

Ein praxistauglicher Ansatz zur Lösung eines spezifischen D-VRSP-TW-UC

Oliver Kunze

c/o PTV AG, D-76131 Karlsruhe, Stumpfstr. 1; Oliver.Kunze@ptv.de

Abstract

In der Regel wachsen die Transportkosten auf der letzten Meile mit der Enge des Lieferzeitfensters. Dies stellt insbesondere Anbieter vor ein Problem, die Aussagen über einen präzisen Liefertermin bei Bestellung abgeben müssen, obwohl noch nicht alle zu bedienenden Lieferungen bekannt sind.

Im folgenden Beitrag wird das Problem als D-VRSP-TW-UC-DO modelliert. Motiviert durch die raum-zeitliche Analyse der Solomoninstanzen wird der Begriff der Gleichzeitigkeit als wesentlicher Kostentreiber herausgearbeitet. Anschließend wird ein praxistaugliches Verfahren (ORA) vorgestellt, das es ermöglicht, eine hohe Avisgenauigkeit bei Bestellung zu erlangen. Schließlich werden typische Ergebnisse des Verfahrens dargestellt und diskutiert.

Einleitung

Mit Hilfe von Call-Centern und Internet-Bestellportalen ist es heute möglich, Güter online zu bestellen. Dabei ist es derzeit die Regel, dass die Ware online bestellt, und per Post oder KEP-Dienstleister zugestellt wird. Ein genaues Lieferzeitavis findet in der Regel nicht statt.

In manchen Bereichen (z.B. im online-Lebensmittelhandel) ist jedoch eine präzise Lieferauskunft zum Bestellzeitpunkt kaufentscheidend. Die Avisierung eines engen Zeitfensters bereits bei Annahme der Bestellung schränkt jedoch den zeitlichen Freiheitsgrad in der Tourenplanung erheblich ein, und hat somit i.d.R. signifikante Auswirkungen auf die Zustellkosten, wie im Folgenden gezeigt wird.

Problemdefinition

Zu lösen ist ein Tourenplanungsproblem mit Zeitfenstern mit der Besonderheit, dass die Aufträge sukzessive bzw. dynamisch eingehen, und weder die Lage noch die Anzahl der zu beliefernden Kunden ist ex ante bestimmt ist.

In Anlehnung an (Bent u. van Hentenryck 2003) lässt sich das Problem somit klassifizieren als dynamisches Tourenplanungsproblem mit Zeitfenstern und stochastischen Kunden mit Lieferzeitusage zum Bestellzeitpunkt, oder kurz als D-VRSP-TW-UC-DO (dynamic vehicle routing and scheduling problem with time windows, uncertain customers and delivery notes at time of order placement). Außerdem kann angenommen werden, dass die Anzahl m der verfügbaren Fahrzeuge für die Lebensmittelheimzustellung beschränkt ist, da es sich hier i.d.R. um kleine Spezialfahrzeuge (mit 3 Temperaturzonen für Trocken-, Frische- und Tiefkühlsortiment) handelt, die nicht kurzfristig zugemietet werden können. Die Einhaltung der zugesagten Lieferzeitfenster kann durch die Definition von entsprechenden Nebenbedingungen (hier Lieferzeitfensterrestriktionen) hinreichend abgebildet werden. Es wird weiterhin die Annahme getroffen, dass die Anzahl der möglichen Lieferungen mit Lieferzeitzusagen zum Bestellzeitpunkt bei vorgegebener Anzahl m an Fahrzeugen zu maximieren ist (Zielfunktion). Diese Annahme ist dadurch motiviert, dass jede Lieferung einen Verkaufsertrag bringt¹. Formal lässt sich das Problem somit folgendermaßen definieren. Es sei:

- n : Anzahl der besuchten Kunden
- $E(n)$: Erwartungswert der Anzahl der besuchten Kunden
- x_{ij} : Binärvariable zur Nachfolgerbeziehung mit
 - $x_{ij}=1$, falls Kunde j unmittelbar nach Kunde i besucht wird
 - $x_{ij}=0$, sonst
- fz_{ij} : Fahrzeit von Kunde i zu Kunde j
- sz_j : Bediendauer des Kunden j
- d : Präzision der Lieferzeitusage
- D : Toleranz, d.h. der Kunde akzeptiert eine Lieferung gdw.
 - $ta_j \in [tp_j - D, tp_j + D]$
- t : ein beliebiger Zeitpunkt
- ta_j : Avisierter Lieferzeitpunkt beim Kunden j
- $tf_j = ta_j - d$: Früheste Ankunftszeit beim Kunden j
- $ts_j = ta_j + d$: Späteste Ankunftszeit beim Kunden j
- t_j : Anfangszeitpunkt der Belieferung j in Bezug auf Tourstartzeit $t_0 = 0$
- tp_j : bevorzugter Lieferzeitpunkt von Kunde j
- $to(j)$: Zeitpunkt der Bestellung (order placement)
- M^∞ : sehr große Zahl
- V : Menge aller zu besuchenden Kunden incl. Depot (Index 0); $|V| = n+1$

¹ Zwischen unterschiedlichen Erträgen pro Lieferung wird hier nicht unterschieden, da es langfristig darum geht, eine hohe Kundenbindung und einen großen Kundenstamm zu erzielen. Die Maximierung von Einmalerträgen tritt demgegenüber in den Hintergrund.