Eine Methode zur Verkehrserzeugung

goto "intro"

Eine Methode zur Verkehrserzeugung

1. Klassifiziere Haushalte entsprechend von Attributen.

   Z.B.: Anzahl Personen, monatl. Einkommen, Anzahl Autos.

2. Korreliere (mittlere) Anzahl von Fahrten pro Haushalt pro Tag mit den Attributen.

   Z.B.:

   $$n_{trips} = \alpha\, n_{persons} + \beta\, I + \gamma\, n_{cars} \ .$$

   α, β, γ müssen über Befragungen und statistische Methoden geschätzt werden (Regressions-Analyse).

3. Summiere für jede Zone die Fahrten der darin befindlichen Haushalte.

Ähnlich für Senken (Arbeitsplätze; Einkaufsmöglichkeiten; Freizeitmöglichkeiten).

Arbeitsplätze, Einkaufsmöglichkeiten, Freizeitmöglichkeiten können auch Quellen sein.

Eine Methode zur Zielwahl

Eine Methode zur Zielwahl

Relativ generisch

$$T_{ij} \propto O_i \, D_j \, f(c_{ij})$$

mit:

- T_{ij}: Anzahl Fahrten von Zone i nach Zone j
- O_j: Anzahl Fahrten, die in i starten
- D_j: Anzahl Fahrten, die in j enden ($\approx$ Attraktivität der Zone)
- c_{ij}: "Kosten" (z.B. in Minuten) der Fahrt von i nach j
- $f(c)$: Funktion, mit der Reisende auf die Kosten reagieren

Ein mögliches $f(c)$:

$$f(c) = \frac{1}{d^2}$$

mit

- d: Distanz

  In diesem Modell werden also lange Fahrten überproportional (d^2) vermieden

Wird auch **Gravitationsmodell** genannt (weil analog Gravitationsgesetz $m_1\, m_2/r^2$)

Eine Methode zur Verkehrsmittelwahl

Eine Methode zur Verkehrsmittelwahl

Utility (Nutzen) mit Ansatz

$$U_{car} = -|\beta_{Tc}|\, T_{car} - |\beta_M|\, M_{car}$$

$$U_{bus} = -|\beta_{Tb}|\, T_{bus} - |\beta_M|\, M_{bus}$$

Wahrscheinlichkeit für Auto/Bus dann

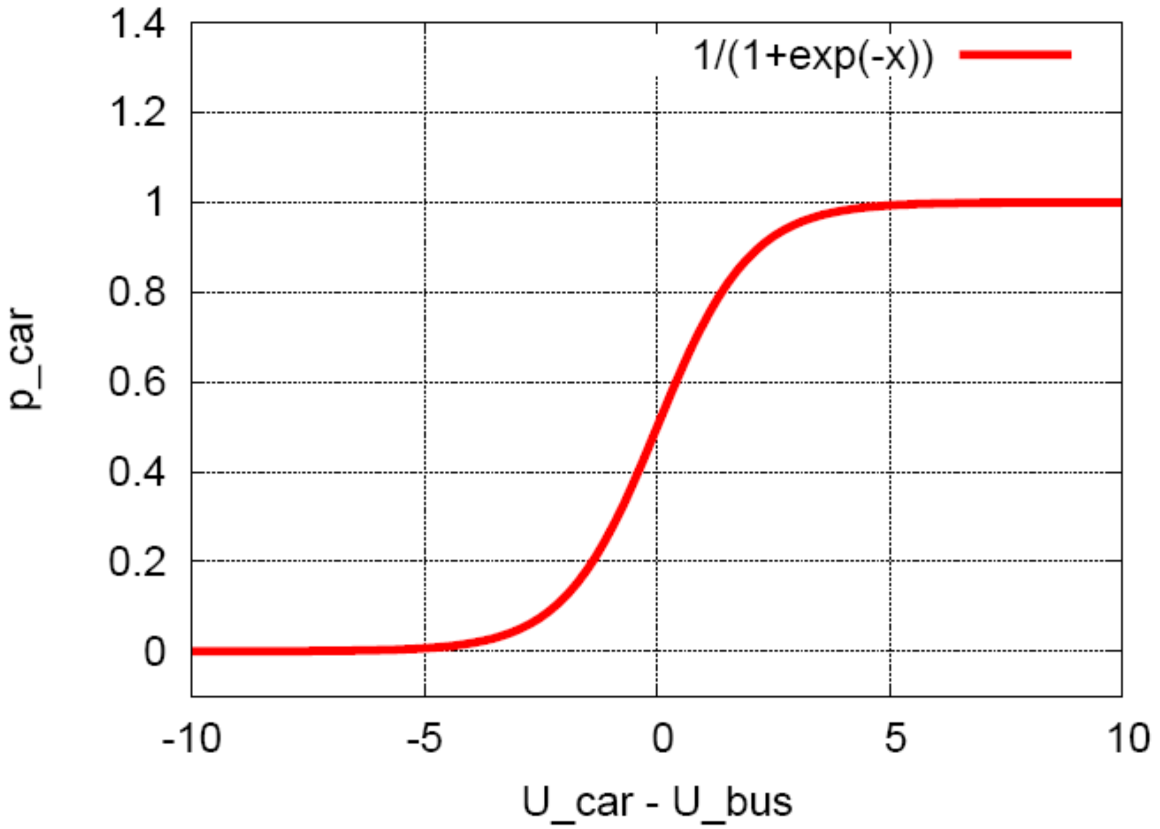
$$p_{car} = \frac{e^{U_{car}}}{e^{U_{car}} + e^{U_{bus}}} \qquad p_{bus} = \frac{e^{U_{bus}}}{e^{U_{car}} + e^{U_{bus}}}$$

Bem:

- Nenner kann man erstmal ignorieren (Normierung).
- Zähler besagt: Je höher Nutzen, desto höher Wahrscheinlichkeit.
- $e^{\cdots}$ macht vor allem: Aus potentiell negativen Nutzen-Werten werden positive Wahrscheinlichkeiten.

Obige Wahrscheinlichkeit lässt sich umformen

$$p_{car} = \frac{1}{1 + e^{U_{bus} - U_{car}}} = \frac{1}{1 + e^{-(U_{car} - U_{bus})}}$$



Eigenschaften:

- $p_{car} = 1/2$ (unentschieden), wenn Nutzen beider Optionen gleich
- $p_{car} \to 1$, wenn Nutzen von Auto sehr viel größer (sehr viel weniger stark negativ) als Nutzen von Bus
- $p_{car} \to 0$, wenn umgekehrt

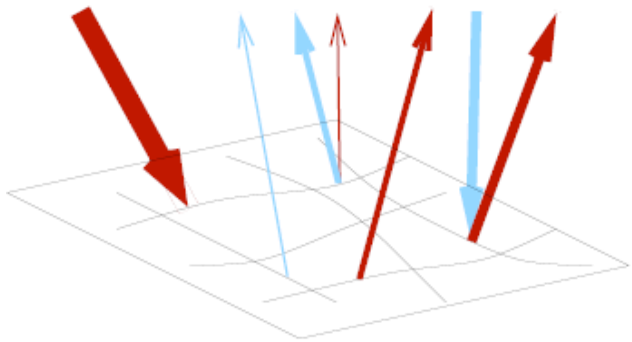
Diese Art von "liegender S-Kurve" ist sehr typisch für Verkehrsmittelwahl-Modelle.

Koeffizienten β_X müssen über Befragungen und statistische Methoden geschätzt werden.

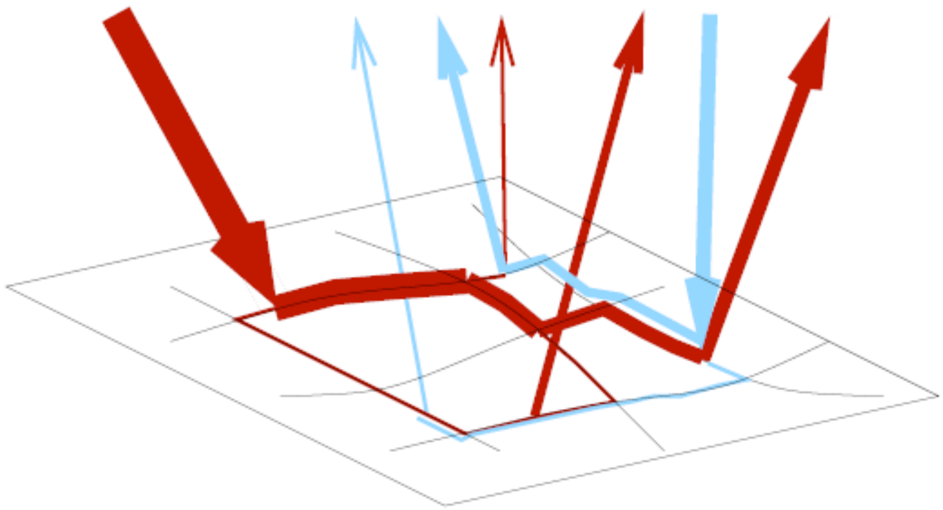
Eine Methode zur Umlegung

Umlegung

Gegeben: Start-Ziel-Flüsse von Verkehr



→



Resultat: Routen

Umlegung verschiedener Verkehrsmittel

Umlegung = Verfahren, welches Start-Ziel-Flüsse auf Routen "umlegt".

Normalerweise nach der Verkehrsmittelwahl. →

IV-Umlegung

ÖV-Umlegung

...

Hier: IV-Umlegung

Routenwahl

Wie wählt man Routen?

Erste Möglichkeit: Alle fahren die für sich "beste" Route.

"beste" → z.B. "schnellste"

Stau

Heutzutage wichtig: Stau

Kanten werden langsamer, wenn sie mehr benutzt werden.

Wenn eine Route langsamer geworden ist als eine Alternative, dann werden Leute auf die Alternative wechseln.

Wann stoppt dieser Wechsel?

Ein (sehr wichtiger) Ansatz: **Nash Gleichgewicht**.

Nash GG ist erreicht, wenn kein Teilnehmer durch unilateralen Routenwechsel schneller zum Ziel kommen kann.

(auch: **Nutzergleichgewicht**, **Wardrop Gleichgewicht**)

2-Routen-Intuition

[[Tafel]]

Statische Umlegung

Statische Umlegung

Statische Umlegung:

zeitlich konstante (stationäre) Start-Ziel-Flüsse

damit keine Berücksichtigung zeitlicher Abläufe

Ein wenig wie Strom in einem Netzwerk mit Widerständen

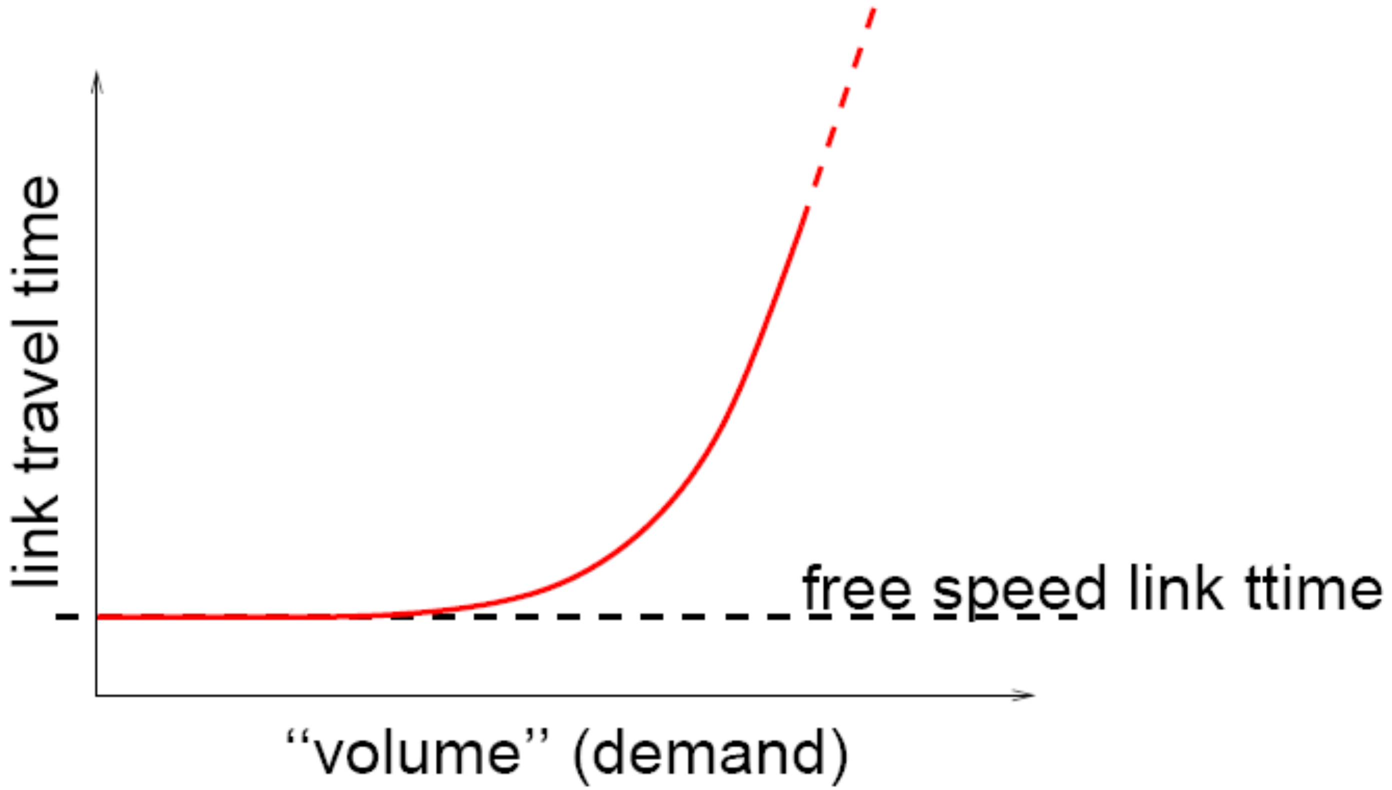
Umlegungsresultat (Toronto)

Je breiter, desto mehr Fluss.

Quelle: Master-Arbeit
Wenli Gao, U Toronto

Stauabhängigkeit der Kostenfunktion

Oft:

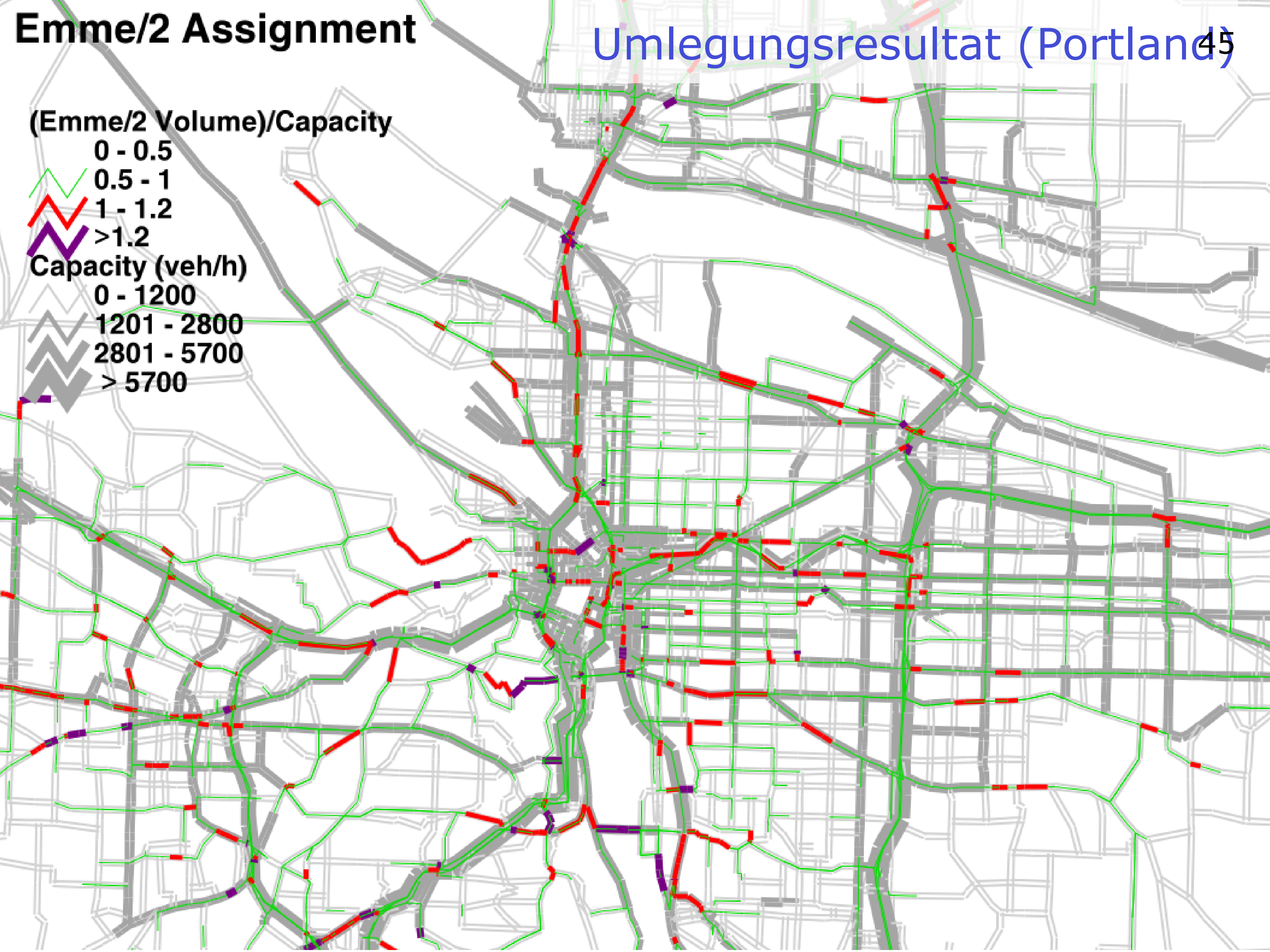


Plausibel ...

- Kanten m. starker Nachfrage dauern länger (=werden "teurer").
- Engpässe werden "rot" angemalt (wie überlastete Stromdrähte).

... aber problematisch (siehe weiter unten).

Umlegungsresultat (Portland)



Mathematische Eigenschaften

Obiges Verfahren hat nützliche mathematische Eigenschaften.

Insbesondere unter bestimmten Bedingungen bestimmte Aspekte der Lösung ***eindeutig***.

(Also unabh. vom Lösungverfahren.)

Sehr hilfreich für Tests etc.

Dynamische Umlegung

(→ Verbesserung der Umlegung)

Statische vs. dynamische Umlegung

Statische Umlegung:

(Zeitlich) konstante Start-Ziel-Flüsse

"wie Netz mit Drähten"

Normalerweise: "Druck" so lange erhöht, bis Nachfrage auf jeden Fall durchs Netz passt.

"Glühende" Kanten sind die Engpässe.

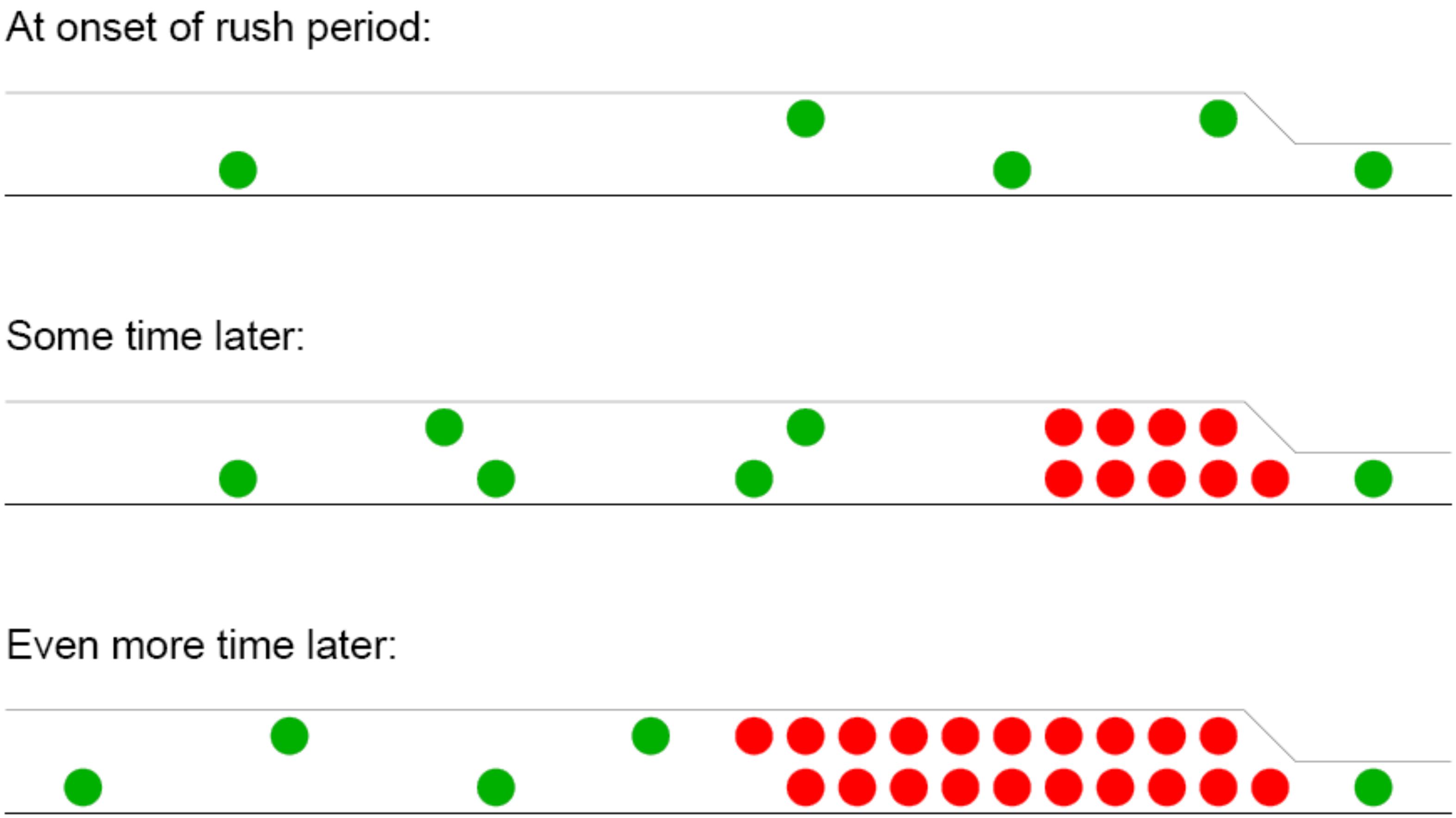
Dynamische Umlegung:

M.E. am einfachsten: Für jede Fahrt Startzeit, Startort, Zielort gegeben.

Nash GG weiterhin ok: Finde individuell optimale Route.

Nun neu: Kapazität reicht zur Spitzenzeit ggf. nicht aus → Rückstau

Kostenfunktionen auf Kanten, dynamisch



Überlastung stromaufwärts vom Engpass

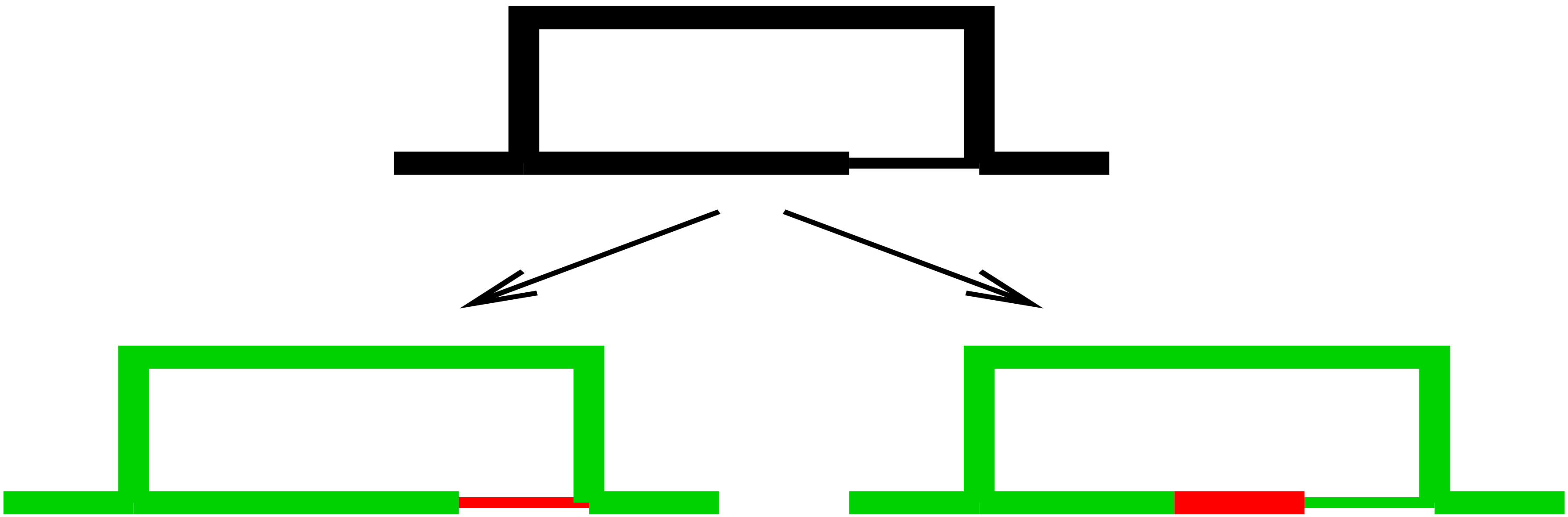
Stärke der “Rotfärbung” hängt nicht nur von der Stärke Nachfrage ab, sondern auch davon, seit wie lange eine Überlastung schon besteht (zeitabhängig).

Kann abgebildet werden durch entsprechend dynamische (zeitabhängige) Simulation.

Die mathematisch schönen Eigenschaften gehen verloren.

Wird dennoch viel gemacht und viel untersucht, einfach weil es gebraucht wird.

Statische (li) vs. dynamische (re) Umlegung



Statische Umlegung	Dynamische Umlegung (= Realität)
Engpass selber ist rot angemalt.	Stau *vor* Engpass ist rot.
Länge "rot" = Länge *Engpass*	Länge "rot" = Länge *Stau* = abh. von Fahrzeit auf Alternative
Stärke Engpass = Stärke der "Dunkelfärbung"	Stärke Engpass = nicht direkt interpretierbar (!)

Anwendungen der Umlegung

Anwendungen der Umlegung

Meistens wird die Umlegung im Rahmen "größerer" Verfahren eingesetzt. Z.B. Bundesverkehrswegeplan, Gesamtverkehrsplan Berlin/Brandenburg, ...

Hier werden dann Maßnahmen oder M.bündel (z.B. Straßenbau) in die Umlegung eingebaut und die Veränderungen prognostiziert.

Typische "direkte" Ausgabe:

Belastungen, Fahrzeiten

Typische "indirekte" Ausgabe:

Emissionen (via nachgeschaltetes Emissions-Berechnungs-Modul)

Beides sind auch Input-Daten für eine nachgeschaltete Kosten-Nutzen-Analyse.

Anwendungen der Umlegung, II

Man kann die Umlegung aber auch direkt als Analyse-Instrument einsetzen. Hier ein paar Beispiele:

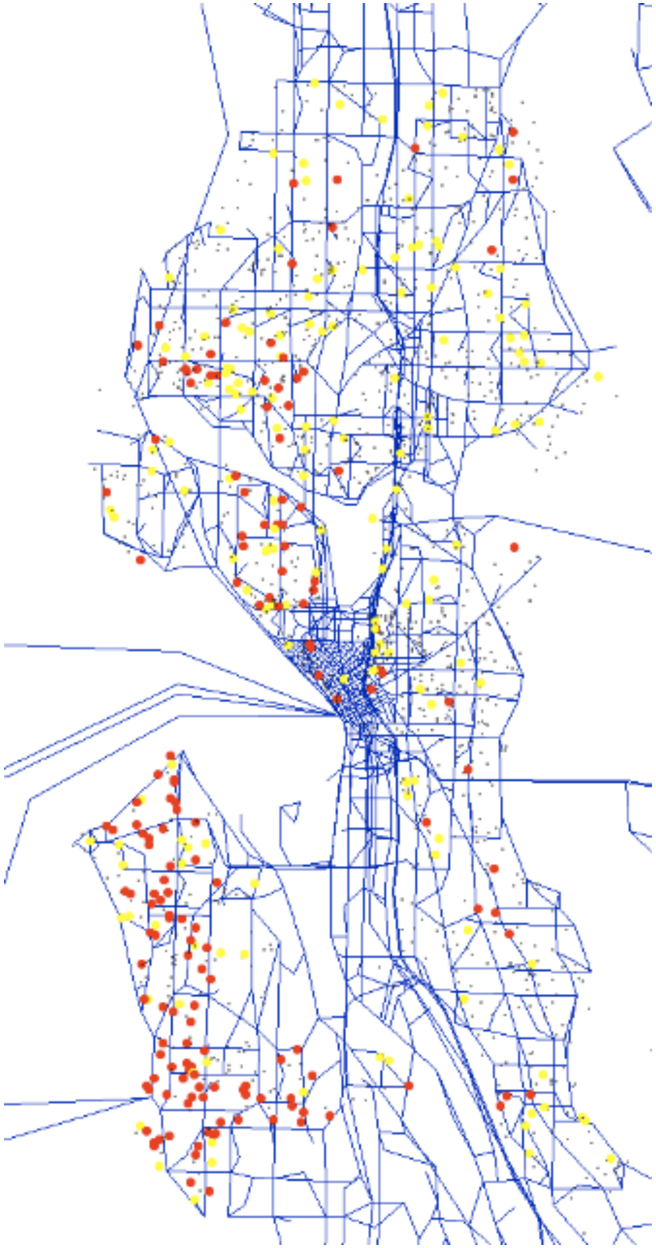
Engpassanalyse [[Brücken in Seattle]]

Routenspinnen [[wer benutzt welche Brücke?]]

betroffene Haushalte nach Maßnahme (nächste Seite)

Top 10% affected housholds ...

… after bridge closure



VISEVA

VISEVA: Software von PTV ...

... entwickelt von Lohse in Dresden.

In etwa: Die ersten drei Stufen werden nach sogenannten **Quelle-Ziel-Gruppen (QZG’n)** aufgetrennt.

Beispiele für QZG’n:

- home→ work
- home→ shop
- work → shop
- work → home
- etc.

Damit das nicht zu viele werden, gibt es auch

- X → other
- other → X
- X → X

Quellen/Senken ...

... für jeden Aktivitäten-Typ separat berechnet (Anzahl “home” Aktivitäten pro Zone, Anzahl “work” Aktivitäten pro Zone, ...).

Zielwahl/Verkehrsmittelwahl …

… wird für jede QZG separat berechnet.

Damit kommt man dann auf eine Version, welche recht gut interpretierbar ist.

Derzeit Standard in Deutschland.

(USA gehen methodisch einen anderen Weg.)

Wege pro Person pro QZG (Berlin)

	Trips per person	%
h.w	0,231	6,78
w.h	0,177	5,21
h.edu	0,059	1,74
edu.h	0,050	1,47
w.k	0,070	2,07
k.w	0,059	1,74
h.shop	0,326	9,56
shop.h	0,373	10,96
h.other	0,776	22,77
other.h	0,681	19,97
w.other	0,088	2,57
other.h	0,041	1,21
other.other	0,475	13,94
Sum	3,41	100

w.k/k.w should be h.k/k.h !!!

Reflektiert (natürlich) das, was wir aus der MiD bereits wissen:

- Eher wenige Wege in den “typischen” Kategorien (home–work, home–education).
- Eher viele Wege in “untypischen” Kategorien (shop, other).

Zusammenfassung

Zusammenfassung

1. Verkehrserzeugung (trip generation). Quellen/Senken. O_i, D_j .
   Mögliches Verfahren: Regression gegen Haushalts-Attribute.
2. Zielwahl (Verkehrsverteilung; trip distribution). Zuordnung von Quellen und Senken. T_{ij} .
   Mögliches Verfahren: Gravitations-Modell
3. Verkehrsmittelwahl (modal split). Absplittung der Fahrten. die kein Auto verwenden.
   Mögliches Verfahren: Discrete choice (exponentiell in utilities)
4. Umlegung ((route) assignment). Routen für die Fahrten mit Auto.
   Prinzip: Nash Gleichgewicht.
   Mögliches Verfahren: Mathematical Programming.
   Es gibt hier ein paar mathematische Eindeutigkeitsaussagen.