



Technische  
Hochschule  
Wildau  
*Technical University  
of Applied Sciences*

TH Wildau, August 2022

Lernvideo (1-5) zur Einführung in die  
***Makroskopische Verkehrsnetzmodellierung am Beispiel von PTV VISUM***

*Technische Hochschule Wildau*

Prof. Dr. Ralf Kohlen & Prof. Dr. Christian Liebchen



# Wozu Verkehrsnetzmodellierung?

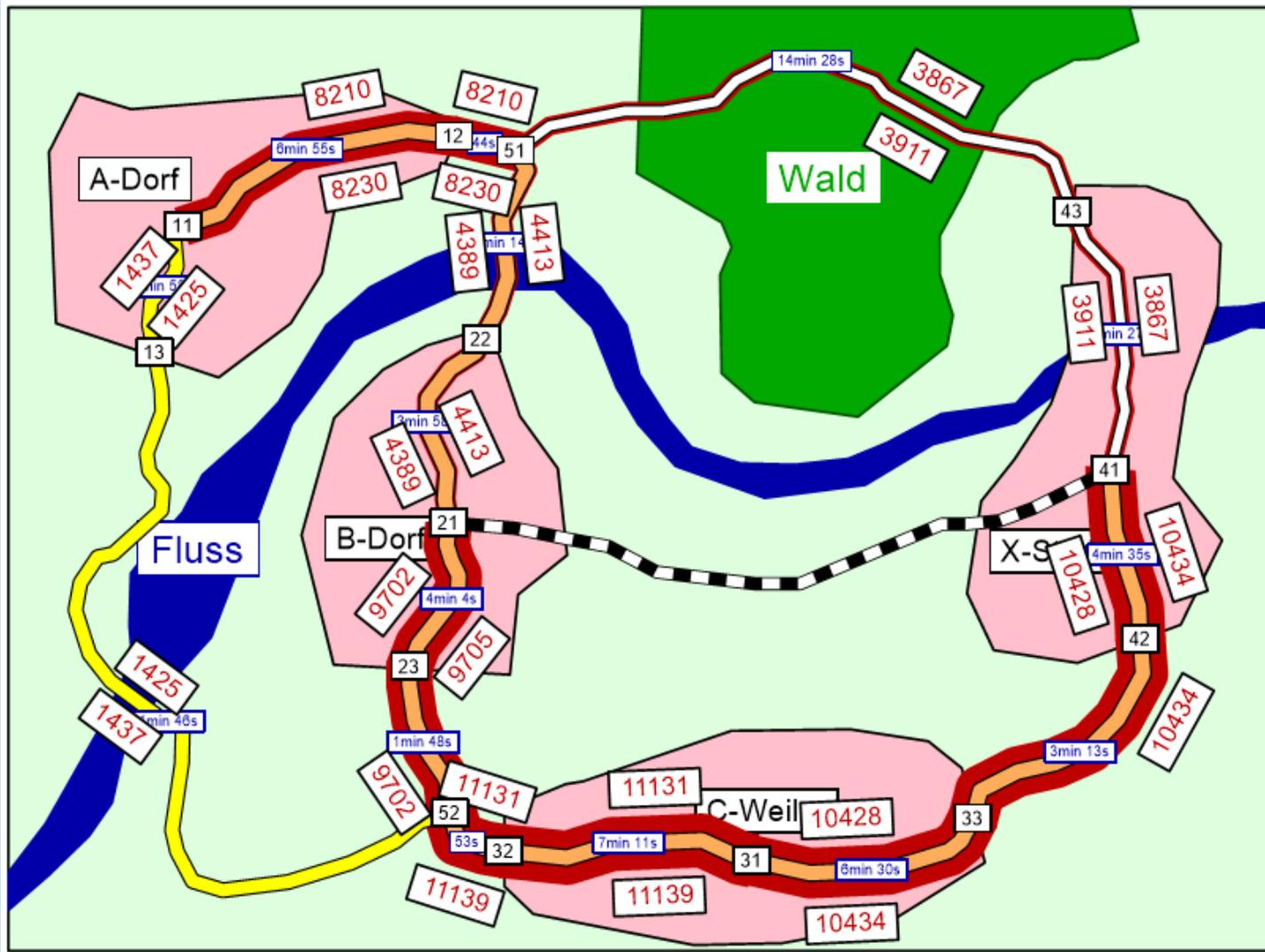


## Ausgewählte einschlägige Fragestellungen

- Design von **Lichtsignalanlagen** („Ampeln“) an Kreuzungen
  - Ist es sinnvoll, für Linksabbieger eine eigene Ampelphase zu schalten?
  - Für welche Richtung sollte der Grünanteil am größten sein?
- Planung von **Straßenbaustellen**
  - Welche Umleitungsrouten werden voraussichtlich besonders stark nachgefragt werden, wären entlang dieser ggf. sogar extra Halteverbote notwendig?
- **Öffentlicher Verkehr**
  - Ab welcher Tageszeit wäre es abends sinnvoll, S- und U-Bahn mit etwas kürzeren Zügen verkehren zu lassen?
- All diese Fragestellungen betreffen Verkehrsbelastungen von Verkehrswegen – diese ergeben sich, indem Verkehrsteilnehmer/innen (**Nachfrage**) **Wege** durch das **Verkehrsnetz** wählen!

# Zielbild

## Verkehrsnetz mit erwarteten Verkehrsbelastungen je Strecke





# Eine Umlegung benötigt Netz und Nachfrage



Allgemein sind Auslastungen das Ergebnis von Angebot & Nachfrage

- „Alle Umlegungen in Visum [...] arbeiten Wege-basiert. Das bedeutet, dass in der Umlegung mögliche Wege für jede Quelle-Ziel-Relation ermittelt und mit einem Anteil der Nachfrage belastet werden. Alle anderen Ergebnisse, insbesondere die Belastungen der verschiedenen Netzobjekte und die Kenngrößenmatrizen, werden aus diesen belasteten Wegen abgeleitet. Wege sind also das zentrale Ergebnis der Umlegungsverfahren.“  
PTV Visum 15 Handbuch, Abschnitt 7.3 IV-Wege)

**Netz („Angebot“)**  
d.h. Strecken mit Kapazitäten bzw. Fahrplanfahrten

**Nachfrage**  
d.h. Anzahl Fahrten pro Zeit zwischen je zwei Verkehrszellen

**Umlegung**

**belastete Netzelemente  
(Strecken, Fahrplanfahrten)**

**Wesentliche Aufgabe von Verkehrsplanung: mögliche Überlastungen von Netzelementen rechtzeitig im Vorfeld erkennen und angemessene Gegenmaßnahmen einleiten**

## Inhaltsübersicht

- Teil 1
  - Übersicht über die gesamte Lernvideo-Serie
  - Datentechnische Vorbereitungen
  - Netzaufbau von Verkehrswegen
- Teil 2
  - Exkurs: Graphische Darstellung
  - Ergänzung des Netzaufbaus um Quellen von Verkehrsnachfrage
- Teil 3
  - Exkurs: Verkehrsnachfragemodellierung
  - Wegewahl von Verkehrsteilnehmer/innen
- Teil 4
  - Netzaufbau öffentlicher Verkehr: Haltestellen
- Teil 5
  - Netzaufbau öffentlicher Verkehr: Fahrplanfahrten

# Motivation zur Auswahl von PTV Visum

## Ausgewählte etablierte Softwareprodukte zur Verkehrsmodellierung



- **aimsun**, Aimsun SLU, Barcelona, Spanien
- **EMME**, INRO, Montréal, Kanada
- **Visum**, PTV AG, Karlsruhe, Deutschland



aimsun.

- PTV Visum ist insbesondere zum akademischen Einsatz kostenfrei nutzbar
- PTV Visum wird in Deutschland verbreitet genutzt
  - teilweise direkt durch die PTV AG (z.B. Masterplan Mobilität Stadt Münster 2035+ vom Januar 2022)
  - auch durch weitere beratende Verkehrsingenieurbüros (z.B. Nahverkehrsplan für den Nahverkehrsraum Chemnitz/Zwickau 2021 bis 2025)



Bildquellen: aimsun.com, inrosoftware.com, company.ptvgroup.com, opendata.stadt-muenster.com und vms.de

# Bestimmte Netzelemente beziehen sich auf andere

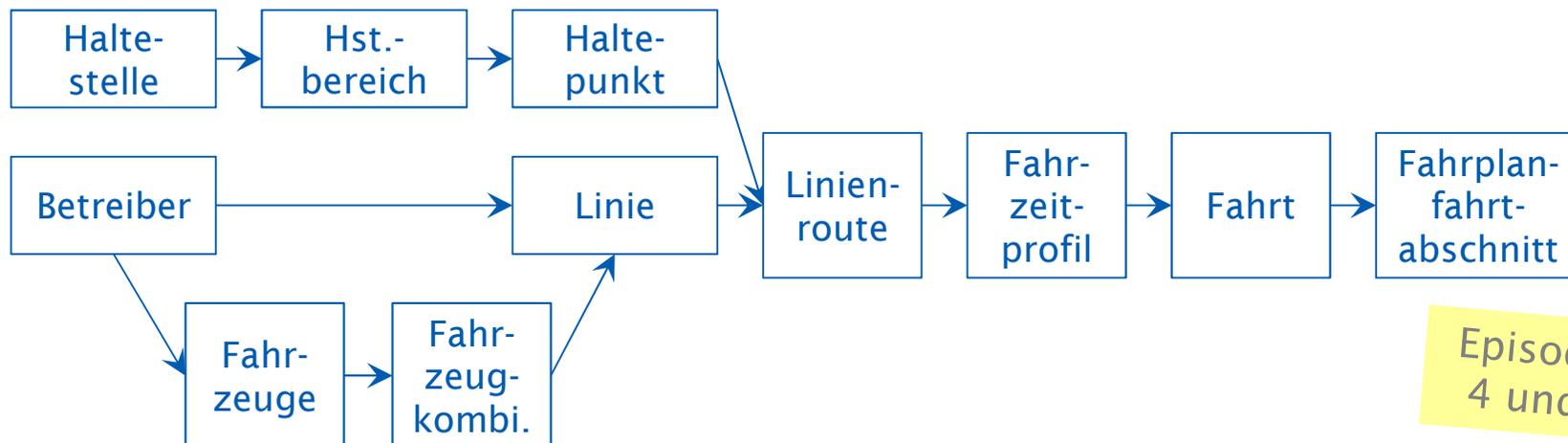
## Einfügereihenfolge von Netzelementen

- Allgemeines Netzmodell (insbesondere Individualverkehr)



Episoden  
1 bis 3

- Zusätzliche Netzelemente für öffentlichen Verkehr (ÖV)

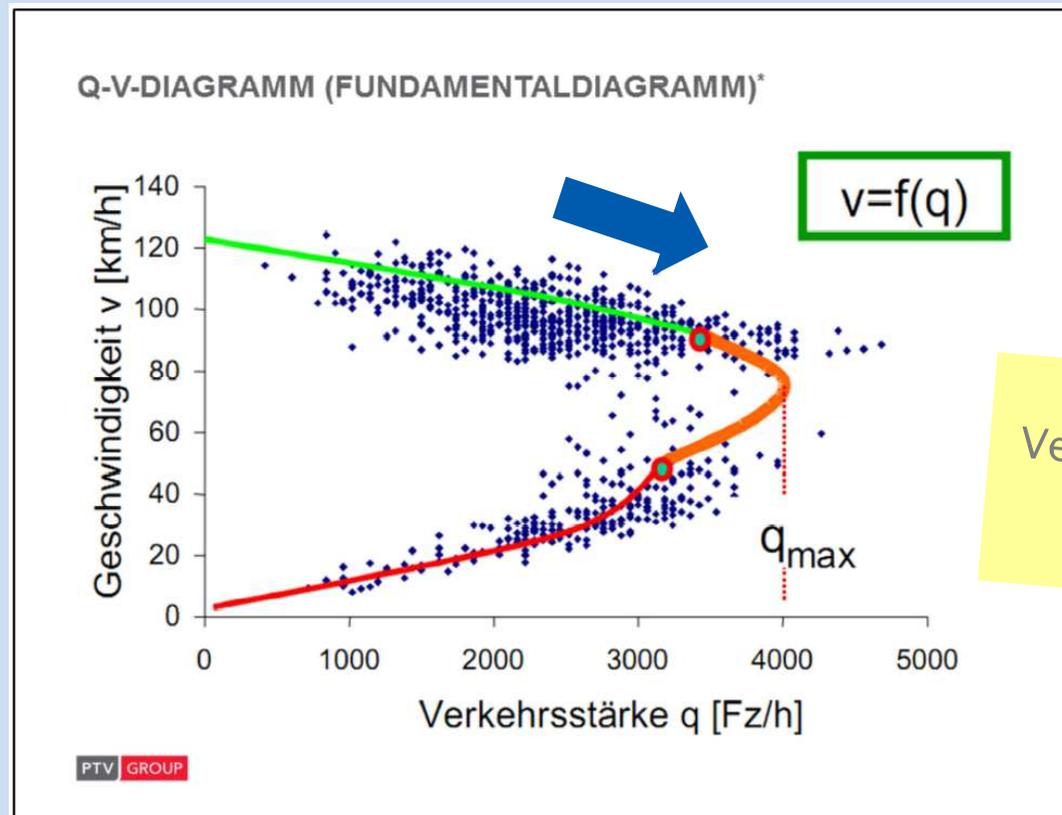


Episoden  
4 und 5

# Nachfrageabhängige Streckenfahrzeiten (1/2)

## Capacity-Restraint-Functions (CR) bzw. Volume-Delay-Functions (VDF)

- Prinzipiell hängen Geschwindigkeit (bzw. Fahrzeit) von der Verkehrsstärke<sup>1</sup> ab:  
*„Je mehr MIV-Fahrzeuge, desto langsamer wird's!“*



Bildquelle: PTV Visum Basiskurs, Teilnehmerunterlage, PTV AG (2016) 1 Fahrzeuge pro Zeit

# Exkurs: Verkehrsnachfragemodellierung (1/2)



Motivation: Ortsveränderungen folgen häufig typischen Mustern

- Wann haben *Sie* **gestern** aus welchem Anlass welche wie weiten **Wege** mit welchen Verkehrsmitteln zurückgelegt?
- Typische Antworten:

Quelle	Ziel	Zeit	Distanz	Verkehrsmittel
Wohnung	Arbeitsstätte	morgens	10km	ÖPNV
Arbeitsstätte	Supermarkt	nachmittags	10km	ÖPNV
Supermarkt	Wohnung	anschließend	1 km	zu Fuß

- Leitfragen:
  - Aus **welchen Anlässen** finden **wie viele** Ortsveränderungen statt?
  - **Welche Ziele** haben Ortsveränderungen dabei?
  - In **welchen Verkehrsmodi** werden diese zurückgelegt?
  - **Welche Wege** werden dabei genutzt?

# Exkurs: Verkehrsnachfragemodellierung (2/2)



## Verbreitete Verfahrensschritte („4-Stufen-Modell“)

Pro Nachfrageschicht bzw. **verhaltenshomogener Quelle-Ziel-Gruppe**  
(z.B. „Wohnen-Arbeiten“, „Arbeiten-Einkaufen“, „Einkaufen-Wohnen“)

### „E“: Verkehrserzeugung

- Wie häufig<sup>1</sup> werden Ortsveränderungen von bestimmten Personengruppen anlässlich verschiedener Aktivitäten realisiert?

### „V“: Verkehrsverteilung

- „Zielwahl“
- Welche Ziele werden<sup>2</sup> mit welcher Wahrscheinlichkeit gewählt?

### „A“: Verkehrsaufteilung

- „Moduswahl“
- Mit welchen Verkehrsmodi wird jeweils gefahren?

### Verkehrsumlegung

- „Wegewahl“ („Routenwahl“)
- Auf welchen (zeitlich kurzen...) Wegen wird zu den Zielen gefahren?

Dem Stau ist es egal,  
ob man einkaufen  
oder zur Arbeit will!

Pro Nachfragesegment, also insb. **verfügbarer Kapazität** (z.B. MIV, ÖV)

Darstellung in Anlehnung an: PTV Visum 2021 Handbuch (Kap. 5.2.2)    1 und zu welchen Zeiten    2 in welcher Entfernung

# Nachfrageabhängige Streckenfahrzeiten (2/2)

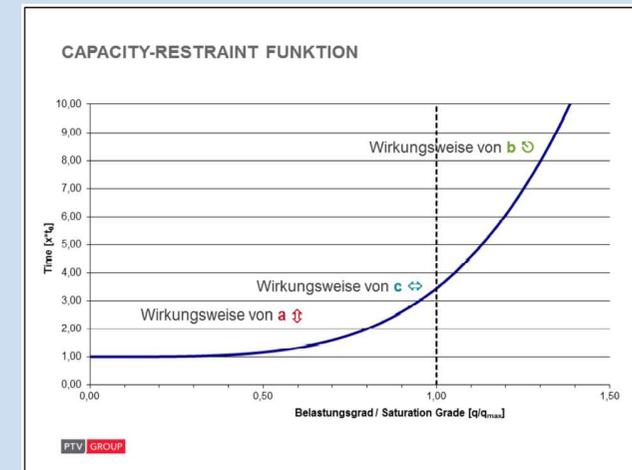
## Capacity-Restraint-Functions (CR) bzw. Volume-Delay-Functions (VDF)

- Vereinfachende Abbildung nachfrageabhängiger Streckenfahrzeiten in makroskopischer Verkehrsmodellierung durch **CR-Funktionen** (bzw. VDF)
- Beispiel  
sog. BPR<sup>1</sup>-Funktion

$$t_{akt} = t_0 \cdot \left( 1 + a \cdot \left( \frac{q}{c \cdot q_{max}} \right)^b \right).$$

- Wertebeispiel

Symb	Bedeutung	Wert
$t_0$	Fahrzeit unbelastetes Netz	311 s
$q$	Verkehrsstärke [Fzge/ZE]	6.096
$q_{max}$	Kapazität [Fzge/Zeiteinheit]	14.000
$t_{akt}$	Fahrzeit bei Verkehrsstärke $q$	rechts



### Parameterwerte

- $a = 1, b = 2, c = 1$

$$t_{akt} = 311 \cdot \left( 1 + 1 \cdot \left( \frac{6096}{1 \cdot 14000} \right)^2 \right)$$

$$t_{akt} \approx 370s$$

Bildquelle: PTV Visum Basiskurs, Teilnehmerunterlage, PTV AG (2016) 1 Bureau of Public Roads

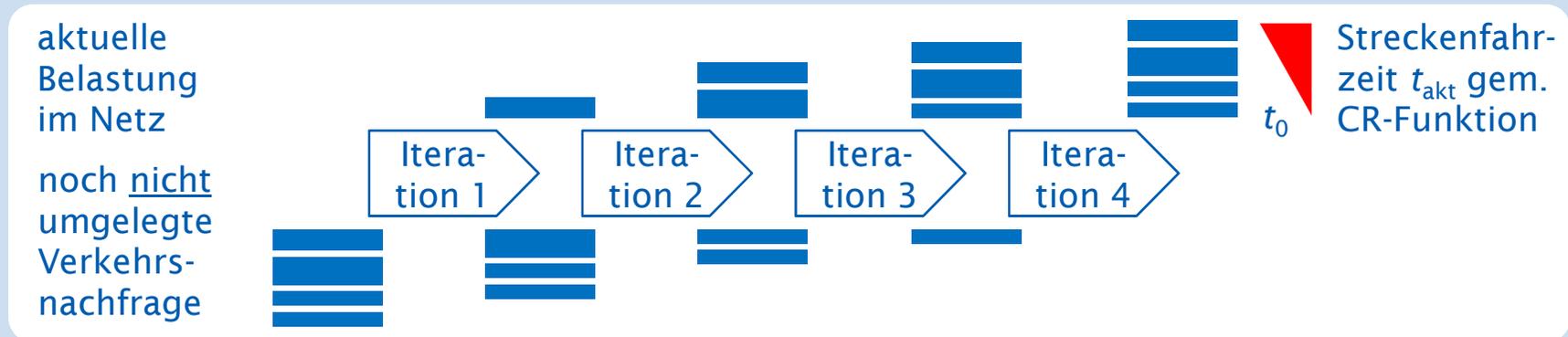
# Gegenüberstellung zweier Umlegungsverfahren



## Ablauf Sukzessivumlegung & Eigenschaften Gleichgewichtsumlegung

Eigenschaft	Sukzessivumlegung	Gleichgewichtsumlegung
Realitätsgehalt	<b>begrenzt</b> (abhängig von Parametrisierung)	<b>sehr hoch</b>
Wegelängen	im allgemeinen <b>suboptimal</b> , insbesondere für dasselbe Quelle-Ziel-Paar häufig unterschiedliche Fahrzeiten	kein/e Nutzer/in kann durch Änderung des Weges eine kürzere Reisezeit erzielen (sog. „ <b>Nutzergleichgewicht</b> “)
Komplexität	vergleichsweise <b>gering</b> , mehrere einfache Kürzeste-Wege-Berechnungen nacheinander	<b>aufwändiger</b> (Nutzer/innen können Wegewahl insbesondere revidieren!)

### ▪ Ablaufskizze Sukzessivumlegung



# Zusammenfassung elementarer Netzelemente



Leitfrage: *Entlang welcher Netzelemente vergeht Zeit?*

- **Bezirke** (Verkehrszellen)
  - beschreiben die Lage von Nutzungen (Wohnen, Arbeit etc.)
  - sind Start und Ziel von Ortsveränderungen
- **Anbindungen**
  - speisen Verkehr aus Bezirken in Knoten ins Netz
- **Knoten** – sind Punktobjekte, die...
  - ... an Straßenkreuzungen oder Abzweigstellen (Bahn) oder bei
  - ... Änderungen von Streckencharakteristika gelegen und
  - ... Anfangs- und Endpunkt von Strecken sind
- **Abbieger**
  - geben in einem Knoten an, von welcher Strecke auf welche Strecke übergegangen werden kann
- **Strecken**
  - verbinden Knoten
  - beschreiben Struktur des Straßen- / Schienennetzes

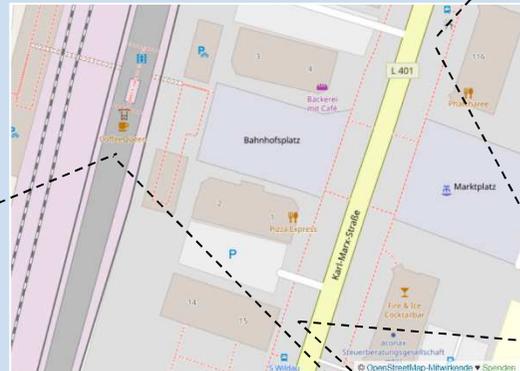


Hin- und Rückrichtung sind **eigenständige** Netzobjekte!

# Haltestellenhierarchie in Visum (1/2)

## Praktische Motivation: S-Bahnhof Wildau mit Bushaltepunkten

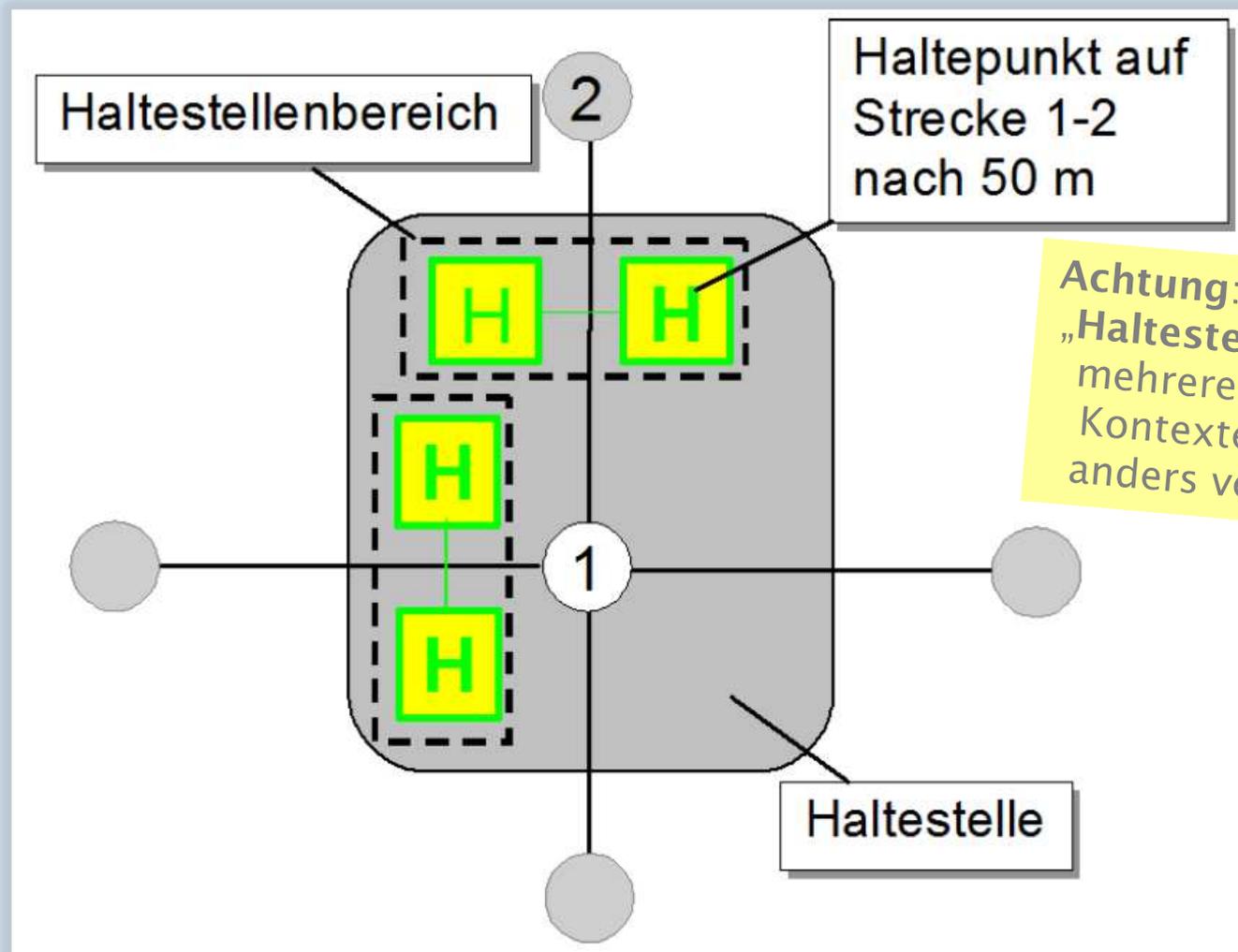
- Umsteigewegezeit wird nur dann zuverlässig **messbar**, wenn **Bus- und Bahnhalt** **unterscheidbar** sind



Bildquelle: [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org) (20.08.2021) und C. Liebchen (2016)

# Haltestellenhierarchie in Visum (2/2)

## Haltepunkte, Haltestellenbereiche und Haltestellen



**Achtung:** Der Begriff „Haltestelle“ wird in mehreren anderen Kontexten jeweils anders verwendet!

Bildquelle: PTV Visum 2021 Handbuch (Kap. 3.1.12.1)

# Linienhierarchie in Visum (1/2)

## Praktische Motivation: Tram-Linie M4 in Berlin (2018)

- Laufwege von Linien sind nicht immer „linear“, sondern können mitunter verzweigen
- Fasse möglichst viele gleichartige Fahrten zusammen
- Beispiel M4
  - Linienrouten: 2
  - Route Zingster: 1 Fahrzeitprofil
  - Route Falkenberg: 2 Fahrzeitprofile



Tram **M4**  
Bemerkungen

<b>S Hackescher Markt (Berlin)</b>	<b>09:32</b>	<b>09:42</b>	<b>09:52</b>	<b>10:04</b>	<b>10:16</b>	<b>10:26</b>	<b>10:36</b>
Spandauer Str./Marienkirche (Berlin)	09:33	09:43	09:53	10:05	10:17	10:27	10:37
S+U Alexanderplatz Bhf/Gontardstr. (Berlin)	09:35	09:45	09:55	10:07	10:19	10:29	10:39
U Alexanderplatz (Berlin) [Tram]	09:37	09:47	09:57	10:09	10:21	10:31	10:41
Mollstr./Otto-Braun-Str. (Berlin)	09:40	09:50	10:00	10:12	10:24	10:34	10:44
Am Friedrichshain (Berlin)	09:41	09:51	10:01	10:13	10:25	10:35	10:45
Hufelandstr. (Berlin)	09:43	09:53	10:03	10:15	10:27	10:37	10:47
Greifswalder Str./Danziger Str. (Berlin)	09:45	09:55	10:05	10:17	10:29	10:39	10:49
S Greifswalder Str. (Berlin)	09:47	09:57	10:07	10:19	10:31	10:41	10:51
<b>Hansastr./Malchower Weg (Berlin)</b>	<b>09:59</b>	<b>10:09</b>	<b>10:19</b>	<b>10:31</b>	<b>10:43</b>	<b>10:53</b>	<b>11:03</b>
Prerower Platz (Berlin)	10:01	10:11	10:21	10:34	10:45	10:56	11:05
S Hohenschönhausen Bhf (Berlin)		10:14		10:37		10:59	
Falkenberger Ch./Prenderer Str. (Berlin)		10:15		10:38		11:00	
Welsestr. (Berlin)		10:17		10:40		11:02	
<b>Falkenberg (Berlin)</b>		<b>10:18</b>		<b>10:41</b>		<b>11:03</b>	
Ahrenshooper Str. (Berlin)	10:02	.	10:22	.	10:46	.	11:06
Zingster Str./Ribnitzer Str. (Berlin)	10:03	.	10:23	.	10:47	.	11:07
<b>Zingster Str. (Berlin)</b>	<b>10:04</b>	.	<b>10:24</b>	.	<b>10:48</b>	.	<b>11:08</b>

Bildquelle: [www.vbb.de](http://www.vbb.de) (12.11.2018) und [www.bvg.de](http://www.bvg.de) (17.01.2020)

# Linienhierarchie in Visum (2/2)

Linien, Linienrouten, Fahrzeitprofile, Fahrplanfahrten & co.

- Die Zusammenfassung von Fahrten erfolgt mit dem Ziel der Verringerung des (manuellen) Erfassungsaufwandes
- **Linienrouten...**  
... fassen gemeinsame räumliche Verläufe von Fahrten zusammen
- **Fahrzeitprofile...**  
... fassen gleiche Zeitdauern mehrerer Fahrten entlang identischer Linienrouten zusammen
- **Fahrplanfahrten...**  
... sind für bestimmte Uhrzeiten definiert und durch Fahrgäste nutzbar



Bildquelle: PTV Visum 2021 Handbuch (Kap. 3.1.15.1)