

Hans Walser, [20161222]

Optimales Verkehrsnetz

Anregung: Heinz Klaus Strick, Leverkusen

1 Worum geht es?

Es werden verschiedene Verkehrsnetze auf „Optimalität“ untersucht. Dabei kommen verschiedene Kriterien für „Optimalität“ zur Sprache.

Dabei wird angenommen, dass sich n Städte gleicher Größe und Struktur in einem homogenen ebenen Gelände befinden. Weiter soll der Verkehrsbedarf zwischen je zwei Städten immer gleich groß sein.

Diese Annahmen sind natürlich nicht realistisch und sehr stark vereinfacht.

Die folgenden Zahlenangaben sind als Vergleichszahlen zu verstehen, also jeweils relativ zueinander.

2 Beispiele

2.1 Drei Punkte (Städte) als Ecken eines regelmäßigen Dreiecks

Die Abbildung 1 zeigt drei Verkehrsnetze.

Das Netz (I) ist ein so genanntes *Steiner-Netz*.

Das Netz (III) ist die Vollvernetzung.

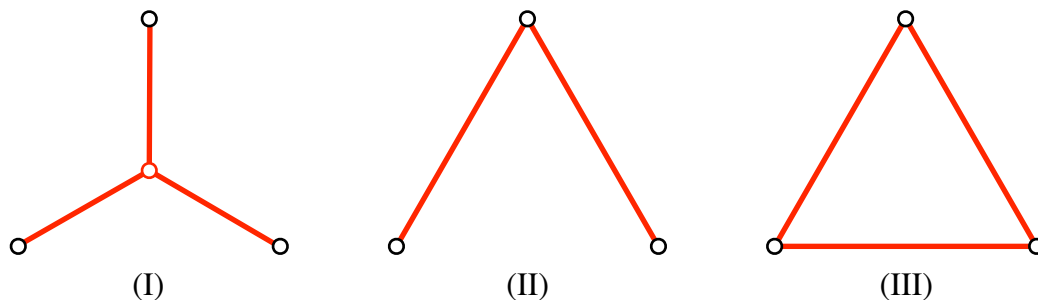


Abb. 1: Netze im Dreieck

2.1.1 Gesamte Netzlänge

Es ist:

$$(I):(II):(III) = \sqrt{3}:2:3 = 1.732:2:3$$

Das Netz (I) hat die kleinste Gesamtlänge und ist daher bei Neuanschaffung am billigsten.

2.1.2 Mittlerer Abstand zwischen zwei Städten

Wir vergleichen den mittleren Abstand zwischen zwei Städten und damit die mittlere Fahrzeit für die einzelnen Verkehrsteilnehmer. Es ist:

$$(I):(II):(III) = \frac{2\sqrt{3}}{3} : \frac{4}{3} : 1 = 1.155 : 1.333 : 1$$

Das Netz (III) ist für die einzelnen Verkehrsteilnehmer optimal.

2.1.3 Integrales Verkehrsaufkommen

Damit werden die total gefahrenen Kilometer und damit der totale Energieverbrauch und die totale Umweltbelastung im Betrieb verglichen. Es ist:

$$(I):(II):(III) = 2\sqrt{3} : 4 : 3 = 3.464 : 4 : 3$$

Das Netz (III) ist also im Betrieb ökologisch und ökonomisch optimal.

2.1.4 Verkehrsdichte

Wir vergleichen die momentane lokale Verkehrsdichte auf den Straßen der drei Netze. Damit wird auch die Sicherheit für die einzelnen Verkehrsteilnehmer verglichen. Es ist:

$$(I):(II):(III) = 2 : 2 : 1$$

Die Straßen im Netz (III) sind am ruhigsten und sichersten.

2.1.5 Verschleißzeit

Wir vergleichen die Lebensdauer der Straßen. Das hängt von der Verkehrsdichte ab. Es ist:

$$(I):(II):(III) = 1 : 1 : 2$$

Die Straßen des Netzes (III) halten am längsten.

2.1.6 Erstellungskosten bezogen auf Lebensdauer

Es ist:

$$(I):(II):(III) = \frac{\sqrt{3}}{1} : \frac{2}{1} : \frac{3}{2} = 1.732 : 2 : 1.5$$

Das Netz (III) ist langfristig (nachhaltig) gesehen preislich am günstigsten. Bei dieser Rechnung sind allerdings die Landerwerbungskosten nicht berücksichtigt.

2.1.7 Systemsicherheit, Redundanz

Bei Unterbruch einer Linie ist in den Netzen (I) und (II) jeweils eine Stadt von den beiden anderen Städten abgeschnitten. Im Netz (III) ist immer noch eine Verbindung gewährleistet.

2.1.8 Zusammenstellung

Netz	(I)	(II)	(III)
Gesamtlänge	1.732	2	3
Mittlerer Abstand	1.155	1.333	1
Umweltbelastung	3.464	4	3
Verkehrsdichte	2	2	1
Verschleißzeit	0.5	0.5	1
Kosten ohne Landerwerb	1.732	2	1.5
Systemsicherheit	0	0	1

2.2 Vier Städte als Quadratecken

Die Abbildung 2 zeigt drei Verkehrsnetze.

Das Netz (I) ist das Steiner-Netz

Das Netz (III) ist die Vollvernetzung.

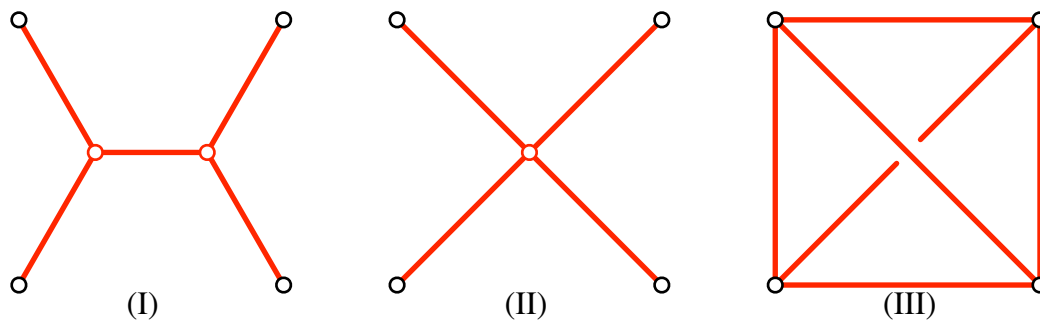


Abb. 2: Netze im Quadrat

Wir erhalten:

Netz	(I)	(II)	(III)
Gesamtlänge	2.732	2.828	6.828
Mittlerer Abstand	1.436	1.414	1.138
Umweltbelastung	8.618	8.485	6.828
Verkehrsdichte	3.155	3	1
Verschleißzeit	0.235	0.333	1
Kosten ohne Landerwerb	8.618	8.485	6.828
Systemsicherheit	0	0	1

3 Kommentar

In beiden Beispielen ist die Vollvernetzung optimal. Die Frage ist, ob das allgemein gilt, da bei Vollvernetzung die Anzahl der Relationen $\frac{n(n-1)}{2}$ ist, also quadratisch mit n wächst.

Die Gesamtlänge wird bei Vollvernetzung dramatisch zunehmen. Das dürfte auch die Kosten und den Landverschleiß in die Höhe treiben.

Bei den Kriterien *Mittlerer Abstand*, *Umweltbelastung* (*Energieverbrauch im Betrieb*), *Verkehrsdichte* und *Verschleißzeit* ist die Vollvernetzung allgemein optimal.