



# Ökonomischer Vergleich städtischer Verkehrssysteme

Welche Kosten verursachen verschiedene Verkehrsmittel wirklich?

Prof. Dr.-Ing. Carsten Sommer  
M.Sc. Assadollah Saighani

**Sitzung des Ausschusses für Stadtentwicklung, Mobilität und Verkehr**  
Kassel, 21.11.2018

Gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)  
aus Mitteln zur Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans 2020

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

VERKEHRSPLANUNG  
UND VERKEHRSSYSTEME

Prof. Dr. Carsten Sommer



- 1. Problemstellung und Zielsetzung**
- 2. Lösungsansatz und methodisches Vorgehen**
- 3. Ergebnis ökonomischer Vergleich für die Stadt Kassel**
- 4. Nutzen des Verfahrens**

**Die Aufwendungen, Erträge und externe Effekte städtischer Verkehrssysteme und ihr Verhältnis zueinander sind nicht bekannt.**

• **Gründe:**

– verschiedene Organisationseinheiten



**Aufwendungen und Erträge sind auf unterschiedliche Rechnungsstellen verteilt**

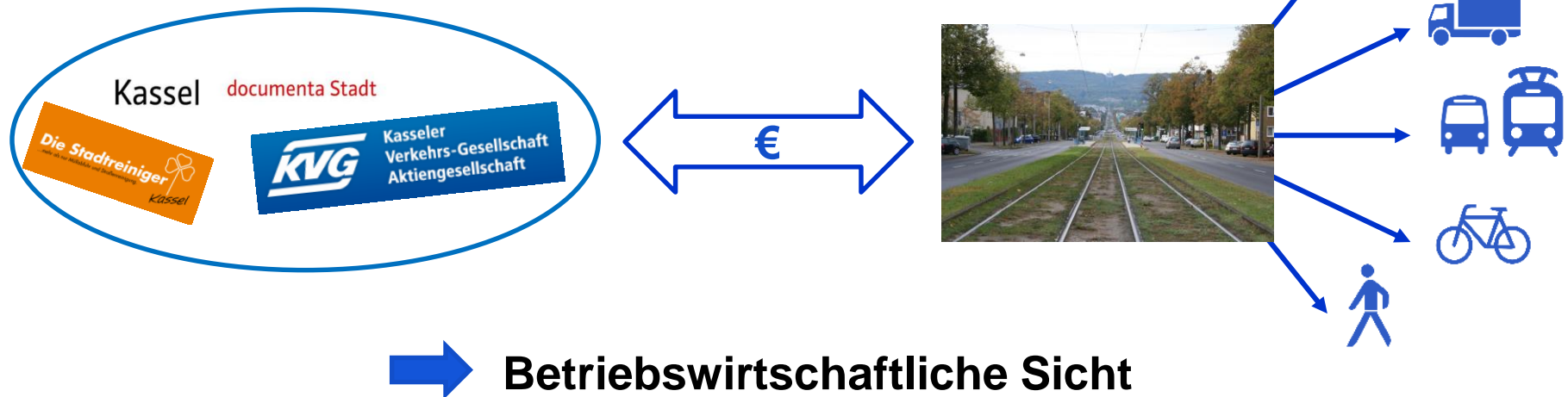
– gemeinsam genutzter Verkehrsraum



**undifferenzierte Darstellung der Aufwendungen und Erträge für Straßeninfrastruktur, Straßenreinigung, Winterdienst etc.**

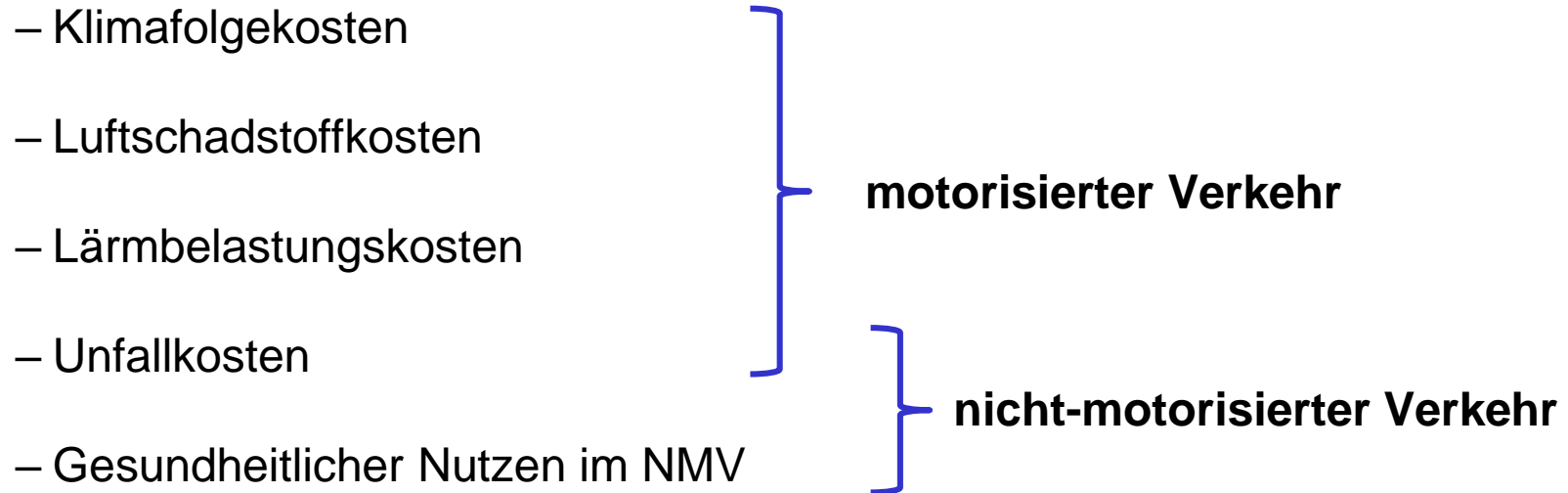
# Ziel: Betriebswirtschaftliche Bewertung

- **Entwicklung und exemplarische Anwendung einer Methode,**
  - mit der aus **kommunalen Haushalten und Rechnungsunterlagen**
  - die **verkehrsbezogenen** Aufwendungen und Erträge
  - **differenziert nach städtischen Verkehrssystemen** (Lkw-, Pkw-, Fuß-, Rad-, ÖPNV) ermittelt werden können.



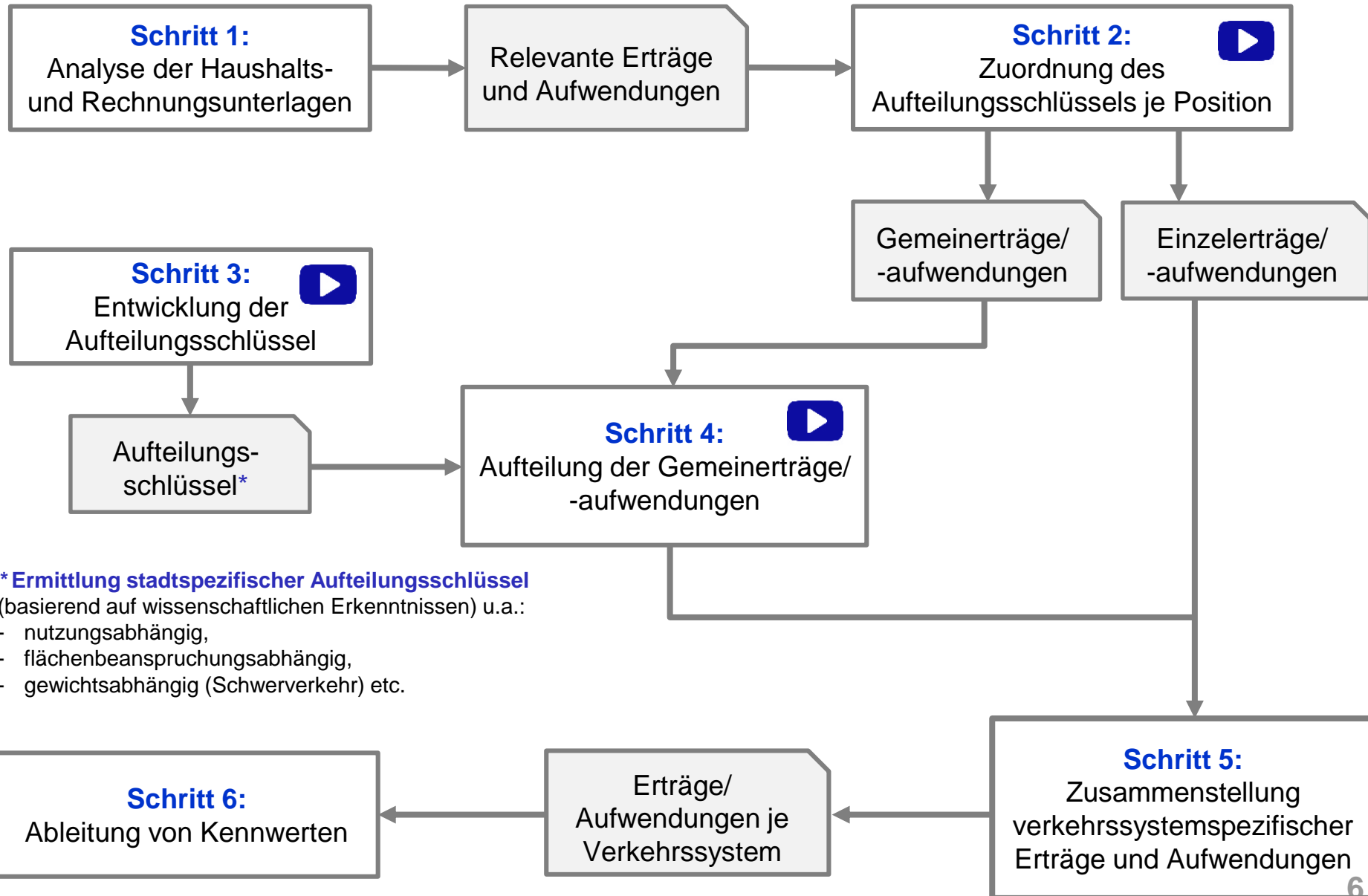
## Ziel: Abschätzung wesentlicher externer Effekte

- **Verkehr verursacht externe Effekte.** Die entsprechenden Aufwendungen und Erträge sind nicht in den kommunalen Rechnungsunterlagen enthalten.
- **Berücksichtigung** externer Effekte (Verkehrsmittelbetrieb):

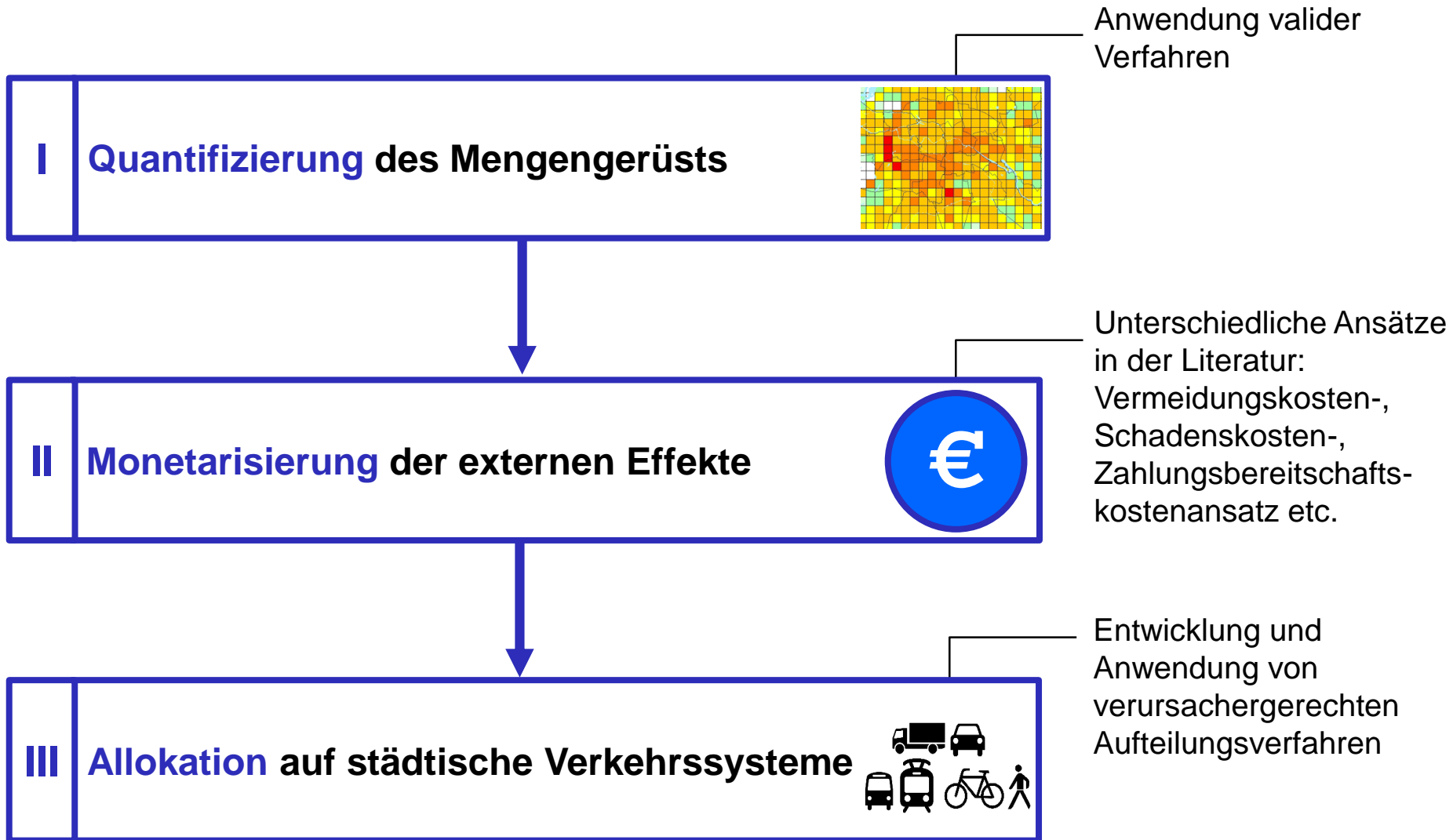


 **Monetarisierung der externen Effekte**

# Betriebswirtschaftliche Bewertung



# Abschätzung externer Effekte



**Betriebswirtschaftlicher Vergleich (Auswahl)**

| Kennwerte (Auswahl)<br>(gemittelt und gerundet 2009 bis 2011) | motorisierte Verkehrssysteme |             |      | nicht-motorisierte Verkehrssysteme |            | Gesamt       |
|---|------------------------------|-------------|------|------------------------------------|------------|--------------|
|   | Lkw-Verkehr                  | Pkw-Verkehr | ÖPNV | Radverkehr                         | Fußverkehr |              |
| <b>Absolute Aufwendungen</b><br>[Mio. EUR]                    | 6,1                          | 43,6        | 65,0 | 0,8                                | 10,8       | <b>126,3</b> |
| <b>Absolute Erträge</b><br>[Mio. EUR]                         | 0,8                          | 16,3        | 36,2 | 0,2 *                              | 2,2 *      | <b>55,6</b>  |
| <b>Absoluter Zuschuss</b><br>[Mio. EUR]                       | 5,3                          | 27,3        | 28,8 | 0,6                                | 8,6        | <b>70,7</b>  |
| <b>Relativer Zuschuss</b><br>[%]                              | 8%                           | 39%         | 41%  | 1%                                 | 12%        | <b>100%</b>  |
| <b>Zuschuss pro Einwohner</b><br>[EUR/Einw.]                  | 27                           | 140         | 147  | 3                                  | 44         | <b>361</b>   |
| <b>Kostendeckungsgrad Vollkosten</b><br>[%]                   | 13%                          | 37%         | 56%  | ---                                | ---        | <b>---</b>   |

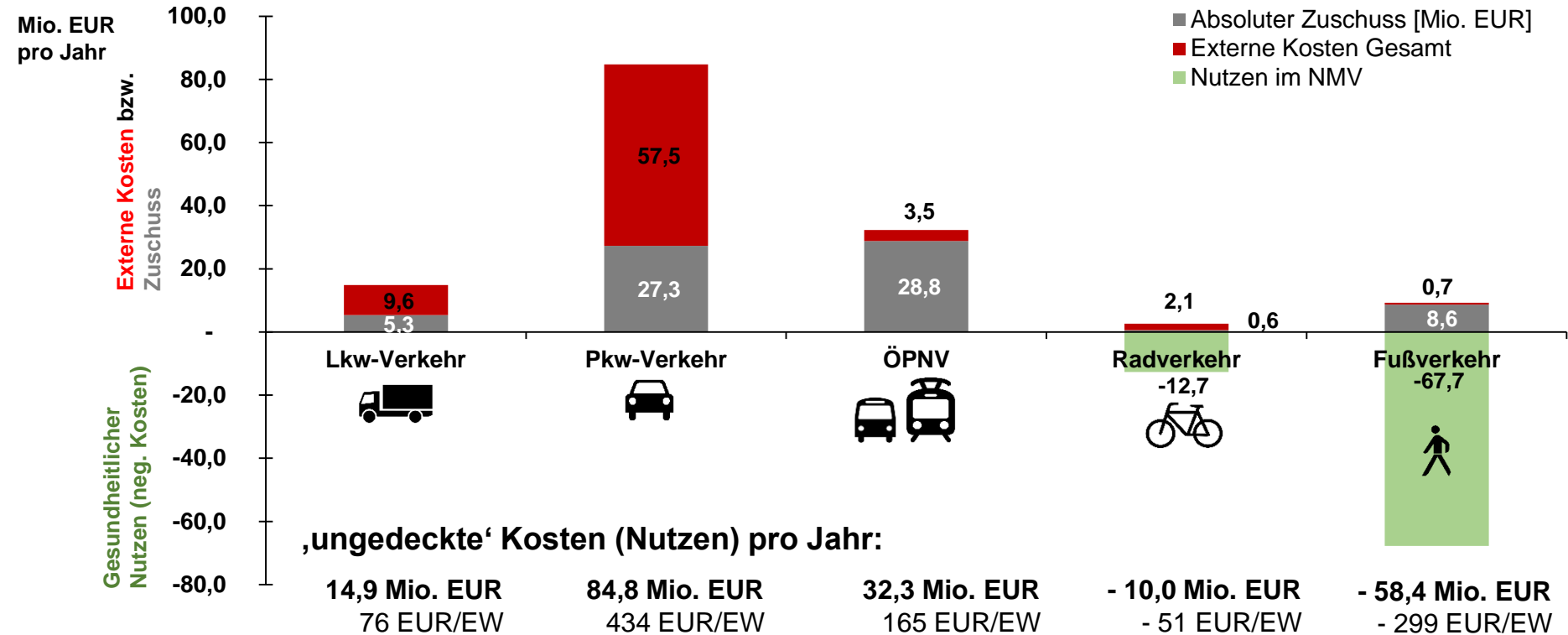
\* Die Erträge des Rad- und Fußverkehrs ergeben sich durch die Aufteilung der allgemeinen Positionen, Straßenreinigungsgebühren, Straßenausbau- und Erschließungsbeiträge, Sondernutzungsgebühren etc.





### 3. Ergebnis ökonomischer Vergleich für die Stadt Kassel

## Gesamtergebnis ökonomischer Vergleich (Auswahl)



- „Ungedekte“ Kosten im Kfz-Verkehr (Pkw- und Lkw-Verkehr) am höchsten
- Die nicht-motorisierten Verkehrssysteme verursachen nicht nur sehr geringe Zuschüsse und externe Kosten, sondern stiften gleichzeitig einen deutlich hohen **externen Nutzen** (Gesundheitsnutzen).

## Einsatzbereiche in der Stadt- und Verkehrsplanung

- Erstmalig **vollständiger** Überblick über die Aufwendungen, Erträge und wesentlichen monetarisierbaren externen Wirkungen des städtischen Verkehrssektors
- Ermittlung von **ökonomischen Kennwerten**: Einsatz als **Entscheidungsgrundlage** bei der Zuweisung von Mitteln für die verschiedenen Verkehrssysteme
- Einsatz der Kennwerte als **Zielindikatoren** in der Stadtentwicklungs- und Verkehrsplanung (z.B. kann der Indikator jährlicher Zuschuss im Radverkehr pro Einwohner einem definierten Ziel gegenübergestellt werden).
- Bestimmung der Höhe von verursachergerechten und kostendeckenden Gebühren für den Einsatz von **fiskalischen Instrumenten** (City-Maut, Lkw-Maut etc.)
- Erreichung von **Kostentransparenz** der städtischen Verkehrssysteme
- Transparentes Verfahren schafft **Akzeptanz** der Ergebnisse

# Beispiel: Wegfall Straßenausbaubeitrag

## Vollständiger Wegfall der Straßenausbaubeiträge

(ca. 1,1 Mio. EUR p.a., gemittelt 2009 – 2011)



<https://m.thueringer-allgemeine.de/web/mobil/muehlhausen/detail/-/specific/Zeit-spielt-vielleicht-fuer-Wuenschendorf-866057664>

| Kennwerte (Auswahl)<br>(gemittelt und gerundet 2009 bis 2011) | motorisierte Verkehrssysteme |                |                | nicht-motorisierte Verkehrssysteme |              | Gesamt         |
|---|------------------------------|----------------|----------------|------------------------------------|--------------|----------------|
|   | Lkw-Verkehr                  | Pkw-Verkehr    | ÖPNV           | Radverkehr                         | Fußverkehr   |                |
| <b>Absoluter Zuschuss</b> [Mio. EUR]                          | 5,5<br>(5,3)                 | 28,1<br>(27,3) | 28,9<br>(28,8) | 0,6<br>(0,6)                       | 8,8<br>(8,6) | 71,8<br>(70,7) |
| <b>Relativer Zuschuss</b> [%]                                 | 8%<br>(8%)                   | 39%<br>(39%)   | 40%<br>(41%)   | 1%<br>(1%)                         | 12%<br>(12%) | 100%           |
| <b>Kostendeckungsgrad Vollkosten</b> [%]                      | 10%<br>(13%)                 | 36%<br>(37%)   | 56%<br>(56%)   | ---                                | ---          | ---            |
| <b>Zuschuss pro Einwohner</b> [EUR/Einw.]                     | 28<br>(27)                   | 143<br>(140)   | 148<br>(147)   | 3<br>(3)                           | 45<br>(44)   | 367<br>(361)   |

(Werte Status-Quo) zum Vergleich



# Ökonomischer Vergleich städtischer Verkehrssysteme

Welche Kosten verursachen verschiedene Verkehrsmittel wirklich?

Prof. Dr.-Ing. Carsten Sommer  
M.Sc. Assadollah Saighani

**Sitzung des Ausschusses für Stadtentwicklung, Mobilität und Verkehr**  
Kassel, 21.11.2018

Gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)  
aus Mitteln zur Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans 2020

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages




VERKEHRSPLANUNG  
UND VERKEHRSSYSTEME

Prof. Dr. Carsten Sommer



**BACK-UP**

# Haushaltspositionen (Auswahl)

| Verkehrssystem   | Aufwendungen**<br>(Auswahl)   | Erträge**<br>(Auswahl)  |
|--|---|---|
| <p><b>Kfz-Verkehr</b></p>         | <p>Kfz-Zulassung,<br/>Pavement-Management-Systeme,<br/>Fahrbahnmarkierungen,<br/>Verkehrsbeschilderungen,<br/>Verkehrsüberwachung, Parkplätze und<br/>Parkeinrichtungen (Pkw-Verkehr),</p>  | <p>Kfz-Zulassung, Ordnungswidrigkeiten<br/>ruhender Verkehr und fließender Verkehr,<br/>Verkehrsüberwachung, Parkplätze und<br/>Parkeinrichtungen (Pkw-Verkehr)</p>   |
| <p><b>ÖPNV*</b></p>               | <p>Personal, Material, Abschreibungen,<br/>sonstige betriebliche Aufwendungen,<br/>Nahverkehrsplanung,<br/>Nahverkehrssteuerung, Haltestellen,<br/>Verlustübernahme ÖPNV-Unternehmen</p>  | <p>Umsatzerlöse (u.a. Fahrgeldeinnahmen),<br/>sonstige betriebliche Erträge</p>   |
| <p><b>Gemeinpositionen</b></p>  | <p>Abschreibungen Infrastrukturvermögen,<br/>Straßenbeleuchtung, Material für<br/>Straßen/Wege/Plätze, Material für<br/>Ingenieurbauwerke, Unterhaltung Straße,<br/>Unterhaltung Ingenieurbauwerke,<br/>Straßenreinigung, Winterdienst,<br/>Straßenentwässerung, Verkehrsrechner,<br/>Lichtsignalanlagen, Unterhaltung<br/>Straßenbegleitgrün, Planungskosten,<br/>Verkehrsmanagementzentrale, Personal</p> | <p>Straßenausbau- und<br/>Erschließungsbeiträge,<br/>Straßenreinigungsgebühren, sonstige<br/>Erträge der unterschiedlichen Teilhaushalte,<br/>Erteilung von Sondernutzungserlaubnissen<br/>und Gestattungen für den Gebrauch des<br/>Straßenraums</p> |

\*herausgerechnete interne Geldflüsse, Zuschüsse und Zuweisungen etc.

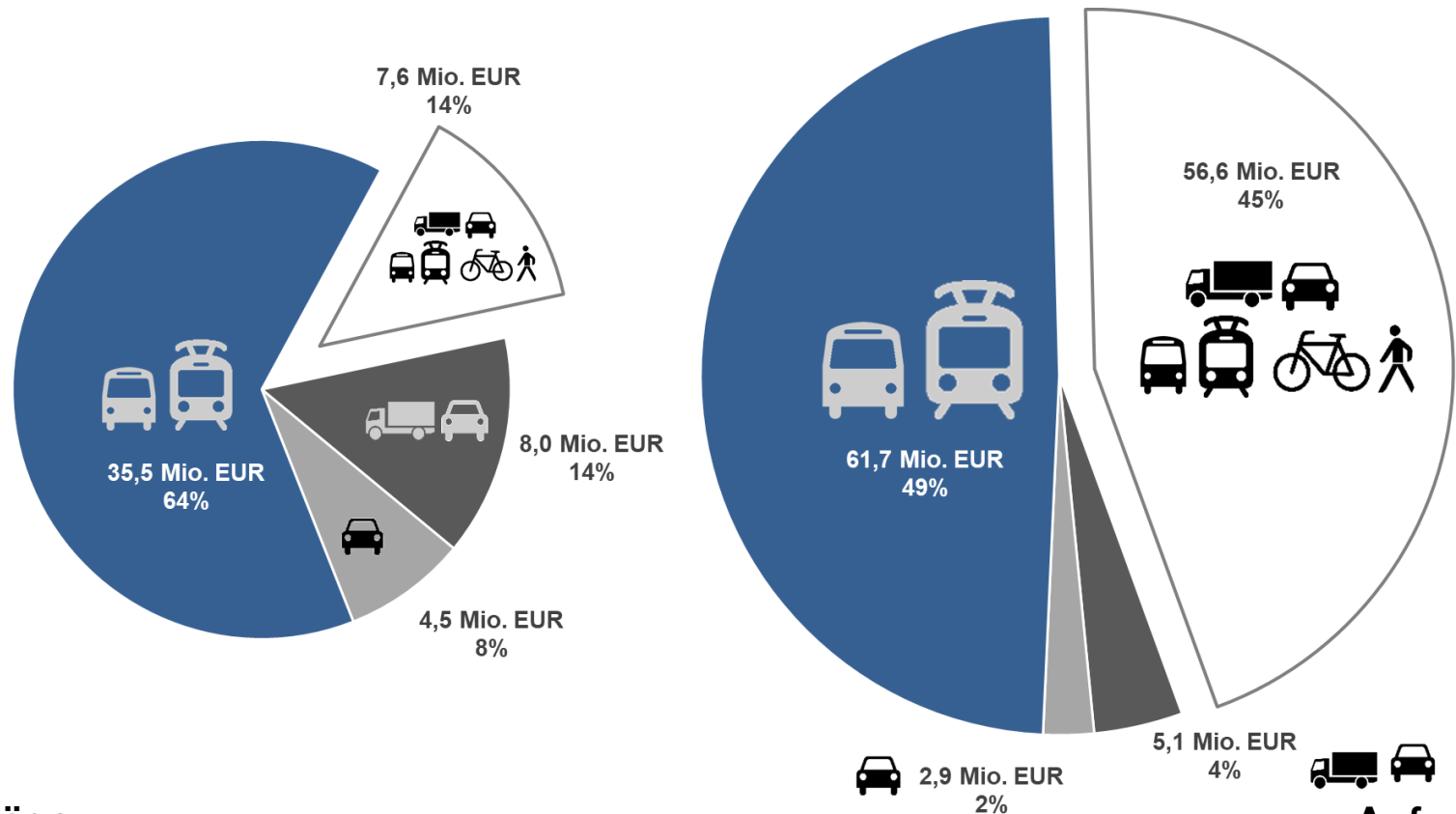
\*\***Berücksichtigt** werden in jeder relevanten Kategorie die Positionen Personal, Abschreibungen, sonstige ordentliche Erträge und Aufwendungen.

**Nicht Berücksichtigt** werden in jeder Produktgruppe interne Leistungen und Umbuchungen (z.B. für Verwaltungskostenanteile), Zuschüsse und Zuweisungen (z.B. für lfd. Zwecke verbundene Unternehmen, Sondervermögen, Beteiligungen) und weitergeleitete Landeszuwendungen

(beispielsweise für Infrastrukturhilfe).

# Schritt 2: Zuordnung Aufteilungsschlüssel je Position


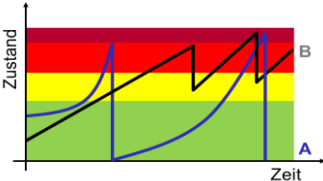

### Anteile der Einzel- und Gemeinpositionen (Stadt Kassel, gemittelt 2009 bis 2011)



**Erträge:**  
55,6 Mio. EUR



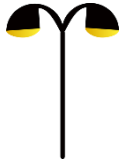

**Aufwendungen:**  
126,3 Mio. EUR

# Schritt 3: Entwicklung Aufteilungsschlüssel (1)

| Aufteilungsschlüssel   | Anwendungsbereich  | Beispielpositionen aus dem Haushalt  | Monetäre Bedeutung bezüglich aller Gemeinpositionen |
|--|--|--|---|
| <p><b>Verkehrsfläche</b></p>      | <p>Flächenrelevante Positionen, Berechnung weiterer Aufteilungsschlüssel</p> | <p>Straßenentwässerung, Straßenbegleitgrün, Erschließungs- und Ausbaubeiträge, Sondernutzungsgebühren</p>                  | <p>9% bis 20%</p>                                   |
| <p><b>Abschreibung</b></p>        | <p>Abschreibungen der Vermögenswerte der Verkehrsinfrastruktur</p>           | <p>Verwaltung, Planung, Bau, Unterhalt, Erhalt der städtischen Verkehrsinfrastruktur (u.a. Straßen, Ingenieurbauwerke)</p> | <p>48% bis 63%</p>                                  |
| <p><b>Straßenreinigung</b></p>  | <p>Reinigung der Straßenverkehrsanlagen</p>                                  | <p>Straßenreinigungsgebühren; Gesamtaufwand der Straßenreinigung</p>   | <p>3% bis 9%</p>                                    |



# Schritt 3: Entwicklung Aufteilungsschlüssel (2)

| Aufteilungsschlüssel   | Anwendungsbereich                                  | Beispielpositionen aus dem Haushalt   | Monetäre Bedeutung bezüglich aller Gemeinpositionen |
|--|--|---|---|
| <p>Lichtsignalanlagen</p>   | Steuerung und Betrieb der LSA                      | Aufbau, Betrieb und Wartung (u.a. Strom der Lichtsignalanlagen; Personal in der Verkehrslenkung; Verkehrsrechner) | 2% bis 3%   |
| <p>Winterdienst</p>         | Beseitigung von Schnee und Eis                     | Winterdienst (Aufwendungen und ggf. Gebührenerträge)  | 2% bis 4%   |
| <p>Straßenbeleuchtung</p>  | Aufbau, Betrieb und Wartung der Straßenbeleuchtung | Aufbau, Betrieb und Wartung (u.a. Strom für Straßenbeleuchtung; Umrüstung auf LED; Beleuchtungscontracting)       | 4% bis 8%   |
| <p>Allgemein</p>          | Allgemeine Positionen ohne ersichtliche Kategorie  | Sonstige Sach- und Dienstleistungen sowie allgemeine Abschreibungen   | 11% bis 17%   |

## Schritt 3: Entwicklung Aufteilungsschlüssel (3)

### Beispiel: Aufteilungsschlüssel „Verkehrsfläche“



#### Ablauf

- Kategorisierung des Straßenverkehrsnetzes in **Straßentypen** nach RIN (2009)
- Differenzierung des Straßenverkehrsraums in einzelne **Straßenverkehrsanlagen**
- **Zuordnungsvorschriften** je Straßenverkehrsanlage und Straßentyp
- Ermittlung des Aufteilungsschlüssels „Verkehrsfläche“ (**Anteilswerte** der zugeordneten Flächen der Verkehrssysteme an der gesamten Verkehrsfläche)

# Schritt 3: Entwicklung Aufteilungsschlüssel (4)

## Beispiel: Aufteilungsschlüssel „Verkehrsfläche“

| Straßenverkehrsanlagen<br>(Auswahl) | Zuordnungsfaktoren von Straßenverkehrsanlagen<br>auf städtische Verkehrssysteme (Auswahl) |                    |                    |                                       |                 |
|-------------------------------------|---|--------------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------|
|                                     | motorisierte Verkehrssysteme  |                    |                    | nicht-motorisierte<br>Verkehrssysteme |                 |
|                                     | Lkw-<br>Verkehr   | Pkw-<br>Verkehr    | ÖPNV               | Rad-<br>verkehr                       | Fuß-<br>verkehr |
| Fahrbahnen                          | $p(fb_{Lkw,styp})$  | $p(fb_{Pkw,styp})$ | $p(fb_{Bus,styp})$ | ---                                   | ---             |
| Anlagen des ruhenden Verkehrs       | ---   | 1,0                | ---                | ---                                   | ---             |
| Bussonderfahrstreifen               | ---   | ---                | 1,0                | ---                                   | ---             |
| Bushalteflächen/ -buchten           | ---   | ---                | 1,0                | ---                                   | ---             |
| ÖPNV-Haltestellen                   | ---   | ---                | 1,0                | ---                                   | ---             |
| Fahrradstraßen ohne Kfz-Verkehr     | ---   | ---                | ---                | 1,0                                   | ---             |
| Kombinierte Geh- und Radwege        | ---   | ---                | ---                | 0,5                                   | 0,5             |
| Gehwege                             | ---   | ---                | ---                | ---                                   | 1,0             |
| Fußgängerzonen                      | ---   | ---                | ---                | ---                                   | 1,0             |
| Grün- bzw. Umweltstreifen           | 0,2   | 0,2                | 0,2                | 0,2                                   | 0,2             |



Ausschnitt

# Schritt 3: Entwicklung Aufteilungsschlüssel (5)

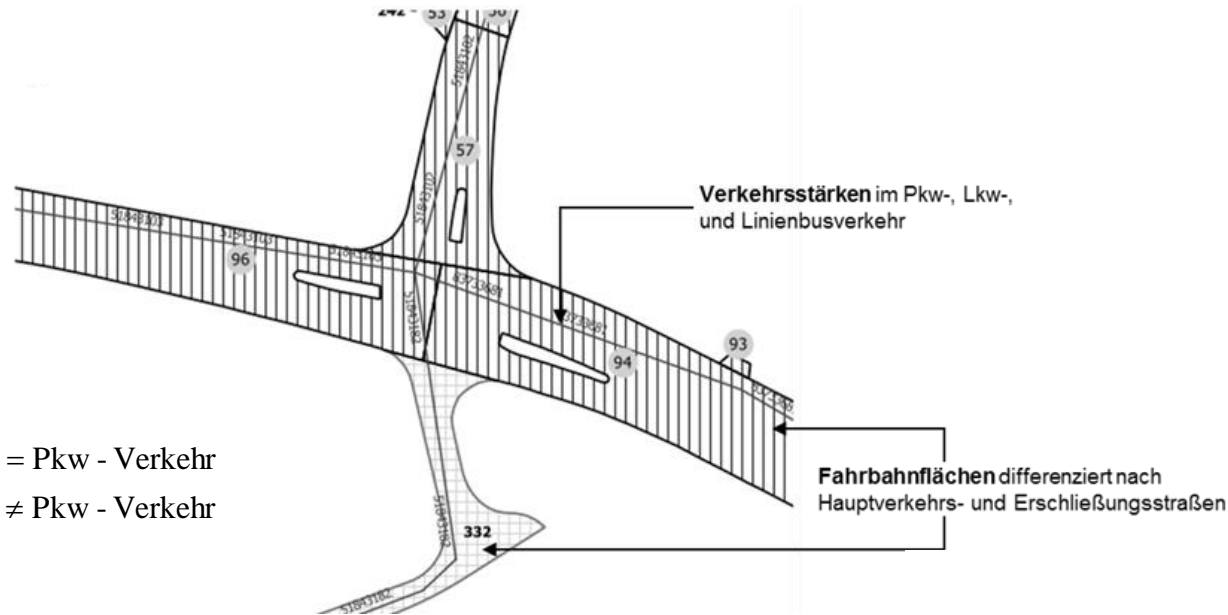
## Beispiel: Aufteilungsschlüssel „Verkehrsfläche“

### Verkehrssystemspezifische Aufteilung der Fahrbahnflächen

$$p(fb_{mvs,styp}) = \frac{\sum_{k \in K_{styp}} (p(q_{mvs,k}) \cdot fb_k)}{\sum_{k \in K_{styp}} fb_k}$$

mit

$$p(q_{mvs,k}) = \begin{cases} \frac{q_{mvs,k}}{q_k}, & \text{falls } q_k > 0 \\ 1, & \text{falls } q_k = 0 \text{ und } mvs = \text{Pkw - Verkehr} \\ 0, & \text{falls } q_k = 0 \text{ und } mvs \neq \text{Pkw - Verkehr} \end{cases}$$



$p(fb_{mvs,styp})$  ... (gewichteter) Anteil der Fahrbahnflächen je motor. Verkehrssystem (mvs) und Straßentyp (styp) in [%]

$p(q_{mvs,k})$  ... Anteil der Verkehrsstärke je motor. Verkehrssystem (mvs) und Streckenabschnitt (k) in [%]

$q_{mvs,k}$  ... Verkehrsstärke je motor. Verkehrssystem (mvs) und Streckenabschnitt (k) in [Fz/24h]

$fb_k$  ... Fahrbahnfläche je Streckenabschnitt (k) in [m<sup>2</sup>]

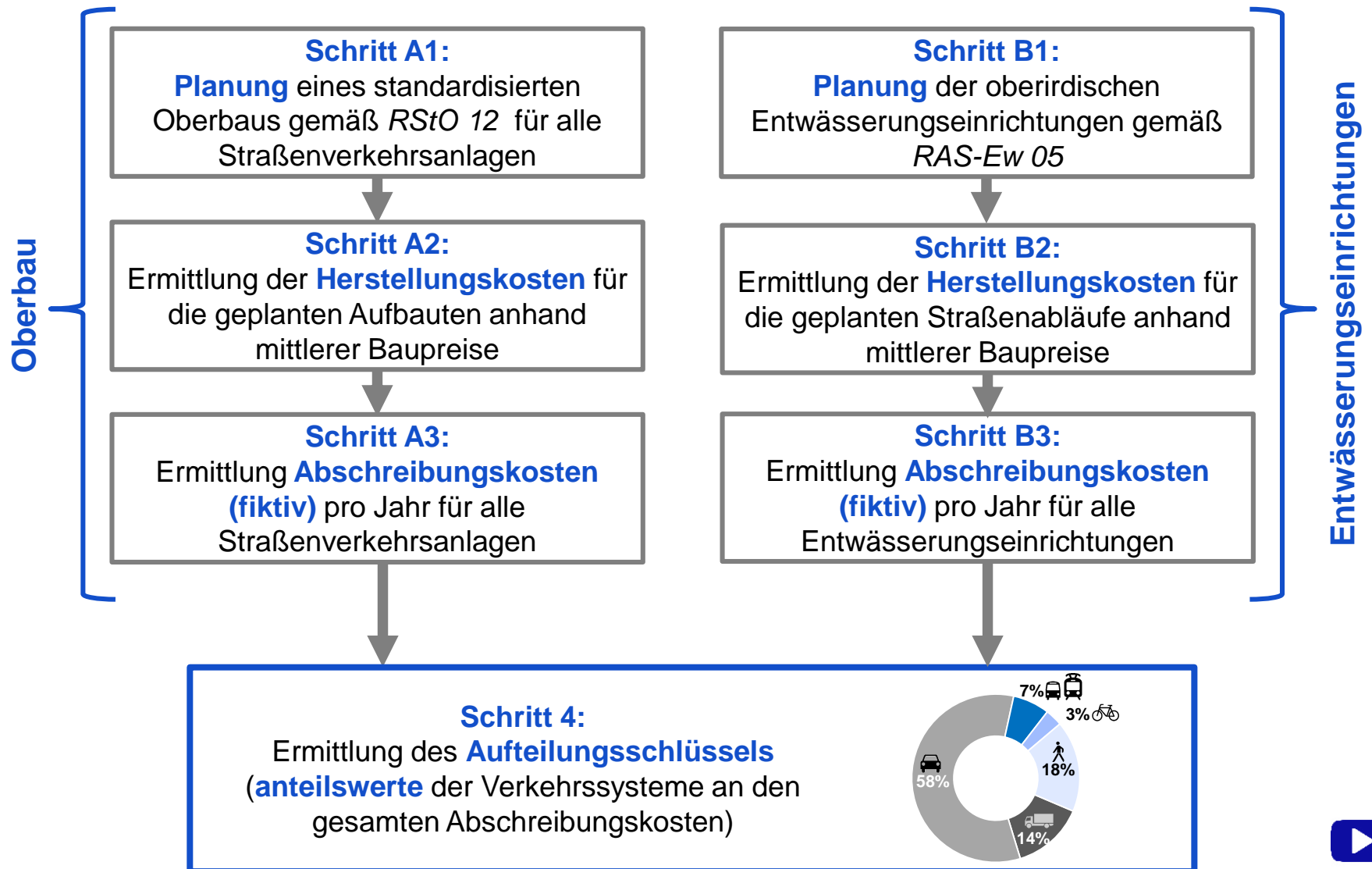
$k_{styp}$  ... Menge aller Streckenabschnitte (k) je Straßentyp (styp)

mvs ... motorisiertes Verkehrssystem  $mvs \in \{\text{Lkw-, Pkw-, Linienbusverkehr}\}$

styp ... Straßentyp  $styp \in \{\text{Hauptverkehrsstraße, Erschließungsstraße}\}$

# Schritt 3: Entwicklung Aufteilungsschlüssel (6)

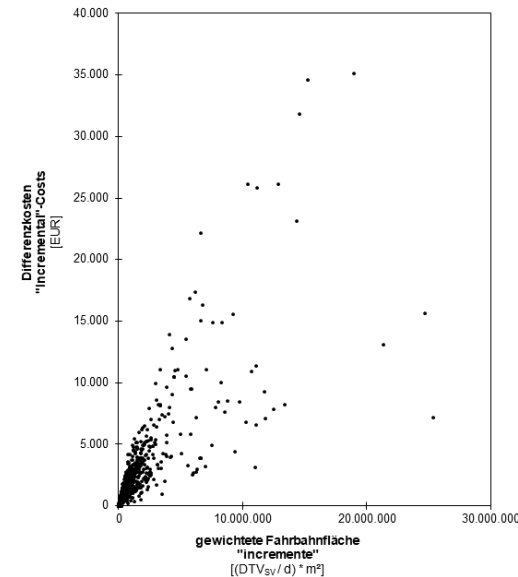
## Beispiel: Aufteilungsschlüssel „Abschreibungen“



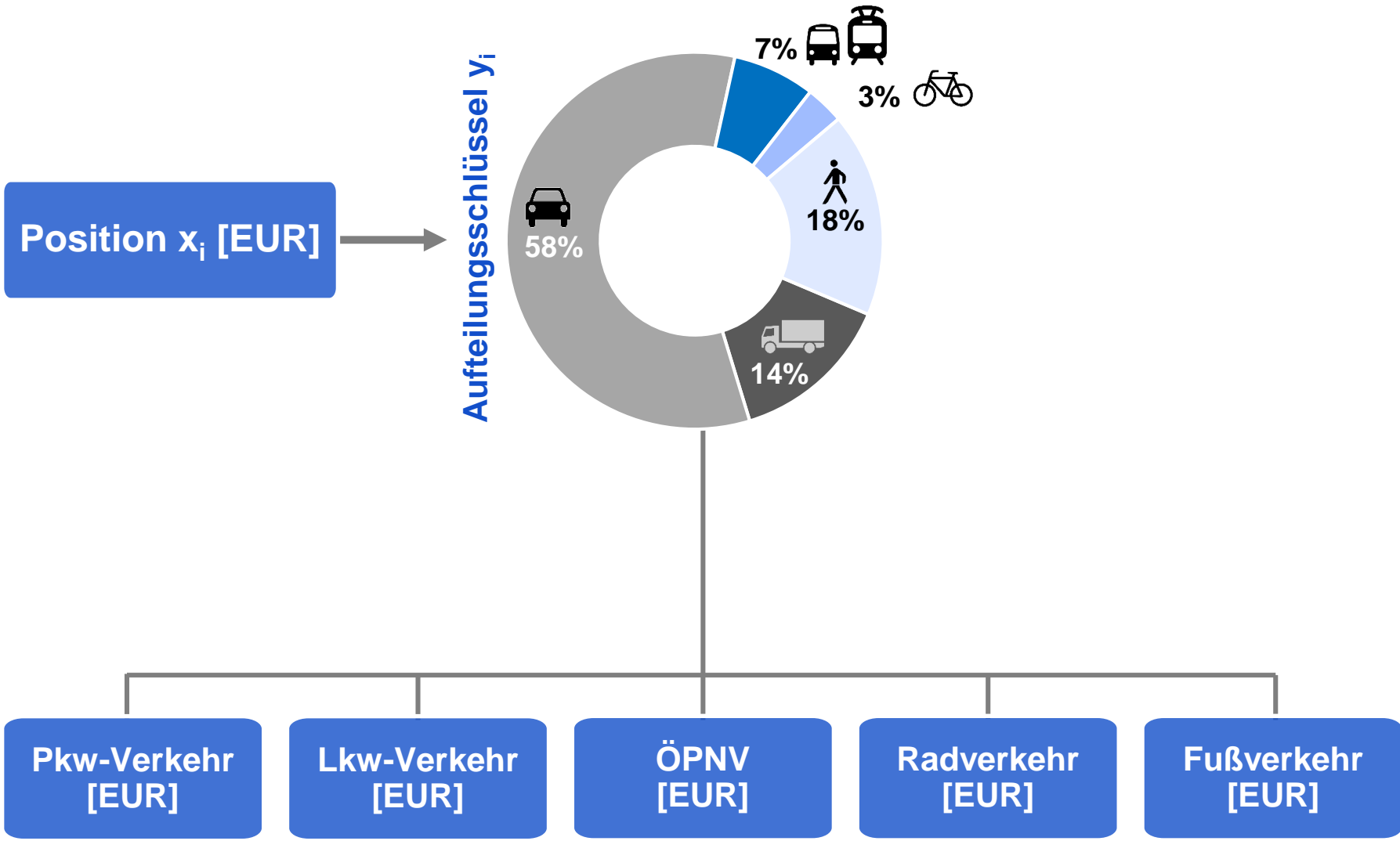
## Schritt 3: Entwicklung Aufteilungsschlüssel (7)

### „Incremental-Costs“ Ansatz (Konzept der minimalen Straße)

- (1) Für jeden Streckenabschnitt des Straßenverkehrsnetzes wird, unter Berücksichtigung der Verkehrsbelastung aus einem Verkehrsnachfragemodell, eine **Bauklasse** nach *RStO 2012* dimensioniert
- (2) Anschließend wird angenommen, dass alle Fahrbahnlächen mit einer standardisierten Bauweise **der geringsten Bauklasse** (Bk 0.3) nach *RStO 2012* hergestellt werden
- (3) Die **Differenzkosten** (sog. „**increments**“ aus (1) und (2)), die aufgrund des Schwerverkehrs (Fzg. > 3,5 t) zum Übergang in eine nächst höhere Bauklasse entstehen, werden dem Schwerverkehr angelastet, der Rest dem Pkw-Verkehr (Fzg. ≤ 3,5 t)
- (4) Aufteilung im **Schwerverkehr** (Lkw-Verkehr und Linienbusverkehr) entsprechend der jeweiligen Verkehrsbelastung auf den betroffenen Netzelementen



# Schritt 4: Aufteilung von Gemeinpositionen



| Kennwerte<br>(gemittelt und gerundet 2009 bis 2011)       | Städtisches Verkehrssystem   |             |      |                                    |            | Gesamt      |
|---|------------------------------|-------------|------|------------------------------------|------------|-------------|
|   | motorisierte Verkehrssysteme |             |      | nicht-motorisierte Verkehrssysteme |            |             |
|   | Lkw-Verkehr                  | Pkw-Verkehr | ÖPNV | Radverkehr                         | Fußverkehr |             |
| <b>Wegebezogener* Zuschuss</b><br>[Cent/Weg]              | ---                          | 25,2        | 56,7 | 3,9                                | 15,7       | <b>30,0</b> |
| <b>Unterwegszeitbezogener* Zuschuss</b><br>[Cent/Stunde]  | ---                          | 82,9        | 96,9 | 14,6                               | 64,5       | <b>86,9</b> |
| <b>Verkehrsleistungsbezogener* Zuschuss</b><br>[Cent/Pkm] | ---                          | 3,3         | 8,4  | 1,3                                | 14,6       | <b>5,7</b>  |

\* Hochgerechnete Jahreswerte auf Grundlage der SrV-Erhebung 2008 (Wegebezogen, Hauptverkehrsmittel)

### Berücksichtigung bei der Interpretation der Kennwerte:



- **Höhere Nachfrage im Pkw-Verkehr bei gleichem Zuschuss verringert den wegebezogenen Zuschuss** (höhere Effizienz trotz negativer Entwicklung).
- **Der verkehrsleistungsbezogene Zuschuss stellt den Pkw-Verkehr günstiger dar.**



**Einsatz von fiskalischen Instrumenten**

- **Bestimmung der Höhe von verursachergerechten und kostendeckenden Gebühren für den Einsatz von fiskalischen Instrumenten**



| <b>EUR-Cent/Fzkm</b>  | <b>Pkw-Verkehr<br/>(Fzg. ≤ 3,5 t)</b> | <b>Lkw-Verkehr<br/>(Fzg. &gt; 3,5 t)</b> |
|---|---------------------------------------|--|
| Fahrleistungsbezogener Zuschuss   | 4,0                                   | 20,5                                     |
| Fahrleistungsbezogene externe Kosten  | 8,4                                   | 36,7                                     |
| <b>Fahrleistungsbezogene Kosten<br/>bei vollständiger Kostendeckung und<br/>Internalisierung externer Effekte</b> | <b>12,4</b>                           | <b>57,2</b>                              |