

Kolloquium zur Bachelorarbeit

Zeichnen von Netzwerken unter Berücksichtigung von Kantenlängen

Matthias Neumann





- Übersichtliche Darstellung von Bahnverbindungen



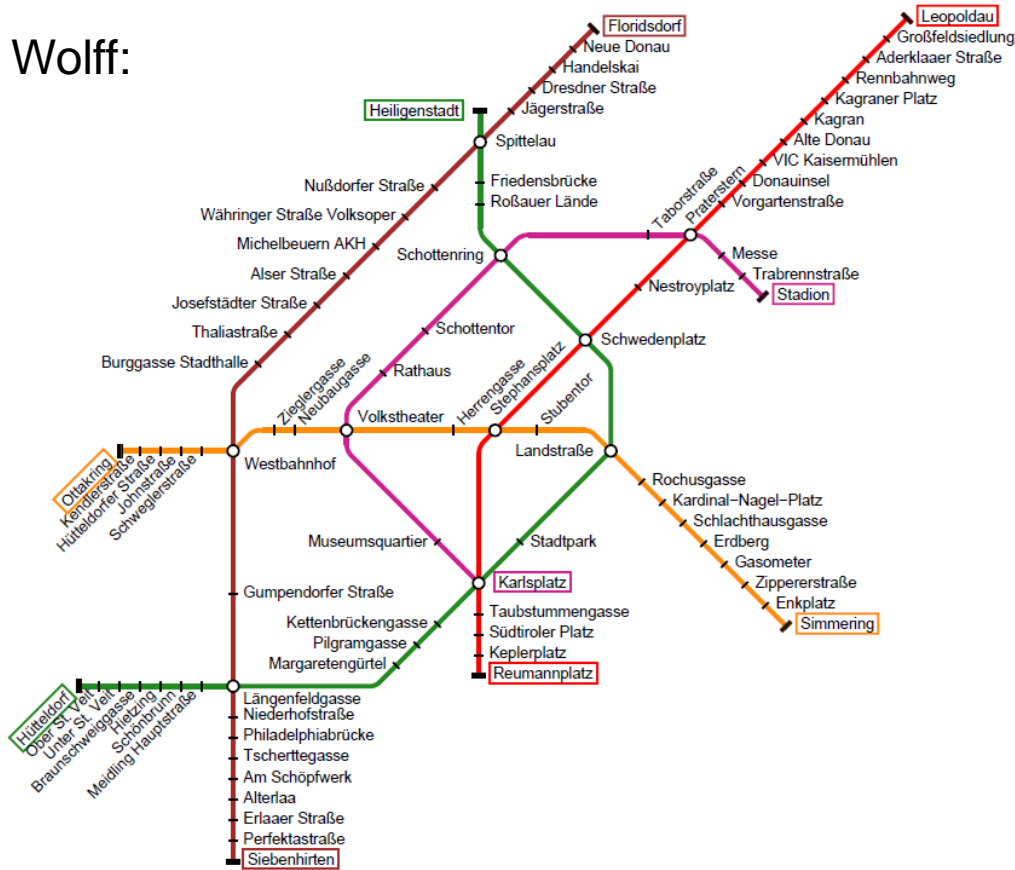
- Übersichtliche Darstellung von Bahnverbindungen
- Visualisierung von Reisezeiten

Nöllenburg und Wolff:

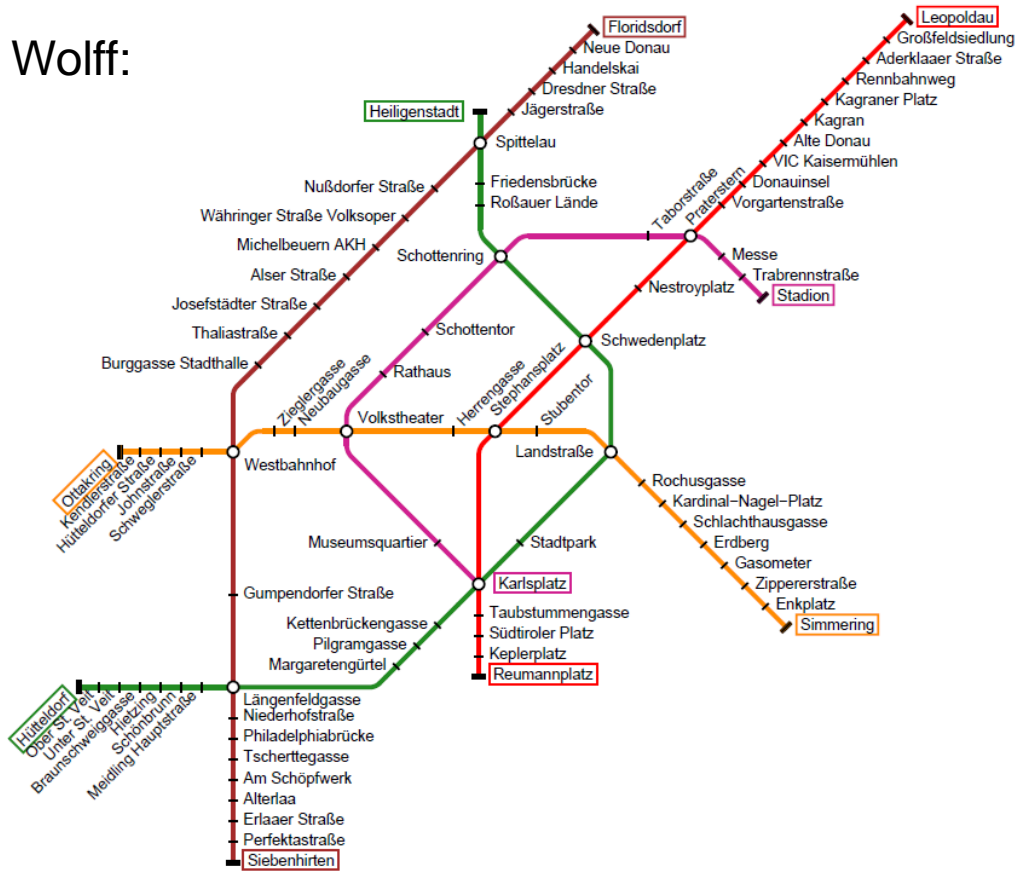


Übersichtliche Darstellung

Nöllenburg und Wolff:

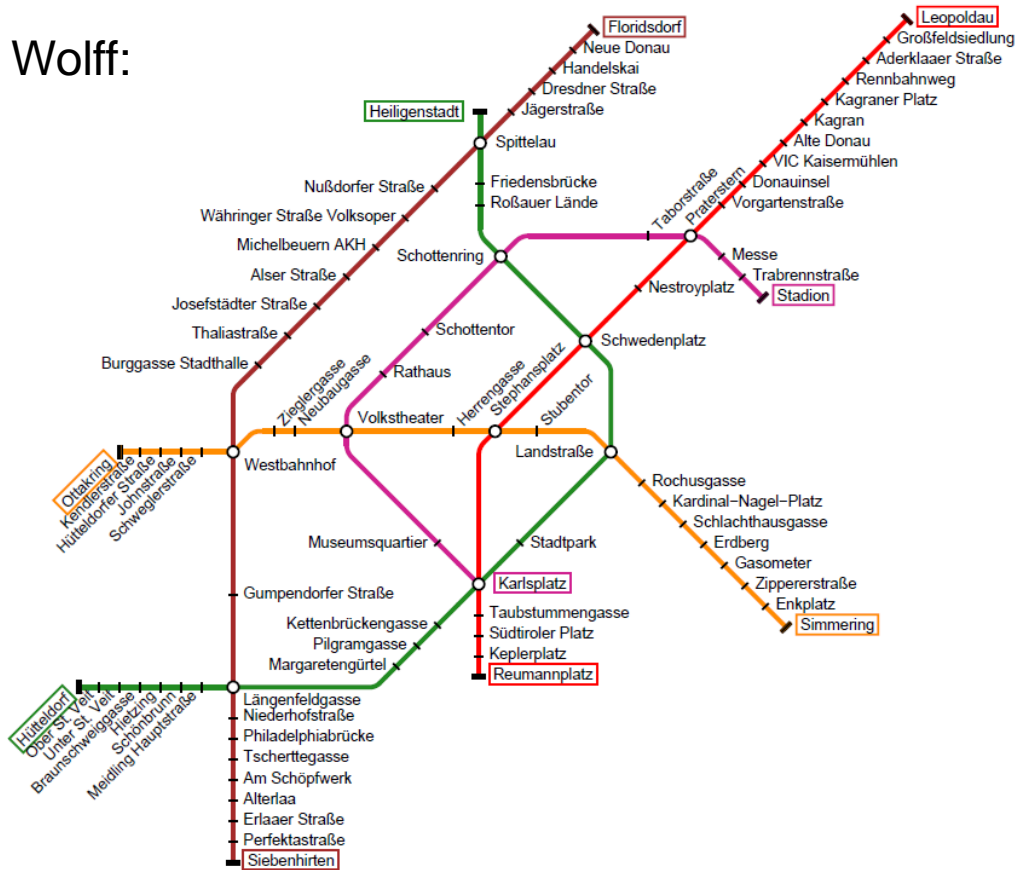


Nöllenburg und Wolff:



- Automatischer Entwurf mit Hilfe linearer Optimierung

Nöllenburg und Wolff:



- Automatischer Entwurf mit Hilfe linearer Optimierung
- Auszeichnung von Haltestellen ohne Überlappung

Fink et al.:

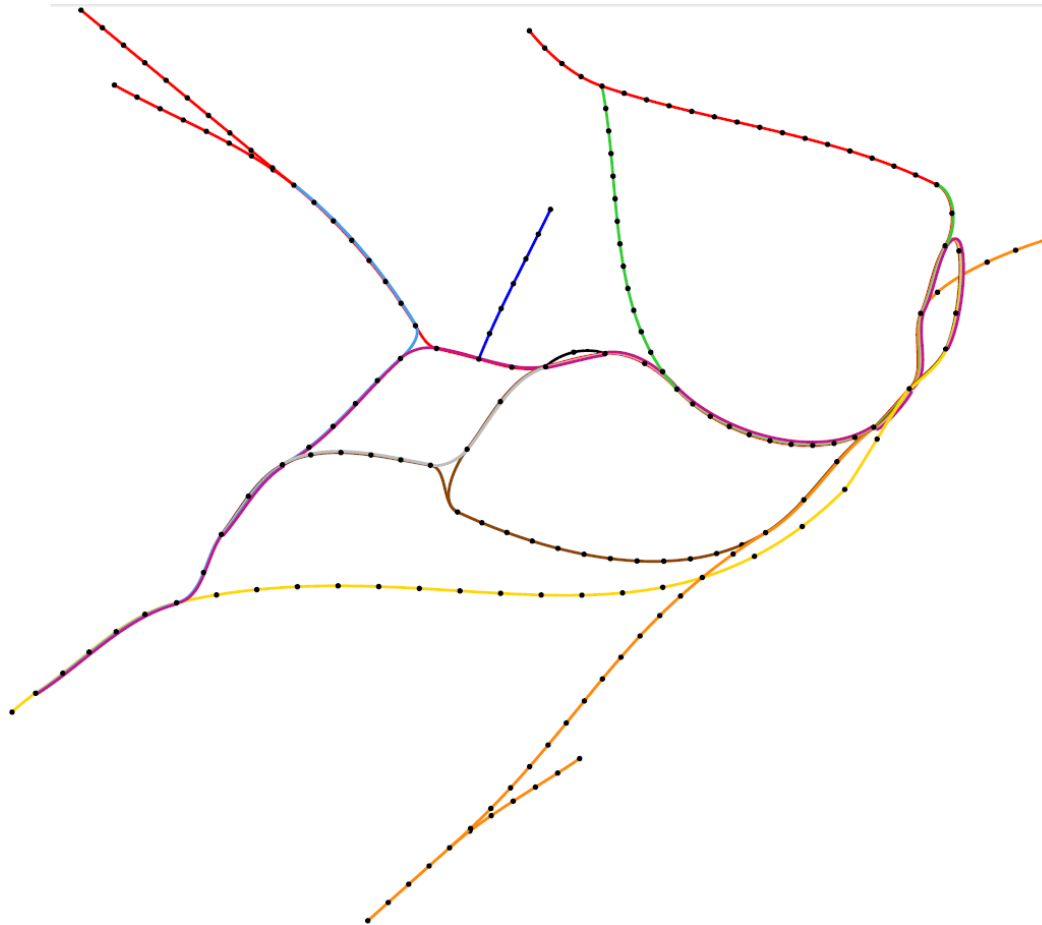


Fink et al.:



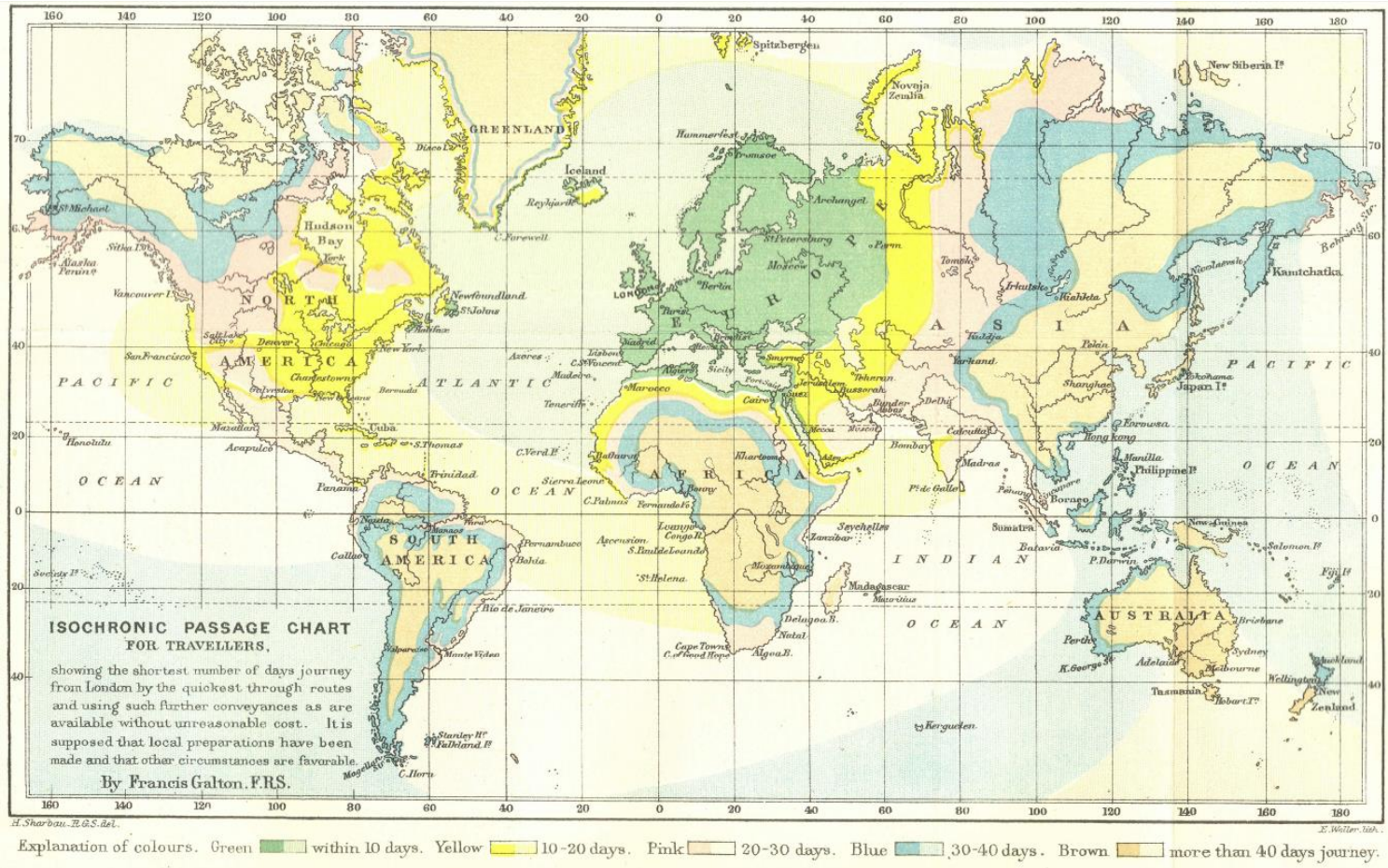
- Kräftebasierter Algorithmus zum Zeichnungsentwurf

Fink et al.:

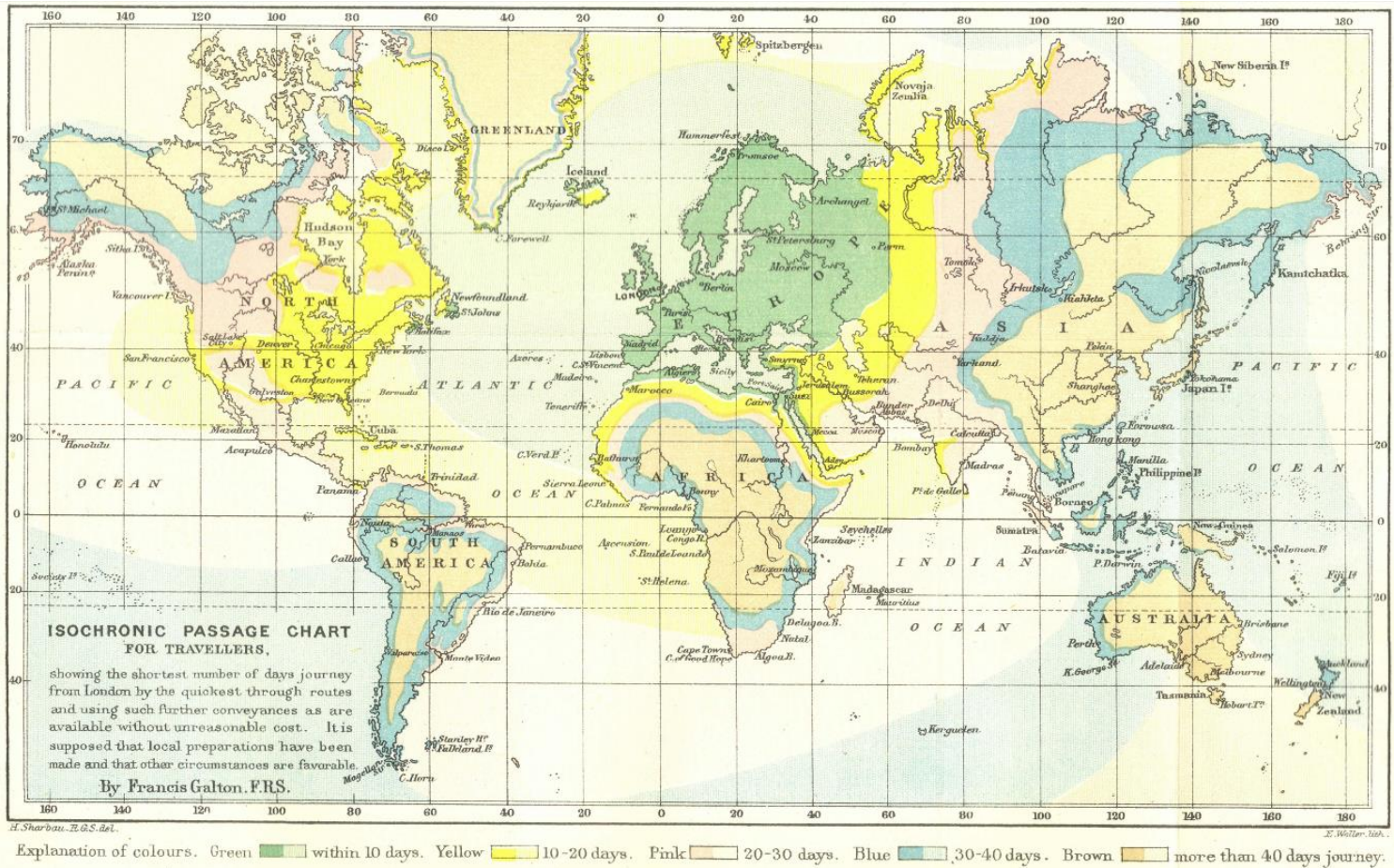


- Kräftebasierter Algorithmus zum Zeichnungsentwurf
- Darstellung der Kanten durch Beziérkurven

Galton:



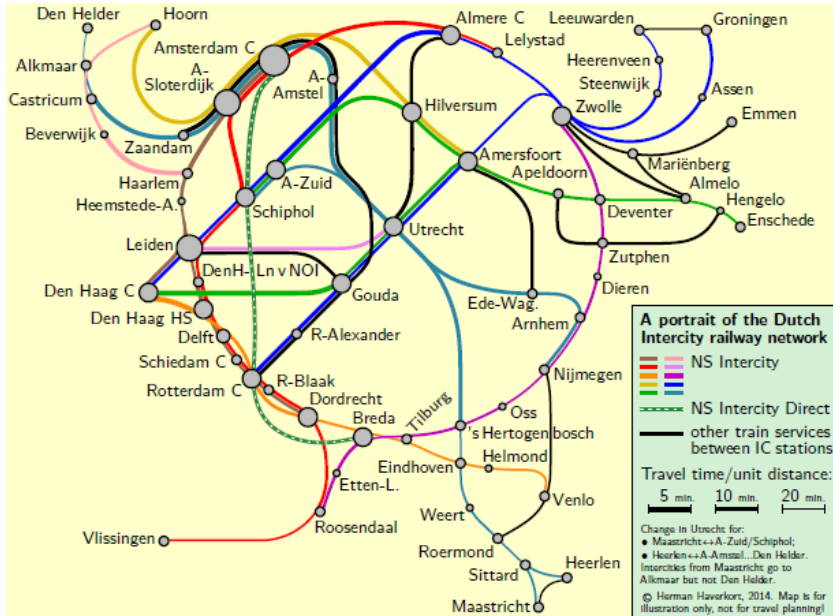
Galton:



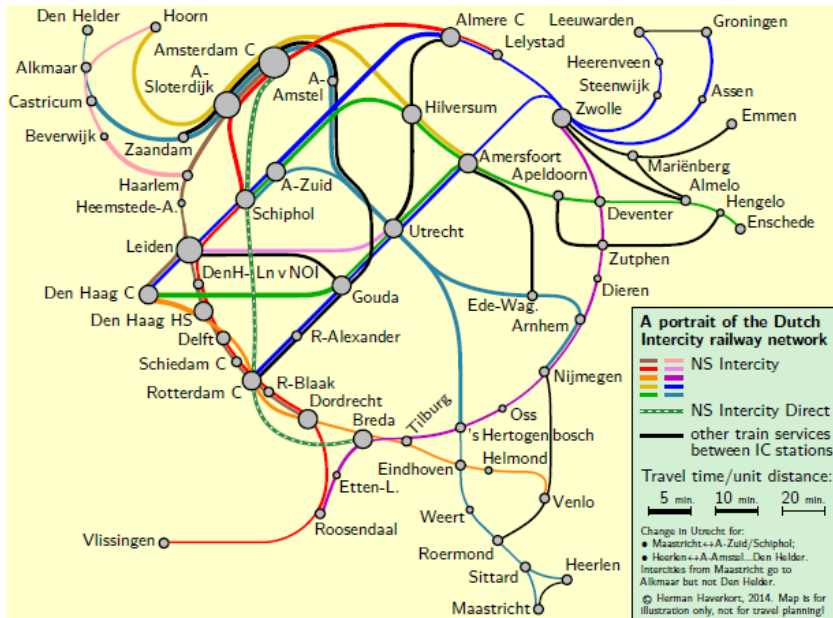
Isochrone Karten:

Linien gleicher Reisezeit ausgehend von einem Punkt

Haverkort:



Haverkort:

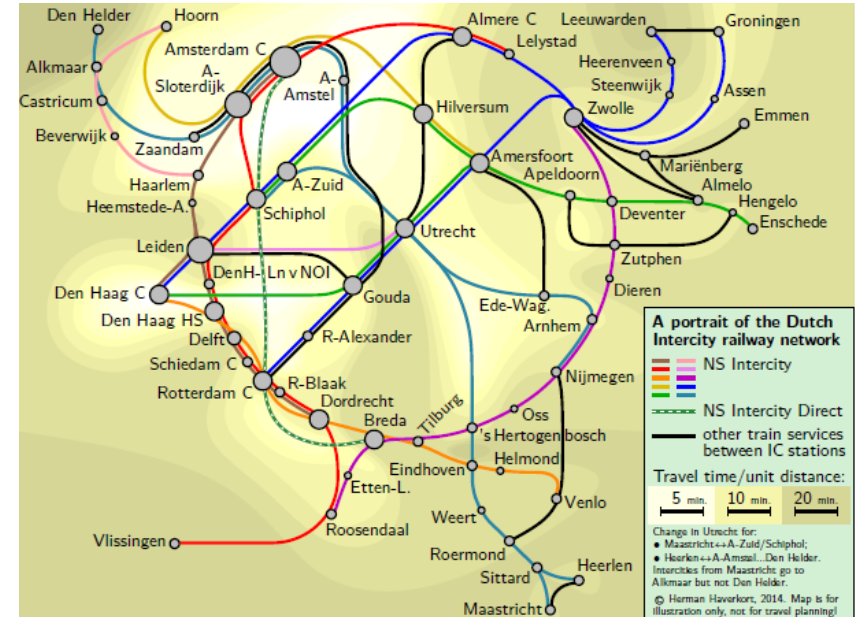
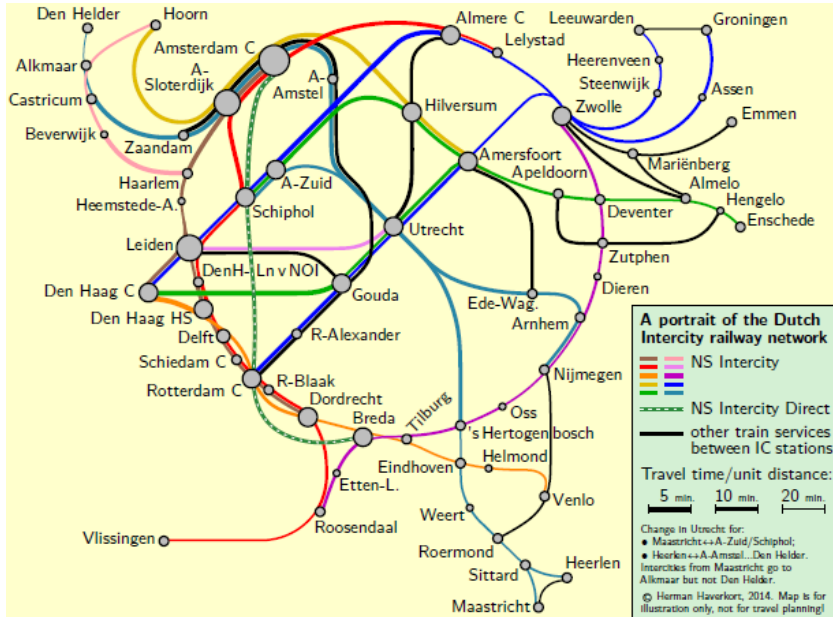


Linienstärke:

Je dicker die Linie, desto schneller die Verbindung.

Darstellung der Reisezeit

Haverkort:

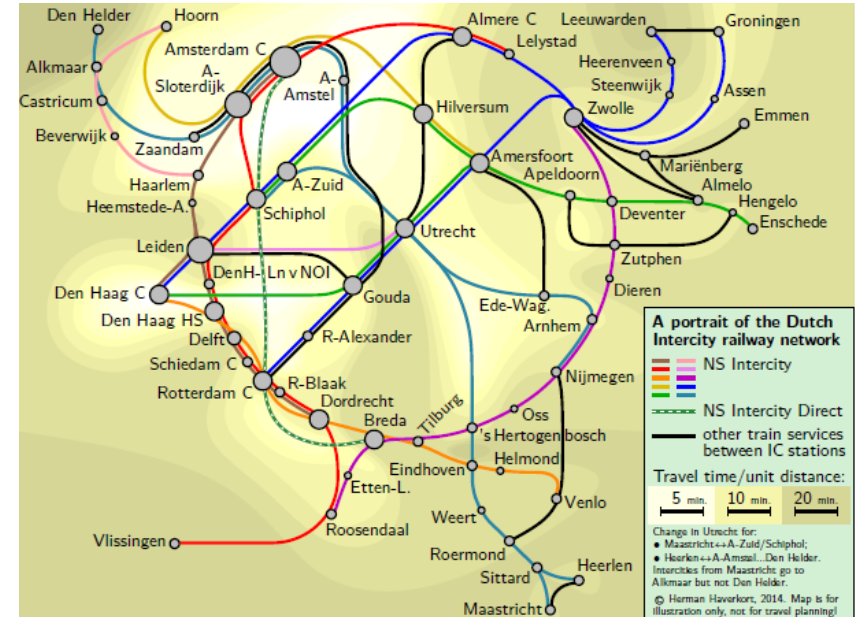
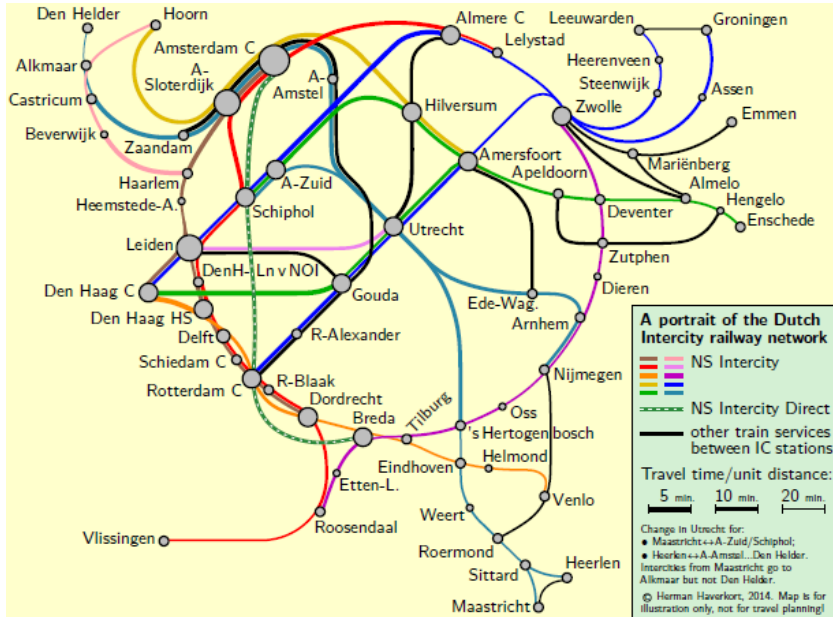


Linienstärke:

Je dicker die Linie, desto schneller die Verbindung.

Darstellung der Reisezeit

Haverkort:



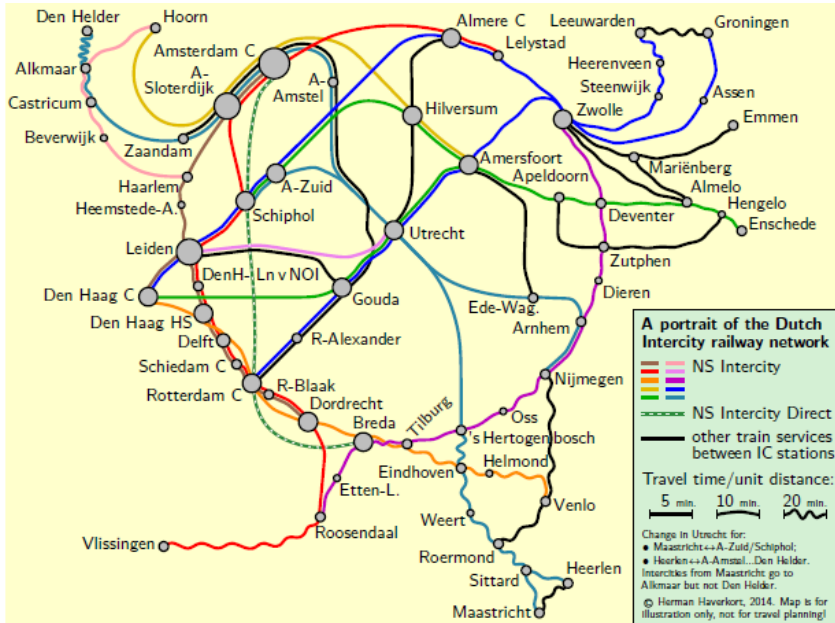
Linienstärke:

Je dicker die Linie, desto schneller die Verbindung.

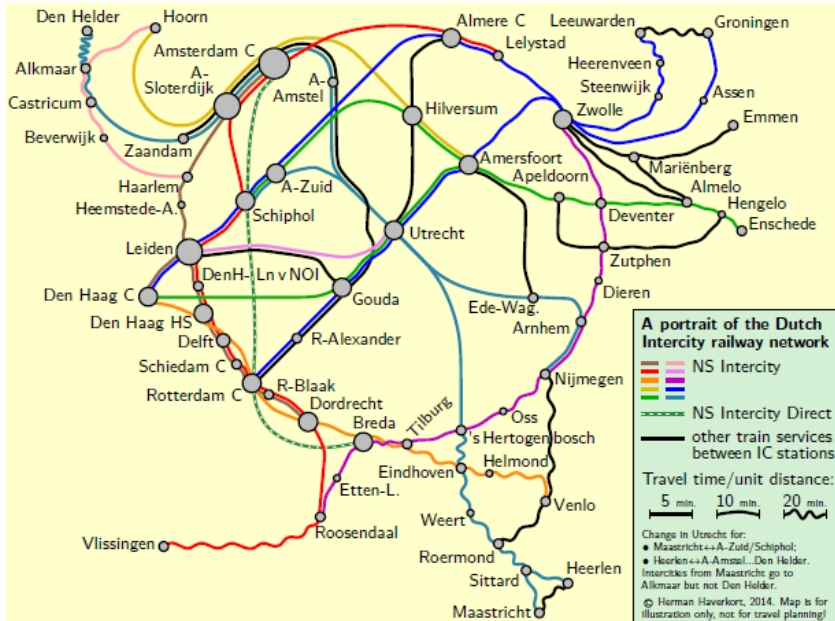
Wärmebild:

Je dunkler die Farbe, desto langsamer die Verbindung.

Haverkort:



Haverkort:

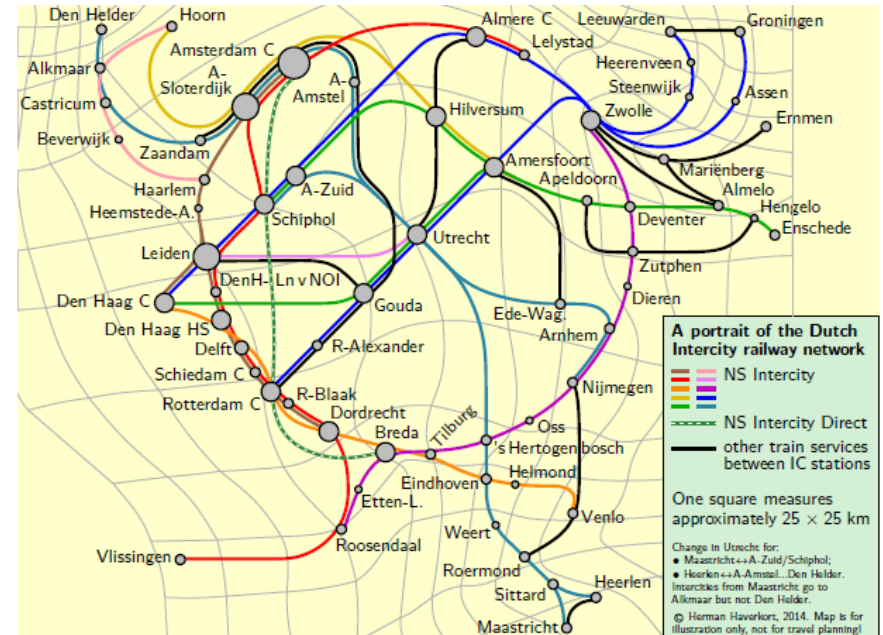
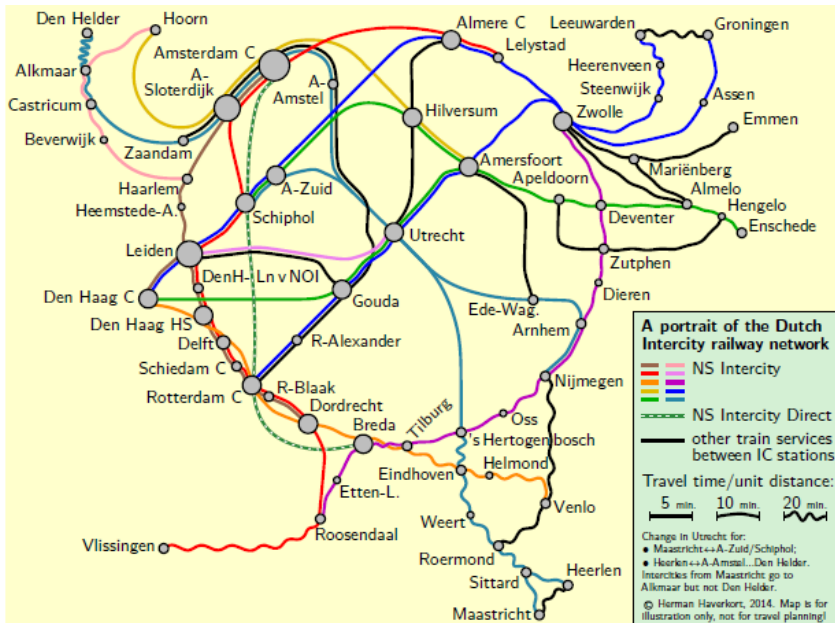


Oszillation:

Je mehr sich die Linie schlängelt, desto langsamer die Verbindung.

Darstellung der Reisezeit

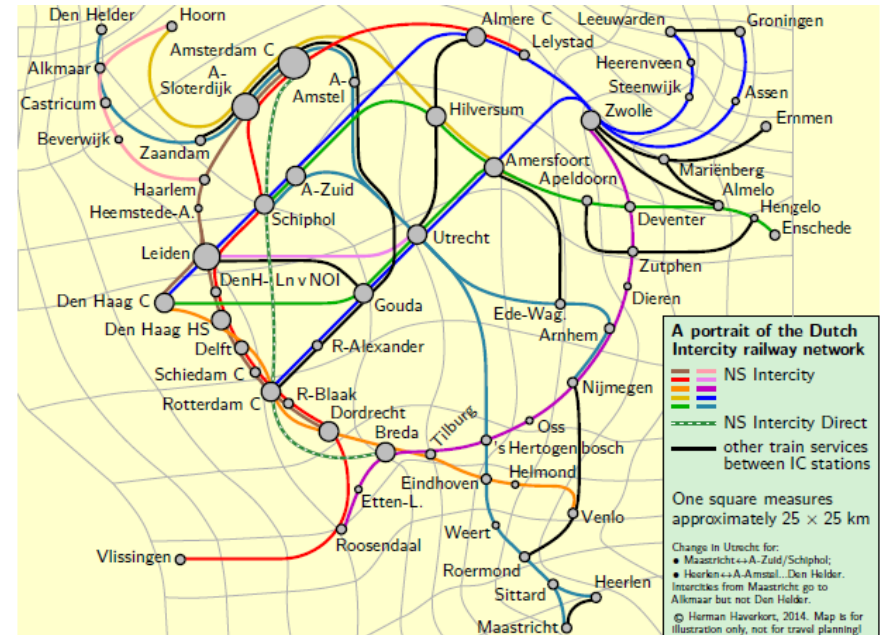
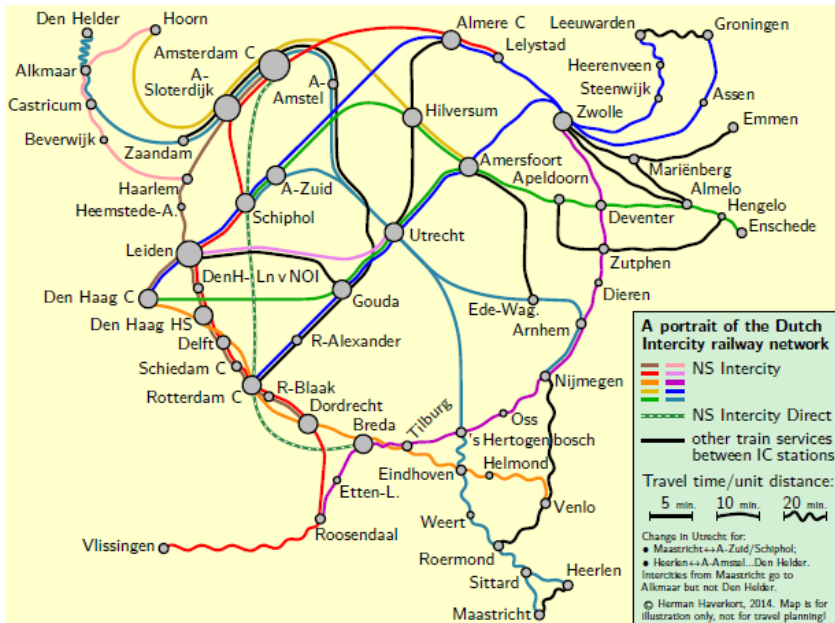
Haverkort:



Oszillation:

Je mehr sich die Linie schlängelt, desto langsamer die Verbindung.

Haverkort:



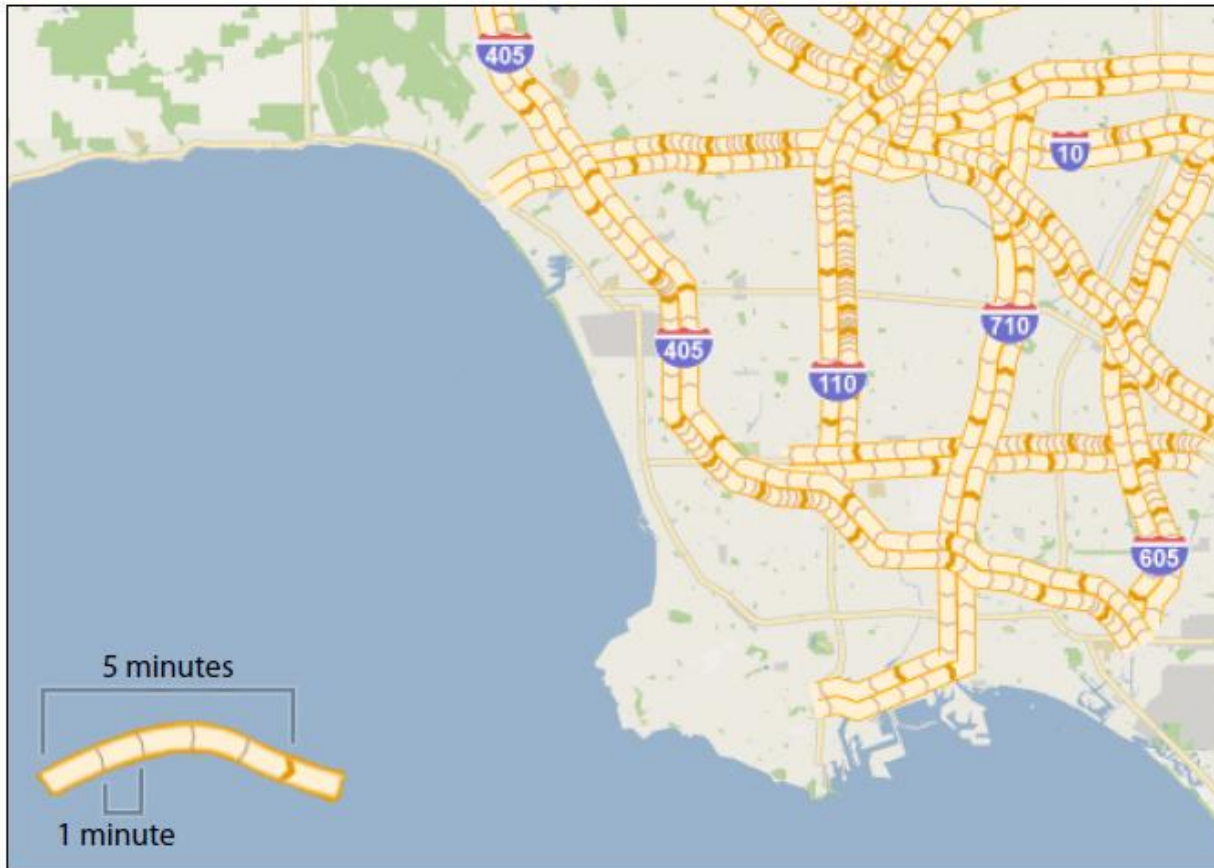
Oszillation:

Je mehr sich die Linie schlängelt, desto langsamer die Verbindung.

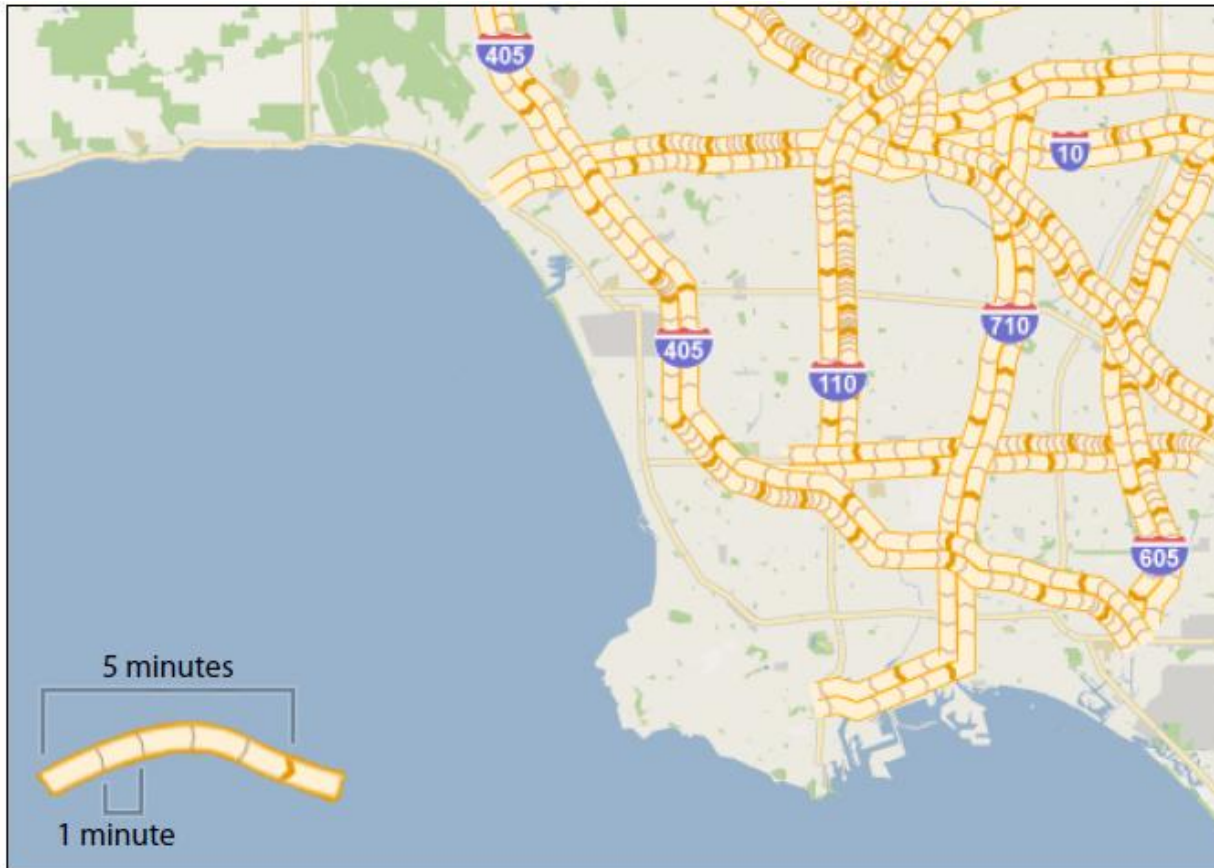
Einteilung in Zonen:

Je mehr Zonen durchquert werden, desto langsamer die Verbindung.

Stevens:



Stevens:



Fixed Minute Methode:

Einteilung der Strecke in Etappen von einer Minute Fahrtzeit.

Weitere Hinweise auf die Reisezeit:



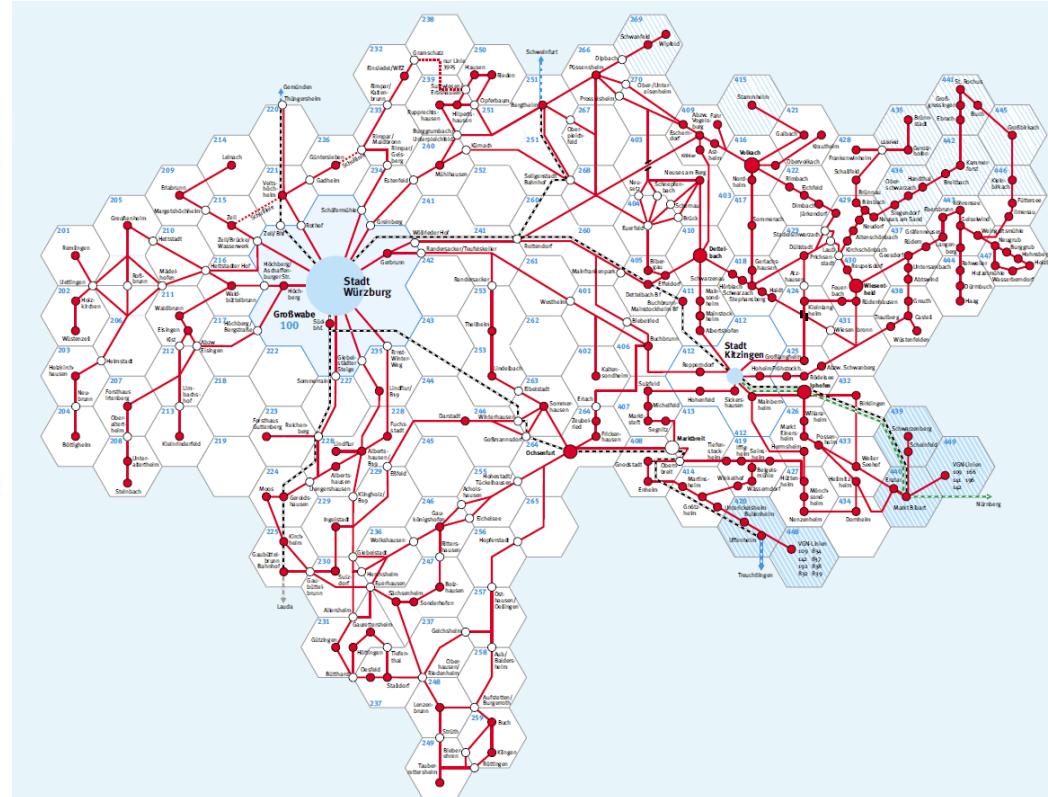
Weitere Hinweise auf die Reisezeit:



- Maßstabsgetreue Karten
- Fahrbahnkategorien

Weitere Hinweise auf die Reisezeit:

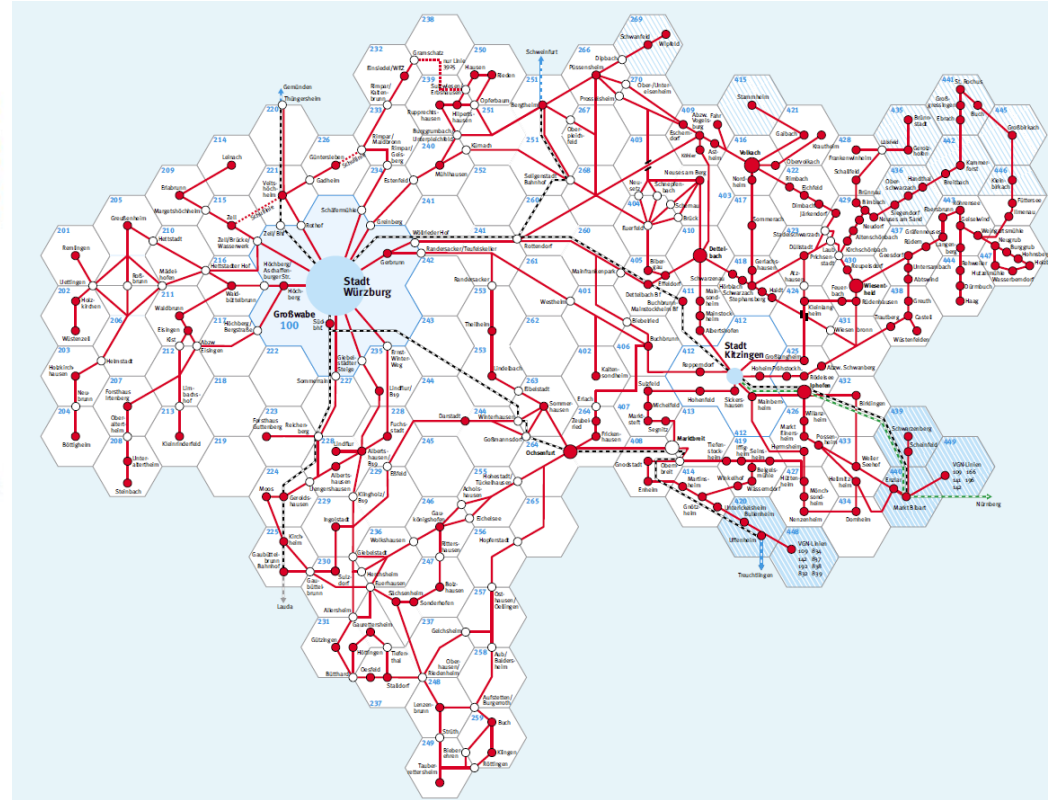
0 100 km



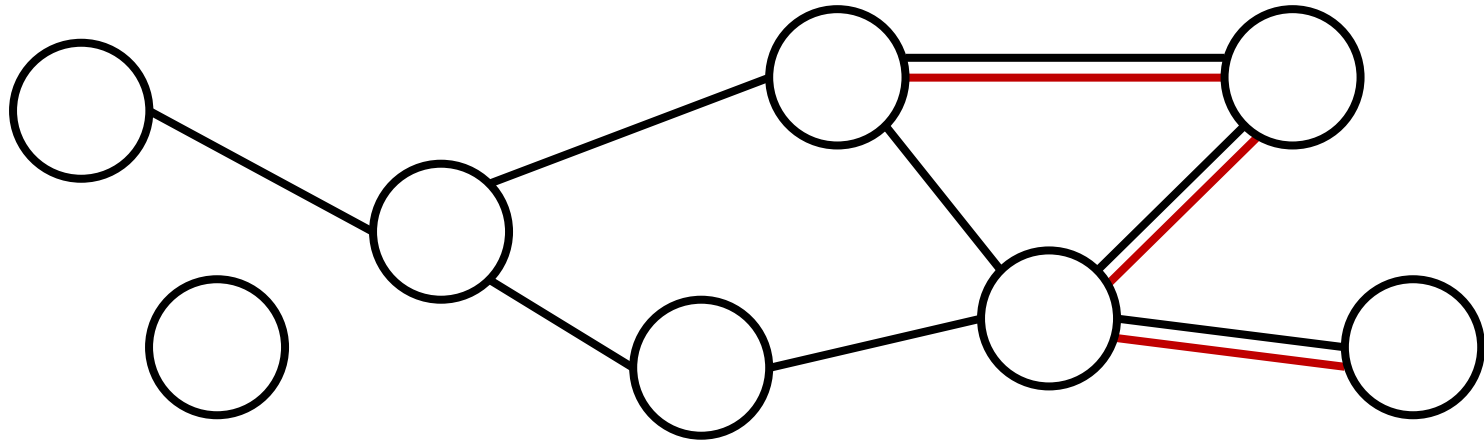
- Maßstabsgetreue Karten
- Fahrbahnkategorien

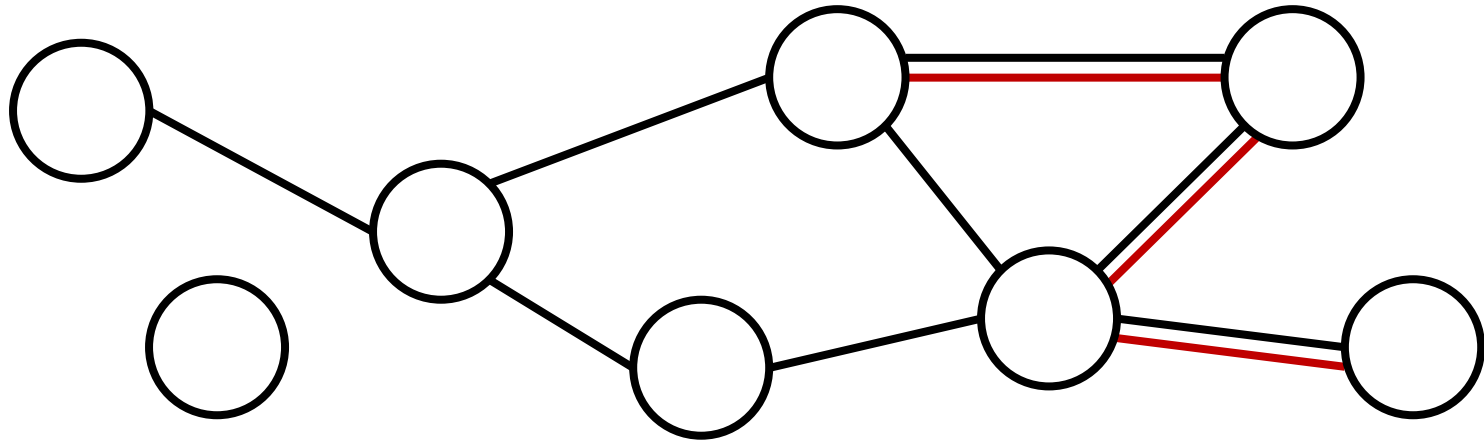
Weitere Hinweise auf die Reisezeit:

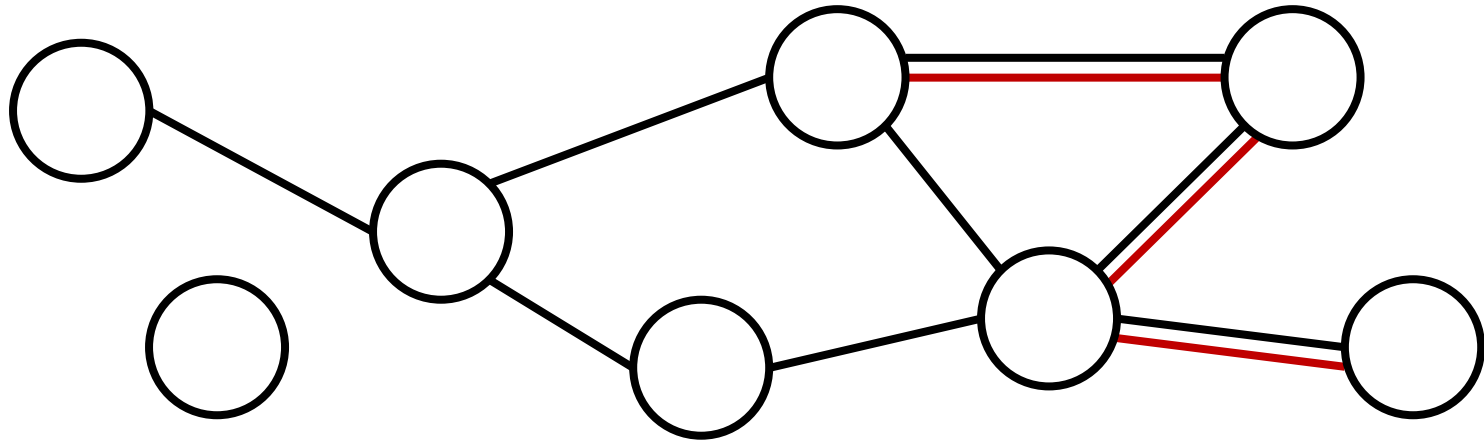
0 100 km



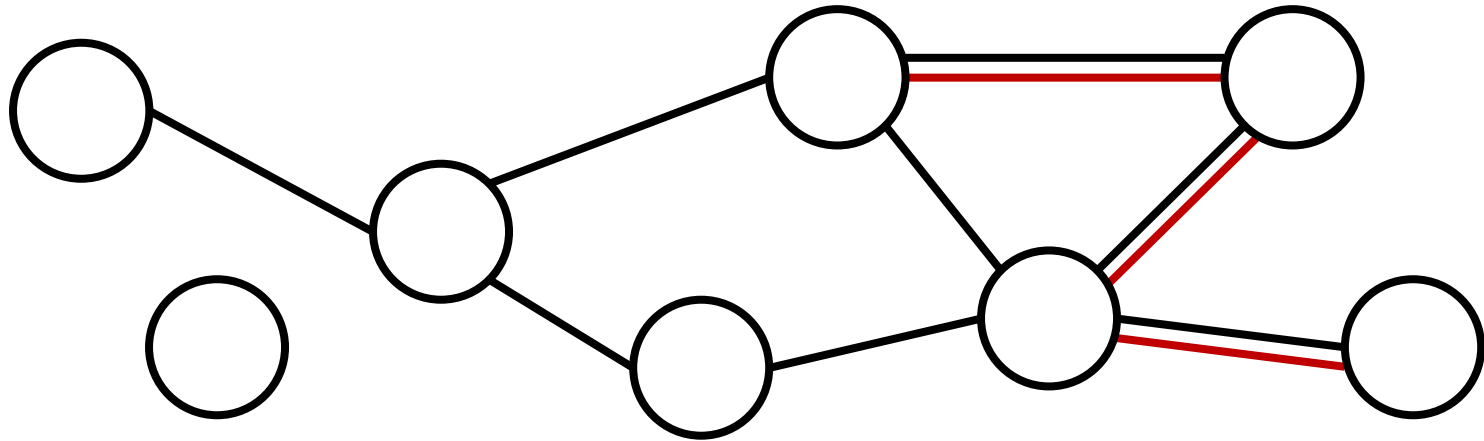
- Maßstabsgetreue Karten
- Fahrbahnkategorien
- Einteilung in Tarifzonen





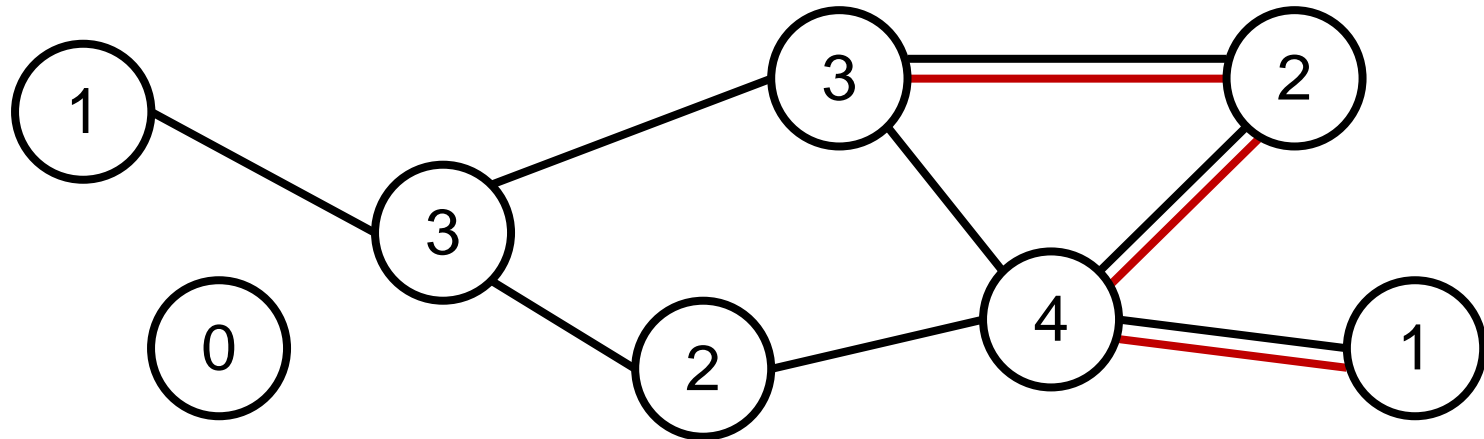


Grad $\deg(u)$ eines Knotens u



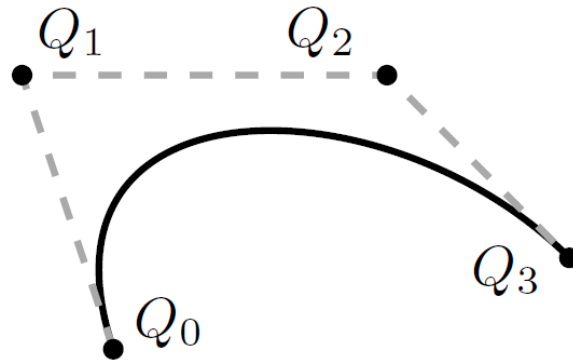
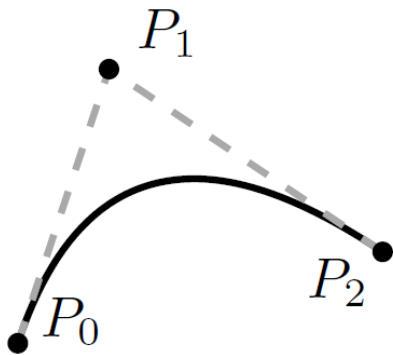
Grad $\deg(u)$ eines Knotens u

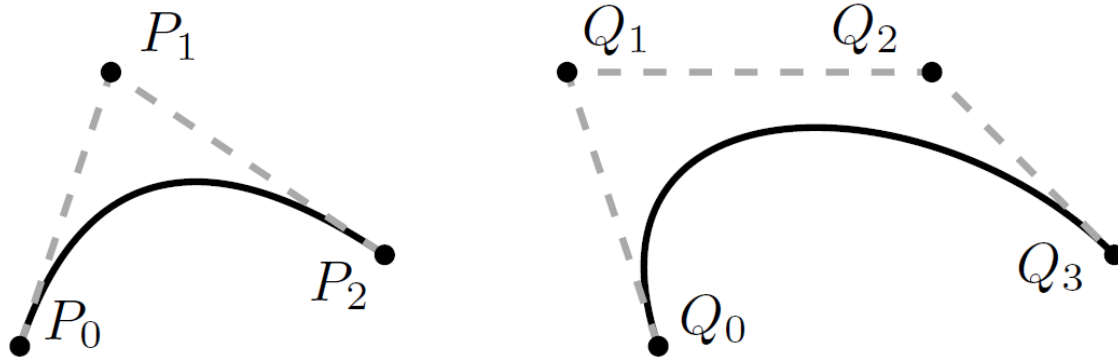
- Anzahl i der benachbarten Knoten v_1, \dots, v_i
- Unabhängig von ein- und ausgehenden Kanten



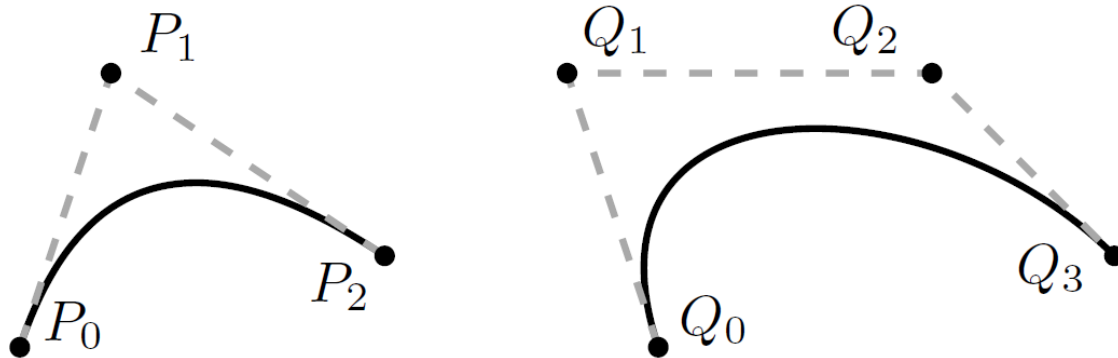
Grad $\deg(u)$ eines Knotens u

- Anzahl i der benachbarten Knoten v_1, \dots, v_i
- Unabhängig von ein- und ausgehenden Kanten

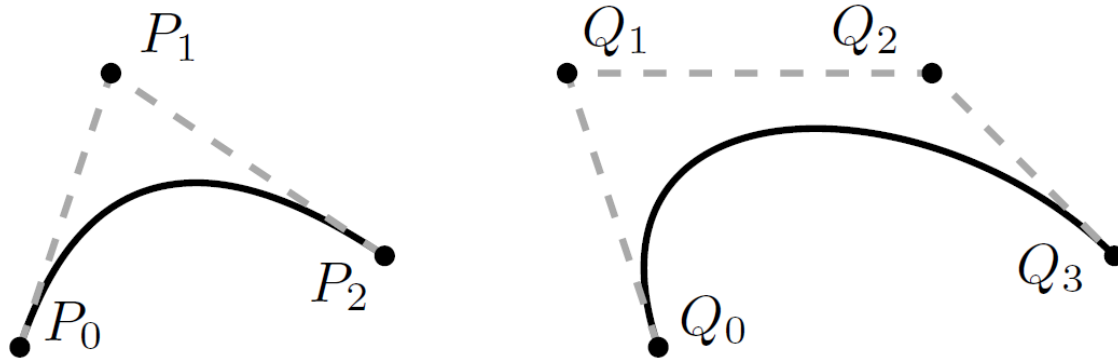




- Kurve vom Grad n durch $n + 1$ Beziérpunkte bestimmt

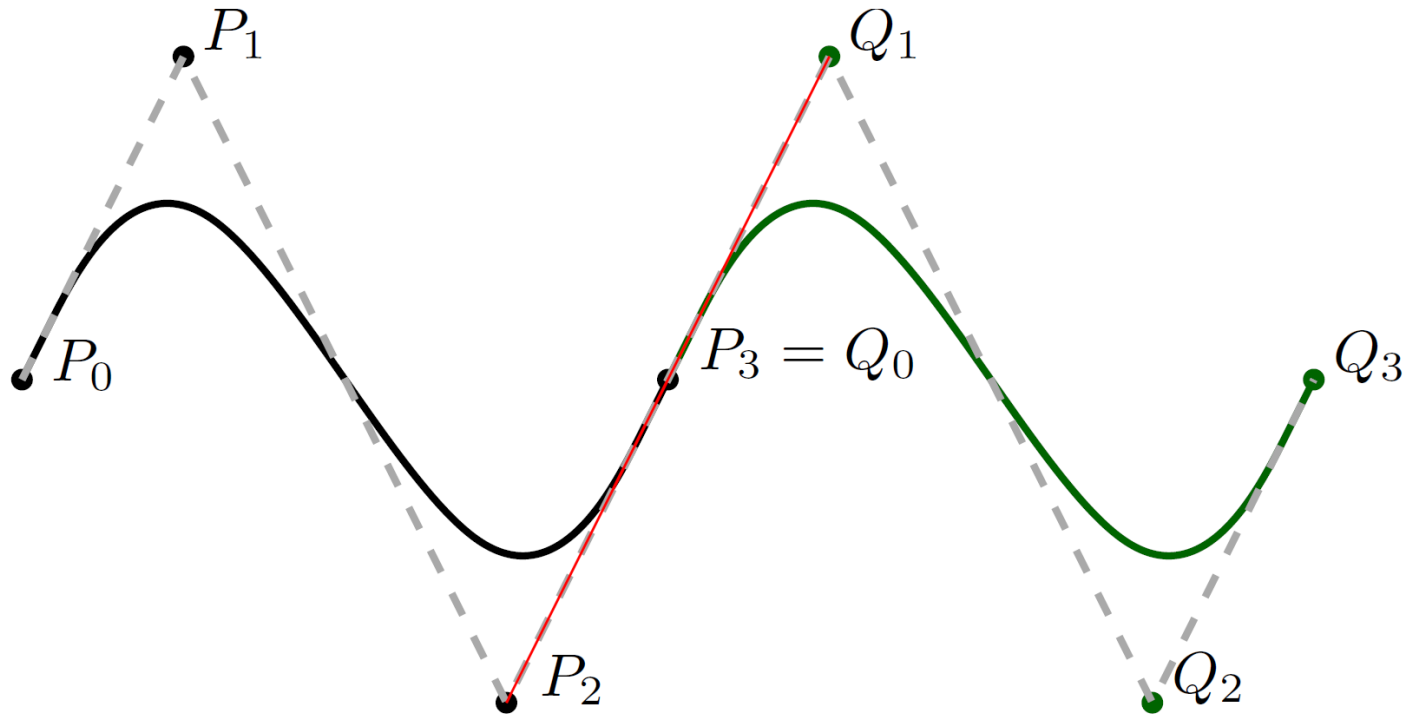


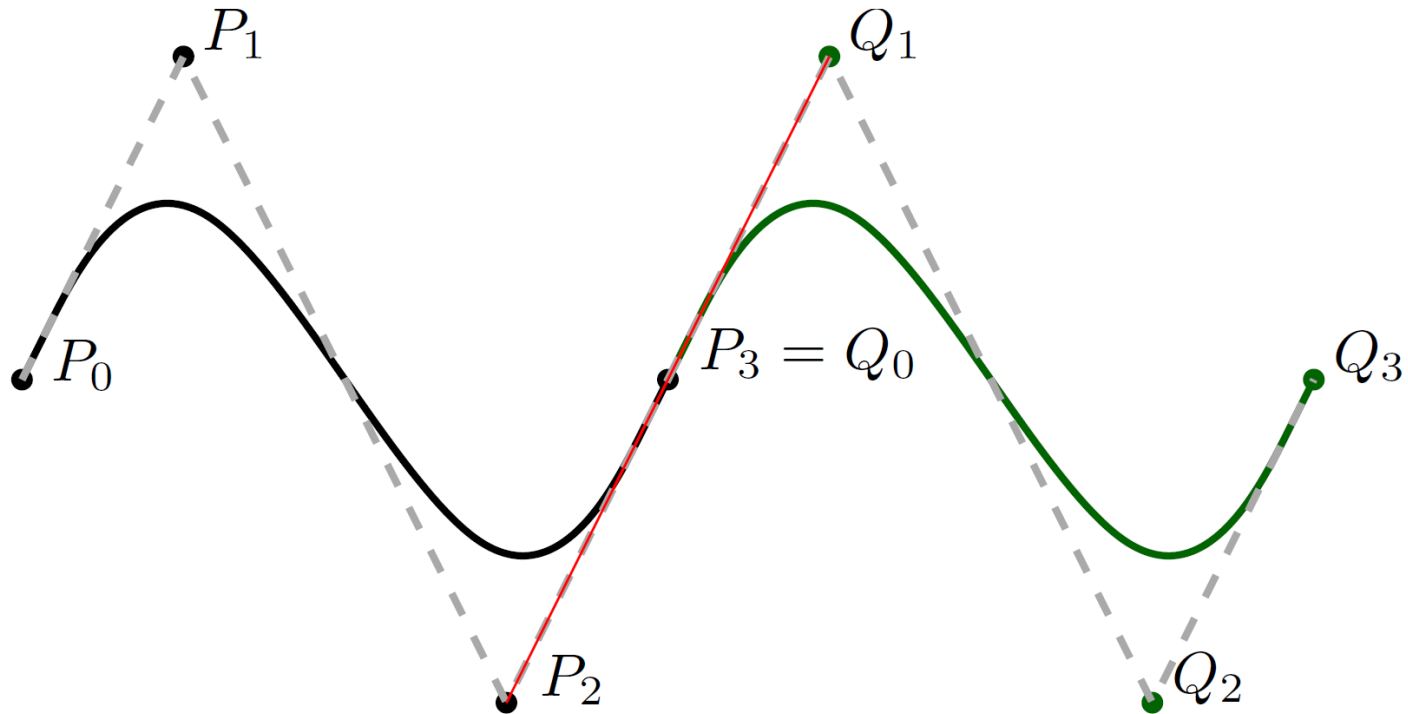
- Kurve vom Grad n durch $n + 1$ Beziérpunkte bestimmt
- $C(t) = \sum_{i=0}^n B_{i,n}(t)P_i$ mit $B_{i,n}(t) = \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i}$



- Kurve vom Grad n durch $n + 1$ Beziérpunkte bestimmt
- $C(t) = \sum_{i=0}^n B_{i,n}(t)P_i$ mit $B_{i,n}(t) = \binom{n}{i} t^i (1 - t)^{n-i}$
- Beziérpunkte spannen Kontrollpolygon auf

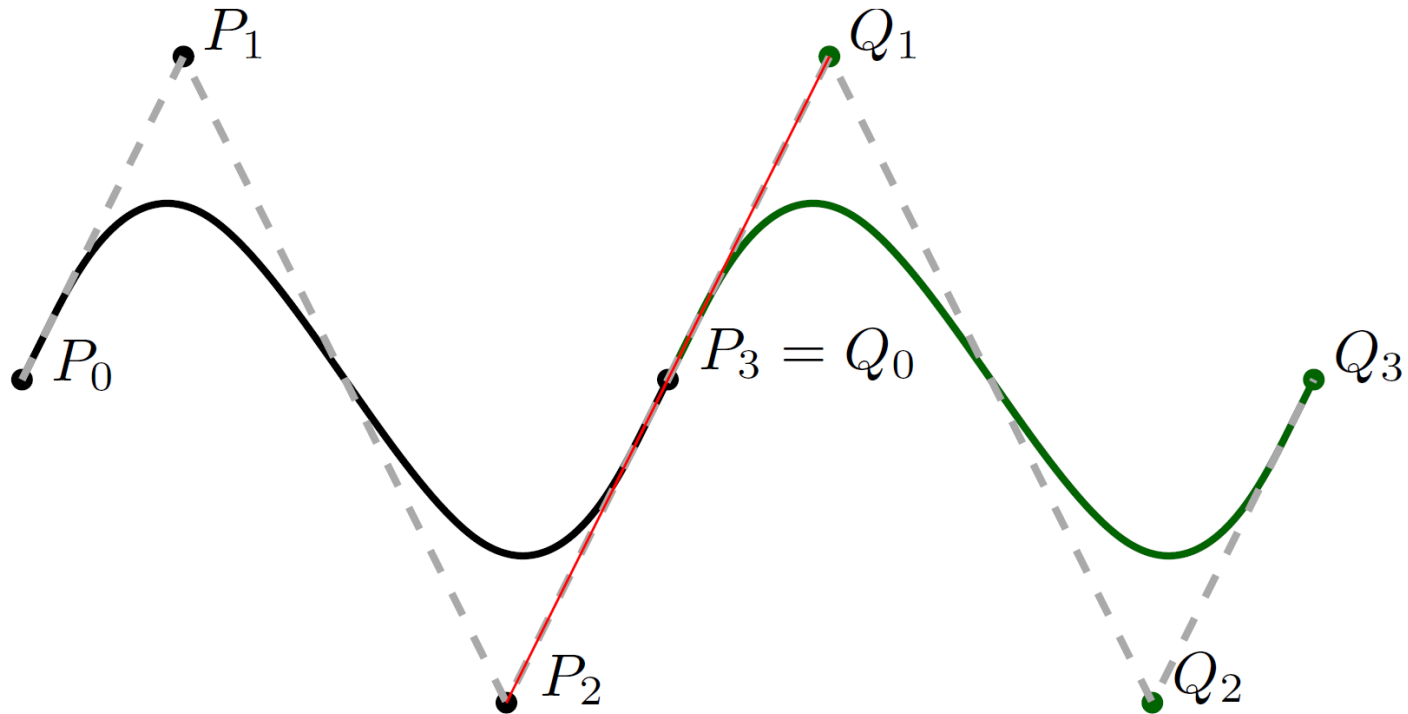
Übergänge zwischen Beziérkurven





- Angleichen der Tangenten im Übergangspunkt

Übergänge zwischen Beziérkurven



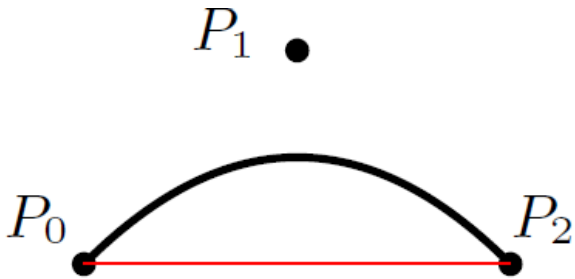
- Angleichen der Tangenten im Übergangspunkt
- Tangenten verlaufen entlang der Kanten des Kontrollpolygons

- Länge einer Kurve: $\int_a^b \sqrt{f'_x(t)^2 + f'_y(t)^2} dt$

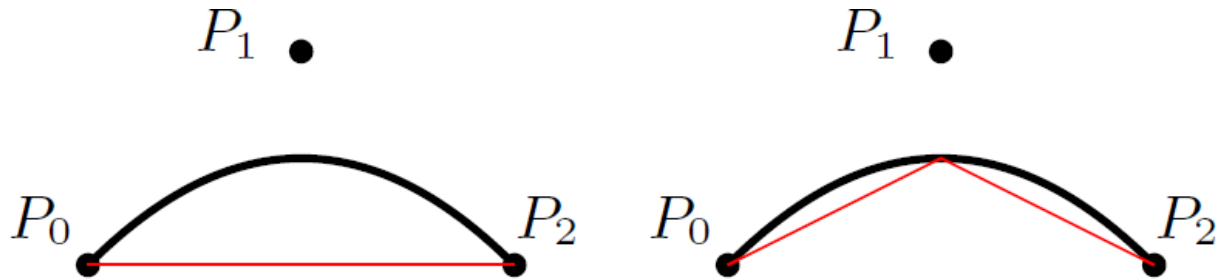
- Länge einer Kurve: $\int_a^b \sqrt{f'_x(t)^2 + f'_y(t)^2} dt$
- Ab Beziérkurven vom Grad $n = 3$, Polynome fünften oder Höheren Grades im Wurzelausdruck

- Länge einer Kurve: $\int_a^b \sqrt{f'_x(t)^2 + f'_y(t)^2} dt$
- Ab Beziérkurven vom Grad $n = 3$, Polynome fünften oder Höheren Grades im Wurzelausdruck
- Allgemeine Polynome fünften oder höheren Grades nicht mehr durch Wurzelausdrücke auflösbar (Satz von Abel-Ruffini)

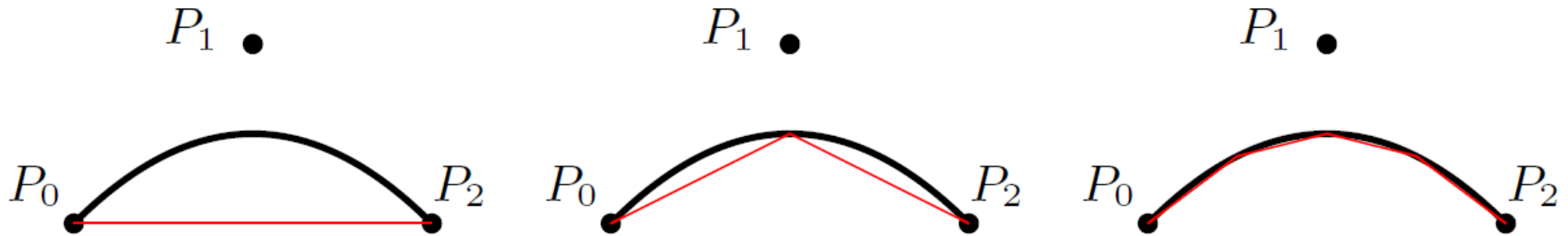
- Länge einer Kurve: $\int_a^b \sqrt{f'_x(t)^2 + f'_y(t)^2} dt$
 - Ab Beziérkurven vom Grad $n = 3$, Polynome fünften oder Höheren Grades im Wurzelausdruck
 - Allgemeine Polynome fünften oder höheren Grades nicht mehr durch Wurzelausdrücke auflösbar (Satz von Abel-Ruffini)
- Approximative Bestimmung der Länge



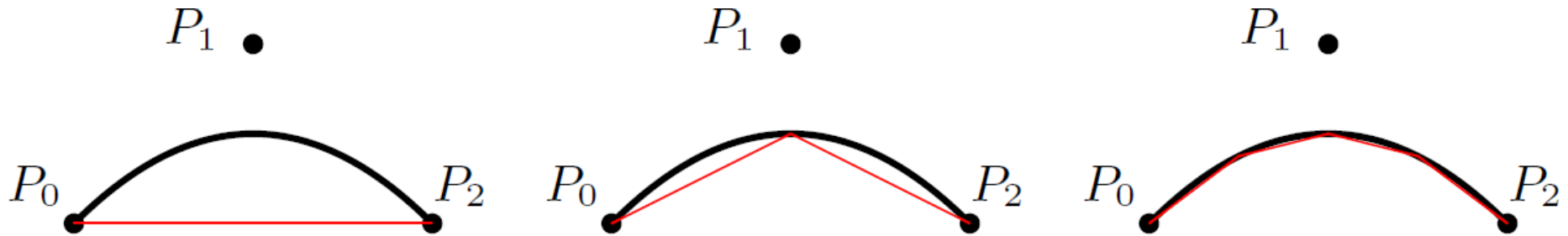
- Annäherung der Berziérkurve durch Strecken



- Annäherung der Berziérkurve durch Strecken

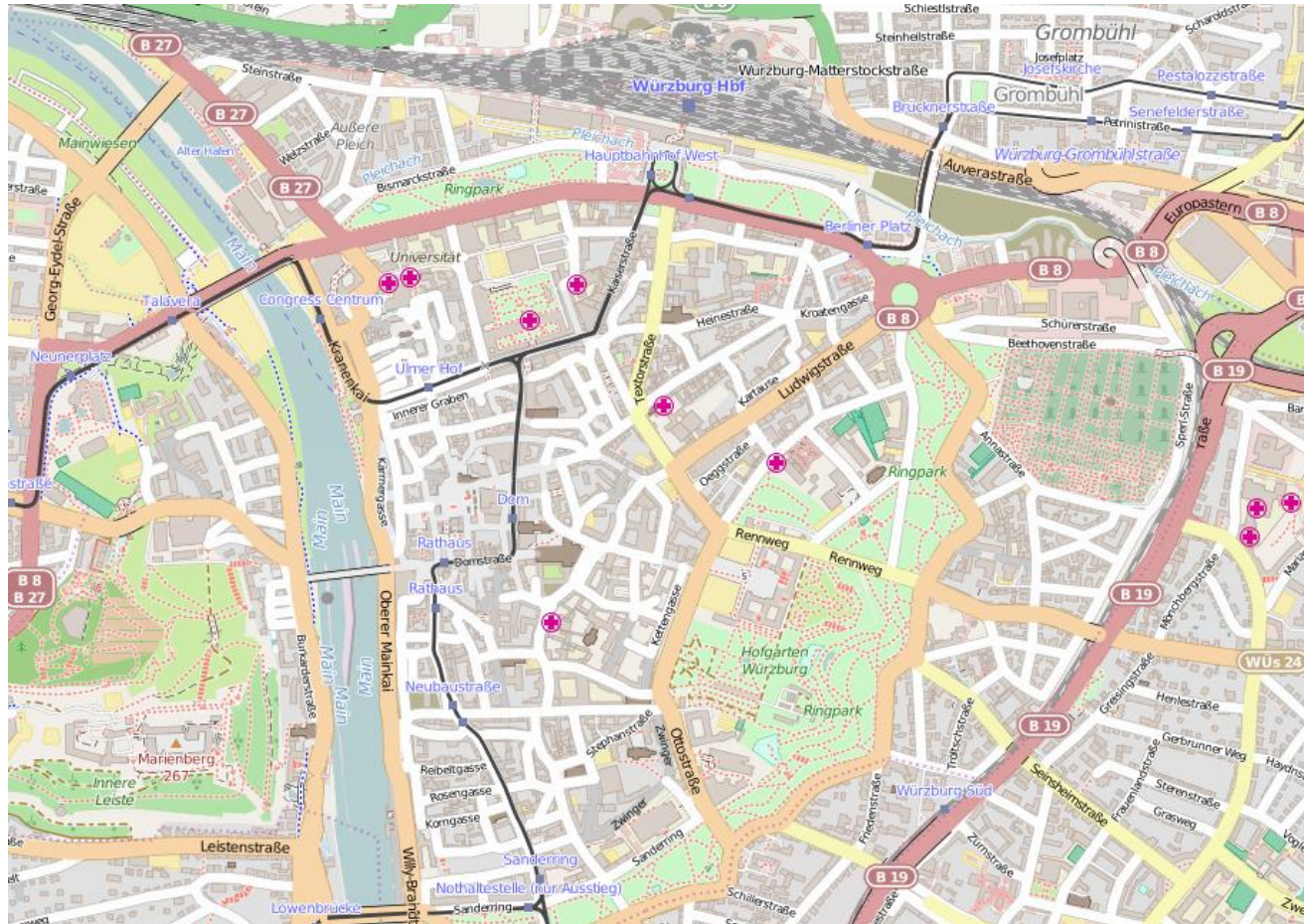


- Annäherung der Berziérkurve durch Strecken

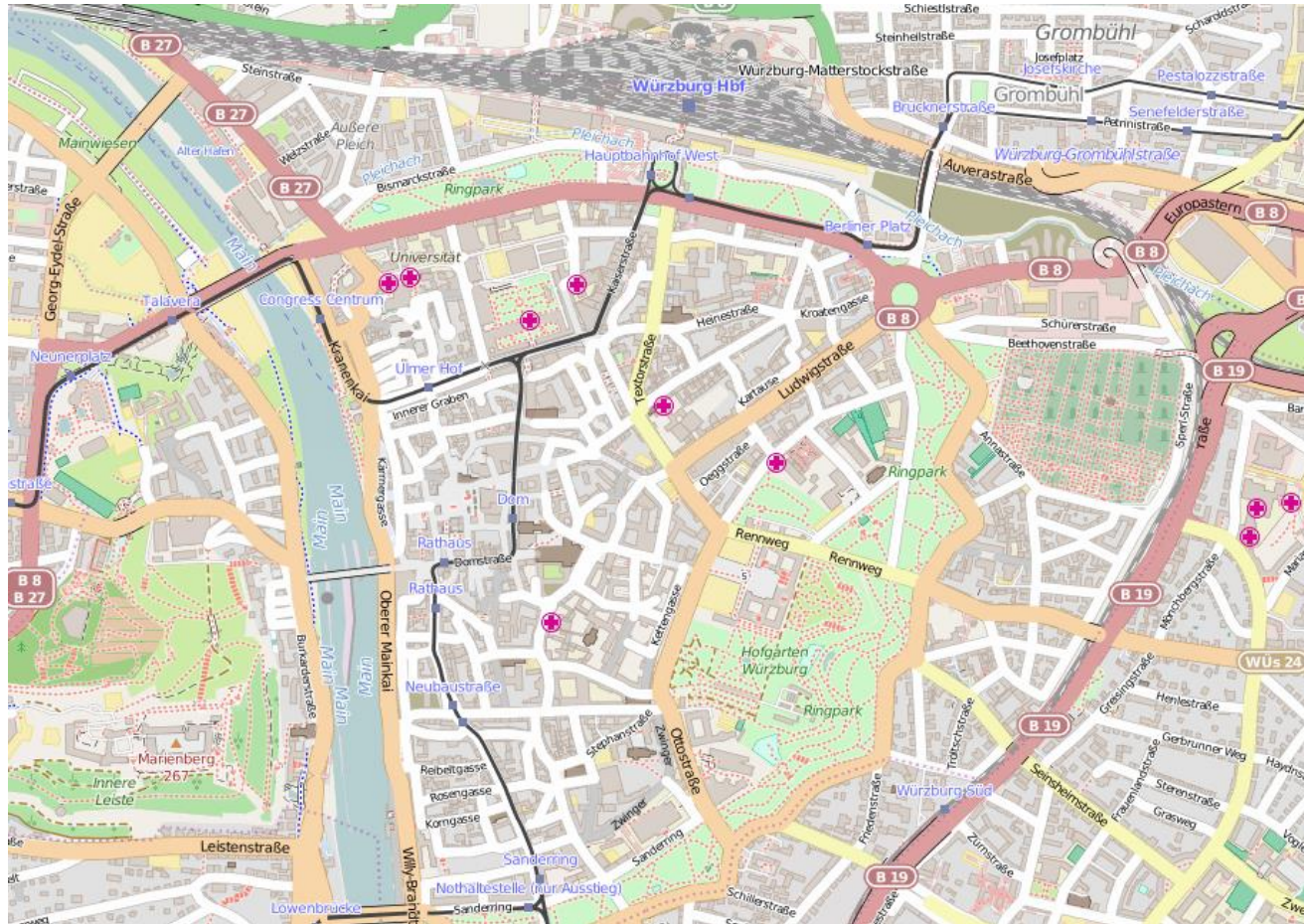


- Annäherung der Berziérkurve durch Strecken
- Summe der Streckenlängen entspricht näherungsweise der Länge der Kurve

Erstellen eines Streckenplanes



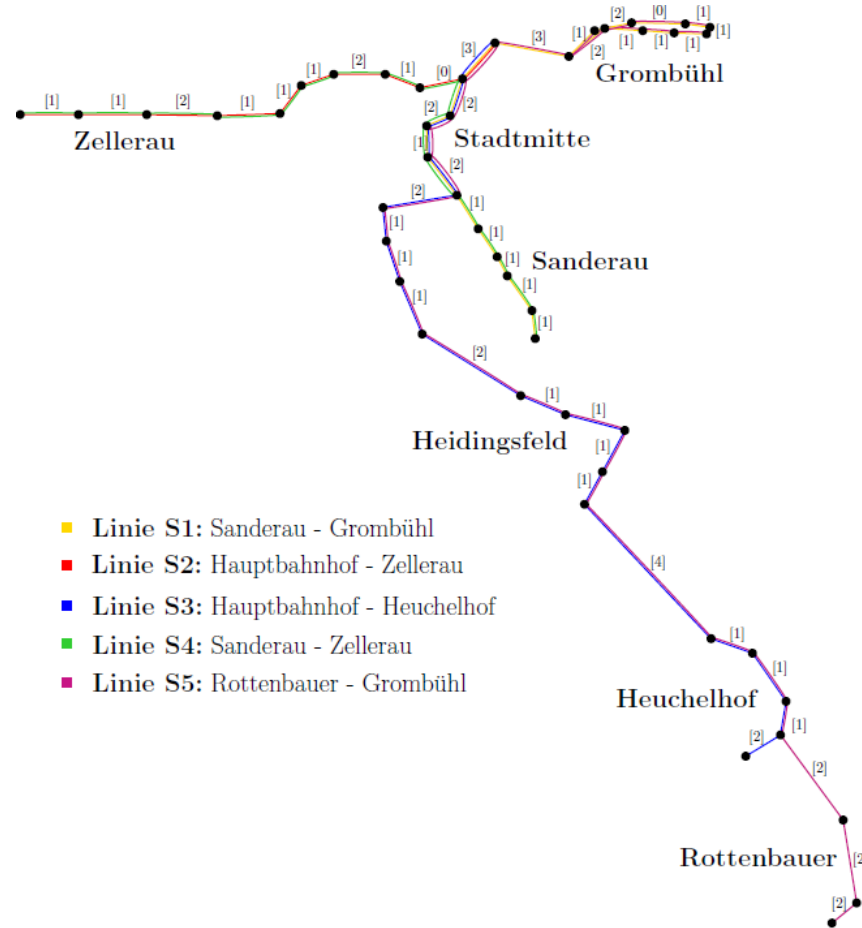
Erstellen eines Streckenplanes



Würzburger Straßenbahnnetz:

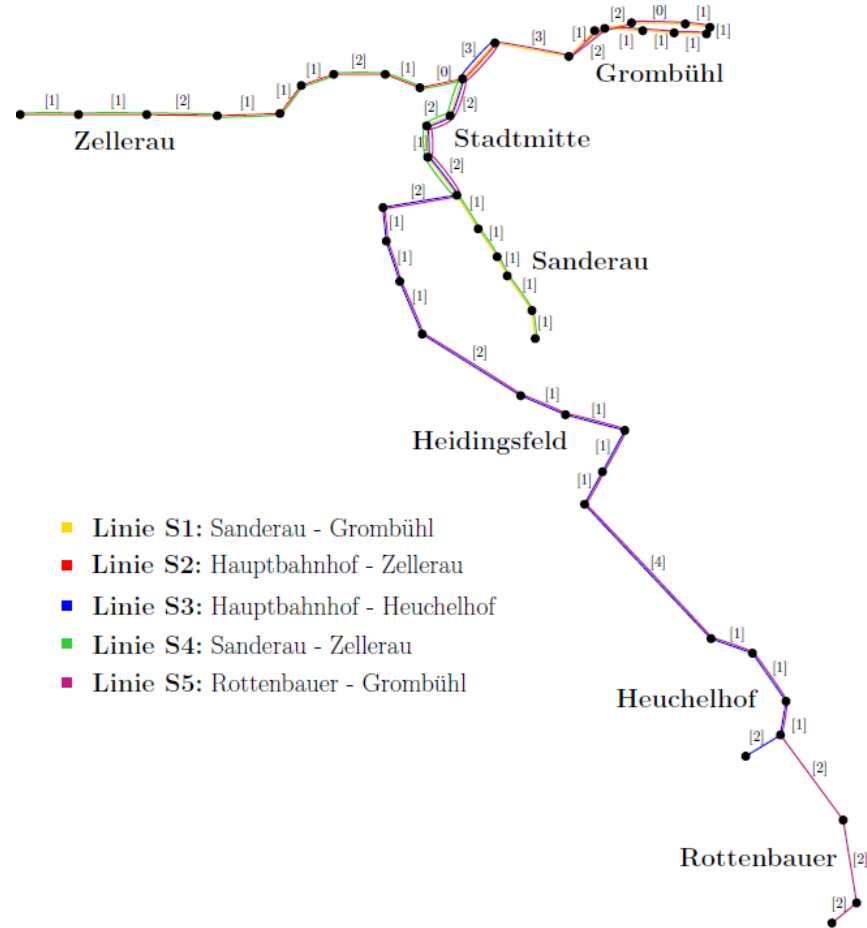
- Koordinaten der Haltestellen aus OpenStreetMap

Erstellen eines Streckenplanes



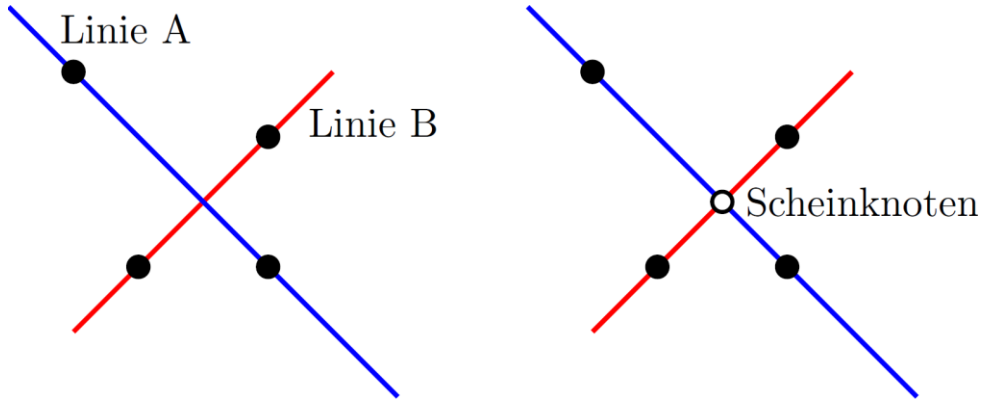
Würzburger Straßenbahnnetz:

Erstellen eines Streckenplanes

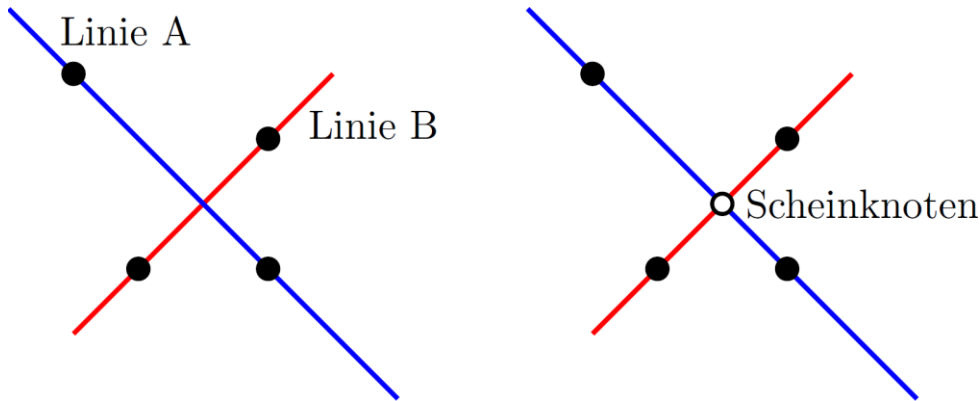


Würzburger Straßenbahnnetz:

- Fahrzeiten aus den Fahrplänen des VVM

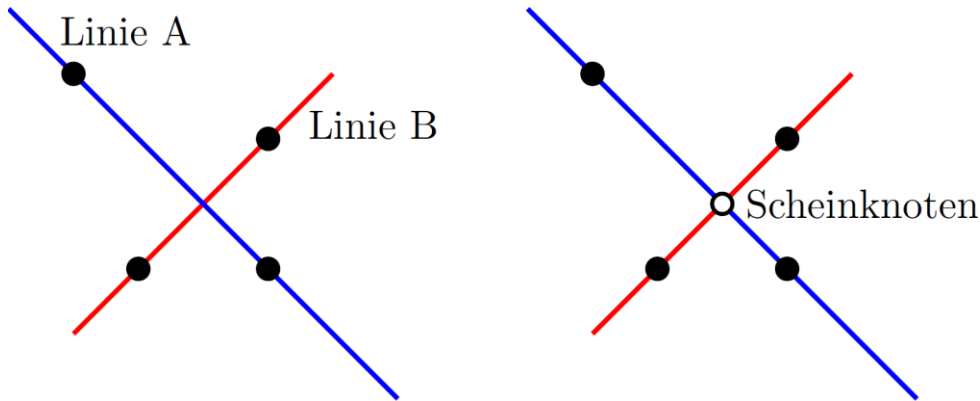


Kreuzungen:



Kreuzungen:

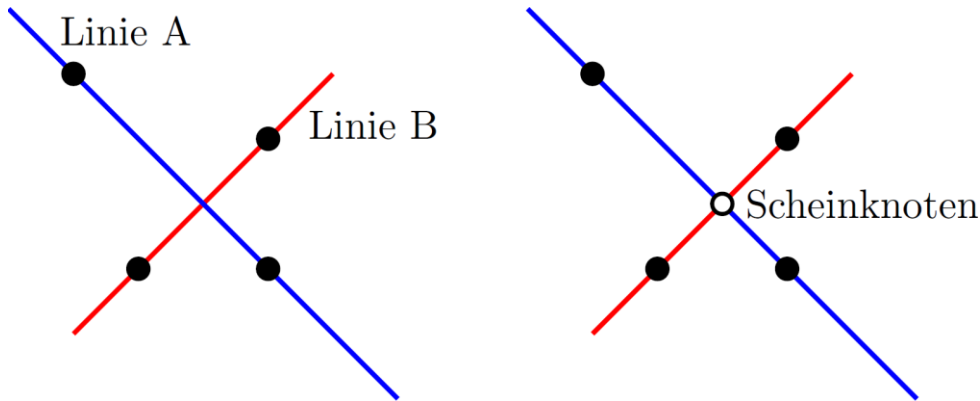
- Kommen selten vor
- Einfügen von Scheinknoten an Schnittpunkten zur Vermeidung



Kreuzungen:

- Kommen selten vor
- Einfügen von Scheinknoten an Schnittpunkten zur Vermeidung

Umwandlung der Kanten in Beziérkurven:

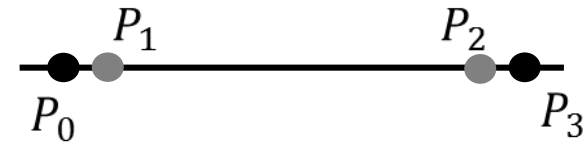
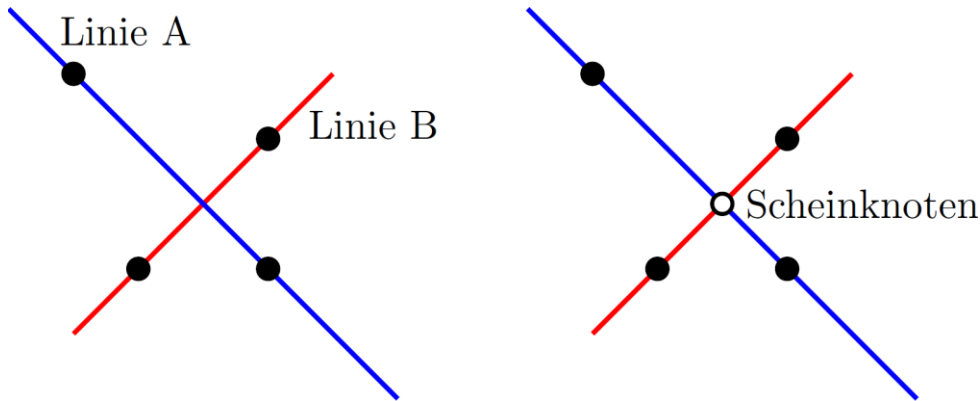


Kreuzungen:

- Kommen selten vor
- Einfügen von Scheinknoten an Schnittpunkten zur Vermeidung

Umwandlung der Kanten in Beziérkurven:

- Einfügen von zwei zusätzlichen Punkten



Kreuzungen:

- Kommen selten vor
- Einfügen von Scheinknoten an Schnittpunkten zur Vermeidung

Umwandlung der Kanten in Beziérkurven:

- Einfügen von zwei zusätzlichen Punkten
- Ergeben Beziérkurve vom Grad drei

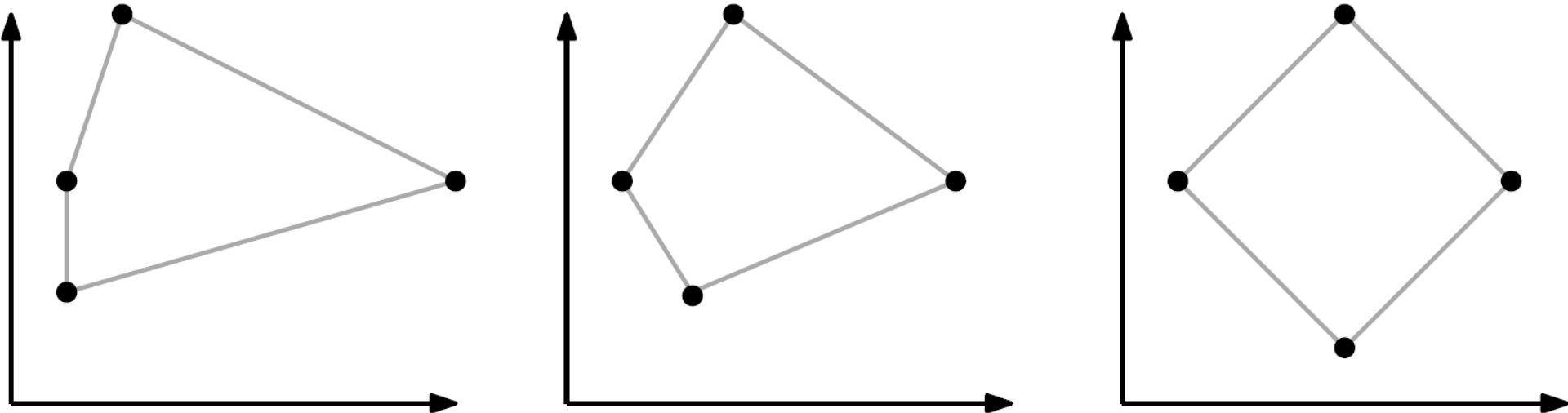
- Anwendung von Kräften auf Knoten und Kanten, um diese in eine gewünschte Form/Position zu bringen

- Anwendung von Kräften auf Knoten und Kanten, um diese in eine gewünschte Form/Position zu bringen
- Kräfte wirken über mehrere Iterationen hinweg

- Anwendung von Kräften auf Knoten und Kanten, um diese in eine gewünschte Form/Position zu bringen
- Kräfte wirken über mehrere Iterationen hinweg
- Abbruch bei bestimmter Anzahl Iterationen oder wenn Änderungen bei Form/Position $< \varepsilon$

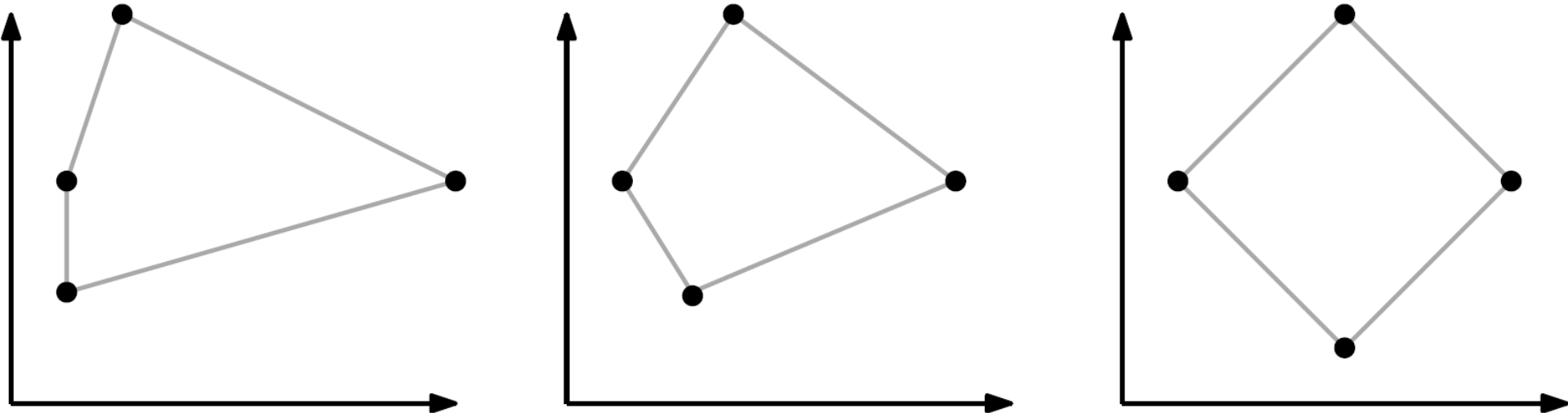
Abstoßende und anziehende Kräfte:

Abstoßende und anziehende Kräfte:



- Streben an Knoten in Abstände z proportional zur Fahrtzeit zwischen ihnen zu setzen

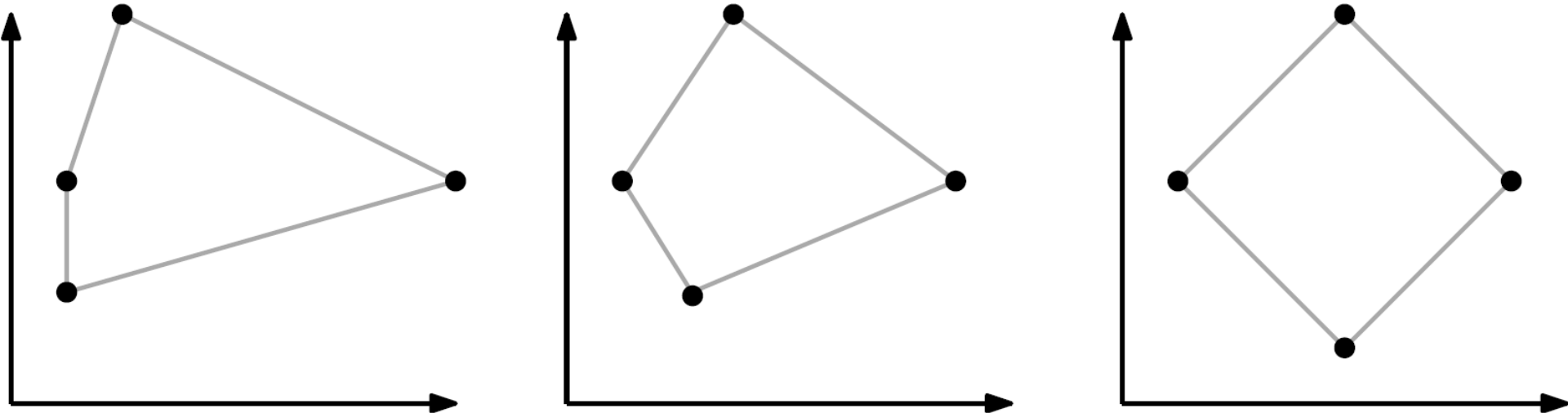
Abstoßende und anziehende Kräfte:



- Streben an Knoten in Abstände z proportional zur Fahrtzeit zwischen ihnen zu setzen

- $F_{AB}(u, v) = \left(\frac{z}{d(u, v)}\right)^2 \cdot \overrightarrow{uv}$ und $F_{AN}(u, v) = \frac{d(u, v)}{z} \cdot \overrightarrow{vu}$

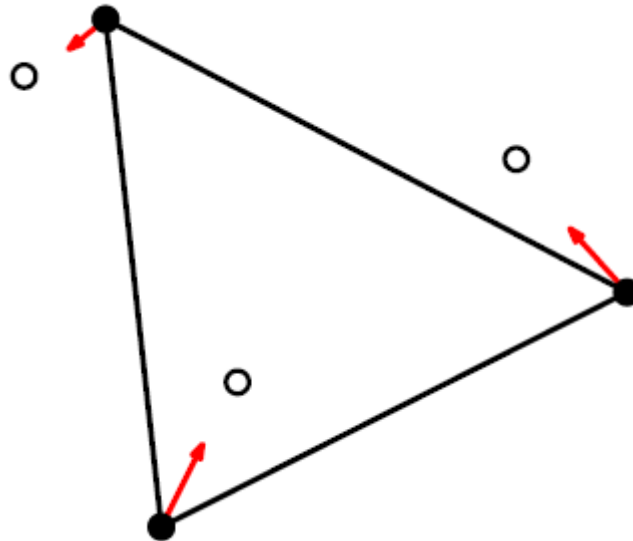
Abstoßende und anziehende Kräfte:



- Streben an Knoten in Abstände z proportional zur Fahrtzeit zwischen ihnen zu setzen
- $F_{AB}(u, v) = \left(\frac{z}{d(u, v)}\right)^2 \cdot \overrightarrow{uv}$ und $F_{AN}(u, v) = \frac{d(u, v)}{z} \cdot \overrightarrow{vu}$
- Wirken auf alle Knoten

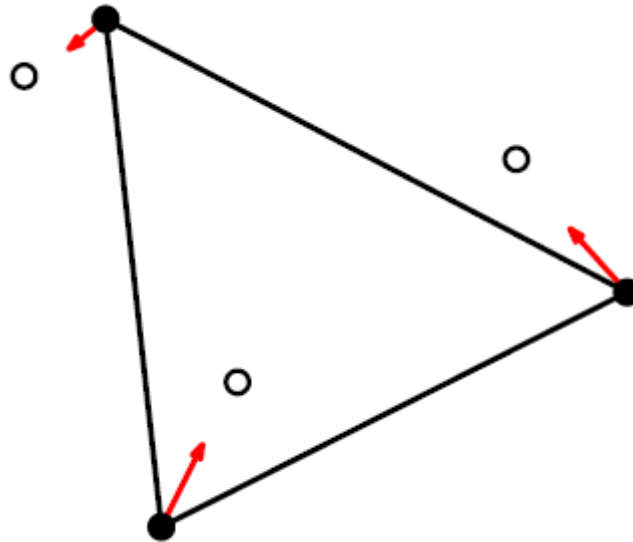
Kraft zur Beibehaltung der geographischen Lage:

Kraft zur Beibehaltung der geographischen Lage:



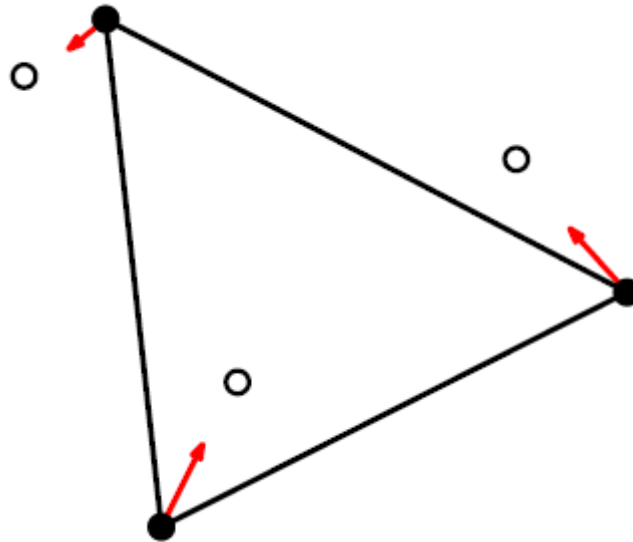
- Strebt an Knoten an ihrer ursprünglichen Position zu halten

Kraft zur Beibehaltung der geographischen Lage:



- Strebt an Knoten an ihrer ursprünglichen Position zu halten
- $F_{GEO} = \overrightarrow{uu_{geo}}$

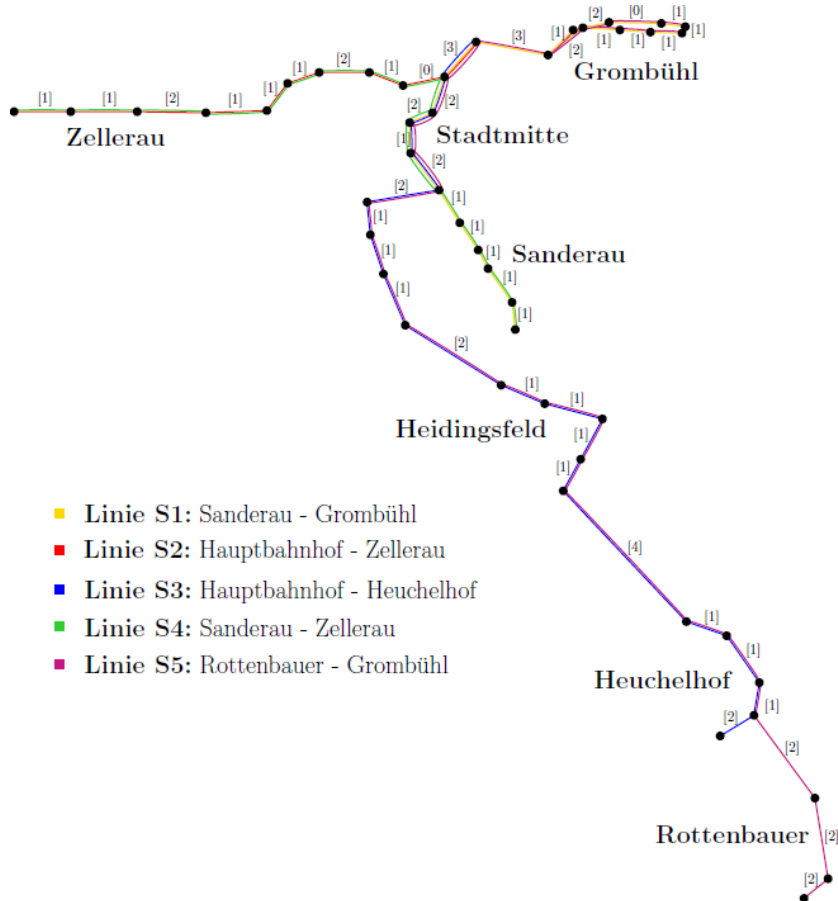
Kraft zur Beibehaltung der geographischen Lage:



- Strebt an Knoten an ihrer ursprünglichen Position zu halten
- $F_{GEO} = \overrightarrow{uu_{geo}}$
- Wirkt auf alle Knoten

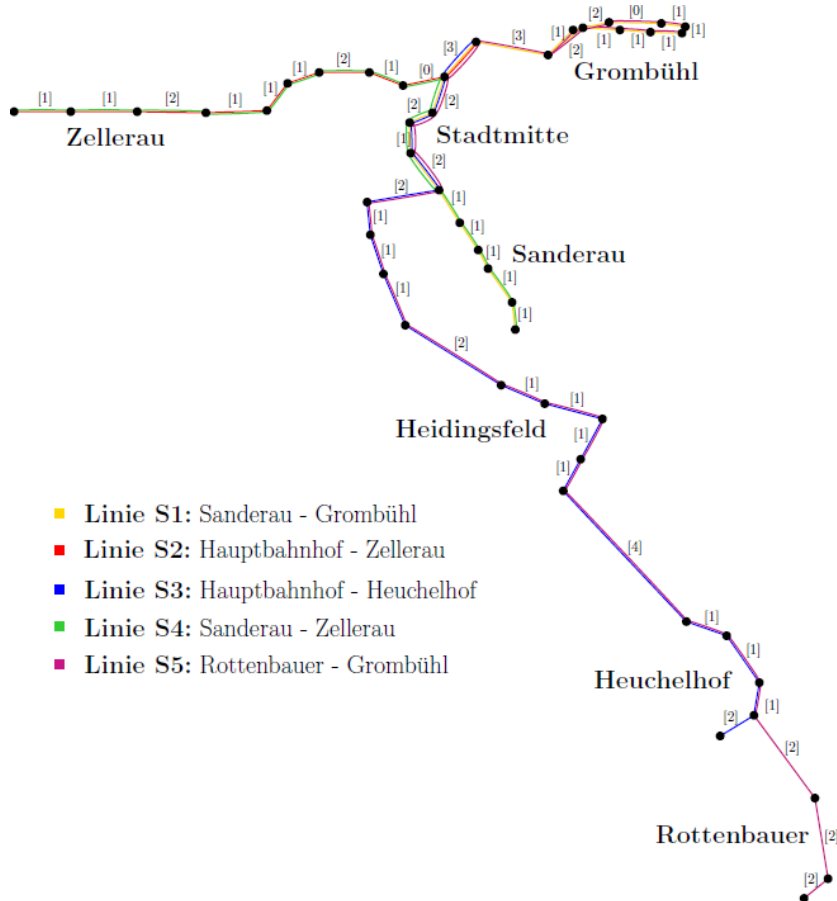
Kraft zur Veranschaulichung der Fahrtzeit:

Kraft zur Veranschaulichung der Fahrtzeit:



- Strebt an Knoten in Abständen proportional zur Fahrtzeit zwischen ihnen zu setzen

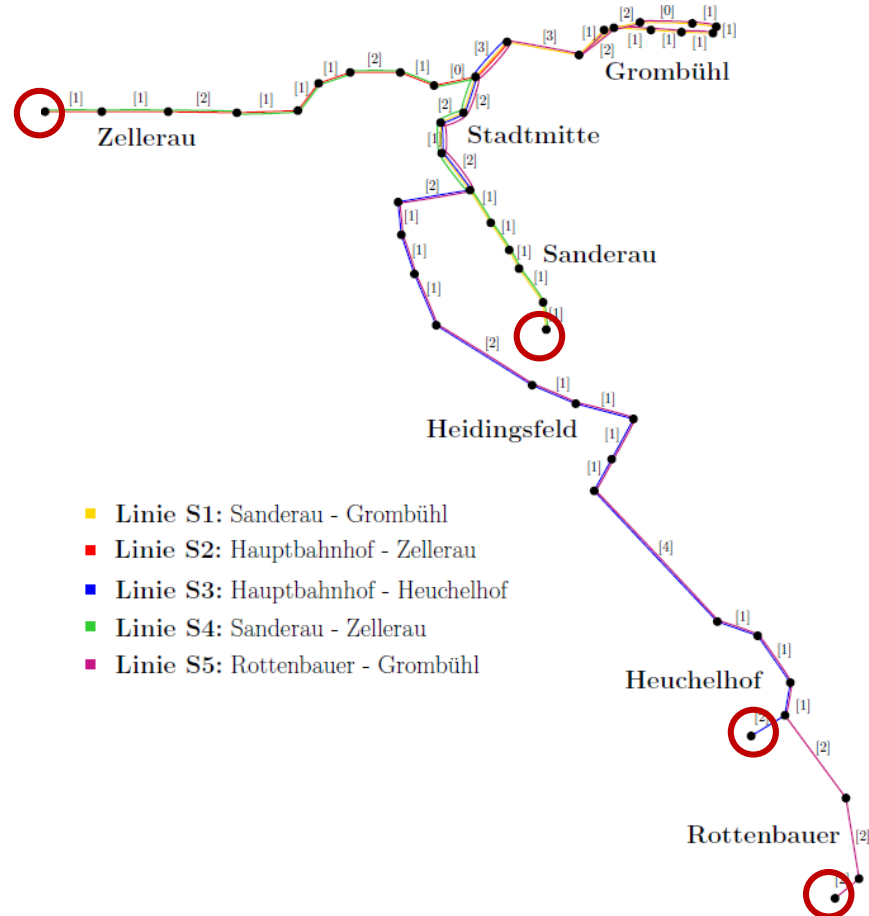
Kraft zur Veranschaulichung der Fahrtzeit:



- Strebt an Knoten in Abständen proportional zur Fahrtzeit zwischen ihnen zu setzen

$$F_{ZEIT}(u, v) = \frac{d(u, v)}{z(u, v)} \cdot \overrightarrow{vu} + \left(\frac{z(u, v)}{d(u, v)} \right)^2 \cdot \overrightarrow{uv}$$

Kraft zur Veranschaulichung der Fahrtzeit:



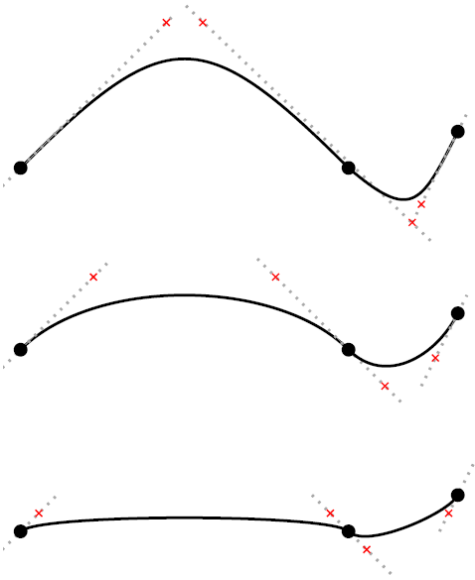
- Strebt an Knoten in Abständen proportional zur Fahrtzeit zwischen ihnen zu setzen

$$F_{ZEIT}(u, v) = \frac{d(u, v)}{z(u, v)} \cdot \overrightarrow{vu} + \left(\frac{z(u, v)}{d(u, v)} \right)^2 \cdot \overrightarrow{uv}$$

- Wirkt bei Kanten mit einem Knoten vom Grad eins nur auf diesen

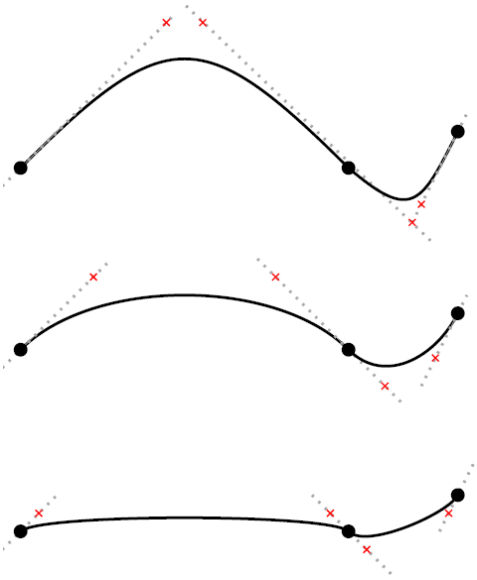
Weitere Kräfte für eine optisch ansprechende Darstellung:

Weitere Kräfte für eine optisch ansprechende Darstellung:

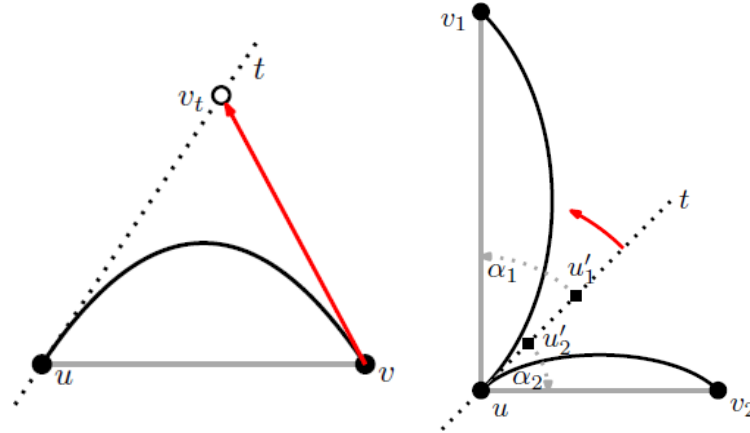


Kraft auf Kontrollpunkte zur Glättung der Übergänge zwischen Kurven.

Weitere Kräfte für eine optisch ansprechende Darstellung:

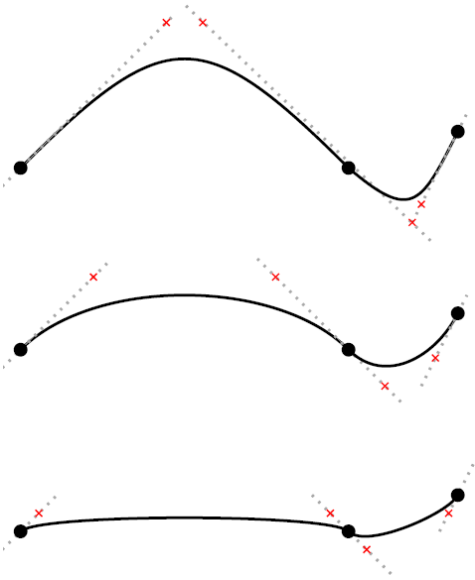


Kraft auf Kontrollpunkte zur Glättung der Übergänge zwischen Kurven.

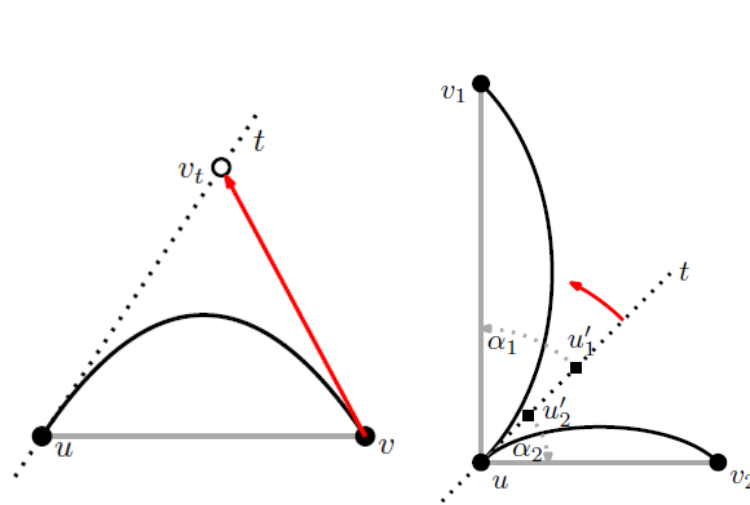


Kräfte auf Knoten und Tangenten zur Verringerung der Kurvenkrümmung.

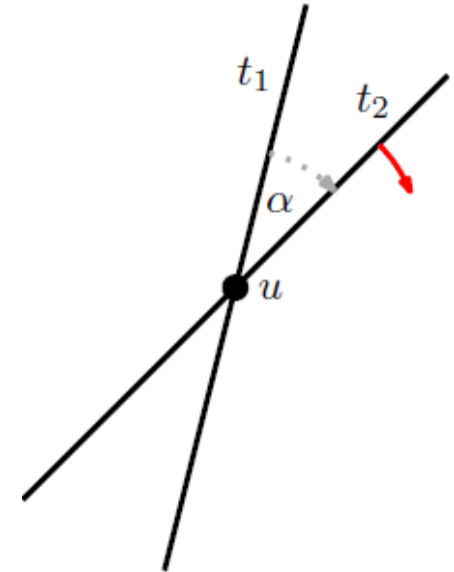
Weitere Kräfte für eine optisch ansprechende Darstellung:



Kraft auf Kontrollpunkte zur Glättung der Übergänge zwischen Kurven.



Kräfte auf Knoten und Tangenten zur Verringerung der Kurvenkrümmung.



Kraft auf Tangenten zur besseren Auflösung.

Vermeidung von Kreuzungen:

Vermeidung von Kreuzungen:

- Überprüfe alle Kantenpaare auf Kreuzungen

Vermeidung von Kreuzungen:

- Überprüfe alle Kantenpaare auf Kreuzungen
- Tritt eine Kreuzung auf halbiere Betrag aller Kräfte

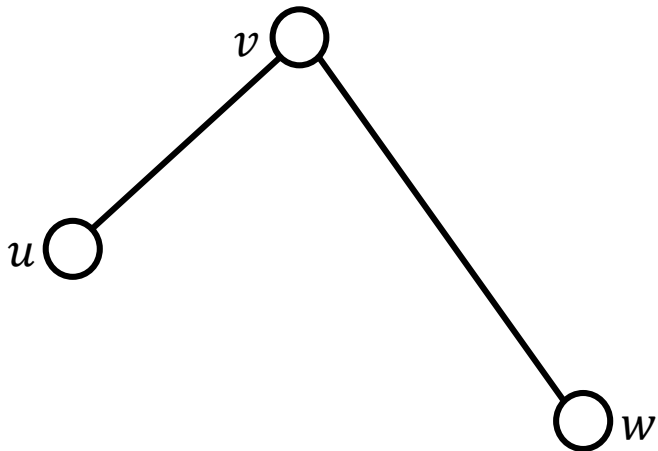
Vermeidung von Kreuzungen:

- Überprüfe alle Kantenpaare auf Kreuzungen
- Tritt eine Kreuzung auf halbiere Betrag aller Kräfte
- Wiederhole dies, bis keine Kreuzungen mehr auftreten

Vermeidung von Kreuzungen:

- Überprüfe alle Kantenpaare auf Kreuzungen
- Tritt eine Kreuzung auf halbiere Betrag aller Kräfte
- Wiederhole dies, bis keine Kreuzungen mehr auftreten

Zusammenfassen von Kanten:

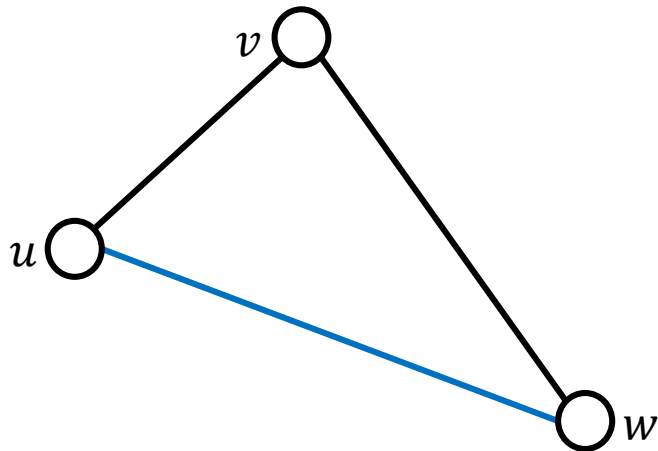


- $e_1 = \{u, v\}, e_2 = \{v, w\}$
- $\deg(v) = 2$

Vermeidung von Kreuzungen:

- Überprüfe alle Kantenpaare auf Kreuzungen
- Tritt eine Kreuzung auf halbiere Betrag aller Kräfte
- Wiederhole dies, bis keine Kreuzungen mehr auftreten

Zusammenfassen von Kanten:

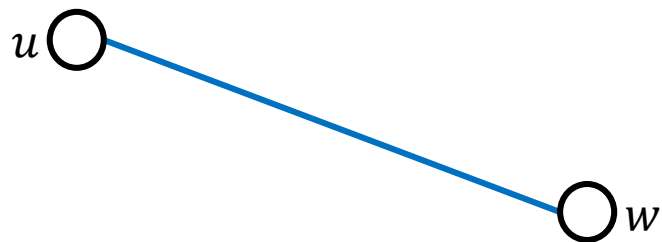


- $e_1 = \{u, v\}, e_2 = \{v, w\}$
- $\deg(v) = 2$
- $e = \{u, w\}$ kreuzt keine Kante

Vermeidung von Kreuzungen:

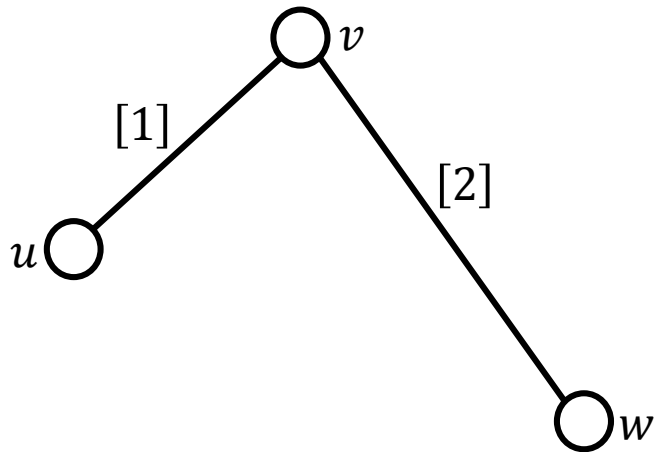
- Überprüfe alle Kantenpaare auf Kreuzungen
- Tritt eine Kreuzung auf halbiere Betrag aller Kräfte
- Wiederhole dies, bis keine Kreuzungen mehr auftreten

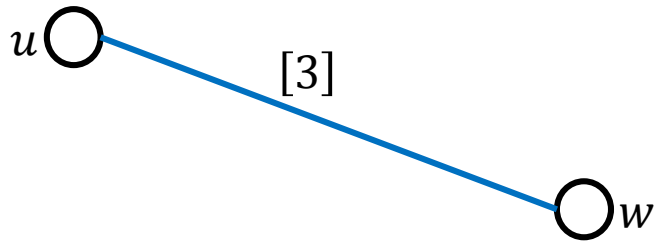
Zusammenfassen von Kanten:

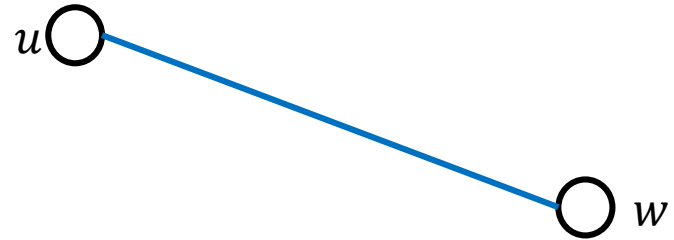
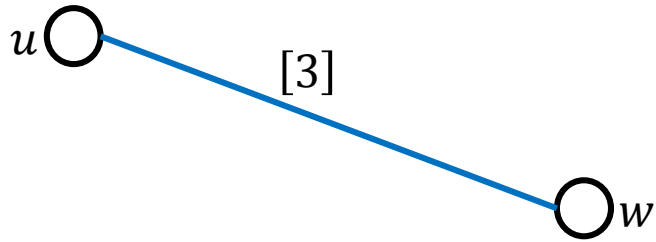


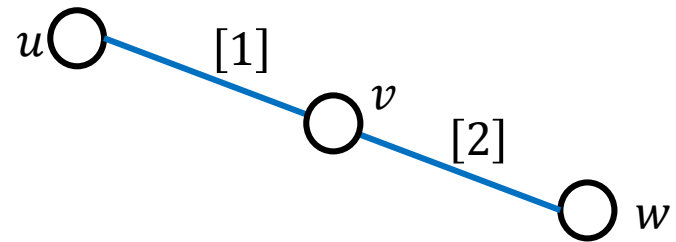
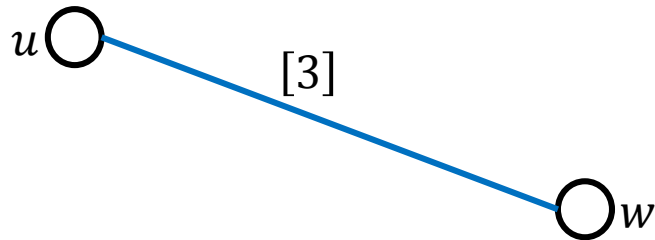
- $e_1 = \{u, v\}, e_2 = \{v, w\}$
- $\deg(v) = 2$
- $e = \{u, w\}$ kreuzt keine Kante

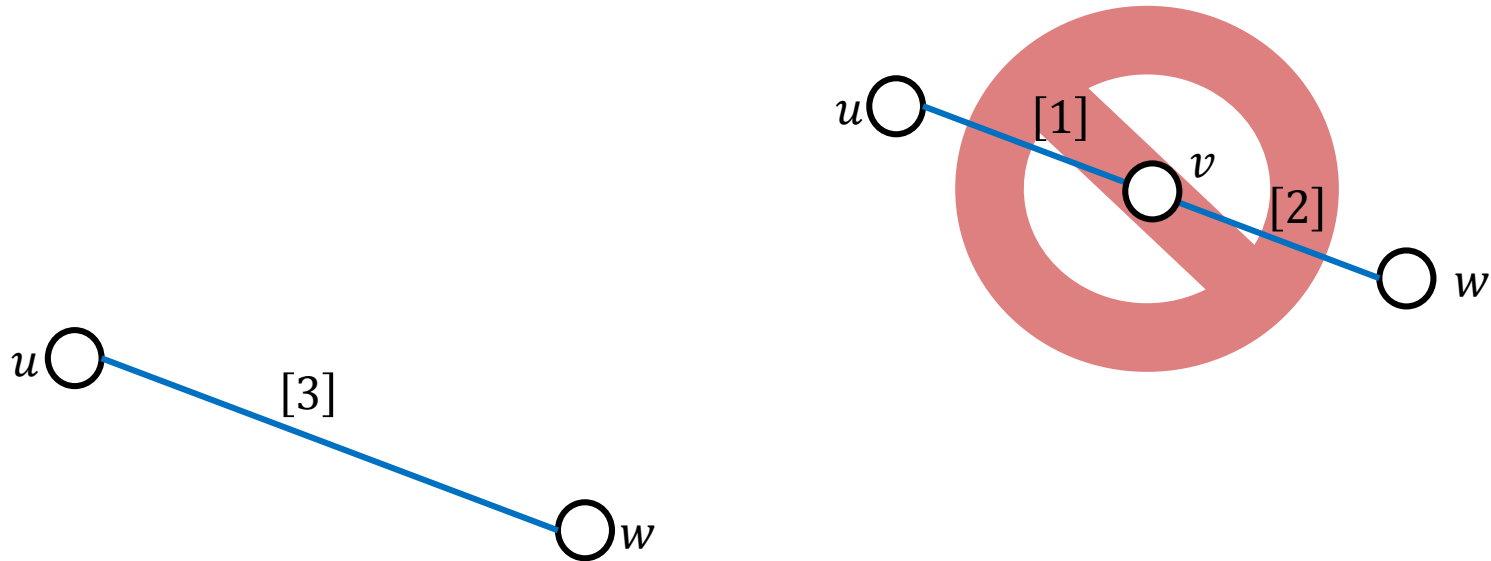
→ Ersetze e_1 und e_2 durch e



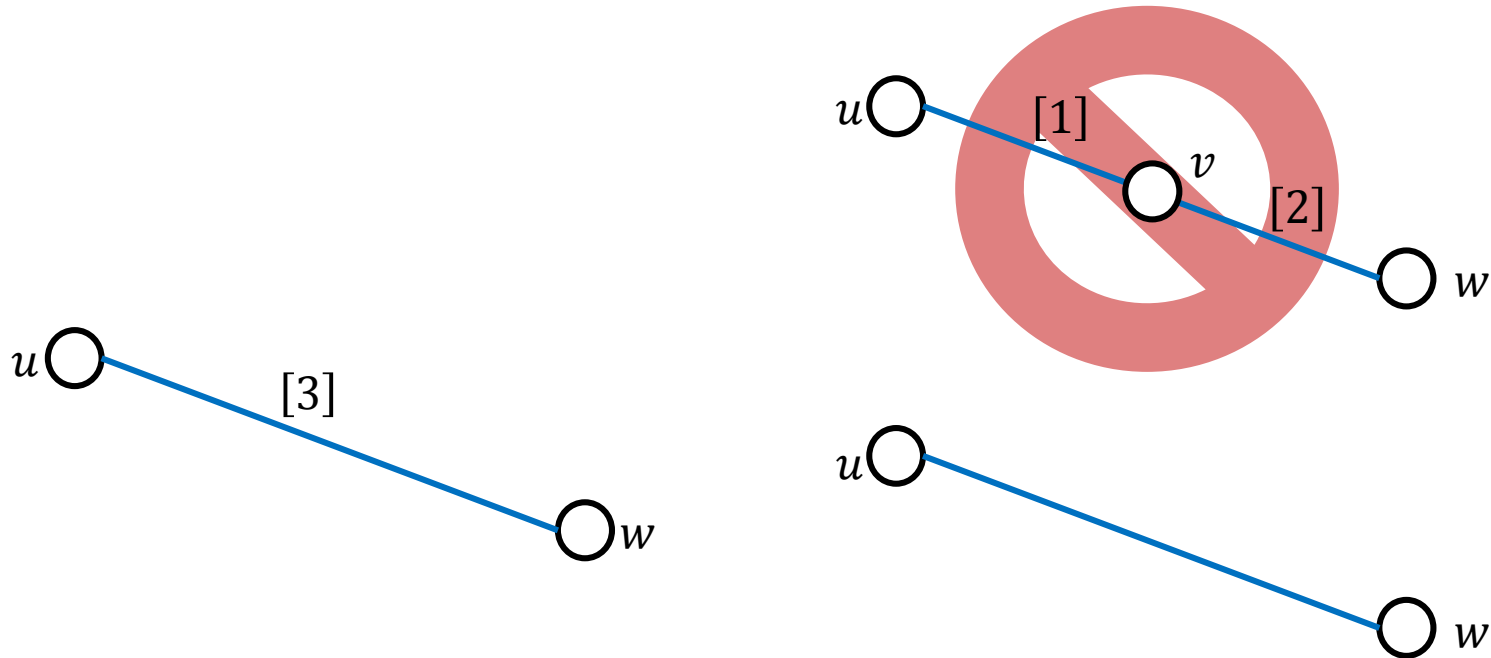




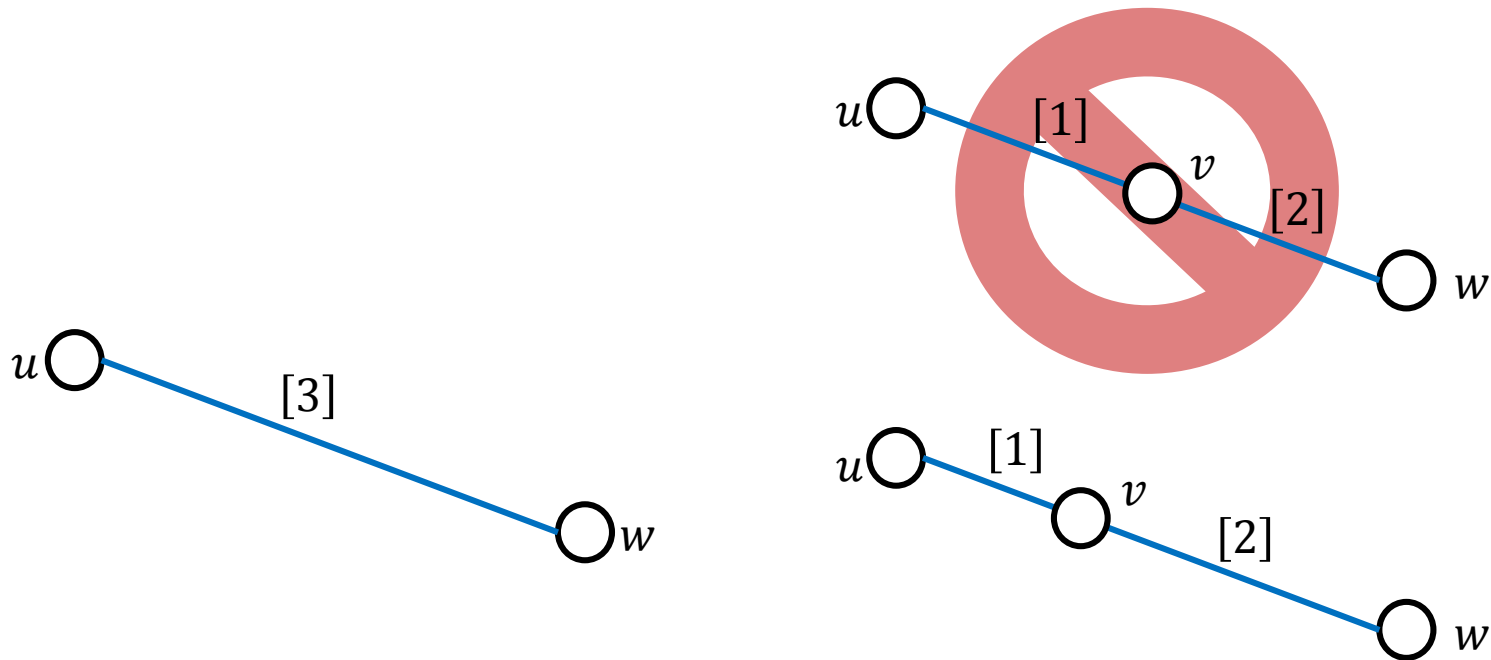




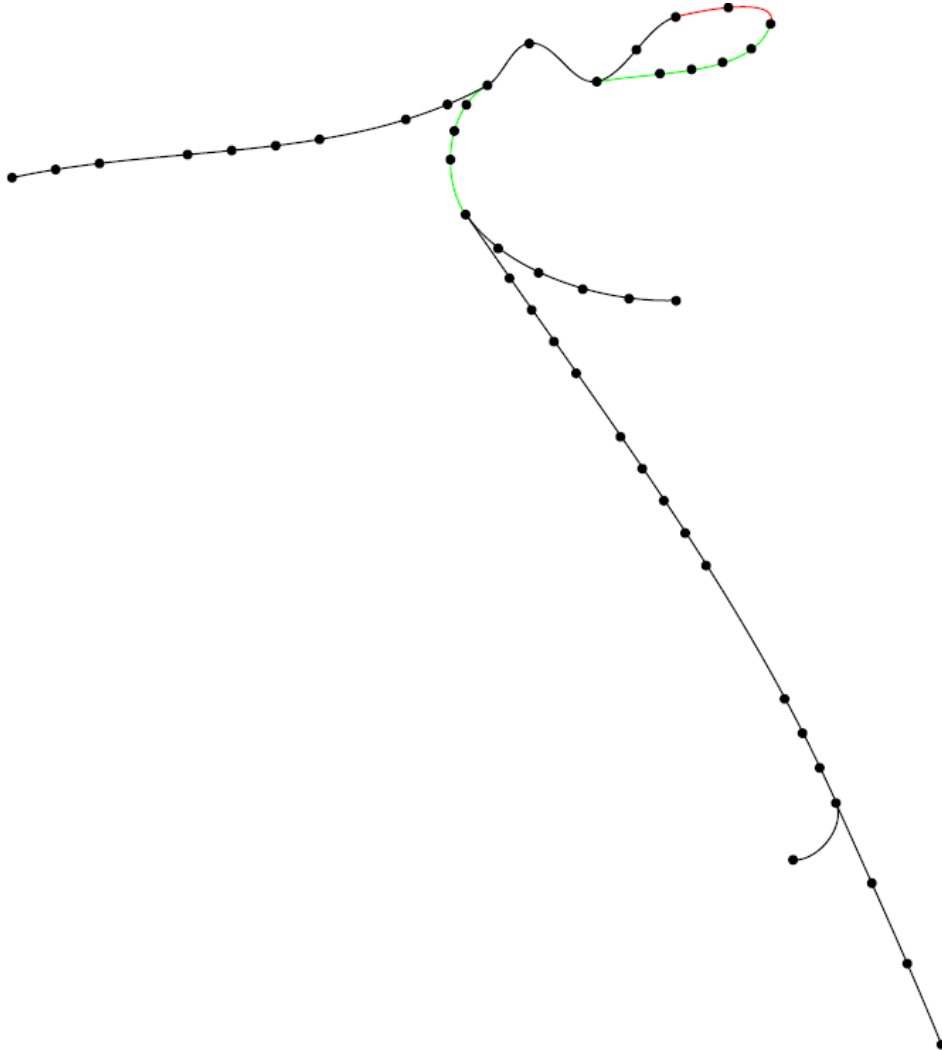
- Knoten werden nicht gleichmäßig verteilt

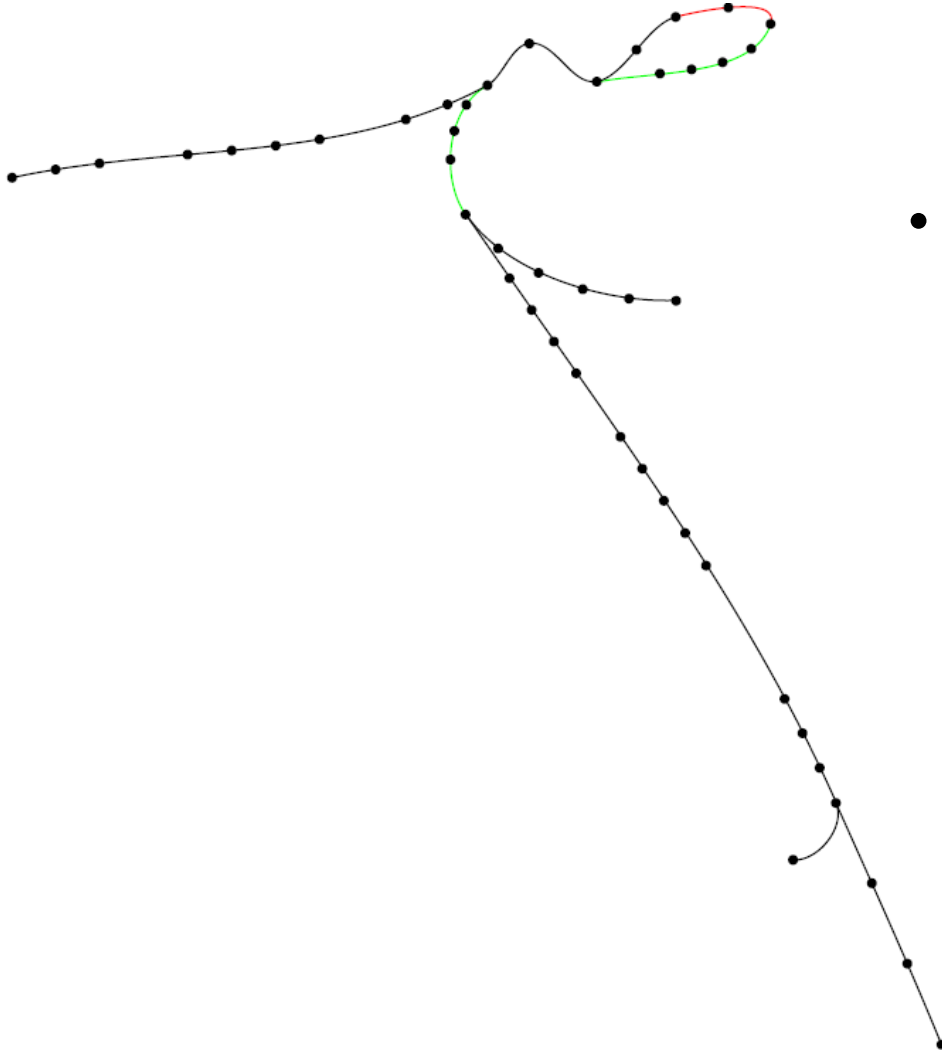


- Knoten werden nicht gleichmäßig verteilt

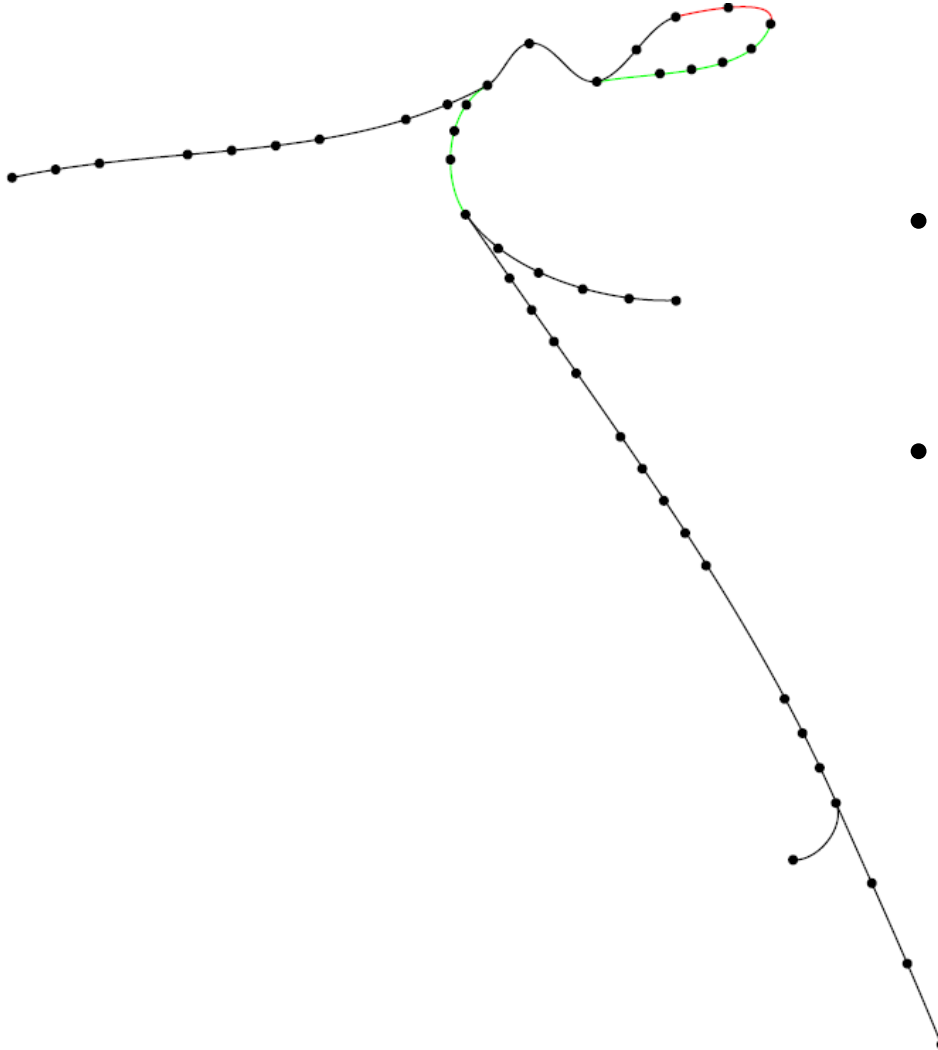


- Knoten werden nicht gleichmäßig verteilt
- Entsprechend der Fahrtzeiten zwischen einander gesetzt

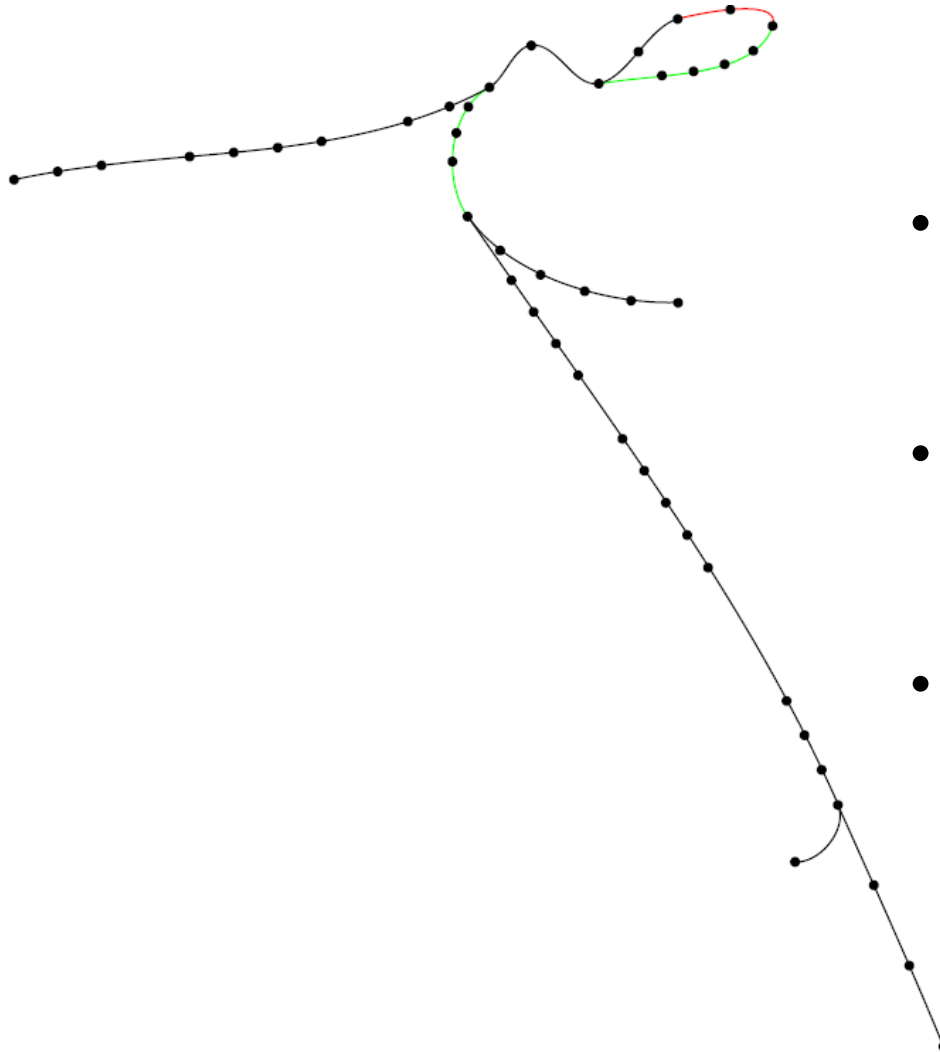




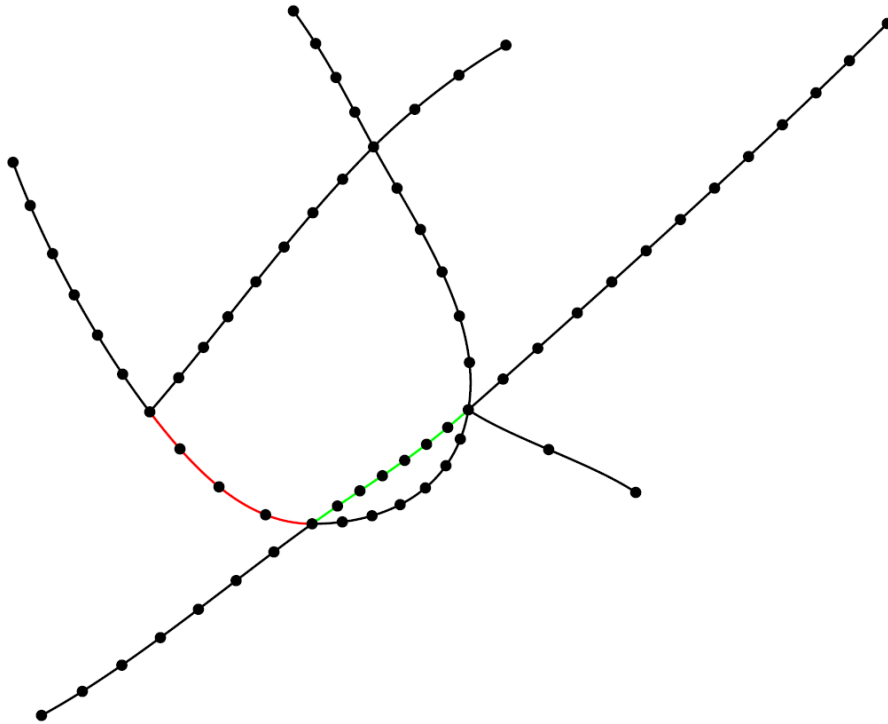
- Rote Kanten mindestens 10% zu lang



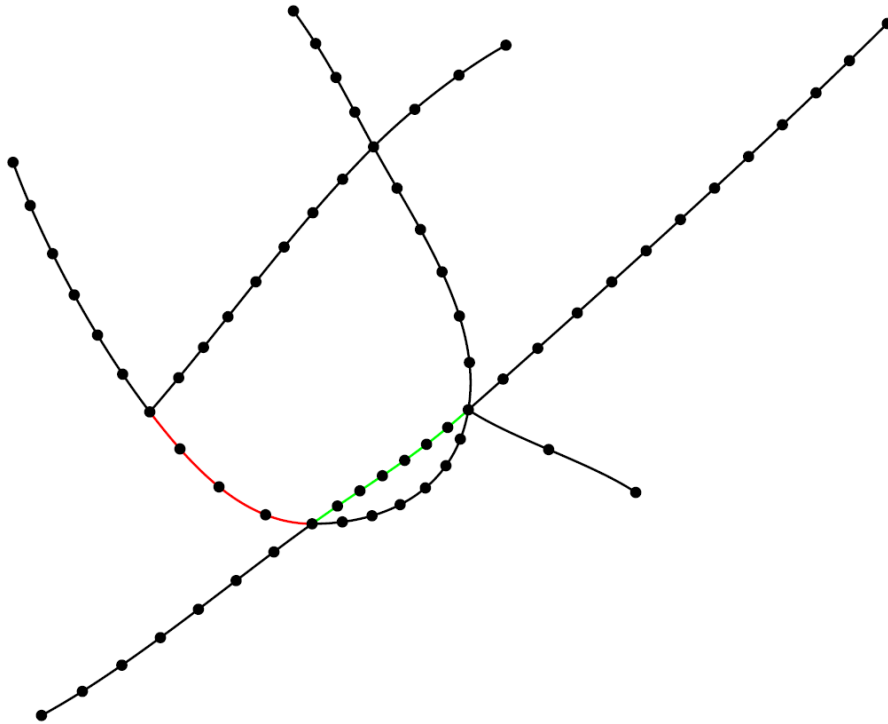
- Rote Kanten mindestens 10% zu lang
- Grüne Kanten mindestens 10% zu kurz



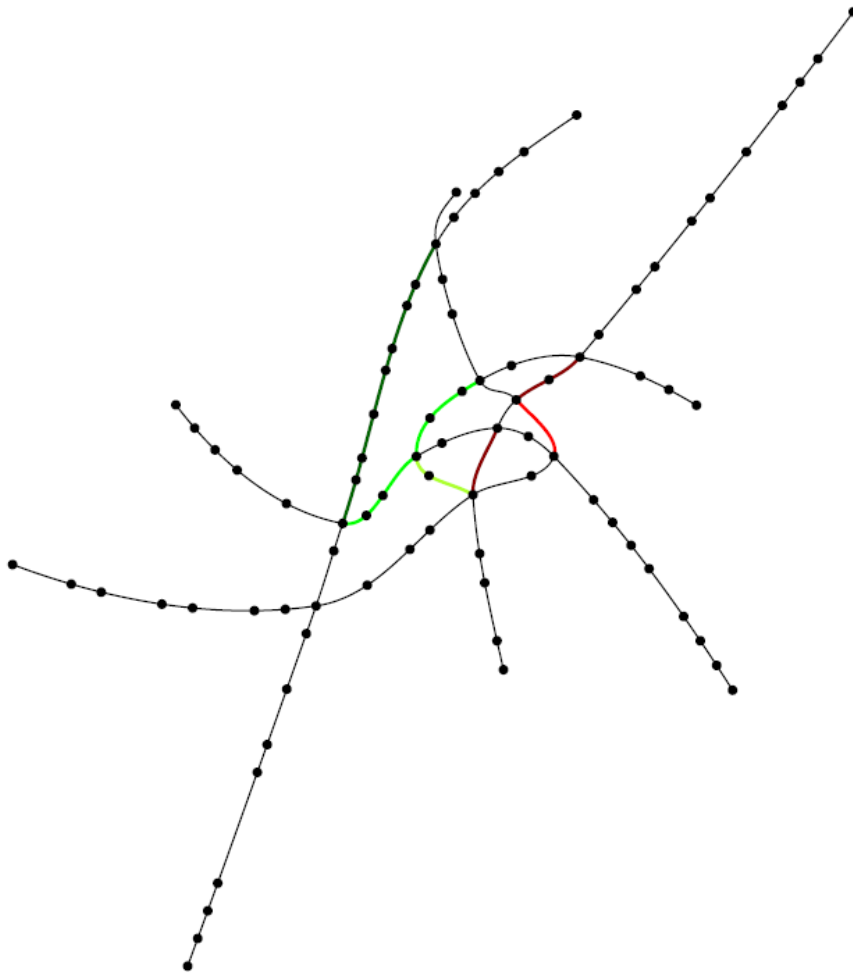
- Rote Kanten mindestens 10% zu lang
- Grüne Kanten mindestens 10% zu kurz
- Durchschnittliche Abweichung von der gewünschten Kantenlänge 11,08%



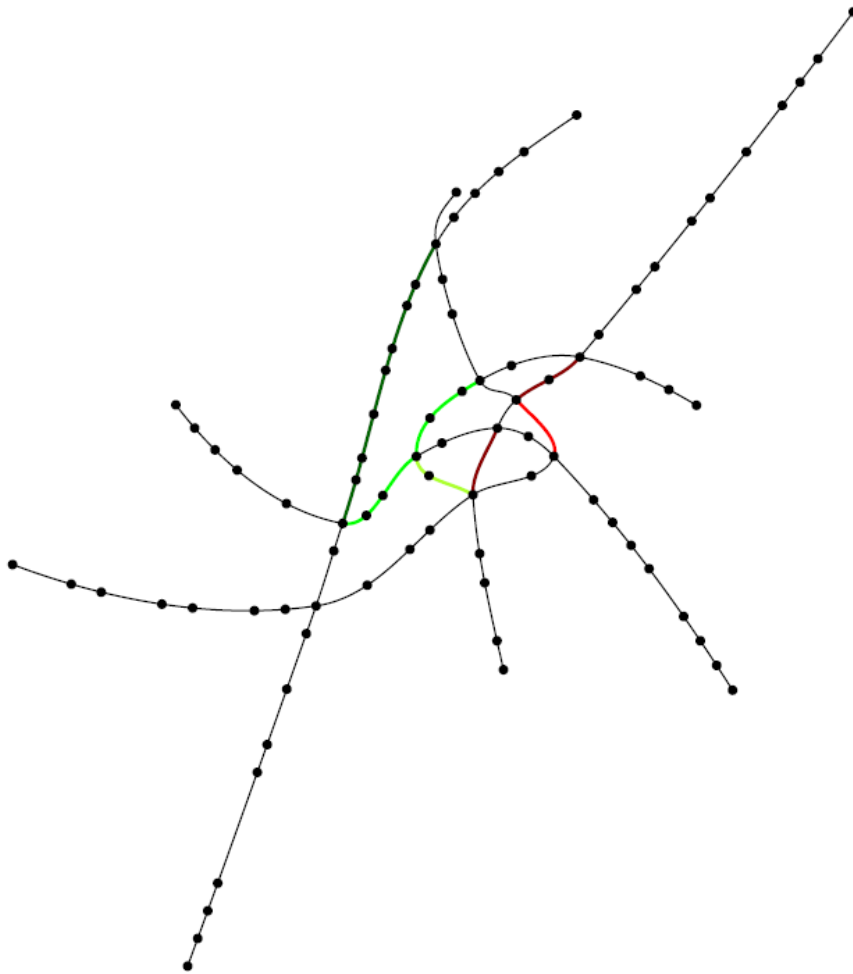
- Rote Kanten mindestens 10% zu lang
- Grüne Kanten mindestens 10% zu kurz



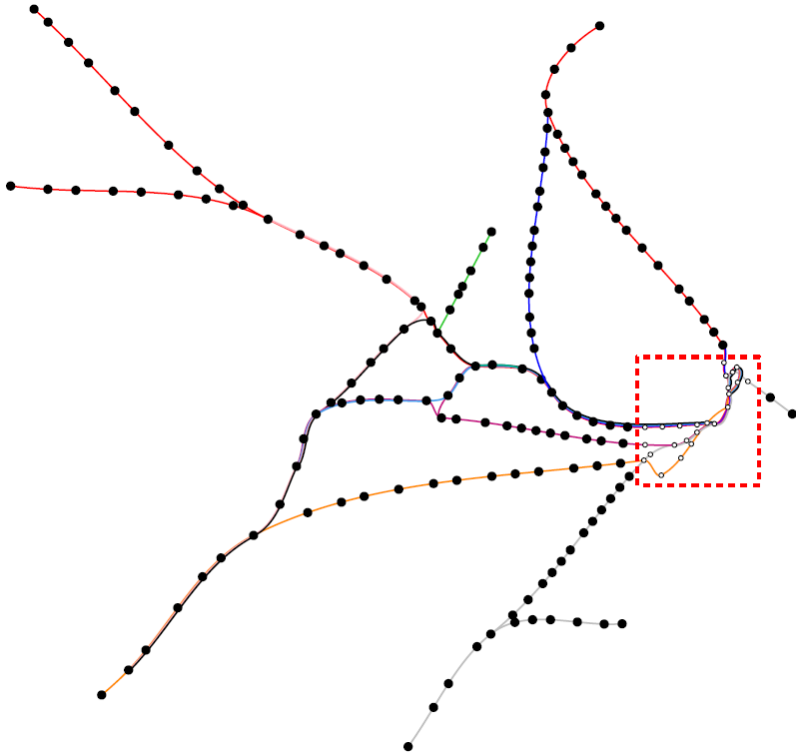
- Rote Kanten mindestens 10% zu lang
- Grüne Kanten mindestens 10% zu kurz
- Durchschnittliche Abweichung von der gewünschten Kantenlänge 8,11%

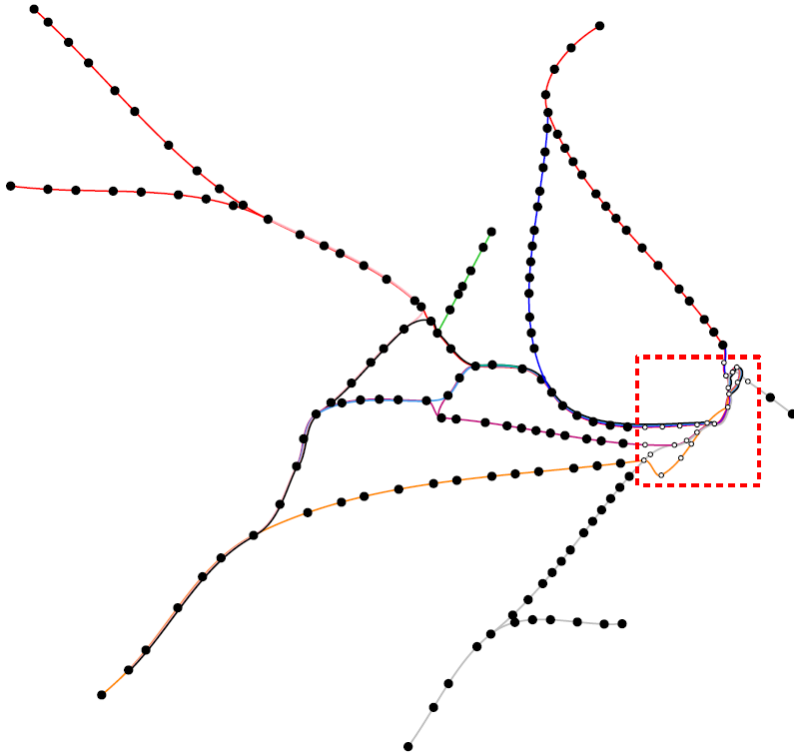


- Hellrote/dunkelrote Kanten mindestens 10%/15% zu lang
- Hellgrüne/grüne/dunkelgrüne Kanten mindestens 10% /15% /20% zu kurz

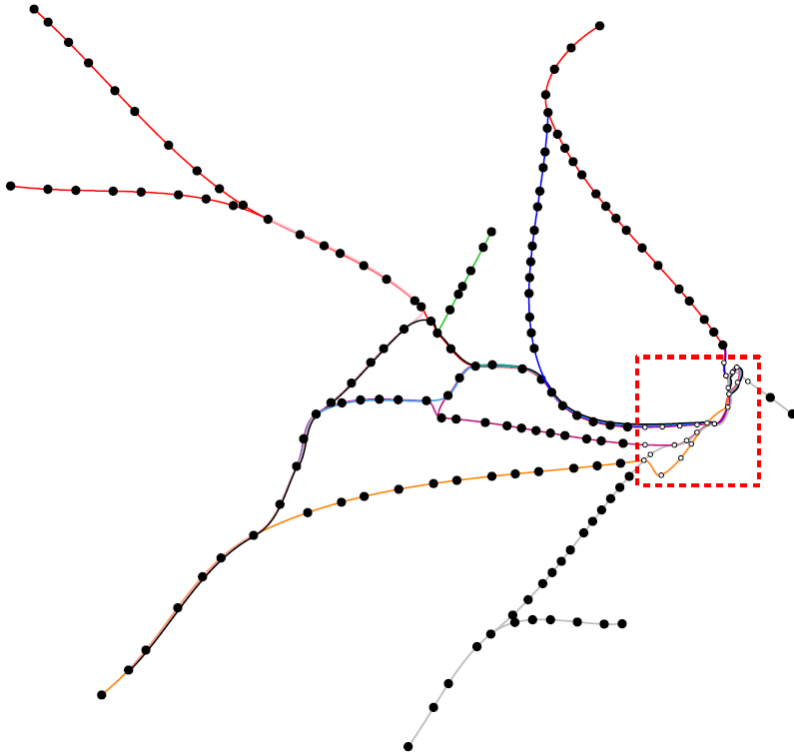


- Hellrote/dunkelrote Kanten mindestens 10%/15% zu lang
- Hellgrüne/grüne/dunkelgrüne Kanten mindestens 10% /15% /20% zu kurz
- Durchschnittliche Abweichung von der gewünschten Kantenlänge 8,68%

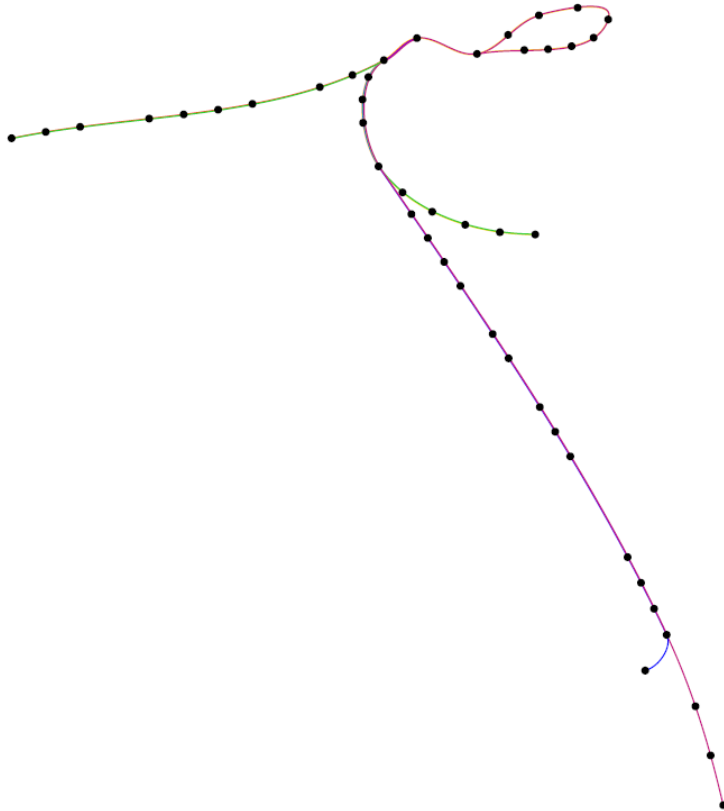


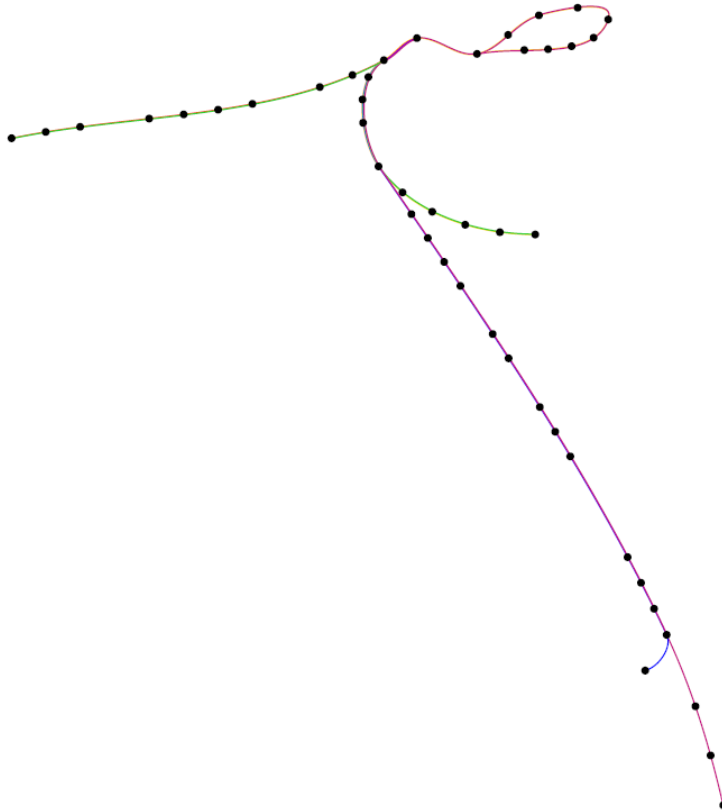


- Rot markierter Bereich mit vielen Kanten ohne gewünschte Länge

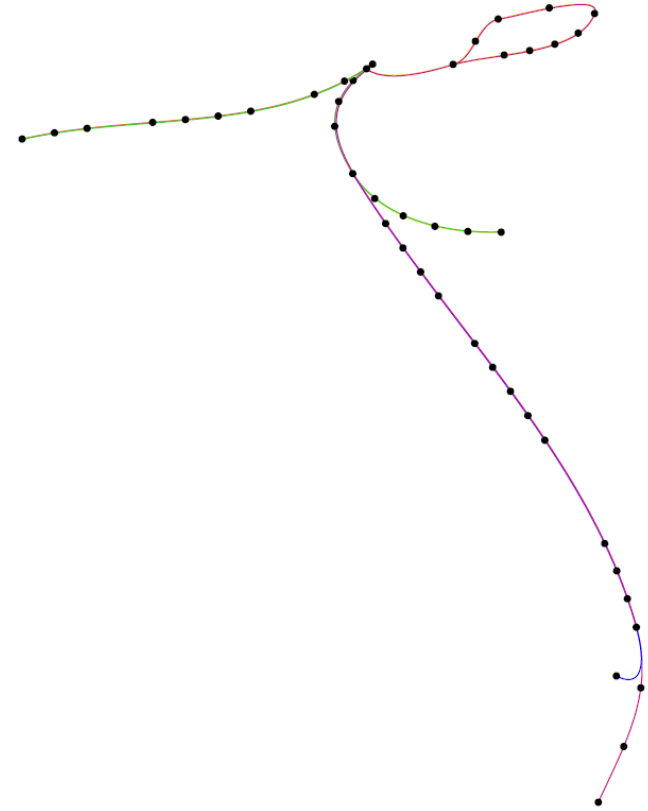
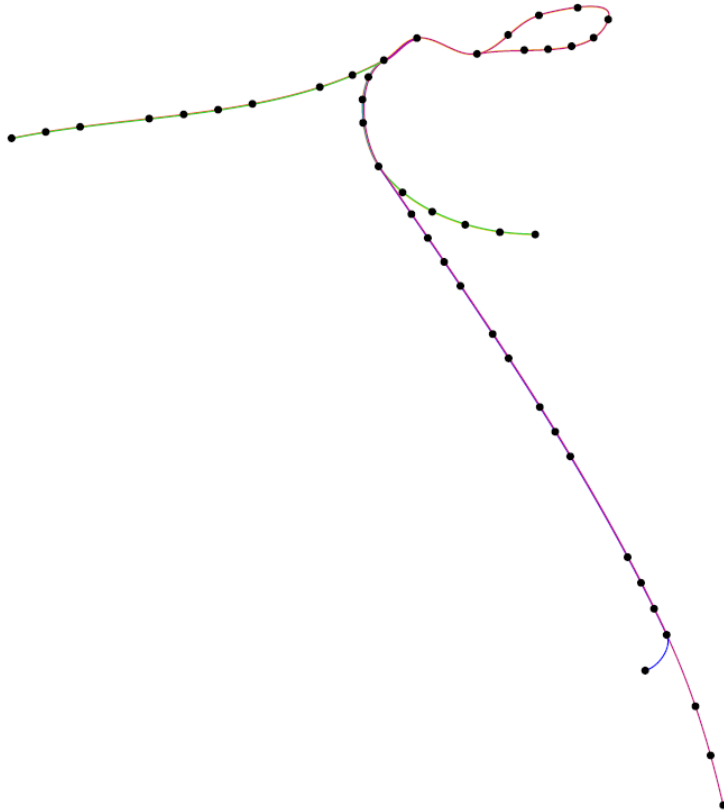


- Rot markierter Bereich mit vielen Kanten ohne gewünschte Länge
- Durchschnittliche Abweichung von der gewünschten Kantenlänge 22,23%

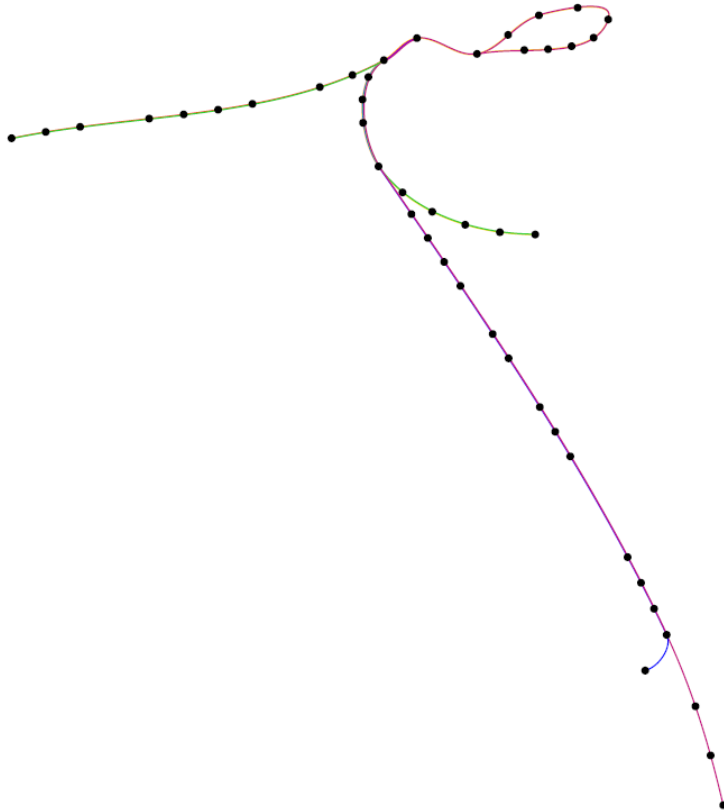




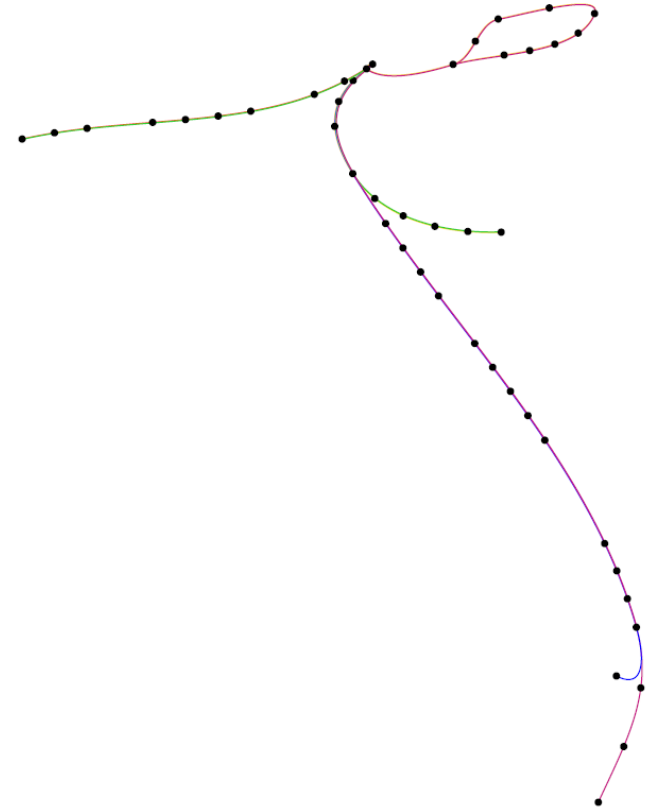
Vorfaktor nahe null, durchschnittliche
Abweichung von gewünschter Länge
16,19%



Vorfaktor nahe null, durchschnittliche
Abweichung von gewünschter Länge
16,19%



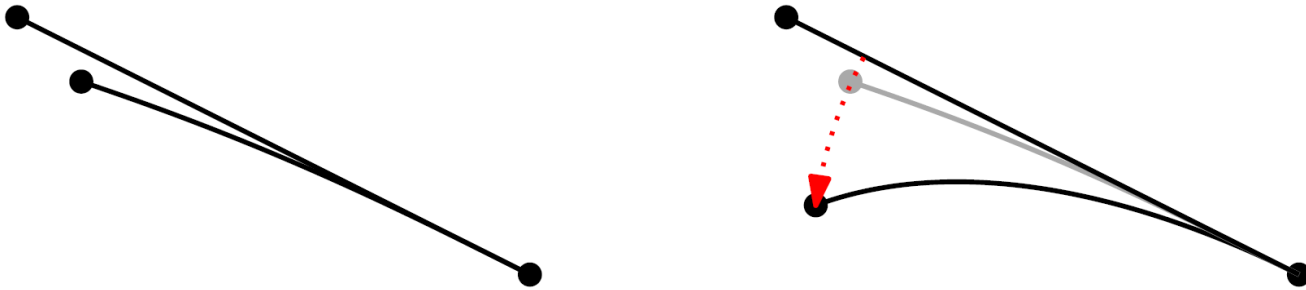
Vorfaktor nahe null, durchschnittliche
Abweichung von gewünschter Länge
16,19%



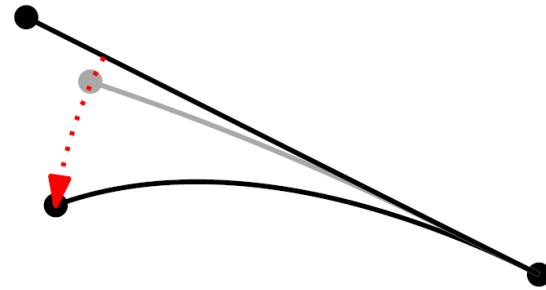
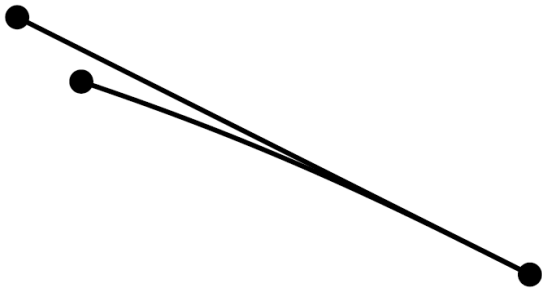
Vorfaktor sehr groß, durchschnittliche
Abweichung von gewünschter Länge
19,50%

Zusätzliche Kraft, die Knoten von Kanten abstößt:

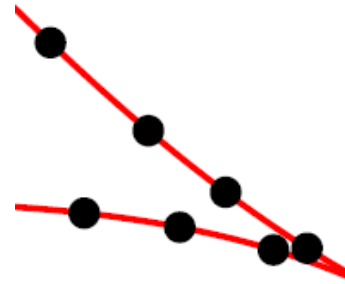
Zusätzliche Kraft, die Knoten von Kanten abstößt:



Zusätzliche Kraft, die Knoten von Kanten abstößt:



Kartenausschnitt Sydney:



Einfügen zusätzlicher Krümmung:

Einfügen zusätzlicher Krümmung:



Einfügen zusätzlicher Krümmung:



- Verlängerung der Kante

Einfügen zusätzlicher Krümmung:



- Verlängerung der Kante
- Positionen der Knoten bleiben gleich

Hauert und Sering:

Hauert und Sering:



Hauert und Sering:



Setzen einer Fokusregion in schwer überschaubaren Bereichen.

Gute Fahrt und
Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!

