vom Fachgebiet der Wirtschaftspolitik an Universitäten der BRD hervorgehoben, lassen sich die Planungsansätze von Zentralverwaltungswirtschaften durch Vereinfachung charakterisieren. Die Warenvielfalt, welche westliche Märkte kennzeichnet, wird auf nur wenige Typen von Gütern reduziert.<sup>143</sup>

Im Folgenden sei auf die sozialen Räume der Transportoptimierung eingegangen. Seit 1959 wurde auf Parteitagungen der SED und in Empfehlungen der obersten Leitungsgremien der DDR immer wieder auf bestehende „unnötige, gegenläufige und unwirtschaftliche Transporte“ in der Volkswirtschaft verwiesen, die es mit modernen Methoden zu identifizieren und zu eliminieren gelte, um so einen hohen ökonomischen Nutzen zu erreichen.<sup>144</sup> In zahlreichen Forschungsinstitutionen, wie dem Zentralinstitut für Automatisierung in Dresden und der Verkehrshochschule in Dresden, nahm man diese Vorgaben der Politik gerne an.<sup>145</sup> An der Verkehrshochschule untersuchte Karl Hofmann die Lieferbeziehungen in der Grundstoffindustrie und stellte mit dem Transportmodell optimierte, auf dem Eisenbahntransport basierende Lieferbeziehungen für Holz, Kohle, Schwefelsäure und Baustoffe auf. Er vergab dazu zahlreiche Diplomarbeiten und Dissertationen. In wieweit die Optimierungen bloß akademisch blieben und nicht umgesetzt wurden, blieb aber offen.

In der Kohlewirtschaft gelang die Vereinfachung im Modell nicht reibungslos, da viele Kohlesorten unterschieden werden mussten. Ferner war für den ca. 50 Tausend Bit umfassenden

---

<sup>141</sup> Die Richtlinie sprach eigentümlich von „hochmechanisierten Rechenanlagen“. Im „Prager Frühling“ 1968 erzählte der in der DDR aufgewachsene Führer der rebellierenden West–Berliner Studenten, Rudi Dutschke, den erstaunten Studenten der Universität Prag, die nach 20 Jahren Kommunismus eigentlich eine marktwirtschaftliche Steuerung der Wirtschaft anstrebten, dank des IBM Computers S/360 sei die Planwirtschaft das überlegene System, siehe die Erinnerungen von Stepan Benda an seine Begegnung mit Rudi Dutschke in Prag unter <https://www.tschechien-online.org/blog/meine-begegnung-rudi-dutschke-im-april-1968-prag-01082016-17424>. (Zugriff am 30.5.2018).

<sup>142</sup> Hans P. Künzi, Hans G Tzschach, Carl A Zehnder: Numerische Methoden der mathematischen Optimierung: mit ALGOL- und FORTRAN-Programmen, Leipzig: Teubner, 1966.

<sup>143</sup> Eucken, Wirtschaftspolitik, 1990, S. 78.

<sup>144</sup> Hofmann/Schreiter/Vogel, Optimierung, 1964, S. 6. Diese Autoren sowie Potthoff (Linearprogrammierung, 1961) geben umfangreiche Bibliographien mit Quellen aus Polen, Ungarn, UDSSR und der Tschechoslowakei an.

<sup>145</sup> Weiter Forschungseinrichtungen beteiligten sich an der Transportoptimierung: Die Versuchs– und Entwicklungsstelle für Kraftverkehr in Dresden, das Institut für Verkehrsforschung in Berlin, die Hochschule für Architektur und Bauwesen in Weimar, das Institut für Ökonomie der deutschen Bauakademie in Leipzig, die Staatliche Plankommission und der Volkswirtschaftsrat, siehe ebd., S. 7. Siehe auch den Eröffnungsvortrag von K. Kohlmay zum Kongress „Mathematik und Kybernetik in der Ökonomie“, in: Deutsche Akademie, Mathematik und Kybernetik, 1965, S. 4–11.

Trommelspeicher des damals in der DDR gängigen Computers ZRA1, hergestellt von Carl Zeiss in Jena, der Datensatz für die Verteilung von Braunkohlenbriketts zu groß. Die Zahl der Kohleanbieter musste von 50 auf 21 gesenkt werden, und ebenso die Zahl der Nachfrager von 3000 auf 74.<sup>146</sup> Auch bei der Belieferung mit Kiefernholz erzielte das Optimierungsprogramm unbefriedigende Lösungen. Kleine holzverarbeitende Betriebe wurden weit entfernte Holzquellen zugeordnet, was für die Betriebe hohe Transportkosten zur Folge hatte und Widerstand gegen die Optimierung hervorrief.<sup>147</sup> Die folgende Abbildung 2 zeigt die Koordinierung von Kalklieferungen in der DDR auf.

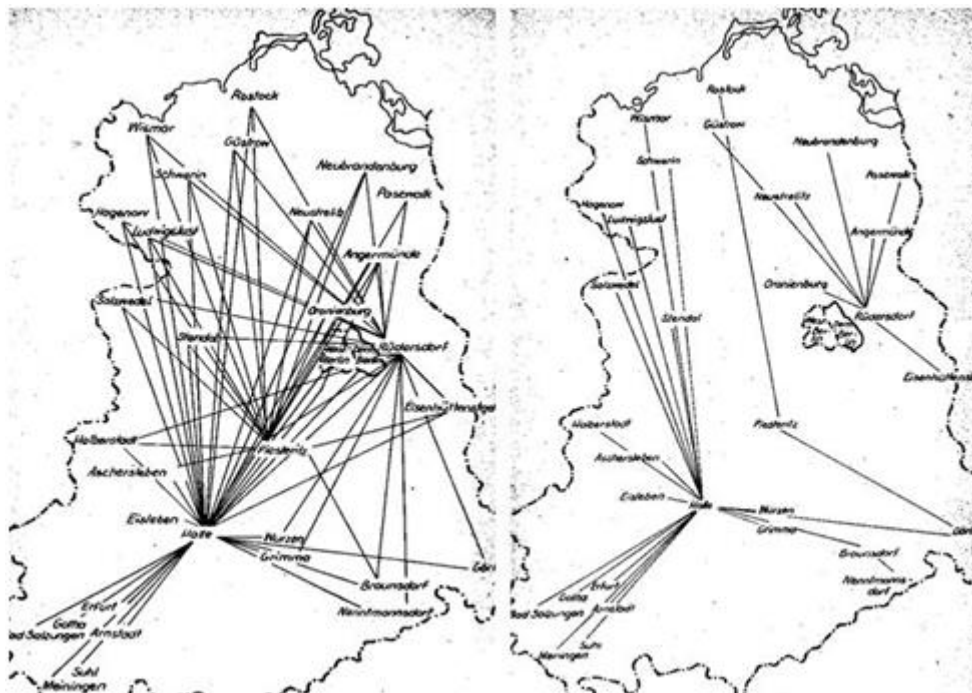


Abbildung 2: Zentralisierung von Kalk-Transporten in der DDR. Links ohne Koordinierung, rechts mit Koordinierung.(Quelle: Hofmann et al. S. 94f).

Die Autoren Hofmann et al. berichten am Schluss ihrer Publikation auch von Hindernissen, die einer Vereinfachung im Transportmodell entgegenstehen: Die Abnehmer seien von den geänderten Lieferbeziehungen zu überzeugen und die eventuell notwendigen organisatorischen oder technischen Veränderungen seien mit ihnen zu beraten. Gegenüber dem Wunsch der Optimierer nach zeitlich stabilen Lieferbeziehungen, treten im lebendigen Wirtschaftsleben doch andauernd Veränderungen der Mengen und Qualitätsanforderungen ein. Langjährige Lieferbeziehungen in den staatlichen Verteilungskontoren, Absatzkontoren und Vereinigungen Volkseigener Betriebe wurden geändert, ohne dass die Vorteile der Optimierung diesen Betrieben zugutekamen.<sup>148</sup> Auch in den Forschungsberichten der Versuchs- und Entwicklungsstelle des Kraftverkehrs der Verkehrsuniversität Dresden sowie in der Zeitschrift „Der Verkehrspraktiker“ wurde eingeräumt, dass es bisher noch wenig Anwendungen des Transportmodells gebe, aber

<sup>146</sup> Ebd., S. 72.

<sup>147</sup> Ebd., S. 90.

<sup>148</sup> Ebd., S. 101.

Beispiele für die Belieferung von Bäckereien mit Mehl in Dresden und die Belieferung von Baustellen mit Ziegeln erwähnt.<sup>149</sup>

Der von der Dresdener Versuchs- und Entwicklungsstelle im Jahre 1964 herausgegebene Band „Methodik für die Optimierung der Transporte mit Kraftfahrzeugen“ fokussierte auf den Gütertransport mit dem Lastkraftwagen (LKW). Dort werden neben dem Transportmodell auch das Rundreiseproblem („Rundfahrtproblem“) und das darauf aufbauende Tourenplanungsproblem dargestellt. Das Tourenplanungsproblem geht von einem zentralen Depot aus und stellt die Gesamtzahl der täglich zu beliefernden Lebensmittelläden einer Stadt in eine Reihe von separaten Belieferungstouren für Lieferfahrzeuge zusammen. Die folgende Abbildung visualisiert diese Problemstellung für 10 Lebensmittelläden und drei Touren.

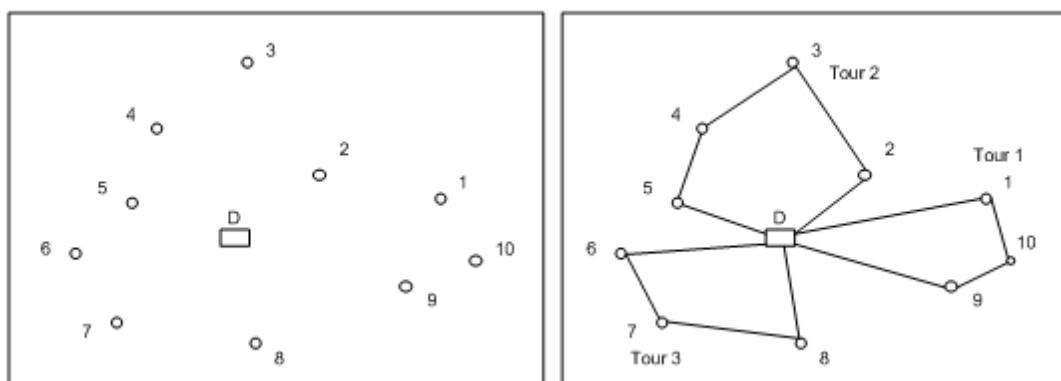


Abbildung 3: Modell einer täglichen Belieferung von 10 Läden in einem Stadtgebiet. Links ohne verbindende Touren, rechts mit drei Touren von einem zentralen Depot D.  
(Quelle: Erstellung des Autors)

Das Tourenplanungsproblem fragt danach, wie die Läden einzelnen Versorgungstouren zugeordnet werden sollen und wie die kürzeste Reihenfolge der anzufahrenden Läden in den einzelnen Touren zu bestimmen ist – das Letztere also ein Travelling Salesman Problem (Rundreiseproblem), siehe oben.<sup>150</sup> Ziel der Planung ist es, eine Zerlegung in tägliche Touren und deren Reihenfolge so zu bestimmen, dass die Gesamtzahl der von den Lieferfahrzeugen gefahrenen Kilometer minimiert wird. Die einzelnen vom Depot aus startenden Fahrten der Lieferwagen wurden mit heuristischen Verfahren für das Rundreiseproblem zu kürzesten Routen optimiert. Die Anwendung der Optimierungsmethoden von Dantzig auf das Rundreiseproblem mit einem Computer wurde abgelehnt mit dem Hinweis, dass dieses Vorgehen zu viele Alternativen prüfe. Stattdessen wurden einfache Heuristiken erwähnt, die für „Handrechnungen“ gut geeignet seien.<sup>151</sup> Mit der Tischrechenmaschine ausgeführte Handrechnungen waren insofern unproblematisch, als die

<sup>149</sup> Versuchs- und Entwicklungsstelle des Kraftverkehrs, Methodik, 1964. Auf Seiten 25f werden die für die Forschung zugänglichen Computer in der DDR als eine Tabelle zusammengestellt. Jahresberichte der Versuchs- und Entwicklungsstelle 1962 und 1963, Akten des Ministeriums für Verkehrswesen, Bundesarchiv Berlin, Akte DM 1/7152. Verkehrspraktiker, 1964, S. 6–7.

<sup>150</sup> Hoffman und Padberg, Travelling Salesman, 1996.

<sup>151</sup> Versuchs- und Entwicklungsstelle, Methodik, 1964, S. 20.



Problemstellungen überschaubar waren und die einzelnen Versorgungstouren selten mehr als 10 Einzelhandelsgeschäfte umfassten.

In der westlichen OR–Literatur wurde allerdings darauf verwiesen, dass das hier geschilderte Tourenplanungsproblem als „Basismodell“ zu stark vereinfacht und daher bloß für die akademische Lehre geeignet sei und in realen Anwendungsfällen zahlreiche Zusatzbedingungen berücksichtigt werden müssten, wie z.B. Rücknahme von Leergut oder bestimmte Zeitrestriktionen bei der Anlieferung. Aber gerade diese Zusatzbedingungen, die je nach Anwendungsfall verschieden ausfallen, verhinderten die Erstellung eines generischen Grundmodells, an das die Zusatzbedingungen einfach nur „angeklebt“ werden könnten. Daher musste für jeden Anwendungsfall das Modell von Grund auf neu bestimmt werden.<sup>152</sup>

Die Autoren der Versuchs– und Entwicklungsstelle nannten DDR–weit die Standorte von Institutionen, die Computer – zumeist den ZRA1 – für Berechnungen bereitstellten. Diese Rechnerstandorte übernahmen aufgrund der abgelieferten Daten die Programmierung und die eigentliche Berechnung, wofür 160 Deutsche Mark pro Rechnerstunde in Rechnung gestellt wurden und 12 Deutsche Mark für eine Mathematikerstunde zum Programmieren. Die Anwender sollten daher eine „Handrechnung“ gegenüber der Computerberechnung abwägen.<sup>153</sup> Auch Probleme der Datenerhebung sprachen die Autoren an. Das Straßennetzwerk sei aus Kartenmaterial zu erstellen, wobei Anträge zum Bezug von Karten bei der staatlichen Geodäsiekontrolle zu stellen seien, sofern die Karten nicht im Handel erhältlich seien. Die Versandgüter seien nach Typen und Gewicht zu erfassen. Als Anwendung des Tourenplanungsproblems werden Milchlieferungen an Einzelhandelsläden in verschiedenen Städten, wie Dresden, Berlin und Rostock genannt. In Dresden gab es eine Verkürzung der täglichen Auslieferungstouren von 730 km auf 580 km. Bei der Optimierung in Dresden stellte sich heraus, dass die ehemaligen Versorgungsfahrten sich überschneiden, sodass schon aus der Beseitigung der Überschneidungen eine Streckenverkürzung ohne Optimierung möglich wurde.<sup>154</sup>

Für die Anwendung des Rundreiseproblems auf die Tourenplanungsprobleme war es notwendig, vorab die einzelnen Liefergebiete festzulegen, worin die einzelne Tour optimiert werden sollten. Für diese Zerlegung gab es noch kein mathematisches Verfahren, wie die Autoren in dem 1964 erschienenen Band „Methodik für die Optimierung der Transporte mit Kraftfahrzeugen“ auf Seite 19 beklagten. Die Veröffentlichung der britischen Forscher G. Clark und J. Wright zur Tourenplanung erfolgte erst im gleichen Jahr 1964, wo sie mit dem Savingsverfahren die Liefergebiete festlegen konnten.<sup>155</sup> Der Ansatz von Clark und Wright ist insofern interessant, als er von einer ungewöhnlichen Startlösung ausgeht, nämlich derjenigen, welche die schlechteste von allen Lösungen darstellt: Jedes Geschäft wird von einem LKW in einer Pendeltour vom Depot aus bedient, ohne die Bedienung anderer Geschäfte einzubeziehen. In einem Iterationsverfahren werden Pendeltouren schrittweise kombiniert, welche die größte Ersparnis an Fahrtstrecke zurück zum Depot versprechen. Die Autoren Hofmann et al. nennen auch Faktoren, welche einer

---

<sup>152</sup> Mattfeld und Vahrenkamp, Logistiknetzwerke, 2012.

<sup>153</sup> Versuchs- und Entwicklungsstelle, Methodik, 1964, S. 20, S. 25f. Hofman et al., Optimierung, 1964, S. 29.

<sup>154</sup> Versuchs- und Entwicklungsstelle, Methodik, 1964, S. 19.

<sup>155</sup> Clarke/Wright, Scheduling, 1964.

Vereinfachung entgegenstehen. So werden die täglich schwankenden Bedarfe der Lebensmittelläden genannt, sodass man mit groben Durchschnittswerten arbeiten musste. Für die Bedarfsspitze am Samstag wurden eigene Lieferpläne empfohlen. Bei den Plänen für die Belieferung am Sonntag blieben aber viele Läden geschlossen, sodass für den Sonntag wieder neue Pläne erstellt werden mussten.<sup>156</sup>

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie die Transportoptimierung in die politischen Wissenskulturen der DDR eingebettet war und dort auf Widerstand stieß. Die Mathematiker in der DDR trafen bei der Anwendung von OR-Methoden auf Skepsis. Der Chef der Versuchs- und Entwicklungsstelle des Kraftverkehrs der Verkehrsuniversität Dresden, der Diplom Mathematiker Werner Haering, beklagte sich auf der Tagung von Leitern der Kraftverkehrsverwaltungen (BDK) in Magdeburg im Jahre 1964, die verladende Wirtschaft habe kaum Interesse an der Optimierung des LKW-Einsatzes.<sup>157</sup> Die ablehnende Haltung der verladenden Wirtschaft resultierte nicht zuletzt aus der Zentralisierung des LKW-Verkehrs, den die SED seit 1959 vorgenommen hatte. Der verladenden Wirtschaft wurden ihre eigenen LKW-Flotten, die sie im sogenannten Werkverkehr eingesetzt hatte, weggenommen und als volkseigene Verkehrsbetriebe zentralisiert, die der verladenden Wirtschaft nun Transportleistungen anboten.<sup>158</sup> Die Hauptabteilung Kraftverkehr des Ministeriums für Verkehrswesen wollte gegen diese zögernde Haltung der verladenden Wirtschaft vorgehen und eine breite Schulungskampagne starten. Bereits im März 1963 in Weimar und im Juni 1964 in Zabeltitz fanden Schulungsprogramme zur Transportoptimierung für die verladende Wirtschaft statt.<sup>159</sup> Die mathematische Transportoptimierung traf auf das politisierte Feld der zentralisierten LKW-Politik der SED.

In der Anwendung der Tourenplanung war die DDR der BRD ca. 20 Jahre voraus. Erst ab den 1980er Jahren waren mit ca. 300 Kilobyte die Hauptspeicher der in den Unternehmen in der BRD verfügbaren Computer groß genug, um Tourenplanungssoftware, wie zum Beispiel das Paket TRAFFIC von Siemens, anwenden zu können. Vor allem in den Vertriebsorganisationen der kapitalstarken Unternehmen in der Getränkeindustrie und der Milchverarbeitung wurde diese Software eingesetzt. Wie bereits von der zentralisierten Verkehrspolitik in der DDR bekannt, traten auch in der BRD bei der Tourenplanung Probleme mit der Vereinfachung auf. Die von den Lieferfahrzeugen versorgten Läden wollten in den wiederkehrenden Touren stets vom gleichen Fahrer bedient werden – ein Wunsch, den die Tourenplanungssoftware nicht berücksichtigte. Auch gab es Probleme, Läden mit unterschiedlichen Belieferungsrhythmen in eine gemeinsame Tour aufzunehmen.<sup>160</sup> In den Tourenplanungspaketen wurde die eigentliche Tourenplanung wesentlich erweitert zu einem LKW-Flottenmanagementsystem, das Abrechnungen über Touren, Fahrzeugkosten und Personaleinsatz umfasste. Hohe Lizenzkosten der Softwarehersteller behinderten allerdings eine breite Anwendung bis in die 1990er Jahre.<sup>161</sup>

---

<sup>156</sup> Versuchs- und Entwicklungsstelle, Methodik, 1964, S. 19.

<sup>157</sup> Verkehrspraktiker, Mangelndes Interesse, 1964, S. 6f.

<sup>158</sup> Vahrenkamp, Dream, 2015.

<sup>159</sup> Verkehrspraktiker, Mangelndes Interesse, 1964, S. 7. Versuchs- und Entwicklungsstelle, 1964, Vorwort.

<sup>160</sup> Zum Einsatz der Tourenplanung in der Getränkeindustrie und in der Milchverarbeitung siehe Lück, Logistik, 1984, S. 437–473. Zum Problem des gleichen Fahrers siehe ebd., S. 458 und Vahrenkamp, Dream, 2015, S. 15.

<sup>161</sup> Vahrenkamp, Marktstudie, 2006.

Der Boom der Transportoptimierung flaute in der DDR Ende der 1960er Jahre ab. Zwar verwiesen Forscher auf die angebliche Relevanz des Transportproblems. Die Autoren Dück et al. rechtfertigten es im Jahre 1971 wie folgt tautologisch:" In der Ökonomie wird dem Transportproblem wegen seiner großen volkswirtschaftlichen Bedeutung ...große Bedeutung beigemessen."<sup>162</sup> Mit „Ökonomie“ meinen die Autoren die Volkswirtschaft. Die Forscher konnten aber auf keine überzeugenden Anwendungen verweisen.

---

<sup>162</sup> Dück et al., Operationsforschung, 1971, Bd. 2, S. 186.

## 12 Literaturverzeichnis

- 50 Years Project Air Force, Washington, D.C., 1996.
- Ackhoff, Russel und Herbert Simon (Hrsg.): Proceedings of the Automatic Data Processing Conference, Graduate School of Business Administration, Harvard University, Boston, 1955.
- Akera, Atsushi: Calculating a Natural World – Scientists, Engineers, and Computing during the Rise of U.S. Cold War Research, MIT Press 2007.
- Alavi, Maryam und Patricia Carlson: A Review of MIS Research and Disciplinary Development, in: Journal of Management Information Systems, 8 (1992) Heft 4, S. 45–62.
- Albach, Horst: Stand und Entwicklungstendenzen der Unternehmensforschung in Deutschland, in: Wissenschaft und Praxis: Festschrift zum zwanzigjährigen Bestehen des Westdeutschen Verlags, Köln 1967, S. 251–282.
- Aspray, William: John von Neumann and the Origins of Modern Computing, Cambridge, Mass., 1990.
- Baer, D.: IBM 1400 Series, in: Encyclopedia of Computer Science, hrsg. von Anthony Ralston und Chester Meek, New York 1976, S. 629f.
- Bartsch, Helmut und Thomas Teufel: Supply Chain Management mit SAP APO: Supply-Chain-Modelle mit dem Advanced Planner and Optimizer, Bonn 2000.
- Bashe, Charles Lyle Johnson, John Palmer, Emerson Pugh: IBM's Early Computers, MIT Press 1986.
- Beckmann, Martin: Dynamic Programming, Berlin 1968. (Band 9 der Reihe Ökonometrie und Unternehmensforschung, herausgegeben von Hans Künzi und Wilhelm Krelle).
- Beckmann, Martin: Unternehmensforschung heute, Berlin 1971 (Lecture Notes in Operations Research and Mathematical Systems Bd. 50).
- Beckmann, Martin und Hans Künzi: Lecture Notes Band 170, Berlin 1979 (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems Bd. 170).
- Beckmann, Martin, Günter Menges und Reinhard Selten (Hrsg.): Handwörterbuch der Mathematischen Wirtschaftswissenschaften, Teilband Unternehmensforschung, Wiesbaden 1979.
- Bellman, Richard: Dynamic Programming. Princeton: Princeton University Press 1957.
- Bodin, Lewis: Twenty Years of Routing and Scheduling, in: Operations Research, 38 (1990), Heft 4, S. 571–579.
- Bradtke, Thomas, Grundlagen in Operations Research für Ökonomen, 2003, München.
- Brusberg, Helmut: Der Entwicklungsstand der Unternehmensforschung, Wiesbaden 1965.
- Bühlmann, H., H. Löffel und E. Nievergelt: Einführung in die Theorie und Praxis der Entscheidung bei Unsicherheit, Berlin 1968, zweite Auflage 1969. (Lecture Notes in Operations Research and Mathematical Economics Bd. 1)

- Burkard, Rainer und Ulrich Derigs: Assignment and Matching Problems: Solution Methods with FORTRAN-Programs, Berlin 1980 (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Bd. 184).
- Burkard, Rainer: Quadratic Assignment Problems, In: Handbook of Combinatorial Optimization, S. 2741-2814, herausgegeben von Panos M. Pardalos, Ding-Zhu Du und Ronald L. Graham, Springer Verlag 2013.
- Campbell-Kelly, Martin und William Aspray: Computers – A History of the Information Machine, New York 1996.
- Campbell-Kelly, Martin: Number Crunching without Programming: The Evolution of Spreadsheet Usability, in: Annals of the History of Computing, 29 (2007), Heft 3, S. 6–19.
- Ceruzzi, Paul: Beyond the Limits – Flight enters the Computer Age, MIT Press 1989.
- Ceruzzi, Paul: History of Modern Computing, MIT Press 2000.
- Charnes, A., W. Cooper and B. Mellon: Blending Aviation Gasoline. A Study in Programming Interdependent Activities in an Integrated Oil Company, in: Econometrica, 20 (1952), Heft 2, S. 135–159.
- Charnes, Abraham and William Cooper: An Introduction to Linear Programming, New York 1953.
- Churchman, Charles West, Russell L. Ackoff und E. Leonard Arnoff: Introduction to Operations Research, New York 1957.
- Clarke, G. und Wright, J. W.: Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points, in: Operations Research 12 (1964), Heft 4, S. 568–581.
- Dantzig, George: Impact of Linear Programming on Computer Development, Lecture at ORSA/TIMS meeting on April 30, 1985, typewriter manuscript Stanford University, Document ADA157659, 1985.
- Dantzig, George: Linear Programming and Extensions, Princeton University Press, 1963. (Band 2 der Reihe Ökonometrie und Unternehmensforschung, herausgegeben von Hans Künzi und Wilhelm Krelle)
- Dantzig, George: Lineare Programmierung und Erweiterungen, Berlin, Springer Verlag, 1966.
- Dantzig, George: Operations Research in the world of today and tomorrow, in: Operations Research Verfahren, herausgegeben von Rudolf Henn, Band 2, 1965, S. 113–118.
- Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Hersg.): Mathematik und Kybernetik in der Ökonomie, Internationale Tagung in Berlin Oktober 1964, Konferenzprotokoll, Akademie Verlag Berlin 1965 (Schriften des Instituts für Wirtschaftswissenschaften, Bd. 19).
- Deutsche Gesellschaft für Operations Research (Hersg.): Proceedings der Jahrestagungen, Würzburg, verschiedene Jahrgänge seit 1972.
- Deutsche Gesellschaft für Operations Research (Hersg.): Mitgliederverzeichnis, Würzburg 1978.
- Dittmann, Frank und Rudolf Seising (Hrsg.): Kybernetik steckt den Osten an – Aufstieg und Schwierigkeiten einer interdisziplinären Wissenschaft in der DDR, Berlin 2007.

- Donig, Simon: Die DDR–Computertechnik und das COCOM–Embargo 1958–1973. Technologietransfer und institutioneller Wandel, in: Friedrich Naumann und Gabriele Schade (Hrsg.): Informatik in der DDR, Bonn 2006, S. 251–272.
- Dorfman, Robert: The Discovery of Linear Programming, in: *Annales of the History of Computing*, 6 (1984), Heft 3, S. 283–295.
- Dück, Werner und Manfred Bliefferich: *Operationsforschung*, 3 Bände, Berlin 1971.
- Dyson, George: *Turing’s Cathedral. The Origin of the Digital Computer*, New York, 2012.
- Edwards, Paul: *The closed world. Computers and the Politics of Discourse on Cold War America*, Cambridge 1996.
- Eley, Michael: *Simulation in der Logistik: Eine Einführung in die Erstellung ereignisdiskreter Modelle unter Verwendung des Werkzeuges Plant Simulation*, Berlin 2012.
- Ensmenger, Nathan: The Digital Construction of Technology: Rethinking the History of Computers in Society, in: *Technology and Culture*, 53 (2012), Heft 4, S. 753–776.
- Erickson, Paul, Judy Klein, Lorraine Daston, Rebecca Lemov, Thomas Sturm and Michael Gordin: *How Reason Almost Lost Its Mind*, Chicago UP 2013.
- Erickson, Paul: *The World the Game Theorists Made*, University of Chicago Press 2015.
- Eucken, Walter: *Grundsätze der Wirtschaftspolitik*, 6. Auflage, Tübingen 1990.
- Fildes, R. and JC Ranyard: The foundation, development and current practice of OR: An editorial introduction and overview, in: *Journal of Operational Research*, vol. 49, 1998, 304–306.
- Fleischhack, Julia: *Eine Welt im Datenrausch: Computeranlagen und Datenmengen als gesellschaftliche Herausforderung in der Bundesrepublik Deutschland (1965-1975)*, Zürich 2016.
- Flood, Merrill: The Objectives of TIMS, in: *Management Science*, 2 (1956), Heft 2, S. 178–184.
- Ford, Lester, Delbert Fulkerson: Maximal flow through a network. In: *Canad. J. Mathematics*, 8, 1956, S. 399-40.
- Forrester, Jay: *Industrial Dynamics*, MIT Press 1961.
- Galison, Peter: Computer Simulation and the Trading Zone, in: Gabriele Gramelsberger (Hrsg.): *From Science to Computational Science*, Zürich 2011, S. 95–130.
- Gass, Saul und Carl Harris (Hrsg.): *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, Boston 1996.
- Gass, Saul: The First Linear-Programming Shoppe, in: *Operations Research*, 50 (2002), Heft 1, S. 61-68.
- Gass, Saul und Arjang Assad: *An annotated Timeline of Operations Research*, New York 2005.
- Geisler, Murray: *A Personal History of Logistics*, Bethesda 1986.
- Gerovitch, Slava: *From Newspeak to Cyberspeak: A History of Soviet Cybernetics*, MIT Press, Cambridge 2002.

- Gorman, Michael: Empty Railcar Distribution, in: Bruce W. Patty (Hrsg.): Handbook of Operations Research Applications at Railroads. New York 2015, S. 177–190.
- Gramelsberger, Gabriele: Computertextperimente, Bielefeld 2010.
- Gramelsberger, Gabriele (Hrsg.): From Science to Computational Science, Zürich 2011.
- Greniewski, Henryk: Kybernetisch-ökonomische Modelle (Theoretische Grundlagen), in: Mathematik und Kybernetik in der Ökonomie, Internationale Tagung in Berlin im Oktober 1964, Akademie-Verlag Berlin 1965.
- Haber, Samuel: Efficiency and Uplift, Chicago 1964.
- Haigh, Thomas: The Chromium–Plated Tabulator: Institutionalizing an Electronic Revolution, 1954–1958, in: Annales in the History of Computing, 23 (2001), Heft 4, S. 75–104.
- Haigh, Thomas, Mark Priestley and Crispin Rope: ENIAC in Action, Cambridge (Mass.) 2016.
- Hanssmann, Friedrich, Unternehmensforschung: Hilfsmittel moderner Unternehmensführung, Wiesbaden 1971.
- Harris, Carl: Center for Naval Analysis, in: Saul Gass and Carl Harris (Hrsg.): Encyclopedia of Operations Research and Management Science, Boston 1996, S. 62–64.
- Heger, Hans: 100 Jahre Datenverarbeitung, Band 1, herausgegeben von IBM, Stuttgart 1990.
- Henn, Rudolf: Verfahren des Operations Research und ihre Anwendungen in der Industrie, in: Operations Research Verfahren, Band 1, 1963, S. 9–36.
- Henn, Rudolf und Hans Künzi: Einführung in die Unternehmensforschung, 2 Bände, Berlin 1966.
- Henn, Rudolf und Otto Moeschlin (Hrsg.): Mathematical Economics and Game Theory – Essays in Honor of Oskar Morgenstern on his 75th Birthday, Berlin, 1977.
- Hoffman, Karla und Manfred Padberg: Travelling Salesman Problem, in: Saul Gass and Carl Harris (Hrsg.): Encyclopedia of Operations Research and Management Science, Boston 1996, S. 697f.
- Hofmann, Karl, Dieter Schreiter und Horst Vogel: Optimierung der Lieferbeziehungen und des Transports, Berlin 1964.
- Jesiek, Brent: The Origins and Early History of Computer Engineering in the United States, in: Annals of the History of Computing, 35 (2013), Heft 3, S. 6–18.
- Johnson, Stephen B.: Three Approaches to Big Technology: Operations Research, Systems Engineering, and Project Management, in: Technology and Culture, 38 (1997), Heft 4, S. 891–919.
- Kantorowitsch, Leonid: Mathematical Methods of Organizing and Planning Production, in: Management Science, 6 (1960), Heft 4, S. 366–422.
- Kaplan, Robert und Robin Cooper: Cost & Effect: Using Integrated Cost Systems to Drive Profitability and Performance, Boston 1998.
- Kirby, M. und R. Capey: The Origins and Diffusion of Operational Research in the UK, in: The Journal of the Operational Research Society, Vol. 49, 1998, No. 4, 307–326.

- Kirby, Maurice: *Operational Research in War and Peace: The British Experience from the 1930s to 1970*, London 2003.
- Klein, Judy: *Cold War, Dynamic Programming, and the Science of Economizing: Bellman Strikes Gold in Policy Space*, lecture at First Annual Conference on the History of Recent Economics (HISRECO), University of Paris X -Nanterre, France, 21-23 June 2007.
- Klein, Judy: "The Cold War Hot House for Modeling Strategies at the Carnegie Institute of Technology", Institute for New Economic Thinking Working Paper Series No. 19, 68 Pages Posted: 2 Oct 2015.
- Kline, Ronald: *Cybernetics, Management Science, and Technology Policy: The Emergence of "Information Technology" as a Keyword, 1948–1985*, in: *Technology and Culture*, 47 (2006), Heft 3, S. 513–535.
- Knuth, Donald: *The Art of Computer Programming, Band 3, Sorting and Searching*, Reading 1973.
- Koopmans, Tjalling (Hrsg.): *Activity Analysis of Production and Allocation*, New York 1951.
- Koopmans, Tjalling: *Optimum Utilization of the Transportation System*, in: *Proceedings in the International Statistical Conference*, Vol. 5, Washington D.C. 1947. (Reprint in *Econometrica*, Band 17, 1949, Supplement).
- Koopmans, Tjalling und Martin Beckmann: *Assignment Problems and the Location of Economic Activities*, in: *Econometrica*, Vol. 25, No. 1 (Jan., 1957), S. 53-76.
- Künzi, Hans, Wilhelm Krelle und Werner Oettli: *Nichtlineare Programmierung*, Berlin: Springer, 1962.
- Künzi, Hans, Hans Tzschach und Carl Zehnder: *Numerische Methoden der mathematischen Optimierung: mit ALGOL- und FORTRAN-Programmen*, Leipzig: Teubner, 1966.
- Künzi, Hans, O. Müller, E. Nievergelt: *Einführungskurs in die Dynamische Programmierung*, Berlin 1968 (Lecture Notes in Operations Research and Mathematical Economics, Bd. 6).
- Künzi, Hans: *Unternehmensforschung in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik*, in: *Proceedings Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unternehmensforschung in Essen 1971*, herausgegeben von M. Henke u.a., Physica Verlag, Würzburg 1972, S. 3–14.
- Kurbel, Karl: *Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management in der Industrie*, München 2011.
- Leimbach, Timo: *Die Geschichte der Softwarebranche in Deutschland*, München 2010.
- Lück, Wolfgang: *Logistik und Materialwirtschaft*, Berlin 1984,
- Maier, Charles: *Between Taylorism and Technocracy: European ideologies and the vision of industrial productivity in the 1920s*, in: *Journal of Contemporary History*, 5 (1970), Heft 2, S. 27–61.
- Mathematik und Kybernetik in der Ökonomie*, Internationale Tagung in Berlin im Oktober 1964, Proceedings, Akademie-Verlag Berlin 1965.
- Mattfeld, Dirk und Richard Vahrenkamp: *Logistiknetzwerke – Modelle für Standortwahl und Tourenplanung*, 2. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden 2014.
- Michalewicz, Zbigniew: *Genetic Algorithms*, in: Saul Gass and Carl Harris (Hrsg.): *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, Boston 1996, S. 250–252.



- Mirowski, Philip: *Machine Dreams – Economics becomes a Cyborg Science*, Cambridge (Mass.), Cambridge Univ. Press 2002.
- Monte–Carlo–Method: *Proceedings of a Symposium held June 29, 30, and July, 1, 1949, in Los Angeles, US Government Printing Office, Washington D.C. 1951* (Band 12 von National Bureau of Standards: Applied Mathematics Series).
- Morgenstern, Oskar: *Collaboration between Oskar Morgenstern and John von Neumann on Theory of Games*, in: *Journal of Economic Literature*, 14 (1976), Heft 3, S. 805–816.
- Müller-Merbach, Heiner: *Empirische Forschung für Operations Research*, in: Bernd Fleischmann et al. (Hrsg.), *Operations Research Proceedings 1981*, Springer, Berlin, S. 645-653.
- Neumann, von, John und Oskar Morgenstern: *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton 1944.
- Nievergelt, E, O. Müller, F. Schlaepfer: *Praktische Studien zur Unternehmensforschung*, Berlin 1970 (Ökonometrie und Unternehmensforschung, Band 14).
- Nützenadel, Alexander: *Stunde der Ökonomen: Wissenschaft, Politik und Expertenkultur in der Bundesrepublik, 1949-1974*, Göttingen 2005.
- Nyberg, Axel: *Applications of the Quadratic Assignment Problem*, Vortrag am 15. November 2013 an der Abo Universität in Turku, im web unter: [http://web.abo.fi/fak/tkf/at/ose/doc/Pres\\_15112013/Axel%20Nyberg.pdf](http://web.abo.fi/fak/tkf/at/ose/doc/Pres_15112013/Axel%20Nyberg.pdf).
- Orchard-Hays, William: *History of Mathematical Programming Systems*, in: *Annals of the History of Computing*, 6 (1984), Heft 3, S. 300–319.
- Potthoff, Gerhart: *Linearprogrammierung im Transportwesen: Über die Anwendung mathematischer Methoden in der Wirtschaftsplanung. Beiträge aus CSSR, Ungarn und der Sowjetunion*, Berlin 1961.
- Ralston, Anthony und Chester Meek: *Encyclopedia of Computer Science*, New York 1976.
- Rees, Mina: *The Computing Program of the Office of Naval Research, 1946–1953*, in: *Annals of the History of Computing*, 4 (1982), Heft 2, S. 102–120.
- Rider, Robin: *Operations Research and Game Theory: Early connections*, in: Roy Weintraub (Hrsg.): *Toward a History of Game Theory*, London, 1992, S. 225–240.
- Rojas, Raúl und Ulf Hashagen (Hrsg.): *The first computers: history and architectures* Cambridge, MIT Press 2000.
- Rottmann, Hans: *IBM/360 Modell 20: Programmieren leicht gemacht mit RPG*, München 1966.
- Schneeweis, Christoph: *Dynamische Programmierung*, in: Beckmann, Martin, Günter Menges und Reinhard Selten (Hrsg.): *Handwörterbuch der Mathematischen Wirtschaftswissenschaften, Teilband Unternehmensforschung*, Wiesbaden 1979, S. 17–45.
- Schubert, D.: *Untersuchung des indirekten ökonomischen Nutzeffektes der automatisierten Datenverarbeitung mittels Monte–Carlo–Simulation*, in *Deutsche Akademie, Mathematik und Kybernetik*, 1965, S. 111–120.
- Seising, Rudolf: *Cybernetics, System(s) Theory, Information Theory and Fuzzy Sets and Systems in the 1950s and 1960*, in: *Information Sciences*, Band 180, 2010, Heft 23, S. 4459-4476.

- Shrader, Charles: History of Operations Research in the United States Army, Washington D.C. 2006.
- Simon, Herbert: The New Science of Management Decision, New York 1960.
- Spieß (ohne Vorname): Die Bedeutung der Rückfracht für einzelne Verkehrsmittel, in: Der Güterumschlag, Tagung und Ausstellung des VDI in Düsseldorf und Köln 1925, Sonderausgabe der Zeitschrift des VDI, Berlin 1926, S. 246–248.
- Steinecke, Volker: Lineare Planungsmodelle im praktischen Einsatz, Dortmund 1973.
- Teichrow, S.: Management Information Systems, in: Encyclopedia of Computer Science, hrsg. von Anthony Ralston und Chester Meek, New York 1976, S. 845–847.
- Thompson, G.: IBM's RAMAC's gain wide acceptance in the first year, in: The Punched Card Data Processing Annual, Band 8, 1959, S. 23–25.
- Thompson, Philip: Weather Prediction, in: Preston Hammer (Hrsg.), The Computing Laboratory in University, Madison 1957, 27–42.
- Thomas, William: Operations Research vis-à-vis Management at Arthur D. Little and the Massachusetts Institute of Technology in the 1950s, in: Business History Review 86 (2012), 99-122.
- Trux, Walter: Der Einsatz quantitativer Planungsverfahren aus der Sicht des Top-Managements, in: Proceedings der neunten Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Operations Research, Berlin 1981, S. 21.
- Vahrenkamp, Richard: Frederik Winslow Taylor – Ein Denker zwischen Manufaktur und Großindustrie, Einleitung zu Walter Volpert und Richard Vahrenkamp (Hrsg.): F. W. Taylor: Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung, Reprint Weinheim 1977, S. LII – IXC.
- Vahrenkamp, Richard: Botschaften der Industriekultur – Technikdebatten und ihre Wirkungen, in: Technikgeschichte, Band 55 (1988), Nr. 2, S. 111–123.
- Vahrenkamp, Richard: Random Search in the one-dimensional Cutting Stock Problem, in: European Journal of Operational Research, 95 (1996), S. 191–200.
- Vahrenkamp, Richard: Marktstudie Tourenplanungssoftware, in: Deutsche Verkehrszeitung vom 17. Oktober 2006.
- Vahrenkamp, Richard: The Dream of Large-Scale Truck Transport Enterprises – Early Outsourcing Experiments in the German Democratic Republic, 1955–1980, in: Journal of Transport History, 36 (2015), Heft 1, S. 1–21.
- Vahrenkamp, Richard: Die erste Informationsexplosion – Die Rolle der Lochkartentechnik bei der Büro-rationalisierung in Deutschland 1910 bis 1939, in: Technikgeschichte, Bd. 84, 2017, Heft 3, S. 209–242.
- Vahrenkamp, Richard: The Computing Boom in the US Aeronautical Industry, 1945–1965, in: ICON – The Journal of the International Committee for the History of Technology, Band 24, 2019.
- Verkehrspraktiker (Hrsg.): Mangelndes Interesse der verladenden Wirtschaft an der Transportoptimierung, in: Der Verkehrspraktiker, 8 (1964), Heft 3, S. 6–7.
- Versuchs- und Entwicklungsstelle des Kraftverkehrs (Hrsg.): Methodik für die Optimierung der Transporte mit Kraftfahrzeugen, Berlin 1964.

- Wäscher, Gerhard: Innerbetriebliche Standortplanung bei einfacher und mehrfacher Zielsetzung, Wiesbaden : Gabler, 1982.
- Wenzel, Sigrid u.a.: Methodik zur systematischen Informationsgewinnung für Simulationsstudien, in: Markus Rabe (Hrsg.): Advances in Simulation for Production and Logistics Applications, Stuttgart 2008, S. 595–604.
- Weik, Martin: A Survey of Domestic Electronic Computer Systems, Report No. 971, Aberdeen 1955.
- Williams, Rosalind: All That Is Solid Melts into Air – Historians of Technology in the Information Revolution, in: Technology and Culture 41 (2000), 641-68.
- Woon, Marshall and Murray Geisler: Development of Dynamic Models for Program Planning, in: Tjalling Koopmans (Hrsg.): Activity Analysis of Production and Allocation, New York, 1951, S. 189–215.
- Woon, Marshall und George Dantzig, “The Programming of independent Activities”, in: Koopmans 1951, 15–18.
- Zimmermann, Hans-Jürgen: The founding of EURO Association of European Operational Research Societies within IFORS, in: European Journal of Operational Research 87 (1995), S. 404–407.