

**Projekt 8:**

**Verkehrsnetze**

***Modul:*** *Anwendungen der Linearen Optimierung*

***Studiengang:*** *Wirtschaftsinformatik*

***Fakultät:*** *Informatik*

*Sommersemester 2016*

|  |  |
| --- | --- |
| **Dozent:** | Prof. Dr. Michael Grütz |
| **Teilnehmer:** | Vianny Silverio, 289095 |
|  |  |
| **Abgabetermin:** | 29.06.2016 |

**Inhaltsverzeichnis**

[**1. Einleitung** 1](#_Toc454987365)

[**2. Problemstellung** 1](#_Toc454987366)

[**3. Lösungsansatz und Analyse** 2](#_Toc454987367)

[**4. Fazit** 9](#_Toc454987368)

**1. Einleitung**

Die vorliegende Dokumentation beschäftigt sich mit Verkehrsnetzen und der Optimierung dieser. Es sollte ein Vorgehen entwickelt werden durch welches bestmögliche Konditionen für die verschiedenen Straßenknoten eines Netzes gefunden werden können. Die Aufstauung von Fahrzeugen sollte möglichst reduziert werden um einen besseren Verkehrsfluss zu gewährleisten. Das Entwickelte Verfahren wurde darauf beschränkt festzustellen ob die Einsetzung eines Ampelsystems oder eines Kreisverkehrs für einen optimaleren Fluss des Straßenverkehrs an den jeweiligen Knoten sorgt. Im Falle eines Ampelsystems wurde weiterhin versucht die “optimalen“ Ampelparameter zu ermitteln. Zur Umsetzung der Aufgabe, wurde das Simulationsprogramm „Verkehrsnetze“ verwendet. Dieses wurde in Form einer Diplomarbeit im Jahr 2009 von einem Studenten der Hochschule Konstanz entwickelt.

**2. Problemstellung**

In Konstanz, ebenso wie in vielen anderen Städten weltweit kann an unterschiedlichen Straßenknoten stockender Verkehr bzw. Stau entstehen. Das Ziel dieser Arbeit war, diese Positionen zu identifizieren und den Verkehrsfluss zu verbessern. Die Problemstellen können direkt mit der Anwendung „Verkehrsnetze“ ermittelt werden. Das Programm gibt leider keine Möglichkeit diese Positionen des Netzes automatisiert zu optimieren. Es bietet lediglich die Option manuell die Parameter der einzelnen Knoten zu verändern. Um in Zukunft möglichst einfach einzelne Knoten zu verbessern, wurde ein Verfahren entwickelt welches Schritt für Schritt problematische Stellen im Netz verbessert. Der Lösungsansatz wird in Abschnitt 3 näher erläutert.

**3. Lösungsansatz und Analyse**

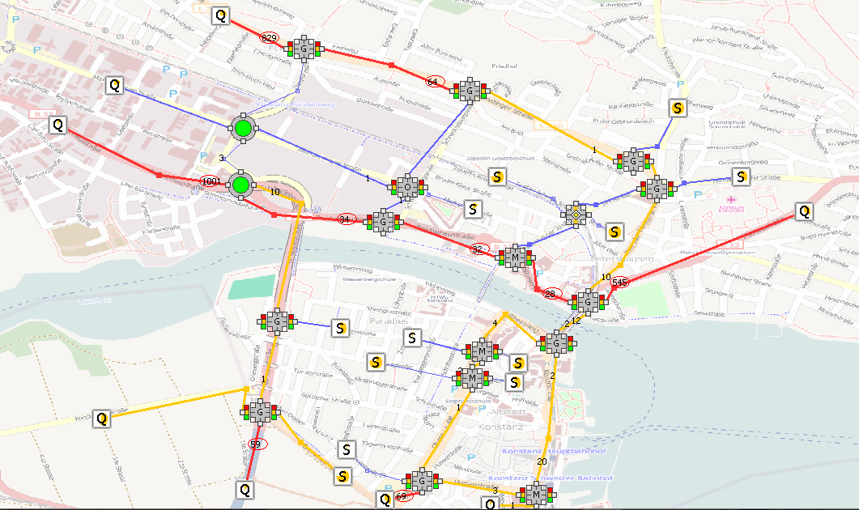
Um den Stau zu reduzieren wurden die folgenden zwei Optimierungsmöglichkeiten betrachtet:

1. **Die Anpassung von Ampelschaltzeiten:** Hier war die Idee die Parameter von Ampelschaltungen anzupassen und damit festzustellen ob veränderte Werte einen besseren Verkehrsfluss zur Folge haben. Die Ampelparameter wurden Schritt für Schritt in einem fixen Intervall nach oben und nach unten angepasst,um dann zu prüfen wann sich Verbesserungen oder Verschlechterungen ergeben.
2. **Der Austausch eines Kreisverkehrs gegen eine Ampel (oder umgekehrt):** Je nachdem ob an einem Straßenknoten ein Kreisverkehr oder eine Ampelschaltung steht, kann diese(r) gegen die jeweils andere Option ausgetauscht werden. Anschließend kann durch Vergleichen der Simulationsergebnisse von beiden Varianten entschieden werden ob der Tausch die Verkehrssituation verbessert hat oder nicht.

Die einzelnen Schritte des Lösungsansatzes werden nun beispielhaft an der Optimierung eines Straßenknotens beschrieben.

Schritt 1: Identifizierung von Staustellen und Priorisierung dieser

Der erste Schritt war es mit der Anwendung „Verkehrsnetze“ die Straßenpunkte zu identifiziert an welchen prozentual der meiste Stau entsteht. Dazu wurde drei Mal mit einer Simulationszeit von zwei Stunden der Straßenverkehr nachsimuliert. Eine höhere Simulationszeit konnte nicht verwendet werden, da die Performanz der Anwendung leider nicht hoch genug war und ein Durchlauf sonst zu viel Zeit benötigt hätte. In den Ergebnissen der Simulation findet sich ein *Stauwert* für jeden Ausgang eines Straßenknotens. Dieser Wert bestimmt in welchem Maß sich der Verkehrsfluss aufgestaut hat. Ein hoher Wert steht für einen schlechten Durchfluss. Ein tieferer, für eine bessere Situation. In Abbildung 1 wird beispielhaft eine grafische Darstellung des Simulationsergebnisses gegeben. Die roten Linien markieren Straßen mit besonders hohen Stauwerten. Um den Aufwand der Arbeit einzuschränken wurden gezielt nur die Knoten an Straßen mit sehr hohem Verkehrsaufkommen, mit dem im Weiteren beschriebenen Verfahren, optimiert.



14

15

17

18

16

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Abbildung 1. Grafische Darstellung des Simulationsergebnisses. Rot markierte Straßen haben besonders hohe Stauwerte.

Im nächsten Schritt wurden die identifizierten Straßenknoten anhand Ihrer Stauwerte priorisiert. Tabelle 1 zeigt das Ergebnis der Priorisierung. Der höchste Stauwert zeigt sich bei der Kreuzung Spanier-Konzil (siehe gelbe Markierung).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Name der Kreuzung | Ausgang | 1.Durchlauf | 2.Durchlauf | 3.Durchlauf | Durchschnitt |
| Spanier-Konzil (12) | Ost | 96,76; | 96,27; | 91,6; | 94,87; |
| Reichenau-Oberlohn (18) | West | 94,1 | 94,34 | 92,65 | 93,69 |
| Fürstenberg-Oberlohn (1) | West | 93,38 | 91,3 | 92,34 | 92,34 |
| Europa-Grenzbach (6) | Süd | 90,77 | 70,57 | 92,81 | 84,71 |
| Reichenau-Schneckenburg (4) | West | 63,49 | 71,48 | 69,64 | 68,20 |
| Reichenau-Petershausen (13) | West | 56,57 | 63,46 | 65,23 | 40,01 |
| Laube-Döbel (7) | Süd | 31,32 | 48,33 | 34,64 | 38,09 |
| Fürstenberg-Schneckenburg (2) | West | 33,31 | 35,41 | 32,23 | 33,65 |
| Rheinsteg-Konzil (11) | Nord | 25,21 | 28,81 | 36,47 | 30,16 |

Tabelle 1. Stauwerte nach drei Simulationsdurchläufen. An der Kreuzung Spanier Konzil (gelb-markiert) zeigt sich der höchste Stauwert.

Schritt 2a: Optimierung des Straßenknotens „Spanier-Konzil“ (Ausgang Ost) durch Änderung der Ampelschaltzeiten

Um den Straßenknoten „Spanier-Konzil“ zu optimieren wurden die Ampelschaltzeiten in fünf Sekunden Intervallen nach oben und unten abgeändert. Die Intervalle sind in Tabelle 2 dargestellt. Es wurde wieder für jede Einstellung mit einer Simulationszeit von zwei Stunden und drei Durchläufen gearbeitet. Nach Senkung der Schaltzeiten um eine Intervallstufe wurde festgestellt, dass sich der Verkehrsfluss verschlechtert hat. Aus diesem Grund wurde das Vorangehen in Richtung geringerer Ampelschaltzeiten abgebrochen. Stattdessen wurde in die andere Richtung fortgeschritten. Die Schaltzeiten wurden in Intervallschritten erhöht. Es zeigte sich auch hier nach dem dritten Schritt wieder eine Verschlechterung. Der optimalste Verkehrsfluss war für den untersuchten Ausgang Ost nach Durchführung der zweiten Intervallerhöhung festzustellen. Die Ergebnisse für sämtliche untersuchten Straßenknoten sind in Tabelle 3 zu sehen (Durchschnittswerte der drei Durchläufe). Für den untersuchten Ausgang Ost hat sich der durchschnittliche Stauwert von 94,87 % auf 89,43 % verändert (siehe gelbe Markierung). Wie in der Tabelle zu sehen ist sind die anderen Straßenknoten von der dem durchgeführten Optimierungsschritt mitbeeinflusst. Der direkte Einfluss auf andere Straßenknoten wird von dem angewandten Vorgehen nicht beachtet da die Anzahl der Kombinationsmöglichkeiten und damit die Komplexität zu hoch wären.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Grundeinstellung | Nord | Ost | Süd | West |
| … | … | … | … | … |
| 1. Erhöhung | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 1. Erhöhung | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Grundeinstellung | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 1. Senkung | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 1. Senkung | 5 | 5 | 5 | 5 |
| … | … | … | … | … |

Tabelle 2. Grundeinstellung der Ampelschaltzeiten des Straßenknoten „Spanier-Konzil“.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Name des Straßenknoten | Ausgang | 1.Intervall-schritt | 2. Intervall-schritt | 3. Intervall-schritt | 4. Intervall-schritt |
| Reichenau-Oberlohn | West | 94,37 | 94,87 | 96,31 | 93,92 |
| Fürstenberg-Oberlohn | West | 91,65 | 89,40 | 90,38 | 88,93 |
| Spanier-Konzil | Ost, | 96,45 | 93,87 | 89,4 | 94,26 |
| Reichenau-Schneckenburg | West | 63,68 | 73,81 | 76,05 | 71,01 |
| Europa-Grenzbach | Süd | 75,30 | 76,13 | 74,32 | 71,26 |
| Reichenau-Petershausen | West | 55,84 | 68,85 | 69,73 | 63,04 |
| Laube-Döbel | Süd | 52,24 | 31,69 | 63,68 | 36,91 |
| Fürstenberg-Schneckenburg | West | 34,48 | 32,58 | 31,13 | 30,93 |
| Rheinsteg-Konzil | Nord | 24,69 | 38,99 | 28,27 | 35,30 |

Tabelle 3. Stauwerte der optimierten Kreuzung „Spanier-Konzil“ und die Stauwette der restlichen Straßenknoten .

Schritt 2b: Optimierung des Straßenknotens „Spanier-Konzil“ (Ausgang Ost) durch Austausch der Kreuzung gegen einen Kreisverkehr

Nach der Identifizierung der “optimalen“ Ampelschaltzeiten für den Straßenknoten wurde als nächstes die zweite Optimierungsmöglichkeit betrachtet. Die bestehende Kreuzung wurde gegen einen Kreisverkehr getauscht. Es wurden die Grundeinstellungen eines Kreisverkehrs übernommen. Diese werden in Tabelle 4 aufgezeigt. Wie zuvor wurden wieder drei Durchläufe mit einer Simulationszeit von zwei Stunden analysiert. Bei Betrachtung der Untersuchungsergebnisse (siehe Tabelle 3) ist deutlich zu sehen, dass ein Kreisverkehr an der Stelle keinen Sinn macht. Der durchschnittliche Stauwert von 94,46 ist schlechter als der Wert von der optimierten Ampelschaltung (siehe Schritt 2a). Es wurden wie bei Schritt 2a die Werte der übrigen Straßenknoten mit in der Tabelle dargestellt um nochmals zu zeigen das teilweise eine deutliche Veränderung der Werte bei anderen Knoten als dem optimierten zu sehen sind. Es wäre möglich in Zukunft ein Verfahren zu entwickeln welches diese Abhängigkeiten miteinbezieht. Dadurch könnte eventuell noch eine bessere Optimierung durchgeführt werden.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Grundeinstellung eines Kreisverkehrs (Wahrscheinlichkeitswerte) | | | | |
| Nord Ost Süd West | | | | |
| Rechtsabbbieger | 0.3333 | 0.3333 | 0.3333 | 0.3333 |
| Geradeausfahrer | 0.3333 | 0.3333 | 0.3333 | 0.3333 |
| Linksabbieger | 0.3333 | 0.3333 | 0.3333 | 0.3333 |

Tabelle 4. Grundeinstellung eines Kreisverkehrs.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Name des Straßenknoten | Ausgang | 1.Durch-lauf | 2.Durch-lauf | 3.Durch-lauf | Durch-schnitt |
| Laube-Döbel | Süd | 97,99 | 95,07 | 97,57 | 96,87 |
| Europa-Grenzbach | Süd  West | 94,61  97,98 | 97,83  94,95 | 97,11  96,13 | 96,51  96,35 |
| Spanier-Konzil | Ost | 94,68   |  | | --- | |  | | 93,34 | 95,36 | 94,46 |
| Fürstenberg-Oberlohn | West | 83,85 | 84,06 | 97,21 | 88,37 |
| Reichenau-Oberlohn | West | 78,8 | 92,16 | 73,21 | 81,39 |
| Fürstenberg-Schneckenburg | West | 19,33 | 8,85 | 19,14 | 15,77 |
| Rheinsteg-Konzil | Nord | 0 | 19,86 | 3,47 | 14,39 |
| Reichenau-Petershausen | West | 23,59 | 0,78 | 16,84 | 13,74 |
| Reichenau-Schneckenburg | Ost | |  |  | | --- | --- | | 22,77 |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | | 2,23 | 0 | 8,33 |

Tabelle 5. Stauwerte der Kreuzung „Spanier-Konzil“ beim Einsatz eines Kreisverkehrs und die Stauwette der restlichen Straßenknoten .

Schritt 3: Feststellung der “optimalen“ Einstellungen für den Straßenknoten „Spanier-Konzil“ (Ausgang Ost)

Wie sich in den oben aufgeführten Schritten zeigt, eignet sich eine Kreuzung mit um zwei Intervallstufen erhöhten Ampelschaltzeiten für den gegebenen Straßenknoten am besten um einen möglichst geringen Stauwert zu erhalten.

Um die weiteren Straßenknoten zu optimieren, wurden die beschriebenen Schritte für jeden der Knoten angewandt. Die Endergebnisse der Analyse werden in Abschnitt 4 zusammengefasst aufgezeigt.

**4. Fazit**

Ziel des Projektes war es den Verkehrsfluss anhand des Fallbeispiels der Diplomarbeit zu optimieren. Der durchschnittliche Stauwert sämtlicher betrachteter Straßenknoten betrug vor der Optimierung 63,96%. Nach Abänderung der Parameter anhand des gezeigten Vorgehens ergibt sich ein Durchschnittswert von 56,09%. Es wurde eine Verbesserung um 7,87 % erzielt. In Tabelle 6 werden die ursprünglichen Einstellungs- und Stauwerte der einzelnen Straßenknoten mit den optimierten Werten gegenübergestellt. In der Tabelle wurde eine Kreuzung auf KZ abgekürzt und ein Kreisverkehr zu KV.

Das vorgestellte Verfahren könnte zukünftig in Form eines Algorithmus im Programm „Verkehrsnetze“ eingebunden werden. Dadurch wäre es möglich die gezeigten Optimierungsschritte wesentlich öfter, automatisiert ablaufen zu lassen.

Bei der Durchführung des Projektes wurden leider einige Fehler beim Programm festgestellt die zu Zeitverlusten führten. Diese werden im Folgenden kurz aufgelistet:

* Laufzeit sehr langsam
* Beim wieder öffnen einer gespeicherten Datei werden nicht mehr die voreingestellten Einstellungen übernommen (sehr problematisch)
* Nach einen Simulationsdurchlauf waren nicht mehr alle gespeicherten Einstellungen vorhanden(währen zwischen Durchläufe)
* Es ist nicht Benutzerfreundlich, da es zu viele Modi gibt
* Der Abbrechen Button beim Laden eines Hintergrundbildes führt nicht zum Abbruch des Vorgangs. Das Bild wird trotzdem geladen

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Grundeinstellungen | | | Optimierung | | |
| Name des Straßenknoten | Aus-gang | Typ | Parameter | Stau-werte | Typ | Parameter | Stau-werte |
| Spanier-Konzil | Ost | KZ | 15 15 15 15 | 94,87 | KZ | 25 25 25 25 | 89,43 |
| Reichenau-Oberlohn ( | West | KV | [..\Einstellungen\_Objekte\alo\_Kreis\_Vorfahrt.PNG](../Einstellungen_Objekte/alo_Kreis_Vorfahrt.PNG) | 93,69 | KV | [..\Einstellungen\_Objekte\alo\_Kreis\_Vorfahrt.PNG](../Einstellungen_Objekte/alo_Kreis_Vorfahrt.PNG) | 93,69 |
| Fürstenberg-Oberlohn | West | KZ | 0 7 7 30 | 92,34 | KZ | 0 17 17 40 | 80,89 |
| Europa-Grenzbach | Süd | KZ | 15 15 15 15 | 84,71 | KZ | 15 15 15 15 | 84,71 |
| Reichenau-Schneckenburg | West | KZ | 5 15 0 15 | 68,20 | KZ | 15 25 0 25 | 50,01 |
| Reichenau-Petershausen | West | KZ | 5 15 0 15 | 40,01 | KV | Siehe Tabelle 4 | 29,64 |
| Laube-Döbel | Süd |  | 5 15 15 0.1 | 38,09 |  | 5 15 15 0.1 | 38,09 |
| Fürstenberg-Schneckenburg | West | KZ | 0 15 5 15 | 33,65 | KV | Siehe Tabelle 4 | 25,81 |
| Rheinsteg-Konzil | Nord | KZ | 15 0 15 15 | 30,16 | KZ | 10 0 10 10 | 12,60 |