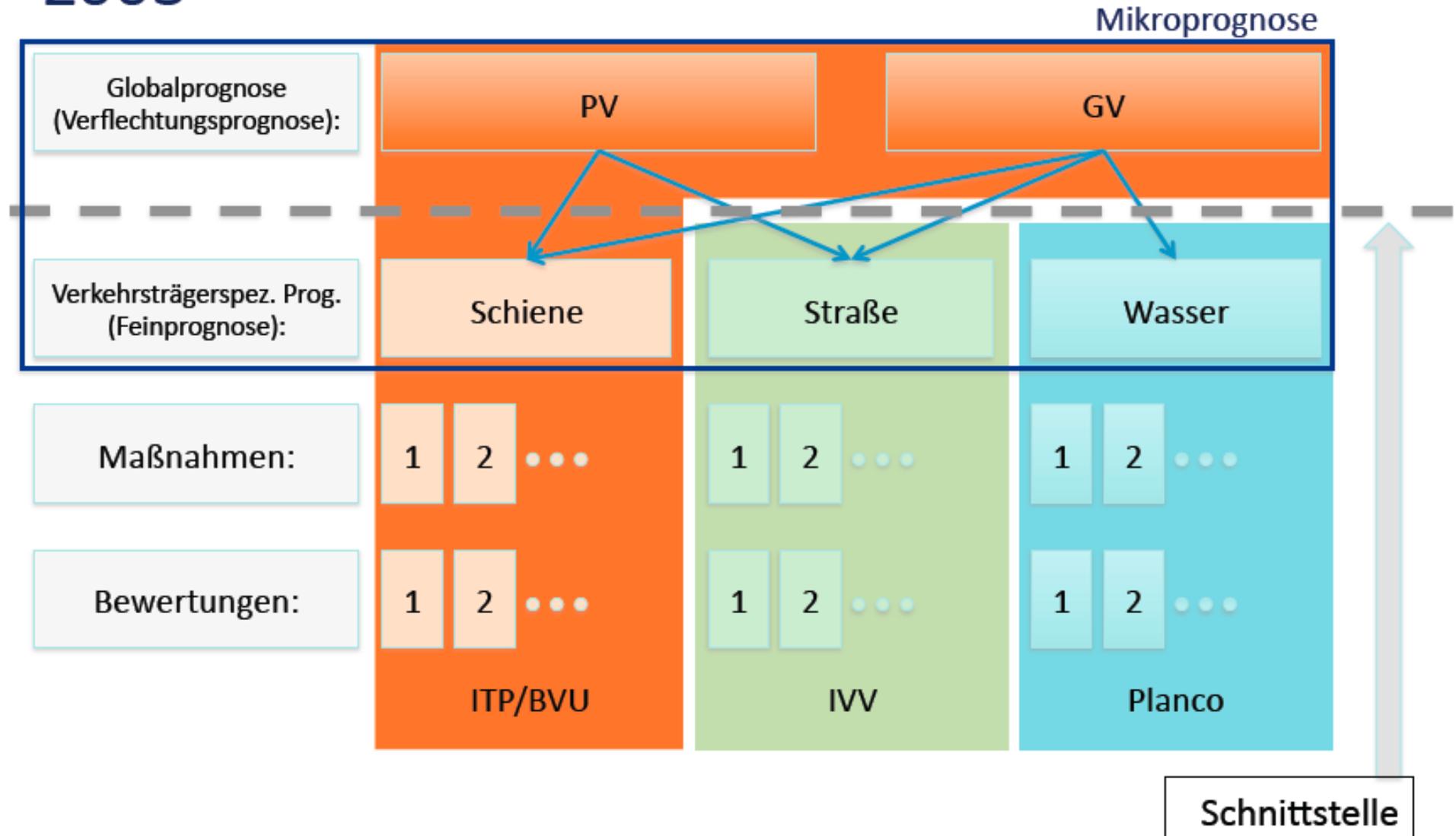


BVWP 2015 – Methodische Aspekte bei der Nutzenberechnung

Kai Nagel | Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik

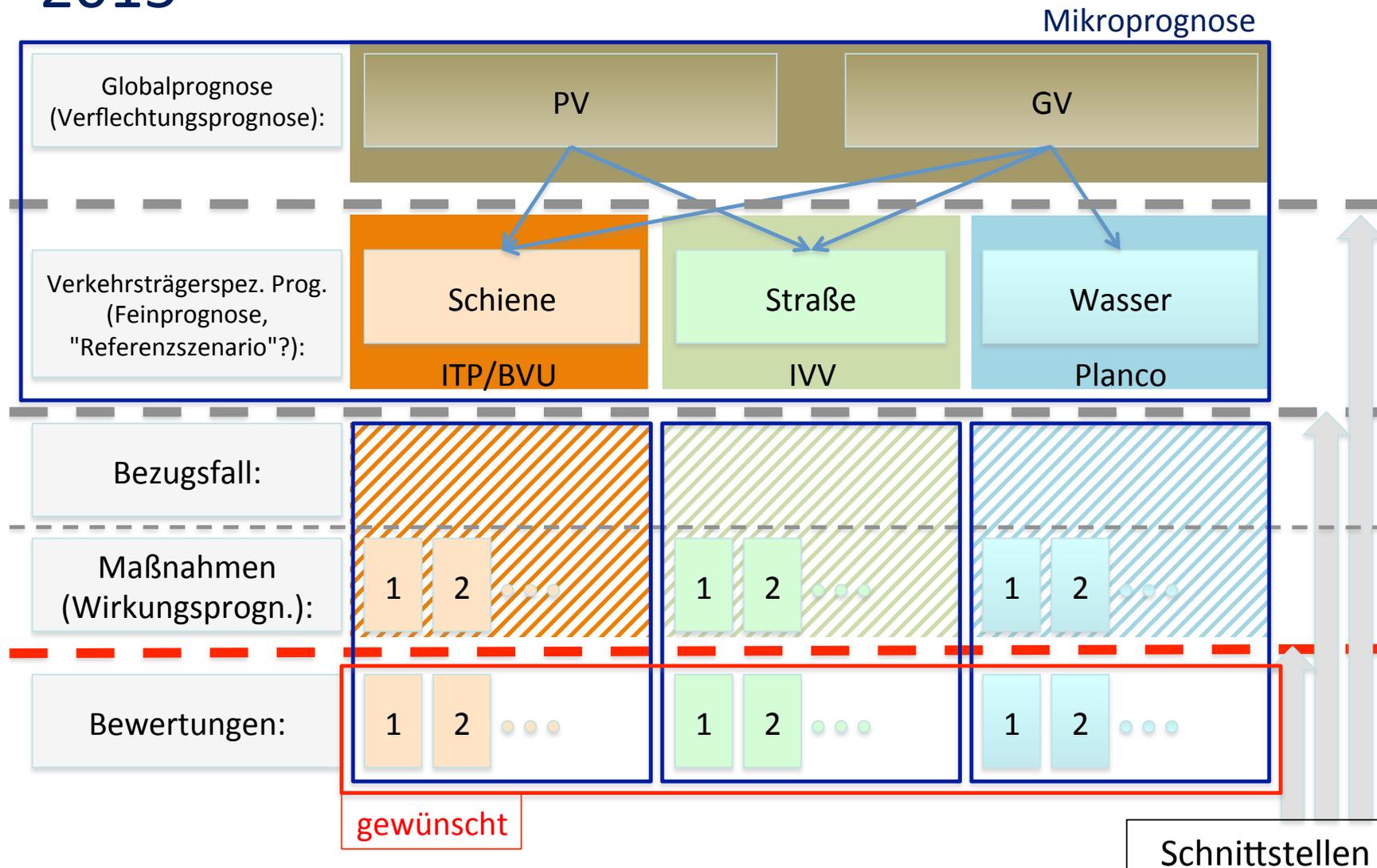
Verfahrensschritte und Schnittstellen

2003



Schnittstelle zwischen Globalprognose und Feinprognose (DLR Clearingstelle).

2015



Schnittstelle zwischen Feinprognose und Bezugsfall.
 M.E. wünschenswert: Weitere Schnittstelle zwischen
 Wirkungsprognose und Bewertung.

Bisheriges Verfahren, Problem und Lösungsansatz

Ursprünglicher BVWP

- Fahrt von X nach Y findet ohnehin statt.
- Aufgabe: Ressourcenverzehr minimieren.
- Ressourcen sind z.B.: Fahrzeit, Produktionskosten, Zuverlässigkeit, Umweltverbrauch

Bezugsfall, Planfall

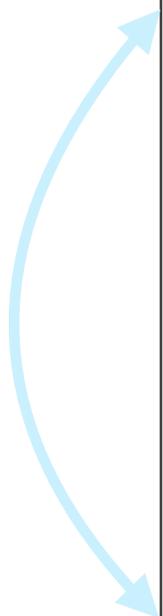
- Es gibt immer einen **Bezugsfall** (ohne Maßnahme) ...
- ... und einen **Planfall** (mit Maßnahme).
- Die Bilanzen konzentrieren sich auf die Änderungen der Nutzenkomponenten.
- Ich konzentriere mich hier zunächst auf die Verkehrsmittel-Wechsler ("Verlagerungswirkungen")

Wechsel Straße → Bahn: Saldo Ressourcenverbrauch (externe Kosten durchgestrichen):

Nutzen- bzw. Kostenkomponenten	Nutzen (+)/ Kosten (-) (Mio. € je Jahr)
1	2
Eingesparte Pkw-Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Pkw	
Unfallfolgekosten Pkw	
Eingesparte Lkw-Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Lkw	
Unfallfolgekosten Lkw	
Reisezeitnutzen	NE
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SPFV	NB1+2
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SGV	NB1+2

Wechsel Straße → Bahn: Saldo Ressourcenverbrauch (externe Kosten durchgestrichen):

Nutzen- bzw. Kostenkomponenten	Nutzen (+)/ Kosten (-) (Mio. € je Jahr)
1	2
Eingesparte Pkw-Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Pkw	
Unfallfolgekosten Pkw	
Eingesparte Lkw-Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Lkw	
Unfallfolgekosten Lkw	
Reisezeitnutzen	NE
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SPFV	NB1+2
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SGV	NB1+2



Wechsel Straße → Bahn: Saldo Ressourcenverbrauch (externe Kosten durchgestrichen):

Nutzen- bzw. Kostenkomponenten	Nutzen (+)/ Kosten (-) (Mio. € je Jahr)
1	2
Eingesparte Pkw-Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Pkw	
Unfallfolgekosten Pkw	
Eingesparte Lkw-Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Lkw	
Unfallfolgekosten Lkw	
Reisezeitnutzen	NE
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SPFV	NB1+2
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SGV	NB1+2



Wechsel Straße → Bahn: Saldo Ressourcenverbrauch (externe Kosten durchgestrichen):

Nutzen- bzw. Kostenkomponenten	Nutzen (+)/ Kosten (-) (Mio. € je Jahr)
1	2
Eingesparte Pkw-Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Pkw	
Unfallfolgekosten Pkw	
Eingesparte Lkw-Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Lkw	
Unfallfolgekosten Lkw	
Reisezeitnutzen	NE
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SPFV	NB1+2
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SGV	NB1+2

Saldo!



Wechsel Straße → Bahn: Saldo Ressourcenverbrauch (externe Kosten durchgestrichen):

Nutzen- bzw. Kostenkomponenten	Nutzen (+)/ Kosten (-) (Mio. € je Jahr)
1	2
Eingesparte Pkw-Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Pkw	
Unfallfolgekosten Pkw	
Eingesparte Lkw-Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Lkw	
Unfallfolgekosten Lkw	
Reisezeitnutzen	NE
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SPFV	NB1+2
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SGV	NB1+2

Saldo!

Hinweis: Externe Kosten werden (außerhalb der Berechnung impliziter Nutzen) natürlich weiterhin berücksichtigt!

Wechsel Straße → Bahn: Saldo Ressourcenverbrauch (externe Kosten durchgestrichen):

Nutzen- bzw. Kostenkomponenten	Nutzen (+)/ Kosten (-) (Mio. € je Jahr)
1	2
Eingesparte Pkw-Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Pkw	
Unfallfolgekosten Pkw	
Eingesparte Lkw-Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Lkw	
Unfallfolgekosten Lkw	
Reisezeitnutzen	NE
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SPFV	NB1+2
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SGV	NB1+2

Saldo!

Hinweis: Externe Kosten werden (außerhalb der Berechnung impliziter Nutzen) natürlich weiterhin berücksichtigt!

Nun betrachte nur den
Personenverkehr ...

Straße → Bahn: Nur Personenverkehr

Nutzen- bzw. Kostenkomponenten	Nutzen (+)/ Kosten (-) (Mio. € je Jahr)
1	2
Eingesparte Pkw-Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Pkw	
Unfallfolgekosten Pkw	
Eingesparte Lkw Betriebskosten	NB3
Emissionskosten (CO₂ und sonstige Abgase) Lkw	
Unfallfolgekosten Lkw	
Reisezeitnutzen	NE
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SPFV	NB1+2
Betriebsführungs- und Fahrzeugvorhaltungskosten SGV	NB1+2

- Produktionskosten Auto in NB3
- Produktionskosten Bahn in NB1+2
- Zeitkostendifferenz in NE

	Nutzen [Eu]
Prod.Kost. a (NB3)	$+pk^a \cdot \Delta x $
Reisezeit a (NE)	$+zw \cdot t^a \cdot \Delta x $
Prod.Kost. b (NB1, 2)	$-pk_1^b \cdot \Delta x $
Reisezeit b (NE)	$-zw \cdot t_1^b \cdot \Delta x $

(Verbesserung b(ahn); betrachte nur Wechsler a(uto) \rightarrow b(ahn))

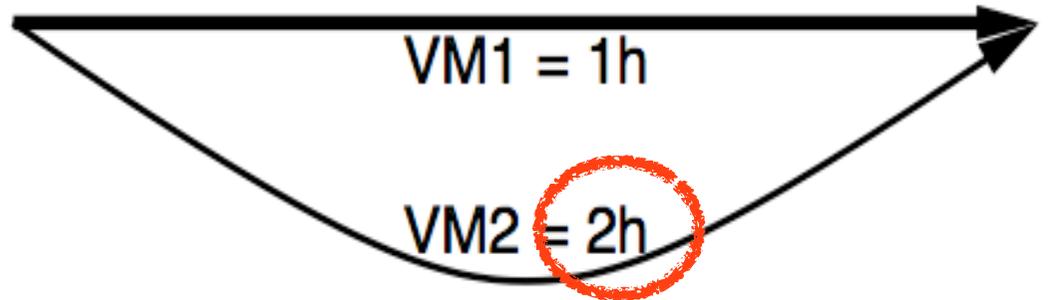
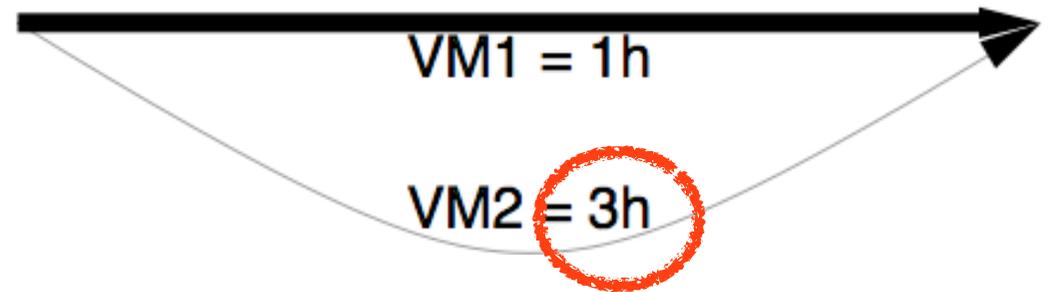
pk : Produktionskosten (pro Einheit)

t : Fahrzeiten (pro Einheit)

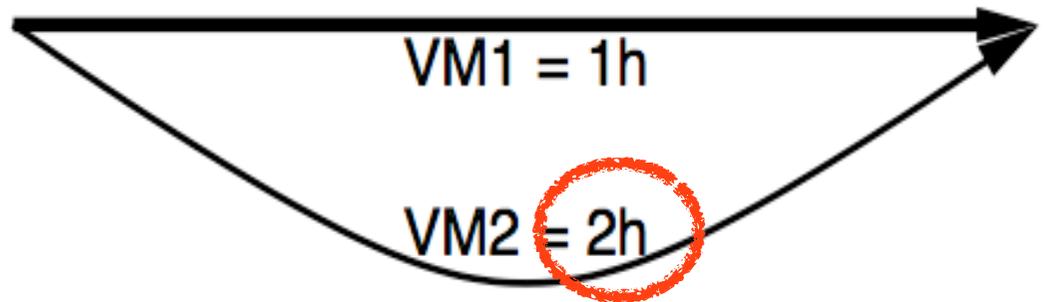
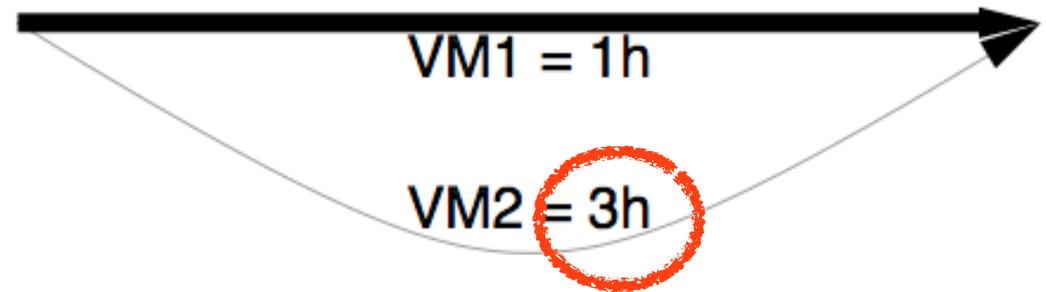
x : Mengen (z.B. Personenf./J. auf Relation); hier: nur Wechsler
weitere Attribute (z.B. Zuverlässigkeit) möglich, wie Fahrzeiten



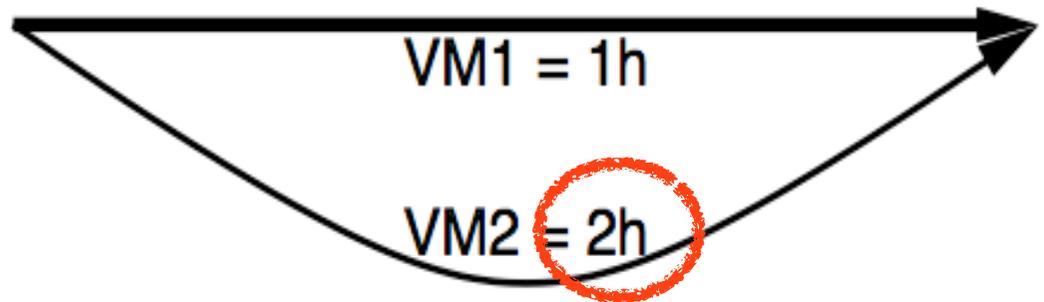
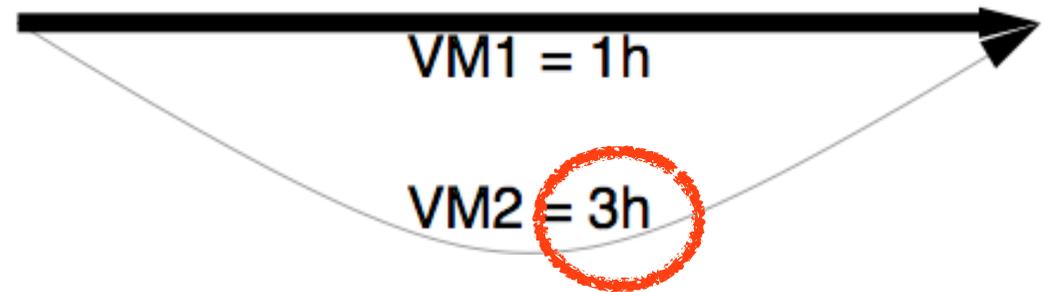
- (Z.B.) Bahnverbesserung;
Reisende wechseln auf
Bahn; Bahnfahrt dauert
aber immer noch länger als
Straße



- (Z.B.) Bahnverbesserung; Reisende wechseln auf Bahn; Bahnfahrt dauert aber immer noch länger als Straße
- Längere (Bahn-)Fahrt verbraucht mehr zeitliche Ressourcen, ist also schlechter bewertet.



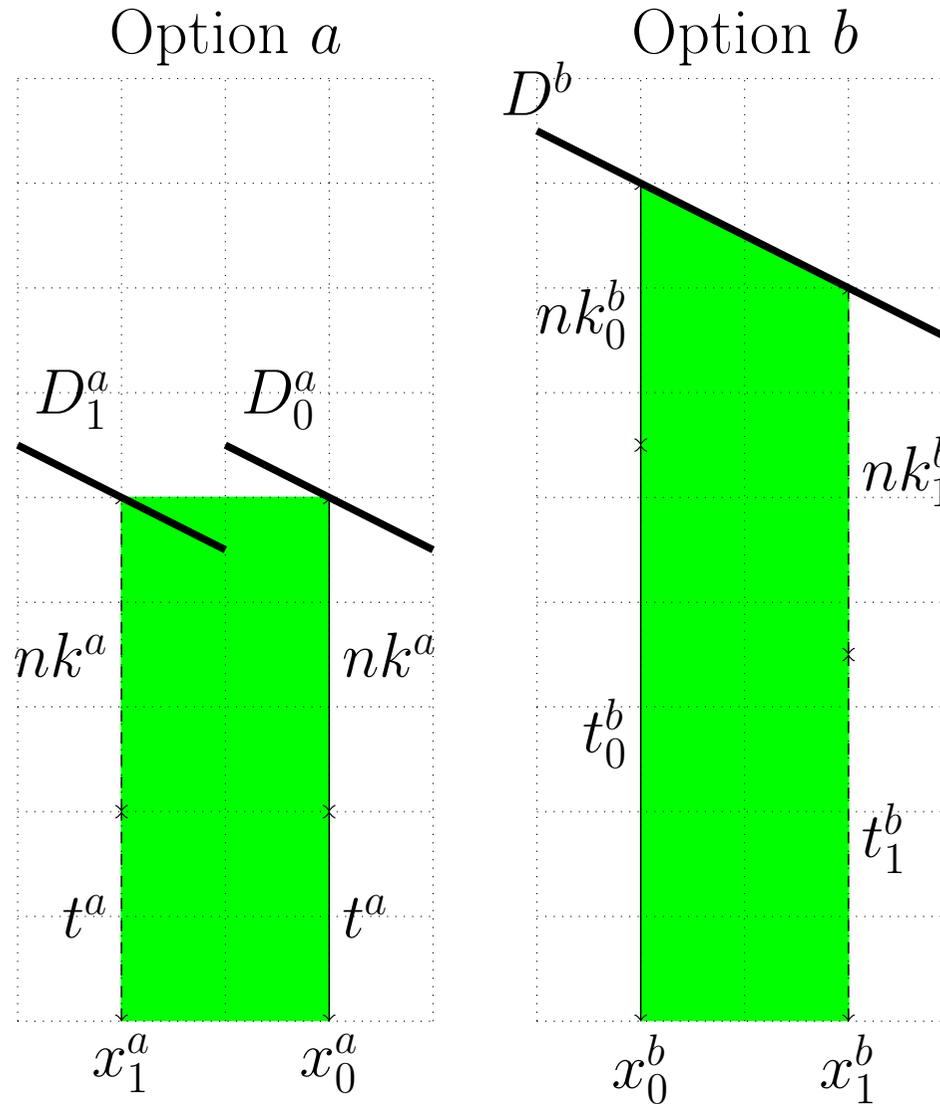
- (Z.B.) Bahnverbesserung; Reisende wechseln auf Bahn; Bahnfahrt dauert aber immer noch länger als Straße
- Längere (Bahn-)Fahrt verbraucht mehr zeitliche Ressourcen, ist also schlechter bewertet.
- Nicht sinnvoll, wenn Bahnfahrt freiwillig gewählt.

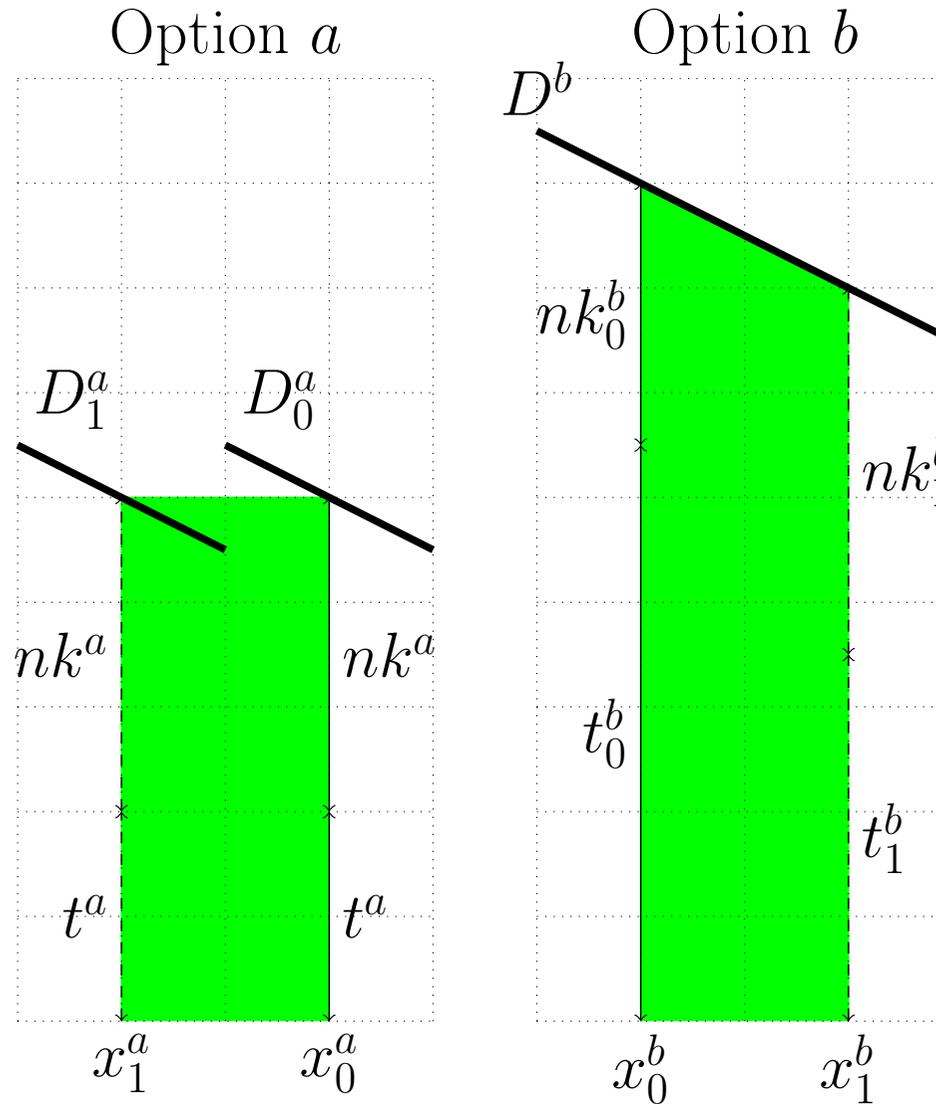


- Sicher vieles möglich.
- Unsere Lösung: Zusätzliche Berücksichtigung der (Differenz der) **Bruttokonsumumentenrenten**.
(= **implizite Nutzendifferenz**)
- Resultat identisch mit “angelsächsischer” Methode
(Nettokonsumenten-/-produzentenrenten)

	Nutzen ΔB [Eu]
Prod.Kost. a (NB3)	$+pk^a \cdot \Delta x $
Reisezeit a (NE)	$+zw \cdot t^a \cdot \Delta x $
Prod.Kost. b (NB1, 2)	$-pk_1^b \cdot \Delta x $
Reisezeit b (NE)	$-zw \cdot t_1^b \cdot \Delta x $
Wegfallende BKR a	$-(p^a + zw \cdot t^a) \cdot \Delta x $
Hinzukommende BKR b	$+(\overline{p^b} + zw \cdot \overline{t^b}) \cdot \Delta x $

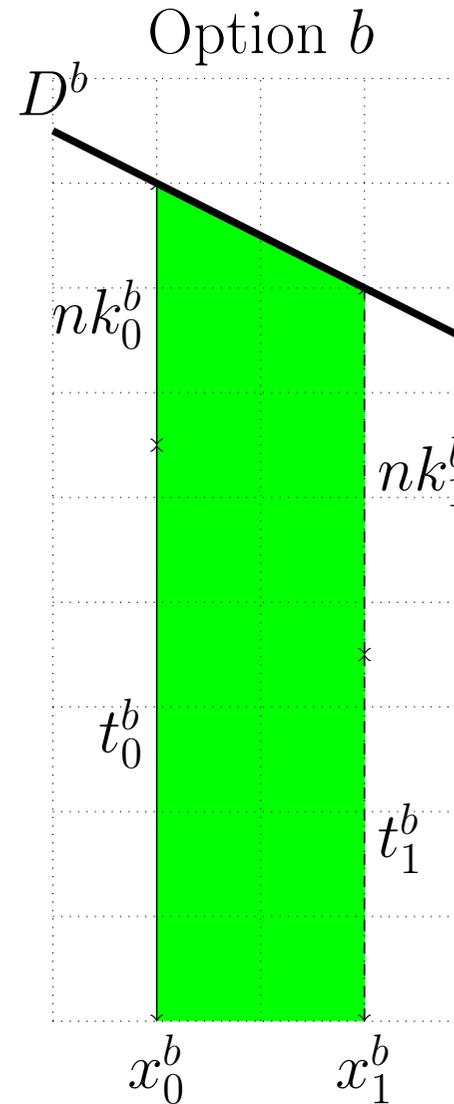
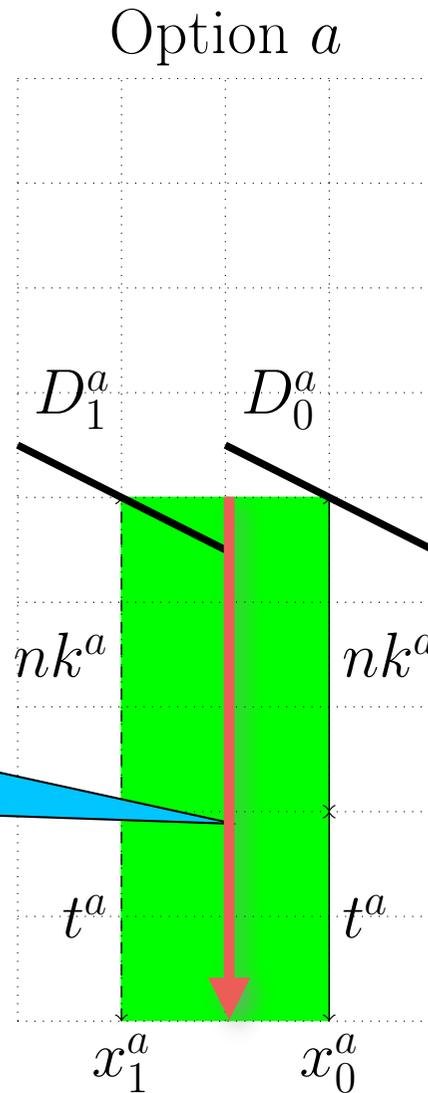
$\overline{p^b} = \frac{p_0^b + p_1^b}{2} =$ Mittelwert zwischen Bezugsfall und Planfall.





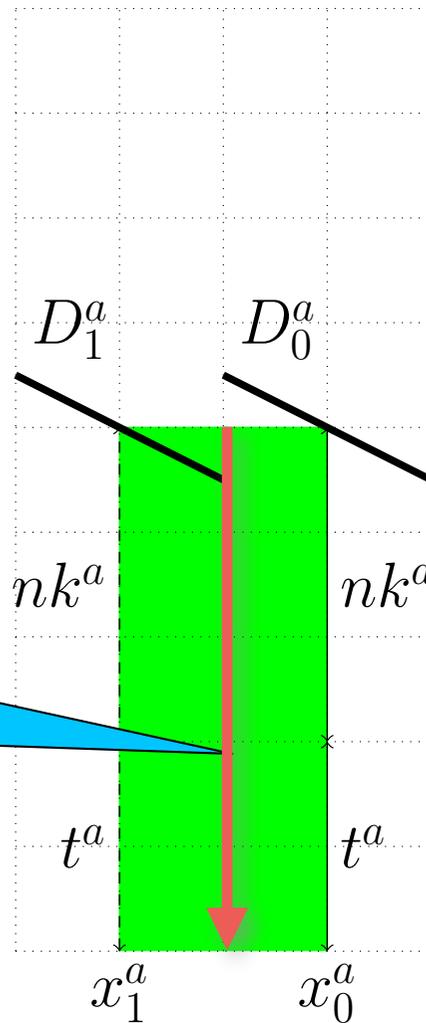
grün = Bruttokonsumentenrenten.

Wegfallende
BKR =
wegfallender
Nutzen



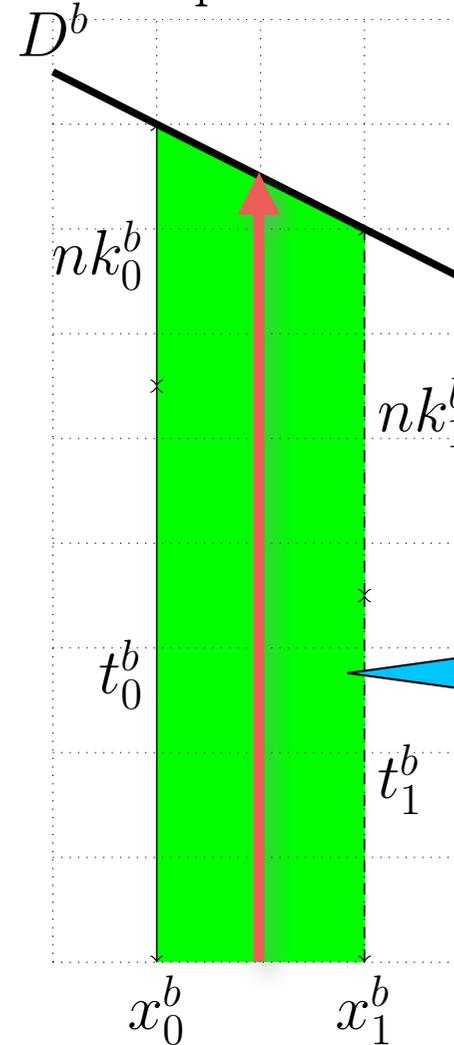
grün = Bruttokonsumentenrenten.

Option a



Wegfallende
BKR =
wegfallender
Nutzen

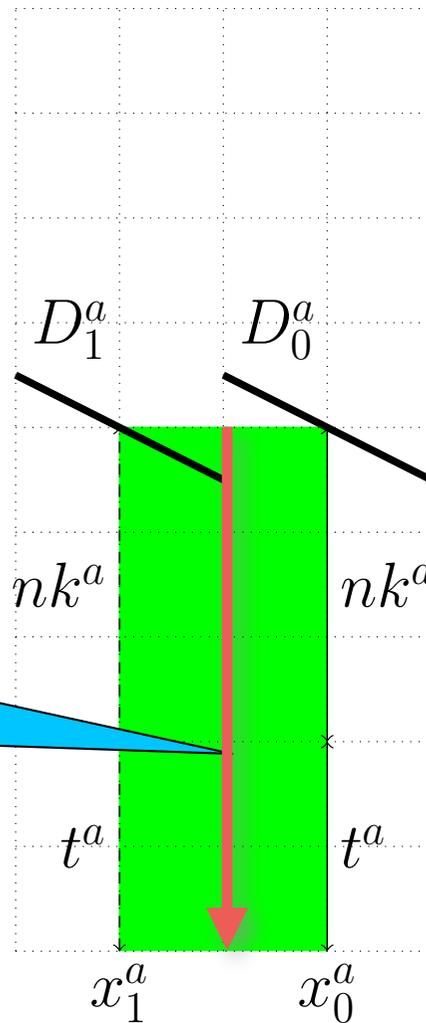
Option b



Hinzukommende
BKR =
hinzukommender
Nutzen

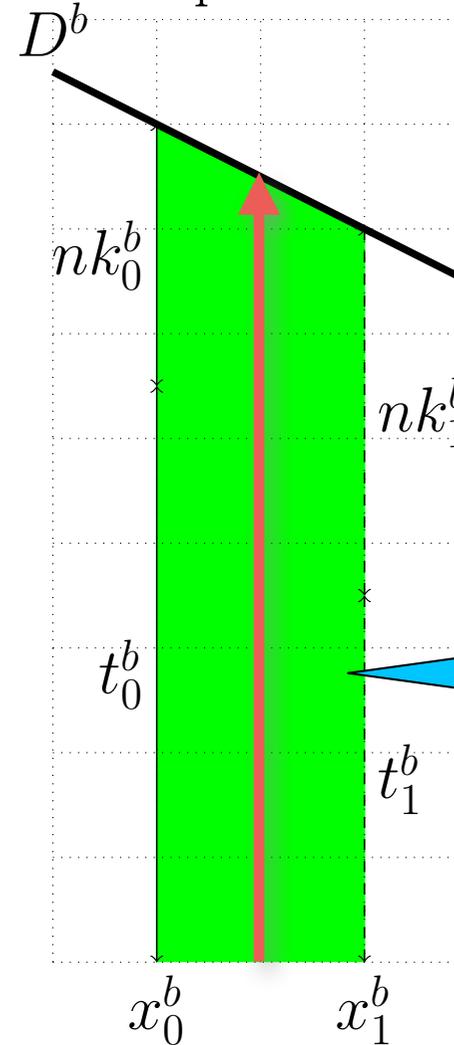
grün = Bruttokonsumentenrenten.

Option a



Wegfallende
BKR =
wegfallender
Nutzen

Option b



Hinzukommende
BKR =
hinzukommender
Nutzen

grün = Bruttokonsumentenrenten.

$$\Delta B_{15} = -BKR^a + RV^a + BKR^b - RV^b$$

$$\begin{aligned}
 &= -(nk^a + t^a) + (pk^a + t^a) + (\overline{nk^b} + \overline{t^b}) - (pk_1^b + t_1^b) \\
 &= -nk^a + pk^a + \frac{nk_0^b}{2} + \frac{nk_1^b}{2} + \frac{t_0^b}{2} + \frac{t_1^b}{2} - (nk_1^b - pr_1^b + t_1^b) \\
 &= -pr^a + \frac{nk_0^b}{2} - \frac{nk_1^b}{2} + \frac{t_0^b}{2} - \frac{t_1^b}{2} + pr_1^b \\
 &= -pr^a + roh + pr_1^b
 \end{aligned}$$

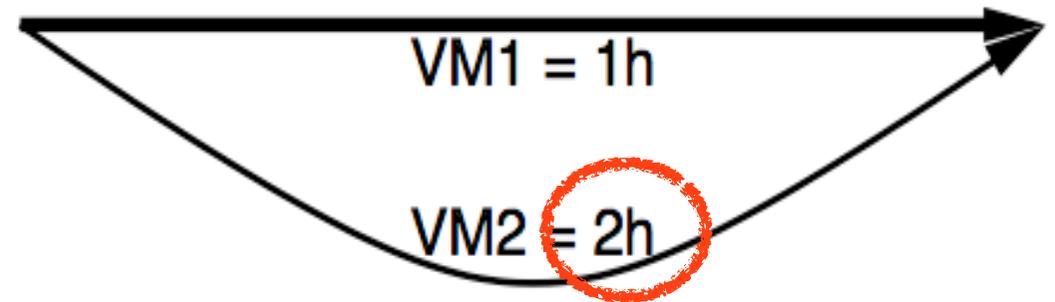
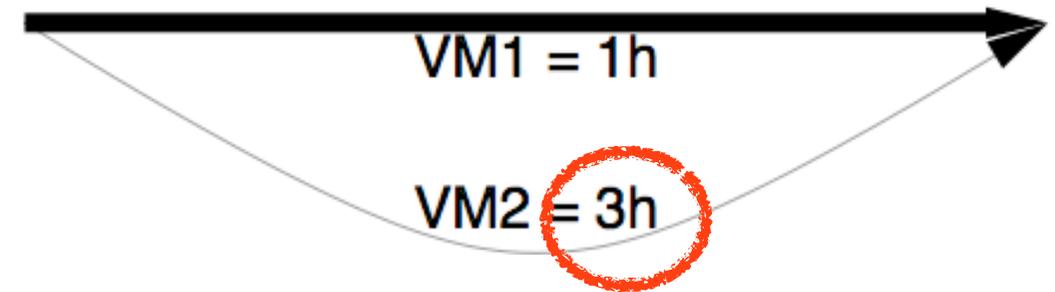
Damit neues BVWP-Verfahren äquivalent zum “angelsächsischen” Verfahren.

Obiges Problem damit geheilt:



Obiges Problem damit geheilt:

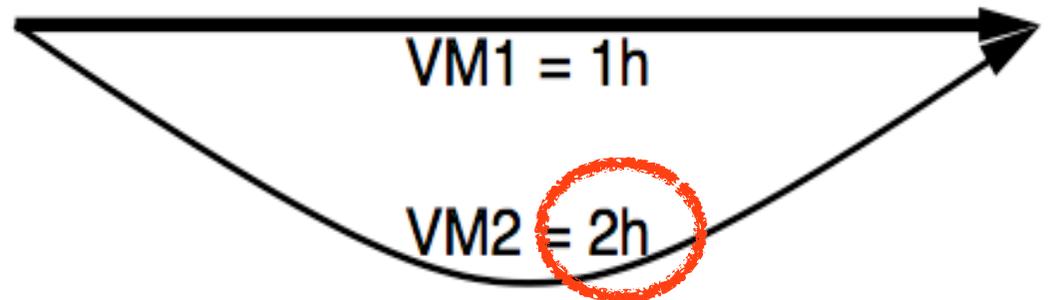
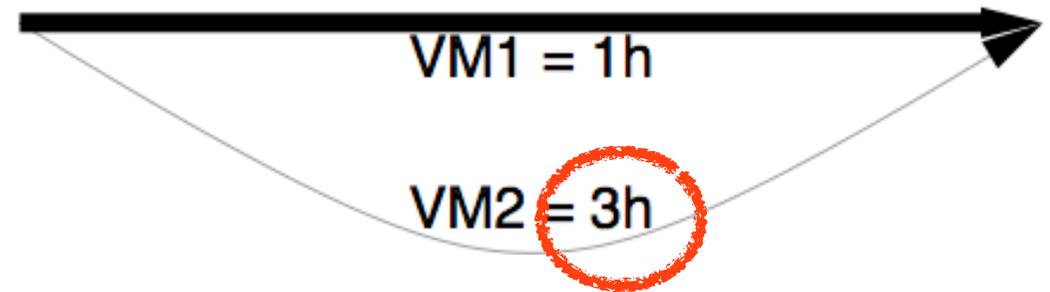
Ressourcenverzehr steigt von 1h auf 2h:



Obiges Problem damit geheilt:

Ressourcenverzehr steigt von
1h auf 2h:

$$\Delta b_{RV} = - zW \cdot 1h$$



Obiges Problem damit geheilt:

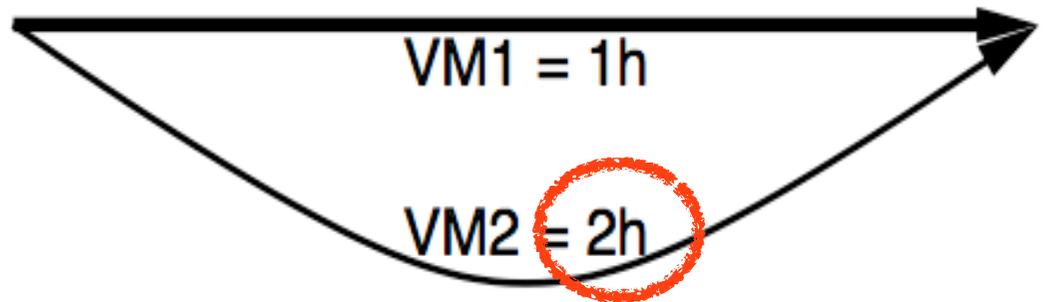
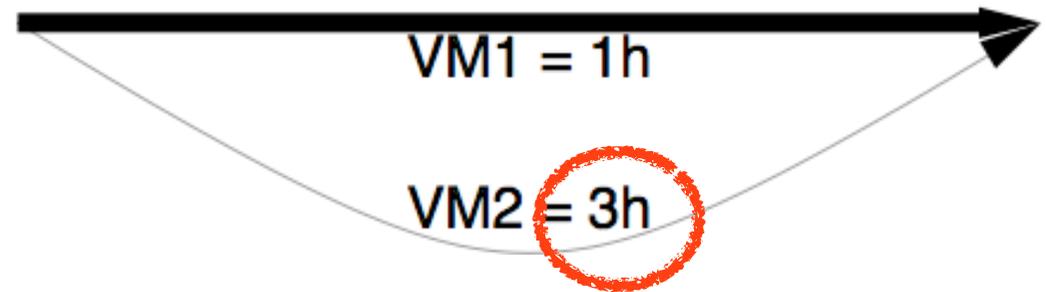
Ressourcenverzehr steigt von
1h auf 2h:

$$\Delta b_{RV} = - zW \cdot 1h$$

Aber:

- Wegfall BKR Straße 1h

$$\Delta b_{BKR,abgeb} = - zW \cdot 1h$$



Obiges Problem damit geheilt:

Ressourcenverzehr steigt von 1h auf 2h:

$$\Delta b_{RV} = - zW \cdot 1h$$

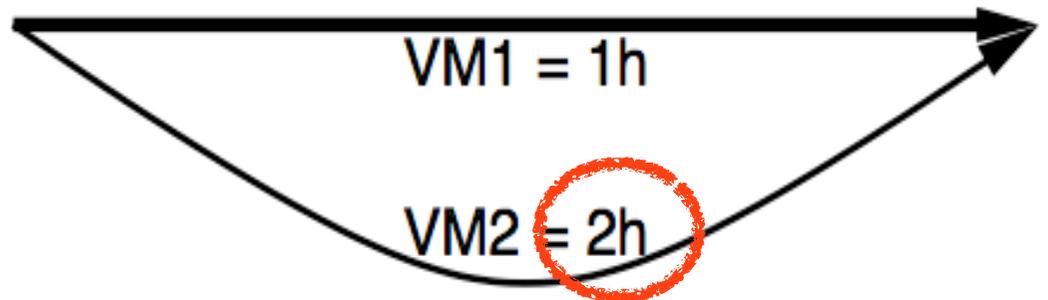
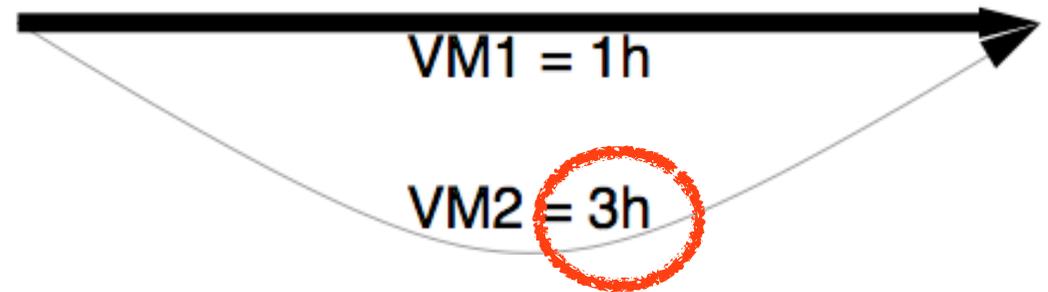
Aber:

- Wegfall BKR Straße 1h

$$\Delta b_{BKR,abgeb} = - zW \cdot 1h$$

- Neu BKR Bahn **2,5h**

$$\Delta b_{BKR,aufn} = + zW \cdot 2.5h$$



Obiges Problem damit geheilt:

Ressourcenverzehr steigt von 1h auf 2h:

$$\Delta b_{RV} = - zW \cdot 1h$$

Aber:

- Wegfall BKR Straße 1h

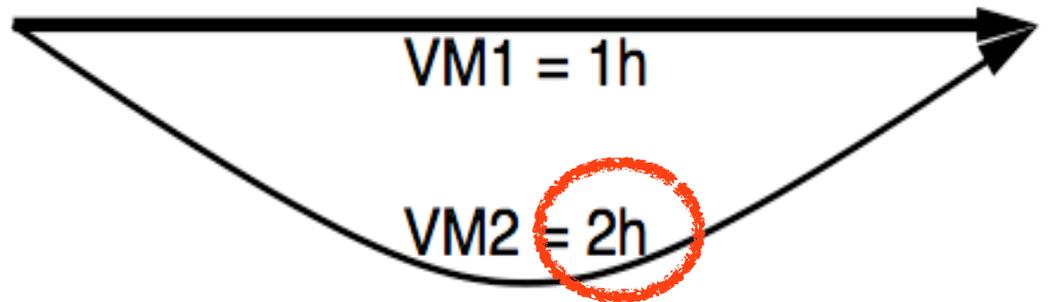
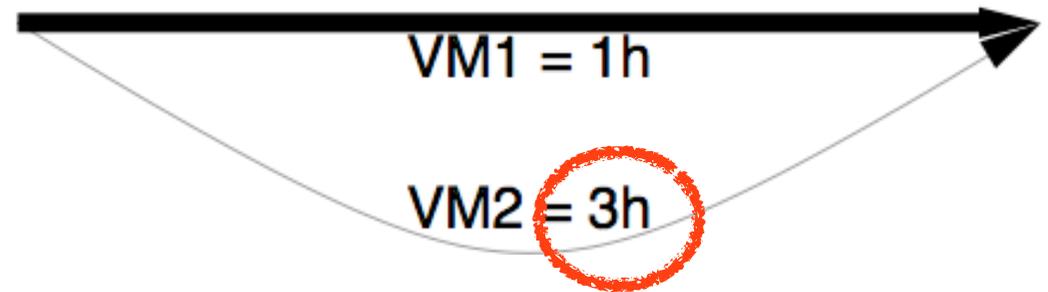
$$\Delta b_{BKR,abgeb} = - zW \cdot 1h$$

- Neu BKR Bahn **2.5h**

$$\Delta b_{BKR,aufn} = + zW \cdot 2.5h$$

Insgesamt:

$$\begin{aligned}\Delta b &= zW \cdot (-1h - 1h + 2.5h) \\ &= zW \cdot 0.5h\end{aligned}$$



Obiges Problem damit geheilt:

Ressourcenverzehr steigt von 1h auf 2h:

$$\Delta b_{RV} = - zW \cdot 1h$$

Aber:

- Wegfall BKR Straße 1h

$$\Delta b_{BKR,abgeb} = - zW \cdot 1h$$

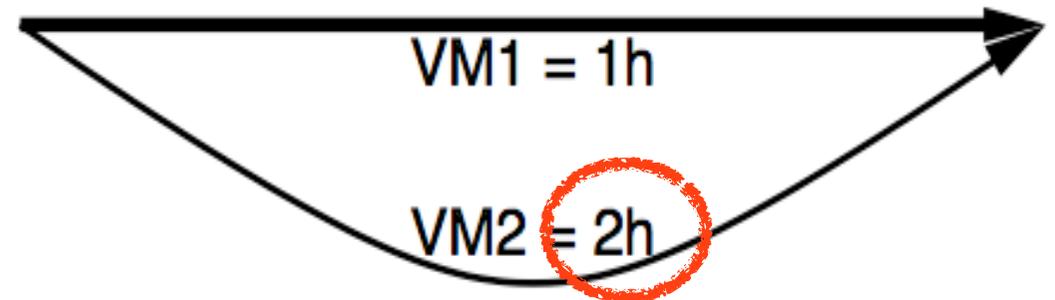
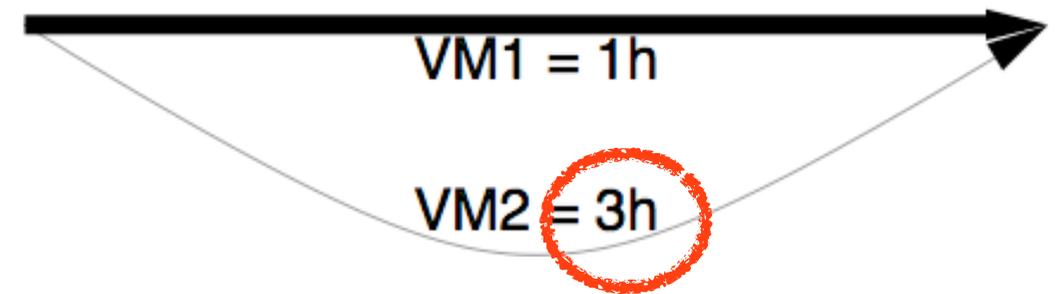
- Neu BKR Bahn **2.5h**

$$\Delta b_{BKR,aufn} = + zW \cdot 2.5h$$

Insgesamt:

$$\begin{aligned}\Delta b &= zW \cdot (-1h - 1h + 2.5h) \\ &= zW \cdot 0.5h\end{aligned}$$

wie auch rule-of-half 3h → 2h



Vergleich BVWP'03, BVWP'15

Durch Maßnahme ausgelöster Wechsel zu *langsamerem* Verkehrsträger

Durch Maßnahme ausgelöster Wechsel zu *langsamerem* Verkehrsträger

BVWP 2003:

- Nutzen*verlust*, da mehr Zeitverbrauch = höherer Ressourcenverzehr (!)

Durch Maßnahme ausgelöster Wechsel zu *langsamerem* Verkehrsträger

BVWP 2003:

- Nutzen*verlust*, da mehr Zeitverbrauch = höherer Ressourcenverzehr (!)

BVWP 2015:

- Nutzen*gewinn* in Höhe des “Dreiecks” aus der rule-of-half

Durch Maßnahme ausgelöster Wechsel zu *schnellerem* Verkehrsmittel

Durch Maßnahme ausgelöster Wechsel zu *schnellerem Verkehrsmittel*

BVWP 2003:

- *Erheblicher* Nutzensgewinn, da geringerer Zeitverbrauch = reduzierter Ressourcenverzehr

Durch Maßnahme ausgelöster Wechsel zu *schnellerem* Verkehrsmittel

BVWP 2003:

- *Erheblicher* Nutzengewinn, da geringerer Zeitverbrauch = reduzierter Ressourcenverzehr

BVWP 2015:

- *Nicht so hoher* Nutzengewinn, da erstmal davon ausgegangen wird, dass das schnellere Verkehrsmittel Nachteile hat, sonst wäre es ja schon vor der Maßnahme benutzt werden.
- (Nutzengewinn – natürlich – in der Höhe des “Dreiecks” aus der rule-of-half)

... machen das im Prinzip auch schon so. Aber:

- Nun auch neu für Wechsel Bahn → Straße.
- Nun auch neu für andere Komponenten außer Fahrzeit (insbes. Fahrpreis) und somit neu vollständig äquivalent zu rule-of-half.

Induzierter Verkehr

Induzierter Verkehr

= durch die Maßnahme neu erzeugter Verkehr

Induzierter Verkehr

= durch die Maßnahme neu erzeugter Verkehr

BVWP 2003:

- Im Prinzip: Verzehrt z.B. Zeit, darum stark negativer Nutzen. (Also: Obwohl Reisende diese Zeit freiwillig investieren, geht es ihnen lt. Verfahren nun schlechter als vorher.)
- De facto: Sogenannte STASA Parametrisierung:
 - Stauwirkungen des induzierten Verkehrs (neg. Nutzen)
 - Konsumentenrente des induz. Verkehrs (pos. Nutzen)

Induzierter Verkehr

= durch die Maßnahme neu erzeugter Verkehr

BVWP 2003:

- Im Prinzip: Verzehrt z.B. Zeit, darum stark negativer Nutzen. (Also: Obwohl Reisende diese Zeit freiwillig investieren, geht es ihnen lt. Verfahren nun schlechter als vorher.)
- De facto: Sogenannte STASA Parametrisierung:
 - Stauwirkungen des induzierten Verkehrs (neg. Nutzen)
 - Konsumentenrente des induz. Verkehrs (pos. Nutzen)

BVWP 2015:

- Neu *explizite* Berechnung des induz. Verkehrs im Modell
- Nutzengewinn – natürlich – in Höhe “Dreieck” rule-of-half

Stauwirkungen

BVWP 2003

- Stauwirkungen des (z.B. von Bahn) verlagerten Verkehrs wurden gar nicht berücksichtigt. (!!!)
- Stauwirkungen des induzierten Verkehrs wurden parametrisiert berücksichtigt.

BVWP 2003

- Stauwirkungen des (z.B. von Bahn) verlagerten Verkehrs wurden gar nicht berücksichtigt. (!!!)
- Stauwirkungen des induzierten Verkehrs wurden parametrisiert berücksichtigt.

BVWP 2015

- Stauwirkungen werden neu explizit berücksichtigt.

Güterverkehr

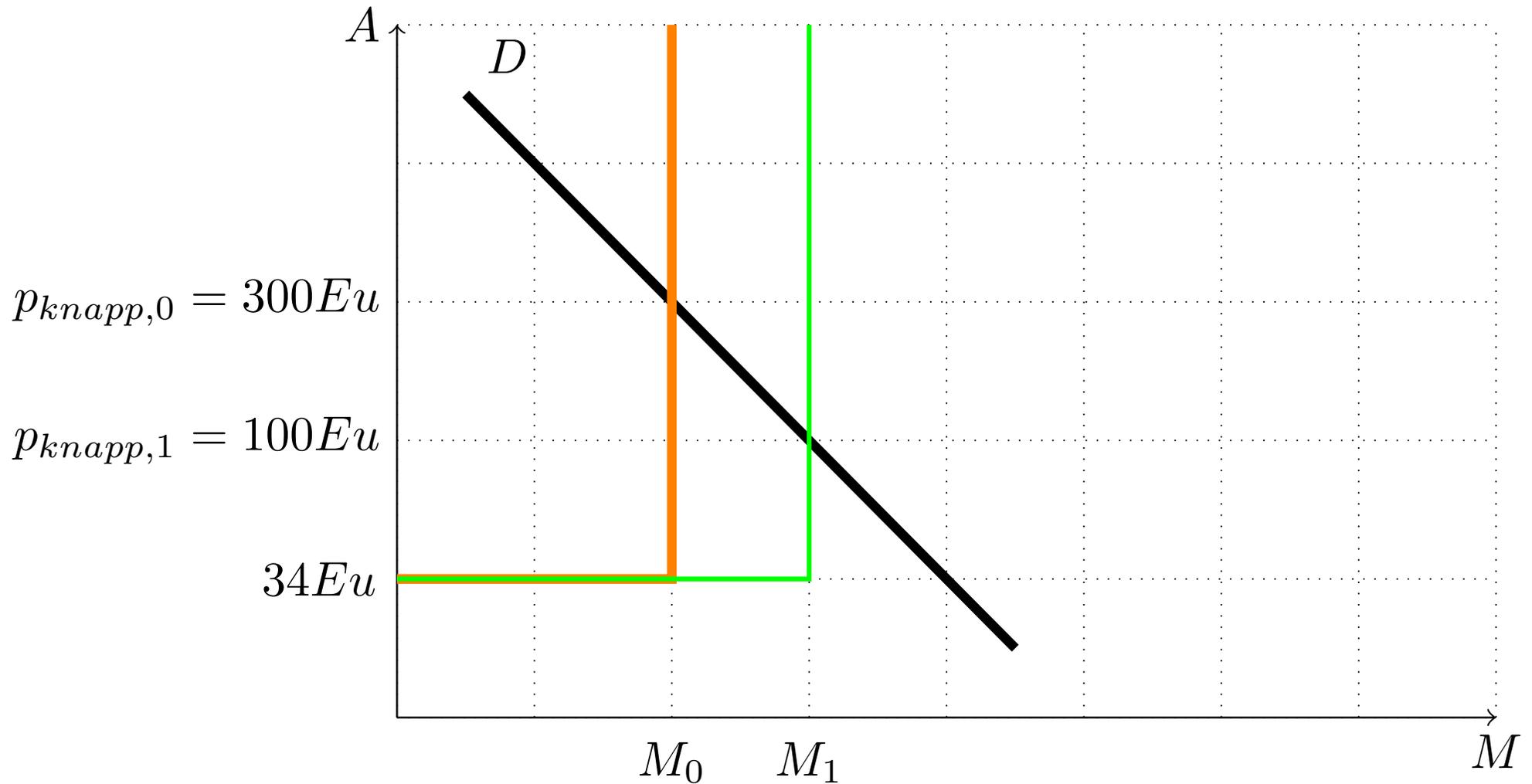
BVWP 2003:

- Erhebliche Nutzen des GV aus “NB3”: Eingesparte Lkw-Betriebskosten
- (Eigentlich Bahn → Straße mit umgekehrtem VZ)

BVWP 2015:

- “Nur noch” rule-of-half.
- *Aber* unklar, wo man das ansetzt bei Kapazitätsengpässen.

GV Verlagerung Straße → Bahn bei Kap.Engpässen 27



D-Kurve unbekannt, da DB-Netz keine Knappheitspreise verlangt.
Verfahrensvorschlag, aber nicht getestet.

Anwendung auf Zielnetz Bahn (Dank an Ulrich Mann, ITP)

Im folgenden:

- Maßnahme: Bahn von Bezugsfall → Zielnetz
Bedarfsplanüberprüfung 2010 (BPÜ'10)
- Nur Personenverkehr
- Gegenüberstellung ohne/mit impliziten Nutzen, ohne weitere Anpassungen

Verfahren BPÜ'10 (links) vs. neues Verfahren (rechts) ³⁰

(PV Bahn ohne externe Kosten)

Verfahren BPÜ'10 (links) vs. neues Verfahren (rechts) ³⁰

	Mio. € / Jahr	
	BPÜ 2010	BVWP 2015
1. verbleibender Verkehr		
Ressourcenverzehr Reisezeit	251	251
2. verlagerter Verkehr		
Ressourcenverzehr Betriebskosten MIV	296	296
Ressourcenverzehr Betriebskosten SPV	-169	-169
Ressourcenverzehr Reisezeit	30	11
implizite Nutzen	0	19
<i>Zwischensumme verlagerter Verkehr</i>	<i>157</i>	<i>157</i>
3. induzierter Verkehr		
Ressourcenverzehr Reisezeit	9	-129
implizite Nutzen	0	260
<i>Zwischensumme induzierter Verkehr</i>	<i>9</i>	<i>131</i>
Gesamtsumme	417	539

(PV Bahn ohne externe Kosten)

Verfahren BPÜ'10 (links) vs. neues Verfahren (rechts) ³⁰

	Mio. € / Jahr	
	BPÜ 2010	BVWP 2015
1. verbleibender Verkehr		
Ressourcenverzehr Reisezeit	251	251
2. verlagerter Verkehr		
Ressourcenverzehr Betriebskosten MIV	296	296
Ressourcenverzehr Betriebskosten SPV	-169	-169
Ressourcenverzehr Reisezeit	30	11
implizite Nutzen	0	19
<i>Zwischensumme verlagerter Verkehr</i>	<i>157</i>	<i>157</i>
3. induzierter Verkehr		
Ressourcenverzehr Reisezeit	9	-129
implizite Nutzen	0	260
<i>Zwischensumme induzierter Verkehr</i>	<i>9</i>	<i>131</i>
Gesamtsumme	417	539

gleichbleibend

(PV Bahn ohne externe Kosten)

Verfahren BPÜ'10 (links) vs. neues Verfahren (rechts) ³⁰

	Mio. € / Jahr	
	BPÜ 2010	BVWP 2015
1. verbleibender Verkehr		
Ressourcenverzehr Reisezeit	251	251
2. verlagerter Verkehr		
Ressourcenverzehr Betriebskosten MIV	296	296
Ressourcenverzehr Betriebskosten SPV	-169	-169
Ressourcenverzehr Reisezeit	30	11
implizite Nutzen	0	19
<i>Zwischensumme verlagerter Verkehr</i>	<i>157</i>	<i>157</i>
3. induzierter Verkehr		
Ressourcenverzehr Reisezeit	9	-129
implizite Nutzen	0	260
<i>Zwischensumme induzierter Verkehr</i>	<i>9</i>	<i>131</i>
Gesamtsumme	417	539

gleichbleibend

Saldo!

(PV Bahn ohne externe Kosten)

Verfahren BPÜ'10 (links) vs. neues Verfahren (rechts) ³⁰

	Mio. € / Jahr	
	BPÜ 2010	BVWP 2015
1. verbleibender Verkehr		
Ressourcenverzehr Reisezeit	251	251
2. verlagerter Verkehr		
Ressourcenverzehr Betriebskosten MIV	296	296
Ressourcenverzehr Betriebskosten SPV	-169	-169
Ressourcenverzehr Reisezeit	30	11
implizite Nutzen	0	19
<i>Zwischensumme verlagerter Verkehr</i>	157	157
3. induzierter Verkehr		
Ressourcenverzehr Reisezeit	9	-129
implizite Nutzen	0	260
<i>Zwischensumme induzierter Verkehr</i>	9	131
Gesamtsumme	417	539

gleichbleibend

Saldo!

gleichbleib. ↔
BPÜ'10

(PV Bahn ohne externe Kosten)

Verfahren BPÜ'10 (links) vs. neues Verfahren (rechts) ³⁰

	Mio. € / Jahr	
	BPÜ 2010	BVWP 2015
1. verbleibender Verkehr		
Ressourcenverzehr Reisezeit	251	251
2. verlagerter Verkehr		
Ressourcenverzehr Betriebskosten MIV	296	296
Ressourcenverzehr Betriebskosten SPV	-169	-169
Ressourcenverzehr Reisezeit	30	11
implizite Nutzen	0	19
<i>Zwischensumme verlagerter Verkehr</i>	157	157
3. induzierter Verkehr		
Ressourcenverzehr Reisezeit	9	-129
implizite Nutzen	0	260
<i>Zwischensumme induzierter Verkehr</i>	9	131
Gesamtsumme	417	539

(PV Bahn ohne externe Kosten)

gleichbleibend

Saldo!

gleichbleib. ↔
BPÜ'10

recht hoher Wert:
zus.
Mobilitätsnutzen fast
ohne zus.
Produktionskosten
(Bahn!)

Weitere Testrechnungen

Straße

haben wir gerade gemacht, aber (noch?) nicht interpretierbar.

GV Schiene

noch nicht

Insgesamt

- Ersetze Parametrisierungen durch **echte Rechnungen**.
- Dafür nötig: **Konsumentenrente** (Differenz Bruttokonsumentenrenten = implizite Nutzendifferenz; ergibt rule-of-half), weil sonst immer unplausibel, sobald freiwillig auf höhere Fahrzeiten/-preise gewechselt wird.
- Neu insbes.: **Stauwirkungen** verlagerter/induzierter Verkehr explizit berücksichtigt.
- Berücksichtigung Zuverlässigkeit für Wechsler/induz. Verkehr derzeit nicht vorgesehen, methodisch aber (m.E.) problemlos.