ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Wiedey, Hartmut

Working Paper — Digitized Version

Ein Lösungsverfahren zum Ein-Depot-Auslieferungsproblem bei großer Kundenzahl

Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 102

Provided in Cooperation with:
Christian-Albrechts-University of Kiel, Institute of Business Administration

Suggested Citation: Wiedey, Hartmut (1981) : Ein Lösungsverfahren zum Ein-Depot-Auslieferungsproblem bei großer Kundenzahl, Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 102, Universität Kiel, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Kiel

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/190929

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Nr. 102

EIN LÖSUNGSVERFAHREN ZUM EIN-DEPOT-AUSLIEFERUNGSPROBLEM BEI GROSSER KUNDENZAHL

von

Hartmut Wiedey

Alle Rechte vorbehalten
Institut für Betriebswirtschaftslehre
der Christian-Albrechts-Universität Kiel

Dezember 1981

Ein Lösungsverfahren zum Ein-Depot-Auslieferungsproblem bei großer Kundenzahl

Kurzfassung: In einer früheren Arbeit[1] wurden die bekannten Lösungsverfahren zum Ein-Depot-Auslieferungsproblem dargestellt, und ihre Lösungsfähigkeit bei großer Kundenzahl untersucht. Bei keinem der bekannten Ansätze konnte davon ausgegangen werden, daß das gestellte Problem unter realitätsnahen Bedingungen zufriedenstellend gelöst wurde. Im folgenden wird ein Verfahren - ausgehend vom erfolgversprechenden Savingsverfahren (incl. Modifikationen) - abgeleitet, und seine Überlegenheit und Lösungsgüte mit Hilfe einer Simulationsstudie aufgezeigt.

1. Merkmale eines leistungsfähigen Verfahrens

In einer früheren Arbeit wurden die Ansätze von Clarke/Wright[2], Gaskell[3] und Webb[4] als erfolgversprechend gekennzeichnet[5]. Diese Verfahren weisen folgende Vor- und Nachteile auf:
Die Ansätze von Clarke/Wright und Gaskell benötigen zur Lösungserstellung die vollständige Distanz- bzw. Savingsmatrix, wobei diese für $d_{i,j} = d_{j,i}$ eine Dreiecksmatrix ist. Bei einer Kundenzahl von 1000 oder bereits weniger (je nach verwendeter Rechenanlage) erreicht diese Matrix eine Größenordnung, die auch beim heutigen Stand (1981) der Rechnertechnik zu Speicherplatzschwierigkeiten führt[6]. Es bietet sich zwar als Ausweg der Einsatz externer Speichermedien an, was aber wiederum rechenzeitverlängernd wirken würde. In dem Ansatz von Webb werden dagegen lediglich die Entfernungen der Kundenorte zum Depot und der aktuell

größte Savingswert abgespeichert. Die Rechenzeiterfordernisse der verwendeten Ansätze sind nur schwer prognostizierbar. Es läßt sich lediglich folgende Aussage belegen:

- Ein sequentieller Tourenaufbau benötigt weniger Rechenzeit als eine parallele Vorgehensweise. So ist beim Ansatz von Gaskell die Suche nach dem größten Savingswert nur bei der ersten Verbindung einer Tour auf die gesamte Savingsmatrix (alle Zweierkombinationen von Orten) bezogen, wodurch dieser Ansatz eine geringere Zahl an Vergleichsoperationen erfordert.

Bei der Modifikation von Webb ist zudem anzunehmen, daß die Rechengeschwindigkeit dieses Verfahrens von der räumlichen Verteilung der Kunden abhängt und durch die frühzeitige Bestimmung eines hohen Startwertes wesentlich gesteigert werden kann. Der parallele Tourenaufbau dürfte zu Lösungen mit einer geringeren Streckensumme führen, während mit dem sequentiellen Tourenaufbau eine bessere Kapazitätsauslastung zu erzielen ist[7].
Die betrachteten Verfahren weisen also Vor- und Nachteile auf. Ziel der Entwicklung eines eigenen Ansatzes ist es, möglichst viele dieser Vorteile zu kombinieren. Dies soll aufgrund folgender Konstruktionsmerkmale geschehen[8]:

- Fallweise Berechnung der Savingswerte
- Vorgabe eines hohen Anfangssavingswertes zur Verringerung der relevanten Verbindungen
- Vermeidung von Mehrfachberechnungen der einzelnen Savingswerte
- Vermeidung des endgültigen Anschlusses von nur zeitweilig unzulässigen Verbindungen
- Beim parallelen Tourenaufbau ist es möglich, daß zu einem Zeitpunkt der Tourenplanerstellung alle LKW's eingesetzt sind, während in der Folge durch Zusammenschluß zweier Touren ein LKW wieder frei wird. Nun können neue Touren aufgrund der gestellten Restriktionen nicht aufgebaut werden, wenn bereits

alle LKW's eingesetzt sind. Die hierdurch ausgeschlossenen Verbindungen werden als zeitweilig unzulässig bezeichnet.

Das vom Verfasser entwickelte Verfahren (im folgenden Wiedey-Verfahren genannt) baut die Touren parallel auf, da die Webb-Bedingungen bei dieser Variante am effektivsten sind. Dies bedeutet jedoch nicht, daß das Wiedey-Verfahren auf den parallelen Tourenaufbau festgelegt ist.

Das Wiedey-Verfahren soll im folgenden näher erläutert werden, wobei zuerst das Wesentliche dieser Neuentwicklung dargestellt werden soll.

Die angesprochene Darstellung läßt sich in zwei Punkte untergliedern:

1. Vorgabe eines hohen Startwertes

Es werden alle die Savingswerte abgespeichert, die folgende Eigenschaften gleichzeitig aufweisen:

- Die Savingswerte sind bereits berechnet.
- Sie bildeten bis zu diesem Zeitpunkt nicht bereits den größten Savingswert eines Suchprozesses.
- Die abgespeicherten Werte gehören zu einer Verbindung, die nicht endgültig unzulässig ist.
  Endgültig unzulässig ist z.B. eine Verbindung mit einem Ort, der von zwei anderen Orten eingeschlossen ist. Aus den abgespeicherten Savingswerten wird das Maximum bestimmt und als Startwert verwendet. Verbindungen, die inzwischen endgültig unzulässig sind, werden gelöscht. Zeitweilig unzulässige Verbindungen können das Maximum nicht bilden.

2. Untersuchung noch nicht berücksichtigter Verbindungen

In einer Liste ist festgehalten, (a) welche Verbindungen bereits überprüft sind, und (b) welche Verbindungen überhaupt noch untersucht werden müssen. Manche Verbindungen müssen nie betrachtet werden, weil sie zuvor endgültig unzulässig geworden sind. Die relevanten Verbindungen werden unter Verwendung der Webb-Bedingungen im Hinblick auf eine Erhöhung des bereits gefundenen, größten Savingswertes (zu Anfang ist dies der Startwert) untersucht. Endgültig unzulässige Verbindungen werden hierbei nicht abgespeichert. Zeitweilig unzulässige Verbindungen werden abgespeichert, können aber zu keiner Erhöhung beitragen. Hierdurch sind Mehrfachberechnungen ausgeschlossen.

Fußnoten

1 vgl. H. Wiedey (15);
2 vgl. G. Clarke, J.W. Wright (2);
3 vgl. T.J. Gaskell (7);
4 vgl. M. Webb (14), S. 340ff;
5 vgl. H. Wiedey (15) S. 27
6 vgl. Siemens (13), S. 14ff;
7 vgl. W. Neitzel (10), S. 100;
8 Es ist anzumerken, daß der Einsatz der Webb-Bedingungen als effizienter angesehen wird als das Sortieren der Savingswerte, vgl. E. Reichardt (12), S. 90;

2. Simulationsaufbau

Bei den Evaluationsmethoden sind eine analytische und eine numerische Methode zu unterscheiden, wobei sich die analytische Methode wiederum in die worst-case-analysis und den probabilistic-approach unterteilen läßt[1]. Die analytische Methode besteht bisher nur fragmentarisch[2].Sowohl worst-case-analysis als auch probabilistic-approach weisen gravierende theoretische Mängel auf[3], so daß der Verfahrensvergleich mit Hilfe einer Simulationsstudie durchgeführt werden soll.

2.1 Simulierte Größen

Die Grundlage für den Simulationsaufbau und die Wahl der Simulationsparameter bildete eine selbstdurchgeführte, empirische Studie[4].
In dem gewählten Simulationsaufbau werden folgende Größen zufällig bestimmt:
- Depotstandort
- Standorte der Kunden
- Bestellmenge der einzelnen Kunden
- LKW-Kapazitäten

und folgende Größen fest vorgegeben:
- Zahl der Kunden
- Zahl der zur Verfügung stehenden LKW's
- Maximalgröße des Kundenausbreitungsgebietes und Form dieses Gebietes

2.2 Charakteristika des Simulationsaufbaus

Der Simulationsaufbau weist folgende Besonderheiten auf, die kurz skizziert werden sollen:

Bei der Bestimmung der Bestellmengen sind Unter- und Obergrenzen berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, daß große und kleine Kunden existieren, wobei die Bestellmengen von Kunden dieser beiden Gruppen in unterschiedlichen Intervallen gewählt werden. Diese Untergliederung wurde bewußt getroffen, um die Wahrscheinlichkeit für notwenige Pendeltouren und unzulässige Verbindungen zu erhöhen.
Die Fahrzeuge weisen unterschiedliche Kapazitäten auf. Die jeweilige Zahl der zur Verfügung stehenden Fahrzeuge wird in Abhängigkeit von der Kundenzahl und der daraufhin zu erwartenden Gesamtbestellmenge so festgelegt, daß eine nicht-ausreichende Gesamtkapazität möglich ist. Bei schwankender Nachfrage ist es nämlich sinnvoll, Fahrzeugkapazitäten nur zur Abdeckung eines Großteils der Kundennachfrage bereitzuhalten. Nachfragespitzen werden bei dieser Vorgehensweise durch Fremdspediteure abgedeckt, so daß nicht fast ständig Überkapazitäten bestehen.

Simulationsläufe werden für folgende Kundenzahlen durchgeführt:

25 - 50 - 100 - 200 - 500 - 1000 - 2000.

Mit den Verfahren von Clarke/Wright und Gaskell werden Tourenpläne für maximal 200 Kunden erstellt, da Probleme mit einer größeren Kundenzahl, ohne Einsatz externer Speichermedien, aufgrund des erforderlichen Speicherplatzes, nicht lösbar sind. Der Rechenzeitbedarf des Verfahrens von Webb für die Probleme mit 2000 Kunden wurde als nicht vertretbar angesehen. Aus diesem Grund wurden für die Probleme mit 1000 und 2000 Kunden auch jeweils nur 3 Simulationsläufe durchgeführt.
Simulationsrechnungen werden für folgende räumliche Kundenverteilungen und Modifikationen der Verfahren durchgeführt:

(a) Kunden, gleichverteilt
(b) Kunden, geballt
(c) Modifikation der LKW-Zuordnung: Zuordnung des jeweils

ausreichenden LKW's und nicht des größten, verfügbaren LKW's

(d) Modifikation bei der Suche nach dem größten Savingswert in der Savingsmatrix: Die Suche beginnt in diesem Fall bei den Verbindungen des am weitesten vom Depot entfernten Kunden.

Bei einer Ballung der Kunden ist es möglich, daß Kundengruppen auftreten, die 1 bis $\frac{N}{2}$ Kunden umfassen, wobei N die Gesamtzahl der betrachteten Kunden angibt. Diese Grenze für die maximale Kundenzahl in einem Gebiet wurde festgesetzt. Eine weitere Anhebung dieser Grenze wäre sicherlich als unrealistisch zu bezeichnen, da die beschriebene Form der Tourenplanung für Städte ausscheidet.

Die Ergebnisse der einzelnen Simulationsläufe werden durch folgende Größen beschrieben:

1. Streckensumme
2. Zahl der vollständig belieferten Kunden
3. Ausgelieferte Menge
4. Zahl der benötigten Fahrzeuge
5. Benötigte Rechenzeit
6. Zahl der erforderlichen Speicherplätze

Dies erstaunt zuerst, da an einer früheren Stelle[5] ein umfangreicher Katalog von Gütekriterien aufgestellt worden ist. Als Begründung für diese Abänderung läßt sich jedoch folgendes anführen:
Der Verfahrensvergleich wird auf einer Rechenanlage durchgeführt. An einer späteren Stelle wird eine genaue Beschreibung der verwendeten Rechenanlage gegeben[6].
Ein- und Ausgabeoperationen sind bei dem betrachteten Verfahren identisch, so daß die Zeiten hierfür nicht gesondert aufgeführt werden müssen.

Der erforderliche Speicherplatz wird nicht in den einzelnen Simulationsläufen erfaßt, so daß diese Größe gesondert errechnet wird.
Bei der Bestimmung der Lösungswahrscheinlichkeit treten, wie bereits berichtet[7], Schwierigkeiten auf, da hierfür die optimale Lösung bekannt sein muß. Bei den in dieser Arbeit gerechneten großen Problemen ist deshalb die Bestimmung der Lösungswahrscheinlichkeit nicht möglich.

Fußnoten

1 vgl. M.L. Fisher (6); J. Fischer, L. Kruschwitz (5), S. 178; P. Brucker (1); R.M. Karp (9);
2 vgl. M.L. Fisher (6), S. 13;
3 vgl. J. Fischer, L. Kruschwitz (5), S. 178; M.L. Fisher (6), S. 2; H.-C. Pfohl, R. Hebel (11), S. 9f, 13ff;
4 vgl. K. Dellmann, H. Wiedey (3);
5 vgl. H. Wiedey (15), S. 25ff
6 Hierbei sind aber die Mängel eines solchen Vergleichs zu bedenken, s. H. Wiedey (15), S. 26
7 vgl. H. Wiedey (15), S. 26

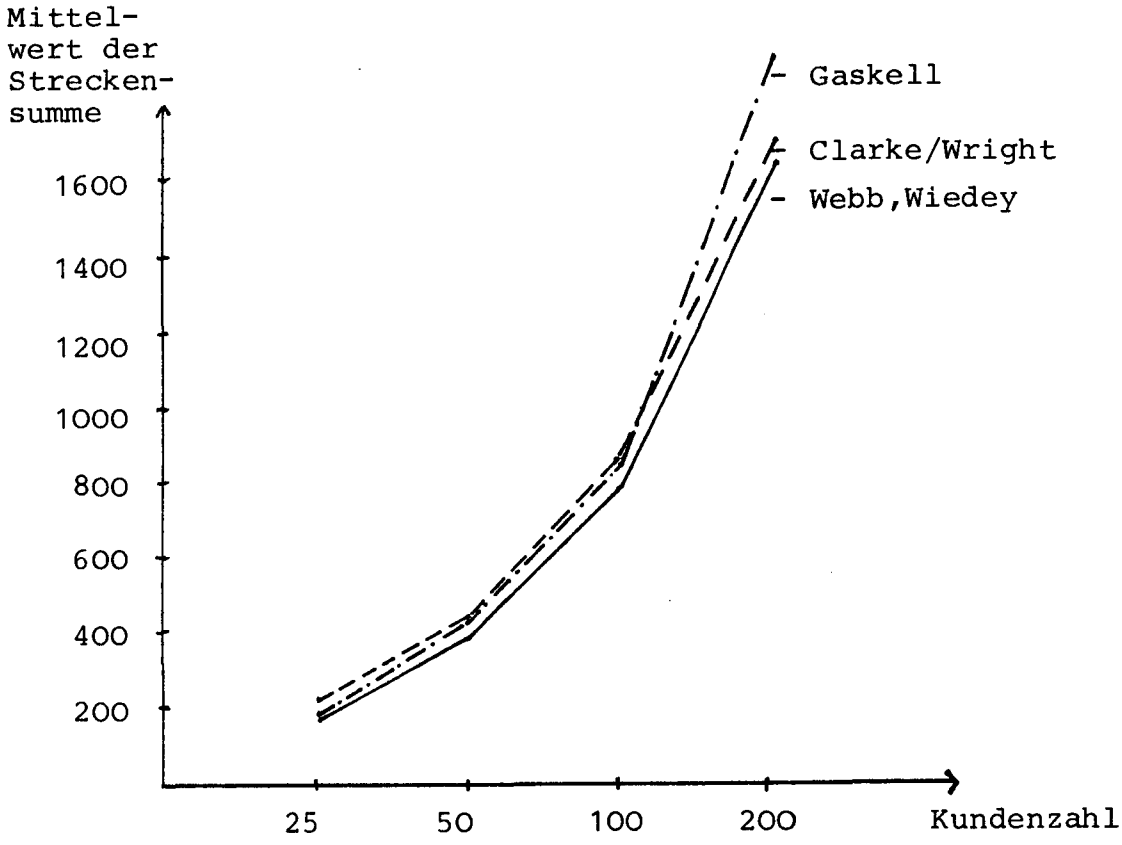
3. Simulationsergebnisse

Die Ergebnisse bezgl. der Streckensumme, der benötigten Rechenzeit und der Speicherplatzerfordernisse sind im folgenden tabellarisch und graphisch dargestellt. Die Resultate bezgl. der restlichen Ergebnisparameter für die verschiedenen Verfahren unterschieden sich nur geringfügig, so daß sie nicht weiter erwähnt werden.
Die Simulationsläufe wurden auf folgender Rechenanlage durchgeführt:

Hersteller: DEC
Maschinentyp: PDP 10
Betriebssystem: TOPS 10
Fortran-10 Compiler von DEC, beschrieben im DEC-System 10, Fortran-10 Language Manual;

(a 1) [1] Darstellung der Mittelwerte bezgl. der Streckensumme

Ver- \ Kunden- fahren \ zahl	25	50	100	200
Clarke/Wright	237,67	447,59	861,92	1708,64
Gaskell	198,12	425,88	844,84	1929,32
Webb, Wiedey	191,92	384,39	785,56	1651,46



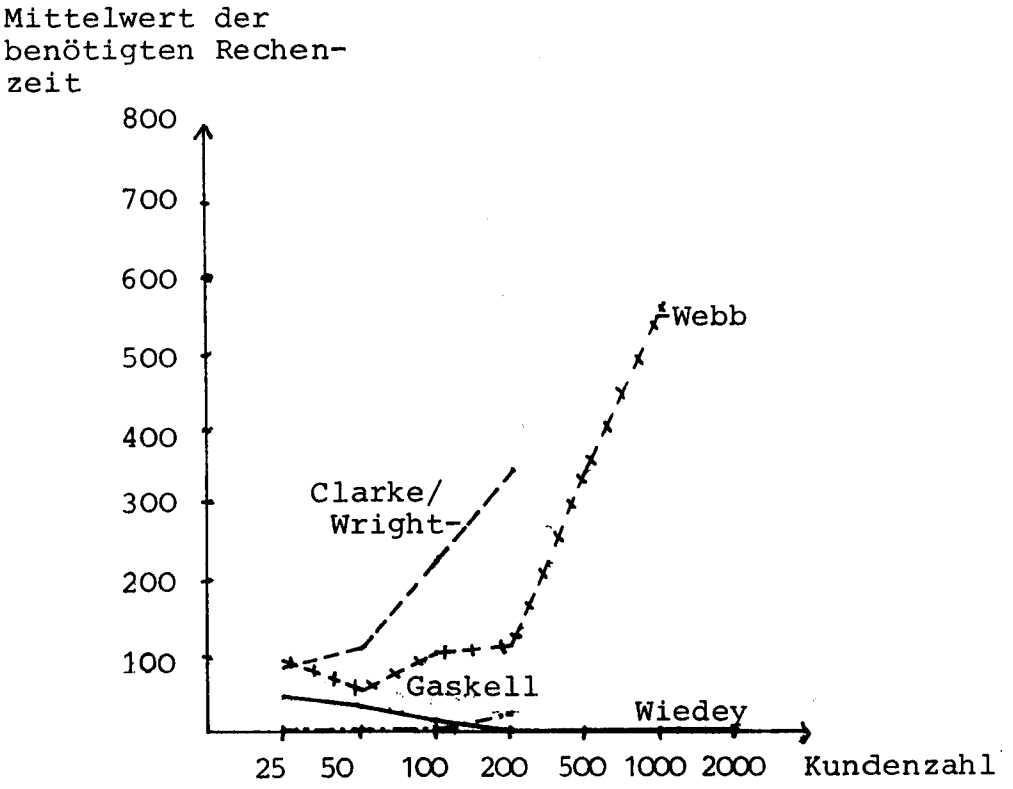
Anmerkungen:

- Die Verfahren von Webb und vom Verfasser unterscheiden sich in der benötigten Rechenzeit und den Speicherplatzerfordernissen. Bezgl. der übrigen, verwendeten Gütekriterien liefern diese beiden Verfahren identische Ergebnisse.
- Die Leistungsfähigkeit der Verfahren in bezug auf die Streckensumme ist lediglich diskret für die einzelnen Datensätze gemessen, so daß die Verbindungslinien ausschließlich als Darstellungshilfe anzusehen sind.

(a 5) Darstellung der Mittelwerte bezgl. der benötigten Rechenzeit

Ver- \ Kunden- fahren \ zahl	25	50	100	200	500	1000	2000
Clarke/Wright	369,7	1798,3	8783,6	56oo4,6	-	-	-
Gaskell	198,1	808,5	2694,3	15571,3	-	-	-
Webb	393,5	1274,3	5444,2	27097,3	324240,1	2445327	-
Wiedey	295,2	1096,1	3048,3	12494,6	73256,6	366172	2070951

Aus Darstellungsgründen werden die Mittelwerte bezgl. der benötigten Rechenzeit in der prozentualen Abweichung vom Ergebnis des jeweils schnellsten Verfahrens graphisch wiedergegeben.

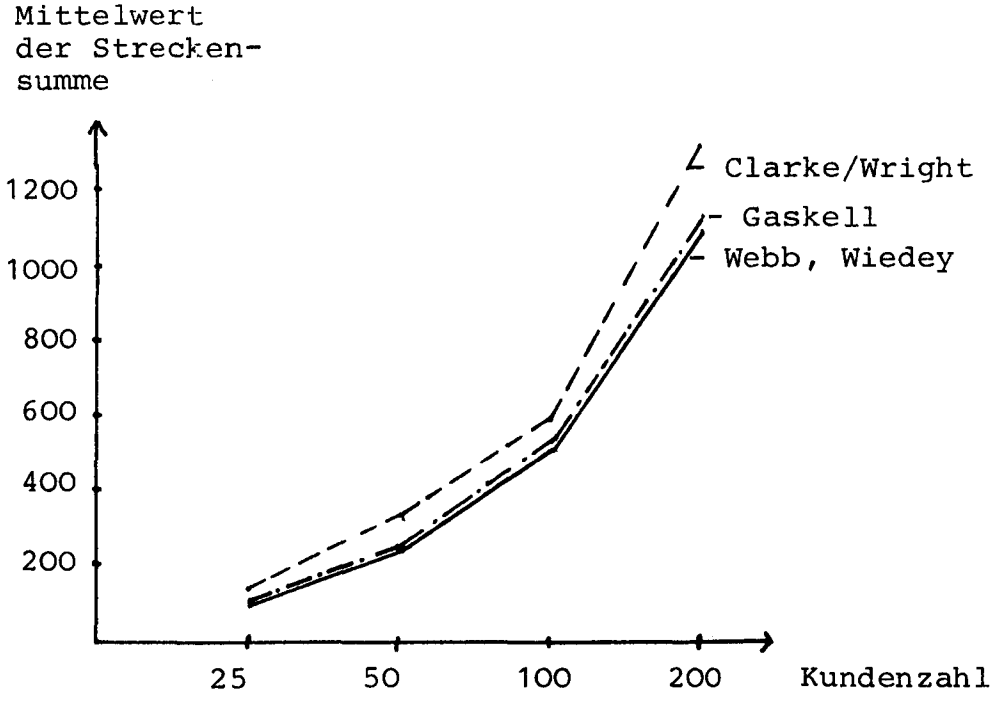


Anmerkungen:

- Die Rechenzeit wurde in Millisekunden gemessen und wiedergegeben. So benötigt das vom Verfasser erstellte Verfahren bei einer Kundenzahl von 2000 durchschnittlich 34:51,6 min. Rechenzeit für den Entwurf des Tourenplans.
- Die Verbindungslinien haben hier ebenfalls die Funktion von Darstellungshilfen.

(b 1) Darstellung der Mittelwerte bezgl. der Streckensumme

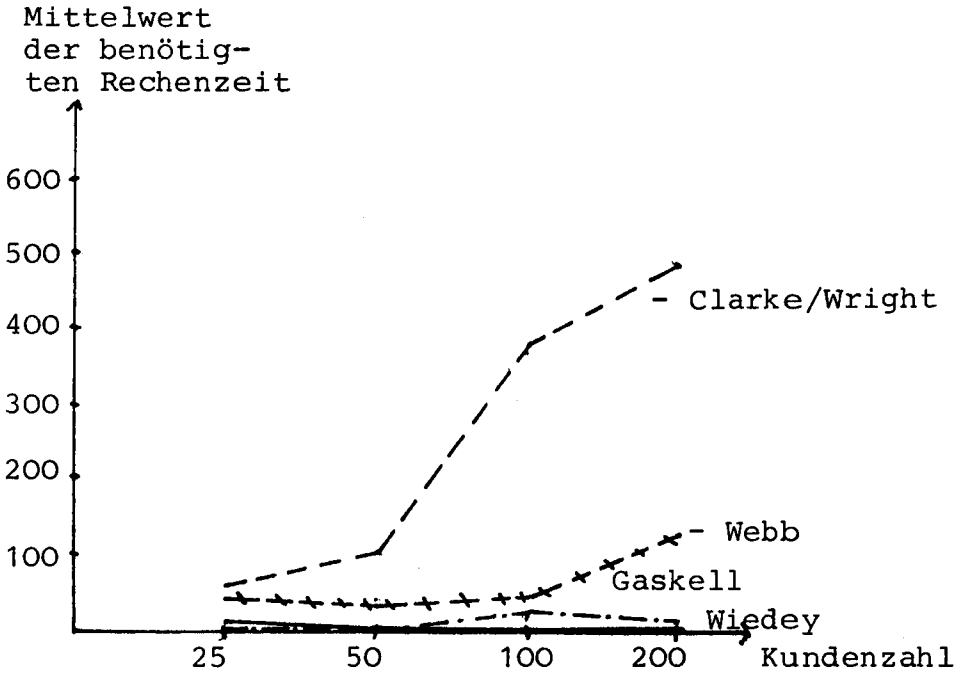
Ver- \ Kunden- fahren \ zahl	25	50	100	200
Clarke/Wright	129,24	329,50	598,75	1311,99
Gaskell	110,01	252,08	533,40	1123,18
Webb, Wiedey	106,34	235,23	509,68	1096,31



(b 5) Darstellung der Mittelwerte bezgl. der benötigten Rechenzeit

Ver- \ Kunden- fahren \ zahl	25	50	100	200
Clarke/Wright	380,9	2139,4	18368	104922
Gaskell	238,3	1031,4	4774,1	20244,8
Webb	345,4	1371,9	5608,9	40455,3
Wiedey	262	1046,1	3824	17813,2

Die graphische Darstellung erfolgt analog zu (a 5)



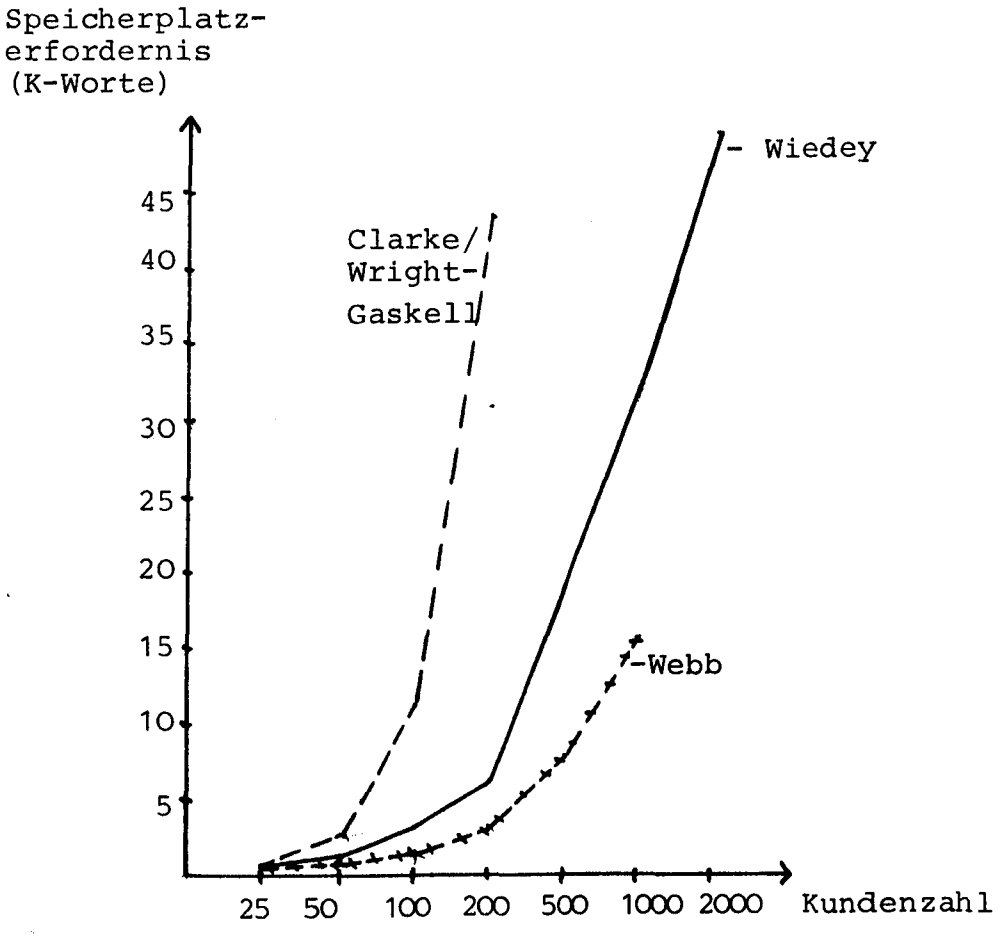
Resultate für die anderen Modifikationen werden nicht vorgestellt, da diese Untersuchungen keine abweichenden Kenntnisse lieferten.

Bei der verwendeten Rechenanlage ist die kleinste adressierbare Einheit ein Wort (gleich 36 Bit). Die Angaben bezgl. der Speicherplatzerfordernisse sind daher in K Worte gemessen. In dieser Arbeit werden von der benötigten Kernspeicherkapazität[2] lediglich

die, für die im Programm verwendeten Variablen, reservierten Speicherplätze wiedergegeben.

(a 6) Darstellung der Speicherplatzerfordernisse

Ver-fahren \ Kunden-zahl	25	50	100	200	500	1000	2000
Clarke/Wright	1,168	3,443	11,743	43,418	-	-	-
Gaskell	1,166	3,440	11,738	43,408	-	-	-
Webb	0,518	0,893	1,643	3,218	7,943	15,818	-
Wiedey	0,918	1,693	3,243	6,418	19,143	31,818	49,568



Bei Bewertung der Tourenplanungsergebnisse ist zu berücksichtigen, daß Tourenplanung in der beschriebenen Weise, wie bereits gesagt, für Städte nicht oder nur mit sehr großer Ungenauigkeit möglich ist. Somit werden bei realen Tourenplanungsproblemen derartig große Kundenansammlungen, wie sie in dieser Studie bei geballter Verteilung der Kunden möglich sind, nur sehr selten auftreten. Diese Kundenverteilung schafft also extrem harte Bedingungen für die Verfahren, die die Webb-Bedingungen einsetzen.
Bei geballter Verteilung der Kunden benötigt das vom Verfasser erstellte Verfahren zusätzlichen Speicherplatz. Es ergeben sich folgende Größen für die Speicherplatzerfordernisse dieses Verfahrens:

Kundenzahl	25	50	100	200
benötigter Speicherplatz (K-Worte)	0,918	2,493	7,643	14,018

Fußnoten

[1] (a 1) bezieht sich auf die Klassifizierung des vorhergehenden Kapitels

[2] vgl. zu der Zusammensetzung der benötigten Kernspeicherkapazität: E. Jessen (8);

4. Abschließende Beurteilung

Die Ergebnisse belegen, daß eine EDV-Tourenplanung auch für große Probleme in wirtschaftlich vertretbarer Zeit möglich ist[1]. Das vom Verfasser erstellte Verfahren erwies sich beim Vergleich gegenüber den Verfahren von Clarke/Wright und Gaskell als eindeutig überlegen. Der Ansatz von Webb benötigt weniger Speicherplatz, dafür aber mehr Rechenzeit. Trotzdem ist dieser Ansatz als unterlegen anzusehen, da das Webb-Verfahren aufgrund der Rechenzeiterfordernisse nicht in der Lage ist, Probleme mit realistischer Größenordnung, in wirtschaftlich vertretbarer Zeit zu lösen. Die Speicherplatzerfordernisse des Wiedey-Verfahrens halten sich hingegen in einem sehr bescheidenen Rahmen, so daß hierdurch die Einsatzfähigkeit nicht beeinträchtigt wird. Dies läßt sich dadurch verdeutlichen, daß das Wiedey-Verfahren bei einer Kundenzahl von 1000 wesentlich weniger Speicherplatz benötigt als die Verfahren von Clarke/Wright und Gaskell bei einer Kundenzahl von 200, wobei das Verfahren von Clarke/Wright in bestehenden Programmsystemen verwendet wird.

Das Wiedey-Verfahren bietet aufgrund der hohen Rechengeschwindigkeit zudem die Möglichkeit, lösungsverbessernde Verfahren einzusetzen, falls die benötigte Rechenzeit die zur Verfügung stehende Rechenzeit unterschreitet. Das entwickelte Verfahren zeichnet sich also durch eine hohe Flexibilität aus.

Fußnoten

1 In der Literatur wird ausgedrückt, daß die aus großen Problemen gewonnenen Erfahrungen mit mehr Vertrauen verallgemeinert werden können,
vgl. G. Diruf (4), S. 36;
Den Ergebnissen dieser Arbeit ist also ein hohes Maß an Sicherheit zuzurechnen.

WIEDEY: Ein Lösungsverfahren zum Ein-Depot-Auslieferungsproblem bei großer Kundenzahl

Literatur

1. P. Brucker: NP-Complete Operations Research Problems and Approximation Algorithms, in: ZOR 23, 1979, S. 73-94
2. G. Clarke, J.W. Wright: Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points, in: OR 13, 1964, S. 568-581
3. K. Dellmann, H. Wiedey: Warenverteilung und Logistik Standortoptimierung, Touren- und Fuhrparkeinsatzplanung in einem Warenverteilungssystem, in: Zeitschrift für Logistik 2, 1981, S. 51-56
4. G. Diruf: Kundenzeitschranken in der computergestützten Tourenplanung, in: ZOR 24, 1980, S. B207-B220
5. J. Fischer, L. Kruschwitz: Methodische Probleme bei der Evaluation heuristischer Lösungsverfahren, in: Die Unternehmung 3, 1980, S. 173-188
6. M.L. Fisher: Worst-Case-Analysis of Heuristic Algorithms, in: MS 26, 1, 1980, S. 1-17
7. T.J. Gaskell: Bases for Vehicle Fleet Scheduling, in: ORQ 18, 1967, S. 281-295
8. E. Jessen: Architektur digitaler Rechenanlagen, Berlin - Heidelberg - New York 1975
9. R.M. Karp: The Probabilistic Analysis of some Combinatorial Search Algorithms, in: J. Traub (Hrsg.): Algorithms and Complexity, New York 1976, S. 1-19
10. W. Neitzel: Tourenplanung Problemdarstellung und Lösungsverfahren für Ein-Depot-Probleme, Frankfurt am Main - Bern - Las Vegas 1977
11. H.-C. Pfohl, R. Hebel: Bewertung heuristischer Methoden, Arbeitspapier Essen 1981
12. E. Reichardt: Modelle und Verfahren der Unternehmensforschung zur Lösung von Tourenplanungsproblemen, Dissertation Regensburg 1980
13. Siemens: data praxis Trafic Fuhrpark Einsatzplanung, Verfahrensbeschreibung Best.-Nr. D15/5588-01
14. M. Webb: Transporting Goods by Road, London 1972
15. H. Wiedey: Das Ein-Depot-Auslieferungsproblem bei großer Kundenzahl - Ein Vergleich bestehender Lösungsverfahren - Mitteilungen aus dem Institut für Betriebswirtschaftslehre der Christian-Albrechts-Universität Kiel, Nr. 101, 1981