

---

# SVI 2018/008

# Generische Ansätze der Verkehrsmodellierung

Dr. Nadine Rieser (Simunto GmbH)

Bence Tasnády (EBP)

SVI-Forschungstagung

08.09.2022

# Inhalte

---

1. Ausgangslage, Ziele der Forschungsarbeit und Begriffsdefinition
2. Auslegeordnung generische Modelle
3. Anwendungsbeispiele
4. Neue Datenquellen
5. Fazit

---

# 1. Ausgangslage, Ziele der Forschungsarbeit und Begriffsdefinition

# Ausgangslage

---

Nicht alle verkehrsplanerische Fragestellungen können mit bestehenden Verkehrsmodellen beantwortet werden, wenn z.B.

- kein Verkehrsmodell in geeigneter Auflösung zur Verfügung steht,
- das Modell relevante Aspekte nicht abdeckt oder
- die Anwendung des Modells zu aufwändig ist.

Aufgrund der Digitalisierung stehen immer mehr Daten zur Verfügung, die das Verkehrsverhalten genauer und umfassender beschreiben können als ein klassisches Verkehrsmodell.

Generische Modelle haben das Potenzial, diese Lücke zu schliessen. Es gibt derzeit jedoch kaum Literatur oder gesammeltes Anwenderwissen zum Einsatz dieser Modelle.

# Wichtigste Forschungsfragen

---

- Was versteht man unter einem generisches Verkehrsmodell?
- Was sind geeignete Datengrundlagen?
- Inwiefern sind generische Modelle prognosefähig?
- Was ist bei der praktischen Anwendung von generischen Modellen zu beachten?
- Was sind die praktischen Grenzen von generischen Modellen?
- Welche Ergebnisgüte kann von generischen Modellen erwartet werden?

# Projektorganisation

---



Dr. Nadine Rieser  
Simunto GmbH  
Ehem. EBP Schweiz AG



Bence Tasnady  
EBP Schweiz AG



Prof. Dr. Matthias Kowald  
Hochschule RheinMain

# Begriffsdefinition

---

Ein generisches Verkehrsmodell ist ein Modell, das zur Untersuchung einer spezifischen Fragestellung erstellt wird.

Es ist im Vergleich mit einem synthetischen Modell mit wenig Aufwand auf Räume mit ähnlichen Eigenschaften übertragbar.

Es kann einen oder mehrere Datensätze einbeziehen, die zu anderen Zwecken erhoben wurden.

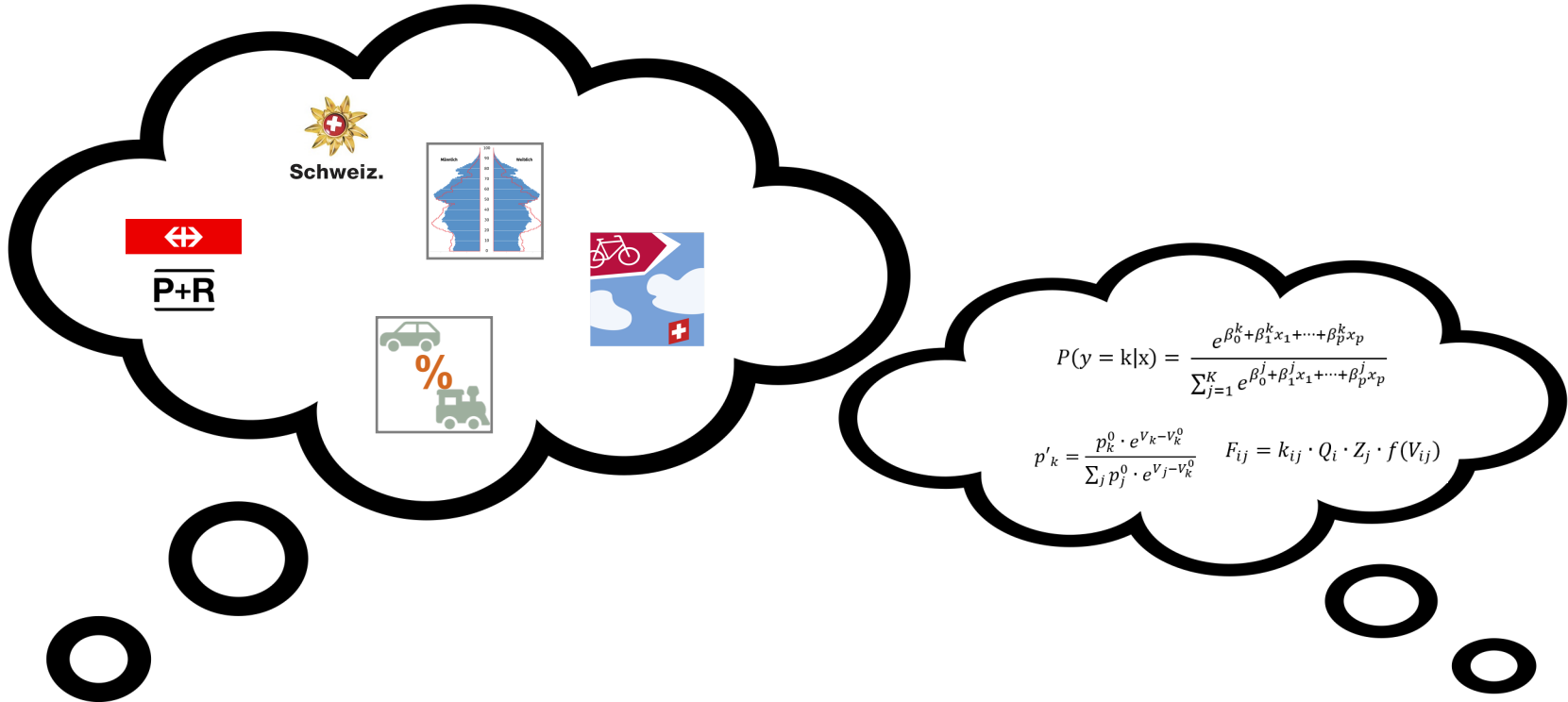
Es besteht aus einem Daten- und einem einfachen Wirkungsmodell und ist auf die Analyse ausgewählter Einflüsse begrenzt.

---

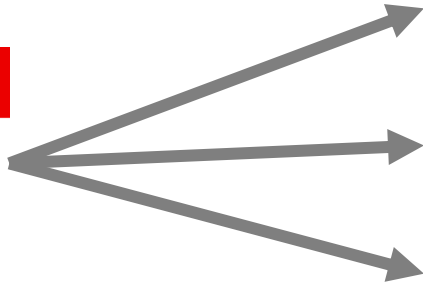
## 2. Auslegeordnung generische Verkehrsmodelle



# Auslegeordnung generische Modelle



# Auslegeordnung generische Modelle



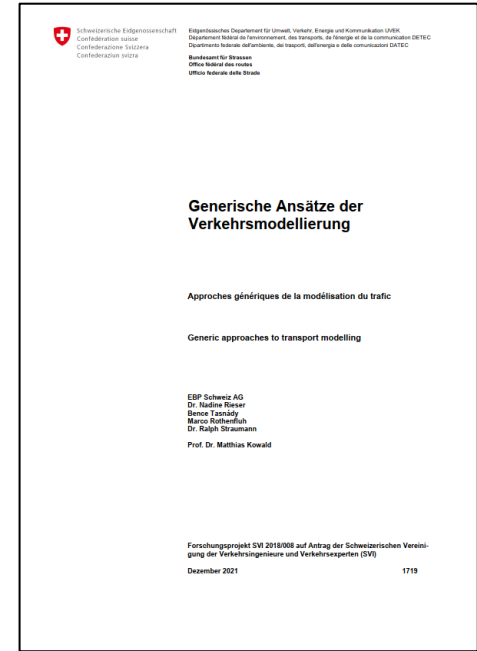
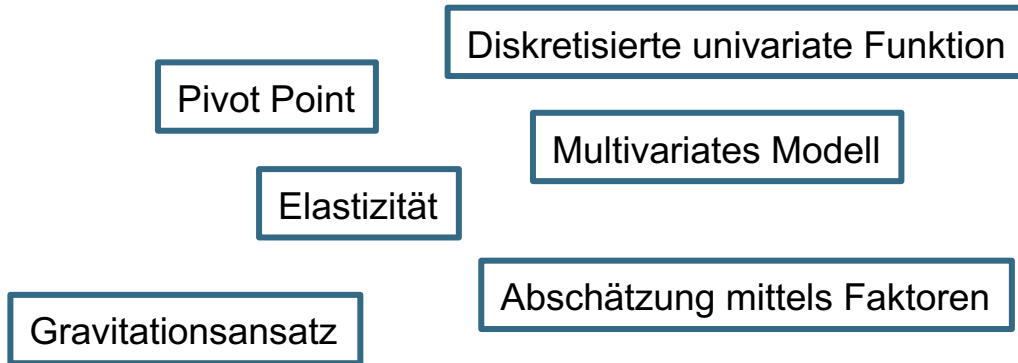
?

$$P(y = k|x) = \frac{e^{\beta_0^k + \beta_1^k x_1 + \dots + \beta_p^k x_p}}{\sum_{j=1}^K e^{\beta_0^j + \beta_1^j x_1 + \dots + \beta_p^j x_p}}$$

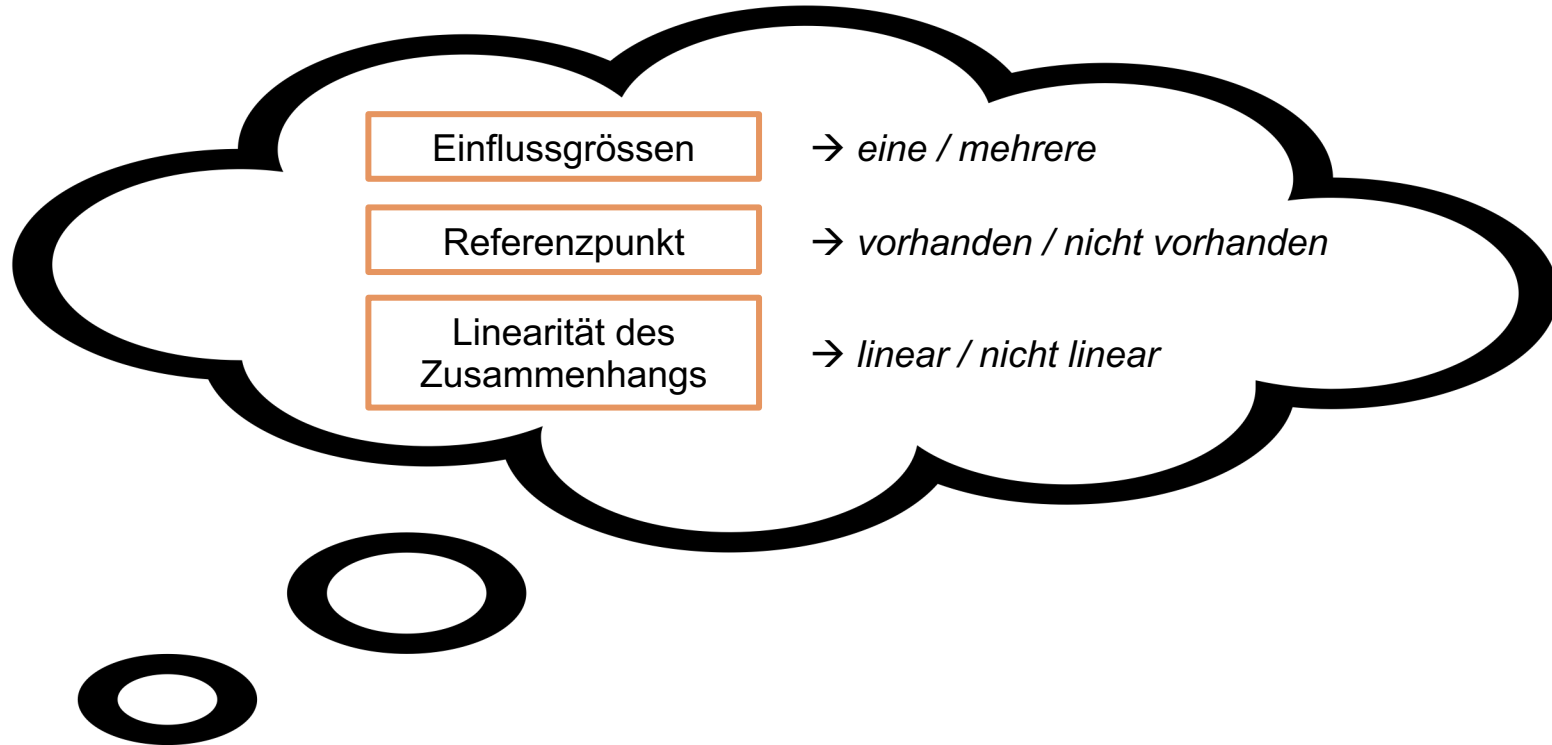
$$p'_{k'} = \frac{p_k^0 \cdot e^{V_k - V_k^0}}{\sum_j p_j^0 \cdot e^{V_j - V_k^0}}$$

$$F_{ij} = k_{ij} \cdot Q_i \cdot Z_j \cdot f(V_{ij})$$

# Auslegeordnung generische Modelle



# Auslegeordnung generische Modelle

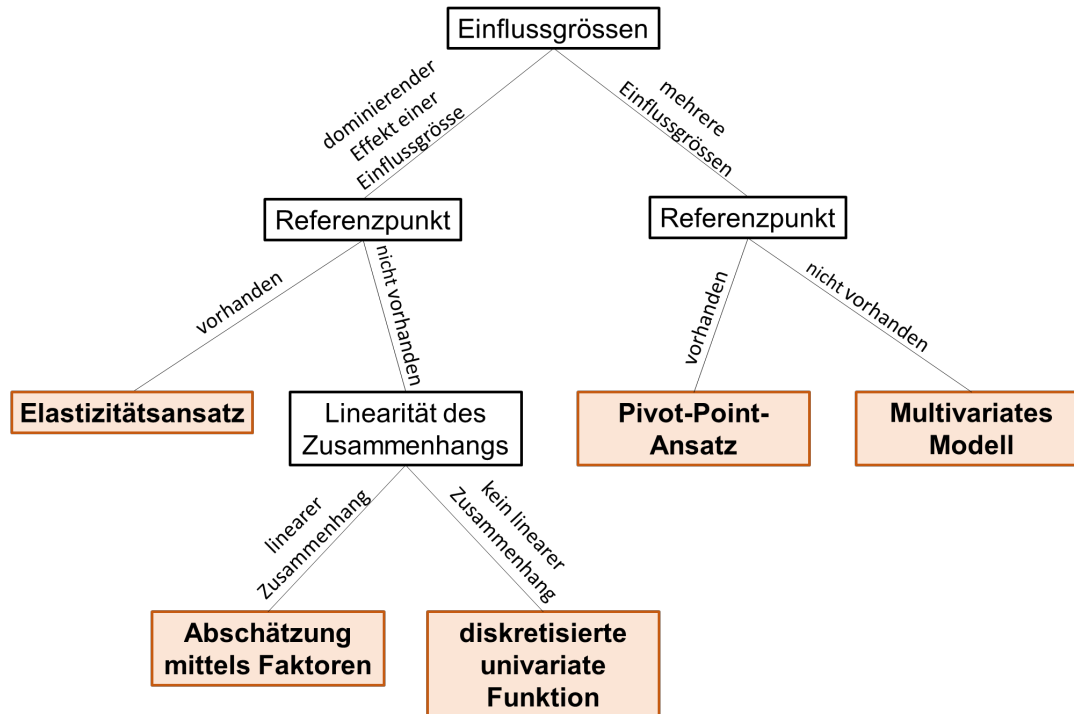


# Auslegeordnung generische Modelle

---

|                              |  |                              |
|------------------------------|--|------------------------------|
| Einflussgrößen               | Modalsplit abhängig von... <u>nur</u> Reisezeit<br>Reisezeit <u>und</u> Reisekosten                                | eine<br>mehrere              |
| Referenzpunkt                | heutiger Modalsplit... <u>bekannt</u> , Berechnung von Veränderungen<br><u>unbekannt</u> , komplette Neuberechnung | vorhanden<br>nicht vorhanden |
| Linearität des Zusammenhangs | Anteil Fusswege... ist <u>unabhängig</u> von der Wegdistanz<br>ist <u>abhängig</u> von der Wegdistanz              | linear<br>nicht linear       |

# Auslegeordnung generische Modelle



---

## 3. Anwendungsbeispiele

# Anwendungsbeispiele

---

- Auswirkungen von Infrastruktur-/Angebotsmassnahmen
  - **Auswirkungen Angebotsmassnahmen auf den Modalsplit**
  - Auswirkung von Infrastrukturprojekten auf Tourismusfahrten
  - Auswirkungen eines Parkraummanagements auf die Anzahl MIV-Fahrten
- Personen- und kohortenbezogene Trends
  - Auswirkungen von demografischen Trends auf Verkehrsverhalten
  - Auswirkungen von Trends im Verkehrsverhalten auf Quell-Ziel-Matrizen
- Intermodale Verkehrsmittelkombinationen
  - **Auswirkungen einer neuen P+Rail-Anlage auf die Anzahl MIV-Fahrten**
- Langsamverkehr und Neue Verkehrsmittel
  - Potenzialabschätzung für «neue» Verkehrsmittel
  - Auswirkungen einer städtischen Velovorzugsroute
  - Analyse der Nutzung von Parks / Freizeitflächen



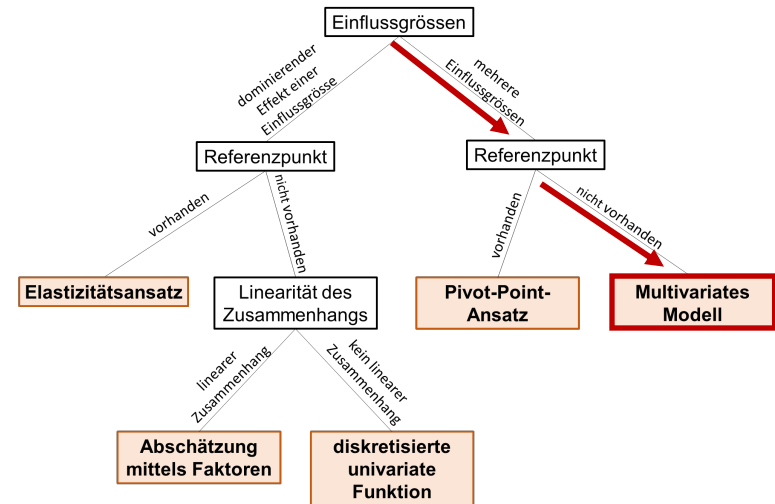
# Anwendungsbeispiel P+Rail-Anlage

## Aufgabenstellung

Abschätzung des theoretischen Potenzials für P+Rail am Standort Richterswil.  
 → Berechnung der Nachfrage, wenn unendlich viele Parkplätze vorhanden wären.

## Generischer Ansatz

Multinomiales logistisches Regressionsmodell:  
 binäre Zielvariable «Wahl des Verkehrsmittels»  
 mit Ausprägungen «MIV» und «P+Rail»



# Anwendungsbeispiel P+Rail-Anlage

## Generischer Ansatz

- Vereinfachung: keine Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeit
- Auswertung der Nutzenfunktion für die Alternativen «MIV» und «P+Rail»
- Annahme, dass derjenige Teil der bestehenden MIV-Nachfrage auf P+Rail umsteigt, der damit einen Nutzengewinn gegenüber der reinen MIV-Fahrt erzielt.  
→ Bei zwei Alternativen wird stets die Alternative mit höherem Nutzen gewählt wird.

$$P(y = k|x) = \frac{e^{\beta_0^k + \beta_1^k x_1 + \dots + \beta_p^k x_p}}{\sum_{j=1}^K e^{\beta_0^j + \beta_1^j x_1 + \dots + \beta_p^j x_p}}$$

# Anwendungsbeispiel P+Rail-Anlage

## Generischer Ansatz

### Berücksichtigte Prädiktoren

- Kosten [in CHF]  
→ kilometerabhängige Fahrzeugkosten, ÖV-Ticketkosten, Kosten für Benutzung P+Rail-Anlage
- Parkkosten [in CHF]
- Fahrtzeit [in Minuten]  
→ Umsteigezeiten und Takt mit pauschalem Zeitzuschlag berücksichtigt

Verwendung unterschiedlicher Parameter für die verschiedenen Verkehrsmittel

$$P(y = k|x) = \frac{e^{\beta_0^k + \beta_1^k x_1 + \dots + \beta_p^k x_p}}{\sum_{j=1}^K e^{\beta_0^j + \beta_1^j x_1 + \dots + \beta_p^j x_p}}$$

# Anwendungsbeispiel P+Rail-Anlage

## Grundlagen

- NPVM 2017 (MIV und ÖV)
  - Nachfragematrix Personenverkehr (MIV und ÖV)
  - Kenngrössenmatrizen MIV (Reisezeit und Distanz)
  - Kenngrössenmatrizen ÖV (Reisezeit (inkl. Umsteigezeiten) und Distanz)
- Analyse der SP-Befragung 2015 zur Verkehrsmodus- und Routenwahl

## Parameter und Annahmen

**Tab. 6** Parameter multivariates Modell

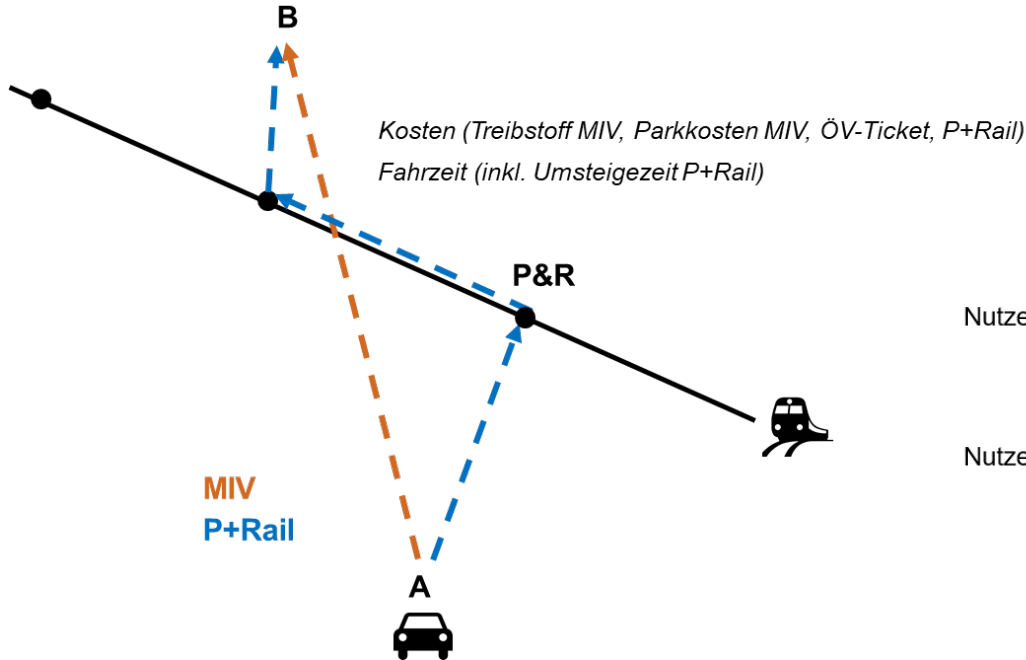
| Kenngrösse | Parameter MIV | Parameter ÖV |
|------------|---------------|--------------|
| Konstante  | -             | -0.522       |
| Reisezeit  | -0.057        | -0.038       |
| Kosten     | -0.164        | -0.164       |
| Parkkosten | -0.135        | -            |

**Tab. 7** Annahmen P+Rail

| Attribut  | Wert  |
|---|-------|
| Fahrtkosten MIV pro km [CHF]  | 0.184 |
| Kosten Benutzung P+Rail pro Tag [CHF] <sup>2</sup>                                      | 2.19  |
| Kosten ÖV-Abo pro Tag [CHF] <sup>3</sup>  | 6.10  |
| Parkkosten pro Tag [CHF]  | 4.00  |
| Pauschaler Zeitzuschlag ÖV [Minuten] für Berücksichtigung von Takt und Umsteigen MIV-ÖV | 10    |

# Anwendungsbeispiel P+Rail-Anlage

## Vorgehen



$$\begin{aligned} \text{Nutzen MIV} = & - 0.057 * [\text{Fahrzeit MIV von A nach B}] \\ & - 0.164 * [\text{MIV-Distanz von A nach B}] * 0.184 \\ & - 0.135 * 4.00 \text{ CHF Parkkosten an Ort B} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nutzen P+Rail} = & - 0.522 \\ & - 0.057 * [\text{Fahrzeit MIV von A zu P+Rail}] \\ & - 0.038 * ([\text{Fahrzeit ÖV}] + 10 \text{ min Zeitzuschlag}) \\ & - 0.164 * [\text{MIV-Distanz von A zu P+Rail}] * 0.184 \\ & - 0.164 * (2.19 \text{ P+Rail-Kosten} + 6.10 \text{ ÖV-Ticket}) \end{aligned}$$

# Anwendungsbeispiel P+Rail-Anlage

---

## Ergebnisse und Diskussion

- Nachfragepotenzial von 104 Fahrzeugen (heute verfügbar: 132 PP)
- Sensitivität

### **Parkplatzpreis**

- Erhöhung des Parkplatzpreises am Ziel um 10% erhöht die Nachfrage nach P+Rail-Parkplätzen um 45%.
- Verringerung des Preises um 10% reduziert die Nachfrage nach P+Rail um 28%.

### **Zeitzuschlag Umsteigen, Takt etc.**

- Erhöhung des Zuschlags um 10% reduziert die Nachfrage nach P+Rail-Parkplätzen um 20%.
- Reduktion des Zuschlags um 10% erhöht die Nachfrage nach P+Rail um 30%

# Anwendungsbeispiel P+Rail-Anlage

---

## Ergebnisse und Diskussion

- Sensitivität
  - Berechnungsergebnis sehr stark von den Annahmen beeinflusst
  - Sensitivitätsberechnung unumgänglich
  - Annahmen sind mit der Auftraggeberschaft abzustimmen und gut zu dokumentieren
  - Ergebnisse als Bandbreiten anzugeben
- Vereinfachte Nutzenfunktion und Entscheidungsmodell
  - Verwendete Nutzenfunktion mit Reduktion auf Kosten, Parkkosten und Fahrtzeit ist stark vereinfacht
  - Weitere Aspekte wie Verspätungswahrscheinlichkeit, Parksuchzeit, ÖV-Takt etc. könnten ebenfalls miteinfließen
  - Da bereits kleine Änderungen der Parameter eine grosse Hebelwirkung erzeugen, empfiehlt es sich, die Nutzenfunktion einfach zu halten

# Anwendungsbeispiel P+Rail-Anlage

---

## Ergebnisse und Diskussion

- Vereinfachte Nutzenfunktion und Entscheidungsmodell
  - Annahme, dass derjenige Teil der bestehenden MIV-Nachfrage auf P+Rail umsteigt, der damit einen Nutzengewinn gegenüber der reinen MIV-Fahrt erzielt.
    - Bei zwei Alternativen wird stets die Alternative mit höherem Nutzen gewählt wird.
  - Bei Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeit werden sehr kleine Anteile zu einer beträchtlichen Zahl an Umsteigern aufsummiert.
  - Potenzial von rund 35'000 Fahrzeugen statt 104 Fahrzeugen.  
Grund: sehr kleine Anteile von über 2'000'000 Relationen werden aufsummiert



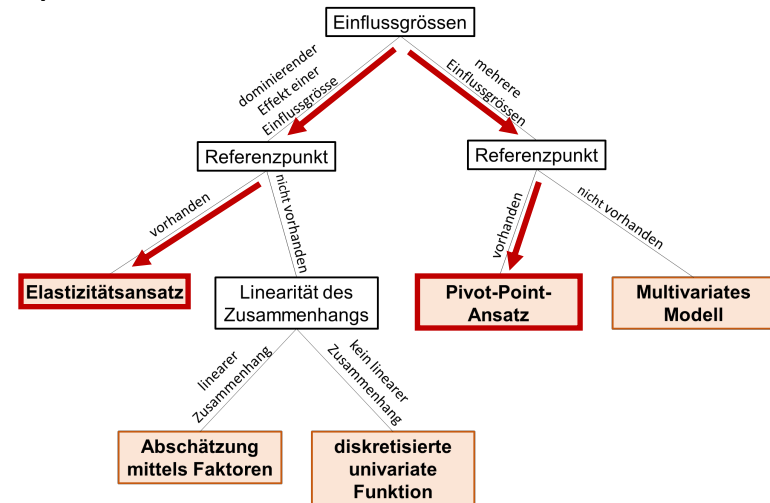
# Fallbeispiel Auswirkungen einer neuen Bahnlinie

## Aufgabenstellung

- Neubau einer direkten Bahnverbindung zwischen Neuchâtel und La Chaux-de-Fonds: Verkürzung der Reisezeiten, Reduktion des Takts von 30 auf 15 Minuten
- Abschätzung der Auswirkungen auf den Modal-Split

## Generische Ansätze

- Elastizitäten
- Pivot-Point



# Fallbeispiel Auswirkungen einer neuen Bahnlinie

## Elastizitätsansatz

- Relative Veränderung einer Zielgrösse auf die relative Veränderung eines Prädiktors.
- Aufsummierung der Effekte mehrerer Elastizitätsberechnungen möglich

$$\frac{\Delta y}{y} = \varepsilon \frac{\Delta x}{x}$$

## Pivot-Point

- Zusammenhang zwischen einer Zielgrösse und mehreren Prädiktoren.
- Berechnung der Zielgrösse als marginale Veränderung zu einem Referenzpunkt.

$$p'_k = \frac{p_k^0 \cdot e^{V_k - V_k^0}}{\sum_j p_j^0 \cdot e^{V_j - V_k^0}}$$

# Fallbeispiel Auswirkungen einer neuen Bahnlinie

---

## Grundlagen

- Studie «Regionalwirtschaftliche Auswirkungen einer neuen direkten Bahnlinie Neuchâtel – La Chaux-de-Fonds», in der die Auswirkungen mit dem Verkehrsmodell Neuchâtel berechnet wurden
- Aus diesen Arbeiten: Übernahme der Quell-Ziel-Matrizen für den Referenzfall und der Kenngrößenmatrizen MIV und ÖV für den Referenz- und Planfall
- Zusätzliche Berechnung von Matrizen für Kosten (MIV und ÖV) und Intervall ÖV

# Fallbeispiel Auswirkungen einer neuen Bahnlinie

## Parameter und Annahmen

- Elastizitäten aus verschiedenen Schweizer Studien

| Kenngrösse           | Vrtic und Axhausen (2003) | BAV (2017) | ARE (2012) | ARE (2017) |
|----------------------|---------------------------|------------|------------|------------|
| Reisezeit ÖV         | -0.58                     | -1.00      | -0.81      | -0.80      |
| Kosten ÖV            | -0.25                     | -          | -0.15      | -0.50      |
| Intervall            | -0.23                     | -          | -          | -          |
| Bedienungshäufigkeit | -                         | +0.40      | -          | -          |

- Parameter Pivot-Point aus SP-Befragung zum MZMV 2010

| Kenngrösse          | Parameter MIV | Parameter ÖV |
|---------------------|---------------|--------------|
| Konstante           | 0.185         | -            |
| Reisezeit           | -1.383        | -0.921       |
| Kosten              | -0.050        | -0.050       |
| Zu- und Abgangszeit | -             | -2.493       |
| Intervall           | -             | -0.414       |
| Umsteigezahl        | -             | -0.378       |

# Fallbeispiel Auswirkungen einer neuen Bahnlinie

## Ergebnisse

|                           | ÖV-Fahrten | ÖV-Anteil | Zunahme ÖV-Fahrten |
|---------------------------|------------|-----------|--------------------|
| Referenz                  | 41'790     | 25.4%     | -                  |
| Synthetisches Modell      | 43'952     | 26.4%     | 2'163              |
| Pivot-Point               | 43'290     | 26.2%     | 1'501              |
| Elastizität Vrtic (2003)  | 42'691     | 25.9%     | 901                |
| Elastizität Leitfaden BAV | 43'042     | 26.1%     | 1'252              |
| Elastizität ARE (2012)    | 42'567     | 25.9%     | 777                |
| Elastizität ARE (2017)    | 43'049     | 26.1%     | 1'259              |

# Fallbeispiel Auswirkungen einer neuen Bahnlinie

---

## Diskussion der Ergebnisse

- Grösster Modal-Shift mit dem synthetischen Modell, da hier Wechselwirkungen zwischen Faktoren und Zielwahleffekte (besser) abgebildet werden
- Beste Annäherung an synthetisches Modell mit Pivot-Point-Ansatz
- Elastizitäten
  - Grosse Unterschiede je nach Quelle der Parameter
  - Elastizitäten aus der Literatur sind daher immer zu hinterfragen, z.B. im Hinblick auf den zur Berechnung verwendeten Mittelwert, die Art der betrachteten Verkehre (Fernverkehr vs. Regionalverkehr vs. lokaler ÖV)
  - Gut geeignet für grobe Abschätzung, nicht aber differenzierte Betrachtung

---

## 4. Neue Datenquellen

# Neue Datenquellen

---

Durch Digitalisierung stehen umfassendere und genauere Daten zum (Verkehrs-)Verhalten der Bevölkerung zur Verfügung

Diese Daten wurden i.d.R. jedoch für andere Zwecke erhoben , d.h. der Schwerpunkt der Kosten entsteht nicht bei der Erhebung sondern bei der Aufbereitung



# Neue Datenquellen

---

Beispiele für neue Datenquellen:

- Mobile GPS Data
- Floating Car Data
- Mobile Network Data
- Automatische Fahrgastzählungen im ÖV
- Buchungs- und Zahlungsinformationen im ÖV
- Nutzungsinformationen von Sharing-Systemen
- Automatische Kennzeichenerfassung mit Kamerasystemen (ANPR)
- Wifi- / Bluetooth Ortung

# Neue Datenquellen: Mobile GPS-Data

---

## **Aufgezeichnete Daten**

- Bewegungsprofile von mobilen Geräten wie Smartphones oder tragbaren GPS-Loggern

## **Verfügbarkeit**

- Rechtlich: Aktive Zustimmung der Teilnehmenden notwendig
- Räumlich: Flächendeckend

## **Ableitbare Entscheidungssituationen**

- (Verkehrsaufkommen), Zielwahl, Moduswahl, Routenwahl

## **Eignung für generische Modelle**

- Grundlage für die Schätzung Multivariater Modelle, Elastizitäten, Faktoren und Pivot-Point-Parameter

## **Grenzen**

- Stichprobe und Repräsentativität
- Für Angaben zu Aktivitäten und Personengruppen Zusatzbefragungen notwendig

# Neue Datenquellen: ÖV-Buchungsinformationen

---

## **Aufgezeichnete Daten**

- Start- und Zielort von ÖV-Fahrten sowie Zeiten

## **Verfügbarkeit**

- Rechtlich: allgemeine Buchungsinformationen anonym auswertbar, Datenschutzerfordernungen bei Verknüpfung mit Kundenprofilen
- Räumlich: i.d.R. auf Verkehrsunternehmen / Verkehrsverbund begrenzt

## **Ableitbare Entscheidungssituationen**

- Verkehrsaufkommen und Zielwahl in Bezug auf Haltestellen, Routenwahl

## **Eignung für generische Modelle**

- Ableitung von Matrizen als Grundlage für Modelle mit Referenzpunkt, Schätzung von Routenwahlmodellen (inkl. Faktoren, Elastizitäten, Parameter für Pivot-Point)

## **Grenzen**

- Begrenzung auf ein Verkehrsmittel
- Keine Erfassung der eigentlichen Ziele und je nach Design der Personengruppen

# Neue Datenquellen: Sharing-Nutzungsinformationen

---

## **Aufgezeichnete Daten**

- Bewegungsprofile auf Basis von Mietvorgängen

## **Verfügbarkeit**

- Rechtlich: i.d.R. anonyme Auswertung ohne Verknüpfung mit Nutzerprofilen
- Räumlich: je nach Anbieter flächendeckend im Betriebsgebiet

## **Ableitbare Entscheidungssituationen**

- (Zielwahl), Routenwahl

## **Eignung für generische Modelle**

- Ableitung von Matrizen als Grundlage für Modelle mit Referenzpunkt, Schätzung von Routenwahlmodellen (inkl. Faktoren, Elastizitäten, Parameter für Pivot-Point)

## **Grenzen**

- Begrenzung auf ein Verkehrsmittel
- Keine Erfassung der eigentlichen Ziele und von Personengruppen

# Neue Datenquellen und generische Verkehrsmodelle

---

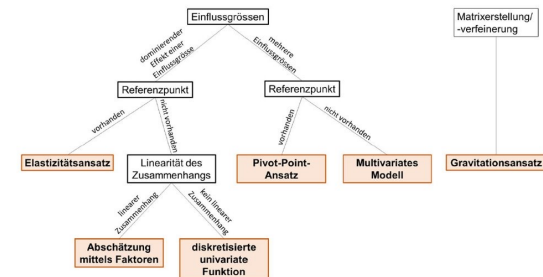
- Es stehen oft mehrere Datenquellen mit unterschiedlichen Stärken und Schwächen zur Verfügung.
- Die Auswahl der Datengrundlage und des Modellierungsansatzes wird durch die Fragestellung und die angestrebte Erkenntnistiefe bestimmt.
- Die Qualität der Eingangsdaten bestimmt die Prognosequalität des generischen Verkehrsmodells. Bei der Auswahl ist daher das Potenzial für statistische Unsicherheit und die Herausforderungen für eine Hochrechnung zu berücksichtigen.
- Der Bezug und insbesondere die Aufbereitung und Analyse von Daten aus neuen Datenquellen können zeitintensiv ausfallen.
- Es ist unbedingt sicherzustellen, dass die Anforderungen des Datenschutzes eingehalten werden.
- Die Arbeiten mit den Daten sind zu dokumentieren, um die Bildung von Blackboxes zu vermeiden.

---

## 5. Fazit

# Empfehlungen zur Auswahl eines generischen Modellansatzes

- Im ersten Schritt muss die Aufgabenstellung in Bezug auf Ziele, Anwendungsgebiet und Analysetiefe detailliert beschrieben werden.
- Falls ein synthetisches Verkehrsmodell vorliegt, kann es ggf. um ein generisches Modell erweitert werden oder wertvolle Grundlegendaten liefern.
- Die Auswahl der verhaltensbezogenen Daten sollte frühzeitig erfolgen. Es muss sichergestellt werden, dass die Daten im Hinblick auf ihre räumliche und zeitliche Auflösung und die abgebildeten Entscheidungen für die Fragestellung geeignet und für den Untersuchungsraum gültig sind.
- Für die Auswahl des spezifischen Ansatzes kann der Entscheidungsbaum verwendet werden.



# Einsatzgebiete und Grenzen

---

- Generische Modelle eignen sich besonders gut für Abschätzungen auf hoher Flugebene und wenn – räumlich oder inhaltlich – kein geeignetes synthetisches Modell zur Verfügung steht.
- Die Ergebnisse generische Modelle sind stark abhängig von den hinterlegten Annahmen. Diese sind daher detailliert auszuweisen ebenso wie mögliche Einschränkungen in Bezug auf die Analysetiefe und das Prognosepotenzial.
- Die Anwendung generischer Modelle und die Nutzung neuer Datenquellen erfordern entsprechende statistische Fachkenntnisse.



## Ausblick

---

- Generische Modelle sind in der Schweiz noch weitgehend unbekannt. Mit der Forschungsarbeit wurde eine erste Grundlage geschaffen, weitere Forschung und Sammlung von Praxiserfahrung ist aber notwendig.
- Hilfreich wäre eine zentrale Sammlung von Anwendungen generischer Modelle als Nachschlagewerk und Grundlage für weitergehende Empfehlungen.
- Diese Sammlung sollte auch eine Übersicht der verwendeten Parameter beinhalten, da diese in der praktischen Anwendung oft eine grosse Herausforderung darstellen.
- Das Potenzial neuer Datenquellen wird heute in der Schweiz noch zu wenig genutzt. Hier besteht noch grosser Forschungsbedarf. Ein erster Schritt dazu ist die 2021 begonnene Forschungsarbeit «VPT\_20\_11A Möglichkeiten zur Nutzung neuer Daten».
- Genehmigungen für die Markteinführung von Verkehrsangeboten sollten mit den Nutzungsrechten von Monitoringdaten für die genehmigende Instanz einhergehen.

# BACKUP

---

---

# Auslegeordnung generische Modelle

## – Multivariates Modell

- Zusammenhang zwischen einer Zielgrösse und mehreren Prädiktoren.
- Überbegriff für mehrere Modelle, Beispiel: Regressionsmodell (multiple lineare Regression)
- In der Verkehrsplanung oft *Nutzenfunktion* genannt
- Herausforderungen: Bestimmung der Parameter; grosse Veränderungen berechenbar aber Gefahr der Extrapolation («Überschiessen»)
- Anwendbarkeit: erfordert Verständnis für Statistik und Modelle

$$P(y = k|x) = \frac{e^{\beta_0^k + \beta_1^k x_1 + \dots + \beta_p^k x_p}}{\sum_{j=1}^K e^{\beta_0^j + \beta_1^j x_1 + \dots + \beta_p^j x_p}}$$

# Auslegeordnung generische Modelle

---

## – Elastizität

- Relative Veränderung einer Zielgröße auf die relative Veränderung eines Prädiktors.
- Spezialfall der linearen Regression (log-log-Modell).
- Herausforderungen: Referenzdaten für Zielgröße erforderlich. Nur inkrementelle Veränderungen berechenbar.
- Anwendbarkeit: erfordert wenig Verständnis für Statistik und Modelle

$$\frac{\Delta y}{y} = \varepsilon \frac{\Delta x}{x}$$

# Auslegeordnung generische Modelle

## – Diskretisierte univariate Funktion

- Zusammenhang zwischen einer Zielgrösse und einem Prädiktor
- Spezialfall des multivariaten Modells: Nur ein dominierender Prädiktor betrachtet, der diskretisiert wird.
- Das Modell verknüpft den diskretisierten Prädiktor mit dem dazugehörigen Wert der Zielgrösse.
- Herausforderungen: Vereinfachung eines multivariaten Modells, Prüfung der Dominanz des Prädiktors, Prüfung der Diskretisierung (Klassenbreiten) → für grobe Abschätzungen
- Anwendbarkeit: erfordert wenig Verständnis für Statistik und Modelle

*Tabelle, die für jedes Intervall bzw. Klasse des Prädiktors einen Faktor oder direkt die zugehörige Zielgrösse angibt*

# Auslegeordnung generische Modelle

---

## – Abschätzung mittels Faktoren

- Berechnung einer Zielgröße mittels eines konstanten Faktors aus einer dominierenden Variable (Umrechnungsfaktor).
- Spezialfall der diskretisierten univariaten Funktion.
- Herausforderungen: Sehr starke Vereinfachung eines multivariaten Modells, Prüfung der Dominanz des Faktors, Prüfung der Linearitätsannahme (konstanter Faktor)
- Anwendbarkeit: erfordert wenig Verständnis für Statistik und Modelle

$$y = f \cdot x$$

# Auslegeordnung generische Modelle

---

## – Pivot Point

- Zusammenhang zwischen einer Zielgrösse und mehreren Prädiktoren.
- Berechnung der Zielgrösse als marginale Veränderung zu einem Referenzpunkt.
- Herausforderungen: Referenzpunkt für Zielgrösse erforderlich, nur inkrementelle Veränderungen berechenbar.
- Anwendbarkeit: erfordert gewisses Verständnis für Statistik und Modelle

$$p'_k = \frac{p_k^0 \cdot e^{V_k - V_k^0}}{\sum_j p_j^0 \cdot e^{V_j - V_k^0}}$$

# Neue Datenquellen

---

Bei der Beschaffung solcher Daten sollte daher auf Folgendes geachtet werden:

- Stichprobengrösse und Repräsentativität
- Rechtliche und räumliche Verfügbarkeit
- Räumliche und zeitliche Auflösung
- Qualitätsstandards
- Kosten für Beschaffung und Aufbereitung
- Eignung für Fragestellung (ableitbares Verhalten, Kombinationen mit anderen Daten)