

## 2.3.2 Monetarisierung von Reisezeit

### Willingness to pay (WTP)

Im Prinzip Befragung wie:

1. Wie kommen Sie normalerweise zur Arbeit?
2. Wieviel wären Sie bereit zu zahlen, wenn ich das um 5min beschleunigen würde?

## Willingness to accept (WTA)

Im Prinzip Befragung wie:

1. Wie kommen Sie normalerweise zur Arbeit?
2. Wieviel müsste ich Ihnen geben, damit Sie akzeptieren, wenn ich das um 5min verlangsamen würde?

Bewertung wäre einfacher, wenn WTP und WTA gleich wären. Sind sie aber nicht (Kahnemann/Tversky, prospect theory, losses are weighted more heavily than gains). – Ignorieren wir allerdings in dieser Veranstaltung.

## Logit-Modell

Normalerweise macht man es nicht so “platt” wie oben unter WTP/WTA beschrieben. Gerade bei “revealed preferences” (s.u.) muss man mehrfache Einflüsse separieren; auch bei “stated preference” (s.u.) lohnt sich das, um das strategische Verhalten zu reduzieren.

Typischer Ansatz:

1. Definiere (Nutzen-)Funktionen vom Typ

$$\begin{aligned} V_0 &= \beta_m m_0 + \beta_t t_0 \\ V_1 &= \beta_m m_1 + \beta_t t_1 \end{aligned} \quad (2.2)$$

wobei:

$m_0, m_1$  ... monetäre Kosten von Alternative 0 bzw. 1

$t_0, t_1$  ... Reisezeit von Alternative 0 bzw. 1

2. Behaupte, dass sich die Wahrscheinlichkeit, Alternative 0 zu wählen, durch eine Funktion

$$proba_0(V_0, V_1) = \frac{e^{V_0}}{e^{V_0} + e^{V_1}}$$

beschreiben lässt. Das macht Sinn, weil nach Erweiterung des Bruches mit  $e^{-V_0}$

$$= \frac{e^{V_0 - V_0}}{e^{V_0 - V_0} + e^{V_1 - V_0}} = \frac{1}{1 + e^{V_1 - V_0}},$$

mit Eigenschaften (\*):

- $1/2$  bei  $V_0 = V_1$
- $\rightarrow 0$  für  $V_1 \gg V_0$  (Option 1 sehr viel besser)
- $\rightarrow 1$  für  $V_0 \gg V_1$  (Option 0 sehr viel besser)

((Sogenanntes Logit-Modell. Lässt sich herleiten. Dafür braucht man allerdings bestimmte Annahmen. Hilft zum Verständnis der mathematischen Struktur; inhaltlich aber m.E. nicht hilfreicher als die Plausibilitätsüberlegungen entsprechend (\*).))

## 3. Strukturierte Befragung von Personen.

person-id	choice	$t_0$	$m_0$	$t_1$	$m_1$
1	0	90min	3Eu	45min	40Eu
2	0	90min	3Eu	60min	5Eu
3	1(!)	25min	2Eu	30min	2Eu
...	...	...	...	...	...

4. Daraus folgende Schätzung der Parameter  $\beta_m, \beta_t$  so dass die Resultate der Befragung möglichst gut repliziert werden.

((Maximum Likelihood-Methode:

- $W'$  für Einzelantwort "*choice*" von Person  $n$  ist  $p_{choice}^{(n)} = e^{V_{choice}^{(n)}} / (e^{V_0^{(n)}} + e^{V_1^{(n)}})$ .
- Gemeinsame  $W'$  für eine Menge von Antworten ist das Produkt daraus.
- Finde Parameter  $\beta_m$  und  $\beta_t$  so, dass die  $W'$ , gerade die selben Antworten wie in der Befragung zu erhalten, maximiert wird.

))

**Zeitkosten (Value of time VoT):**  $\beta_t/\beta_m$ . Euro, der bezahlt werden mag, um bestimmte Reisezeitverkürzung zu erreichen.

Z.B. (Gl. (2.2))<sup>1</sup>

$$V_0 = - \left( \frac{1 u}{Eu} \right) \cdot 20 Eu - \left( \frac{6 u}{h} \right) \cdot 1 h = -26 u$$

vs.

$$\tilde{V}_0 = - \left( \frac{1 u}{Eu} \right) \cdot 14 Eu - \left( \frac{6 u}{h} \right) \cdot 2 h = -26 u$$

haben den gleichen (negativen) Nutzen.

“Wert” (= Monetarisierung) einer Stunde also

$$\frac{(6 u/h)}{(1 u/Eu)} = 6 Eu/h .$$

Oft: **Value of travel time savings VTTS**.

(Weil es kein allgemeiner “Wert” der Zeit ist, sondern der Wert eingesparter Reisezeit.)

---

<sup>1</sup>Nutzen (“utility”) gemessen in “utils” ( $u$ ).

## VTTS nach Reisezweck

Leider unterscheiden sich die Resultate ganz erheblich insbesondere nach: Verkehr *während* der Arbeits(zeit), Pendlerverkehr, Freizeitverkehr.

- Der mittlere VoT für Freizeitverkehr liegt bei 15-45% des mittleren Einkommens. Als sehr grober Richtwert 4Eu/h.
- Pendlerverkehr bei ca. 6Eu/h.  
Z.B.
  - Suche nach “Methodenhandbuch” unter <http://www.bmvi.de> (vollständiger Titel “Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030”) und dann nach “Zeitwert”.
  - <http://www.dft.gov.uk/webtag> und dann suchen (derzeit webtag data book).
- Der mittlere VoT für Verkehr *während* der Arbeit(zeit) kann bis zu einem Faktor 10 höher liegen.

Unterschiede stated vs. revealed preference siehe unten

### 2.3.3 Monetarisierung anderer Einflüsse

Auch andere Einflüsse kann man mit Varianten der gleichen Methode monetarisieren.

Weitere Methoden zu Monetarisierung siehe “Monetarisierung externer Kosten” später im Semester.

### 2.3.4 Stated vs. revealed preferences

**Stated preferences (SP)** ... Aussagen, was Leute tun *würden*.

**Revealed preferences (RP)** ... was Leute tatsächlich machen.

Stated preferences deutlich weniger robuste Methode:

- “nicht zu Ende gedacht”. Typisches Beispiel: Leute behaupten, sie würden eine neue ÖV-Linie benutzen, tun das dann aber doch nicht, weil sie letztendlich nicht in die Struktur des Tagesablaufes passt (z.B. Kindergarten liegt nicht an der Linie).
- “Strategisches Verhalten”: z.B.:
  - sozialer Druck (politisch korrektes Verhalten);
  - Versuch des Erreichen eines bestimmten Resultates (ÖV-Linie wäre doch schön, selbst wenn man sie nur selten benutzt).

Allerdings geht es oft nur mit SP ... insbesondere, wenn die abzufragende Option nirgendwo in ähnlichem Kontext tatsächlich zur Verfügung steht.

SP wird deutlich robuster, wenn man die Fragen in einen realistischen Kontext bringt.

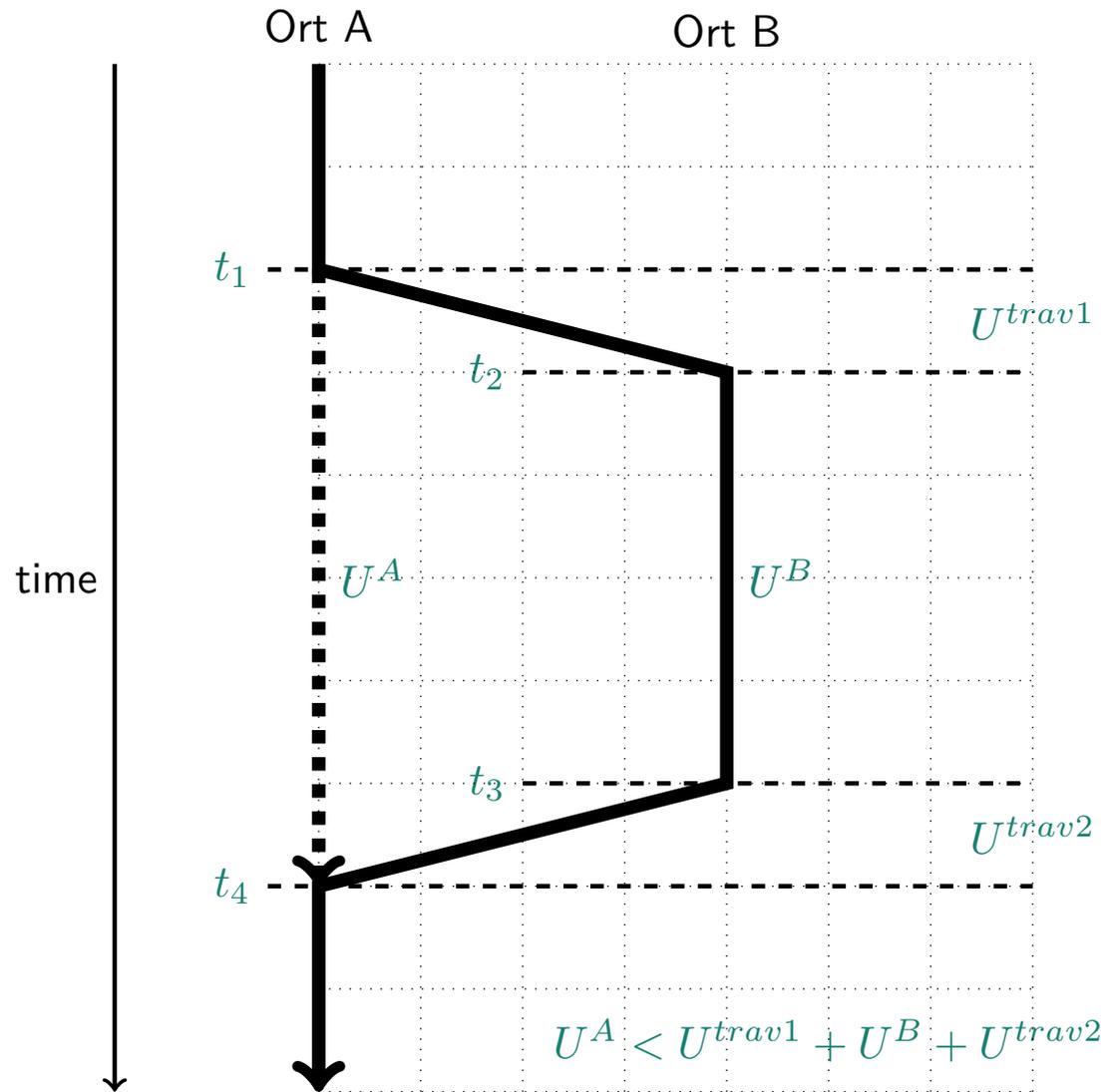
(Z.B.: “Beschreiben Sie sämtliche Ortswechsel Ihres letzte Arbeitstages.” “Wenn jetzt eine ÖV-Option von X nach Y mit Fahrzeit T und Preis M zur Verfügung stehen würde, wie (wenn überhaupt) würden Sie die einbauen?”)

## 2.4 Konsumentenrente, abgeleitete Nachfrage

Zwei fundamentale Annahmen über Verkehrsnachfrage:

- (1) Eine Person wird nur dann von A nach B reisen, wenn der zusätzliche Nutzen, den eine Person durch den Aufenthalt in B gewinnt, größer ist als die (generalisierten) Kosten der dafür nötigen Reiseaktivität.**
- (2) Es wird generell das Verkehrsmittel mit den niedrigsten generalisierten Kosten benutzt.**

Es folgt zunächst ein Bild zu Punkt (1), für den Fall einer Hin- *und* Rückreise ...



Typische Konstellation der Nutzenberechnung beim induzierten Neuverkehr:

- $U^A$  ist der Nutzen, welcher entsteht, wenn die Person von Zeit  $t_1$  bis Zeit  $t_4$  zu Hause bleibt.
- $U^{trav1} + U^B + U^{trav2}$  ist der Nutzen, welcher entsteht, wenn die Person zwischen Zeit  $t_1$  und  $t_4$  zum Ort  $B$  fährt (Nutzen des Weges  $U^{trav1}$ , typischerweise negativ), dort eine Aktivität unternimmt (Nutzen  $U^B$ , meistens positiv), und dann wieder zurück fährt (Nutzen des Weges  $U^{trav2}$ , wiederum typischerweise negativ).
- Der (negative) Nutzen der Wege wird meist zusammengefasst:

$$U^{trav} := U^{trav1} + U^{trav2} .$$

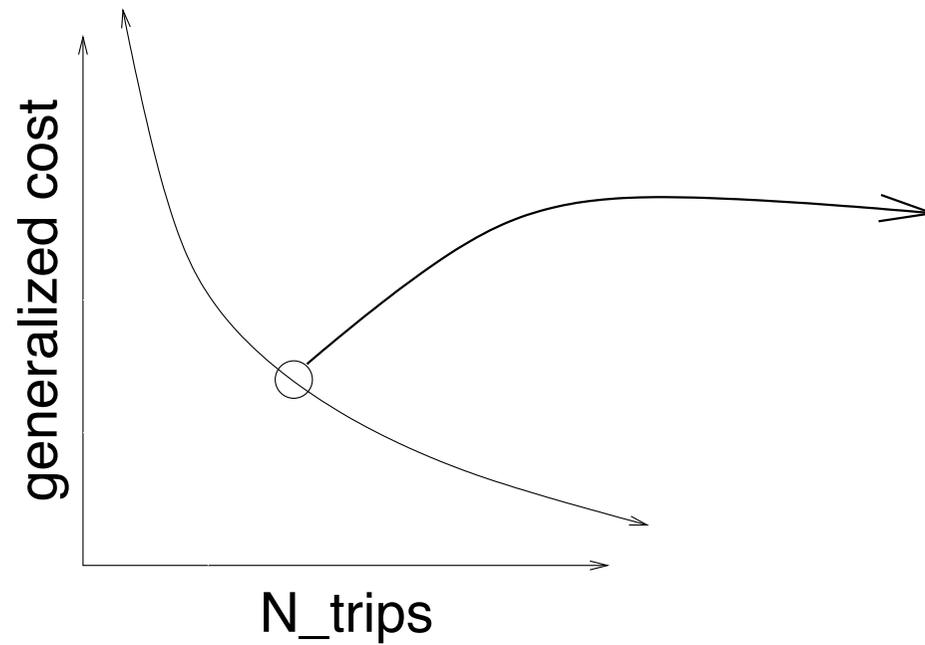
Die Reise wird durchgeführt, wenn ihr Gesamtnutzen größer ist als  $U_A$ , also wenn  $U^A < U^B + U^{trav}$ .

**Konsumentenrente (consumer surplus)** – Überschuss des zusätzlichen Nutzens (monetarisiert) durch Aufenthalt bei B über die generalisierten Kosten der Reise.

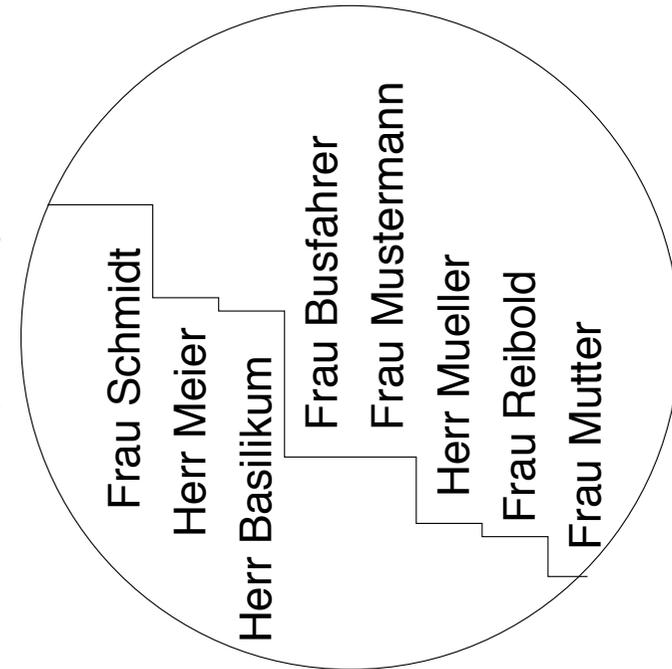
Dieser Ansatz nimmt an, dass Verkehr oft eine **abgeleitete Nachfrage** darstellt: Die Reise selber hat negativen Nutzen, welche aber durch einen *größeren* positiven Nutzen am Zielort aufgewogen wird.

Aber auch Vergnügungsreisen (wo die Reise positiven Nutzen) hat, passen in den Ansatz.

## 2.5 Die Nachfragekurve



gen. cost where pers. xy switches



Wenn man mit den generalisierten Kosten langsam runter geht, dann wechselt erst Frau Schmidt auf die betrachtete Option, dann Herr Meier, dann Herr Basilikum, etc.

Konventionell: x-Achse = Menge, y-Achse = Preis.

Bei uns (Verkehrsökonomie) oft: x-Achse = Verkehrsmenge, y-Achse = generalisierte Kosten.

$D$  ... Beziehung zwischen Preis und Nachfrage ... ohne dass wir über die Richtung der Kausalität etwas aussagen.

Formal  $D(c)$  = Nachfrage  $D$  in Abhängigkeit von den generalisierten Kosten  $c$ . Damit  $D^{-1}(x)$  (inverse) Nachfragefunktion. Oft (so auch hier) nur  $D$  für "Nachfragekurve", solange keine mathematische Funktion benötigt wird.

## 2.6 Konsumentenrente

Generalisierte Kosten fallen  $\rightarrow$  mehr Leute, welche einen Nutzenüberschuss erreichen, wenn sie die Reise nach B unternehmen, statt in A zu bleiben.

Genau am “Wechselpunkt”: Person neutral zwischen beiden Optionen.

Wenn System über diese generalisierten Kosten hinaus verbessert  $\rightarrow$  Person dadurch einen Nutzenzuwachs: **Konsumentenrente** = Überschuss des Nutzens über die generalisierten (privaten) Kosten.

Wichtig:

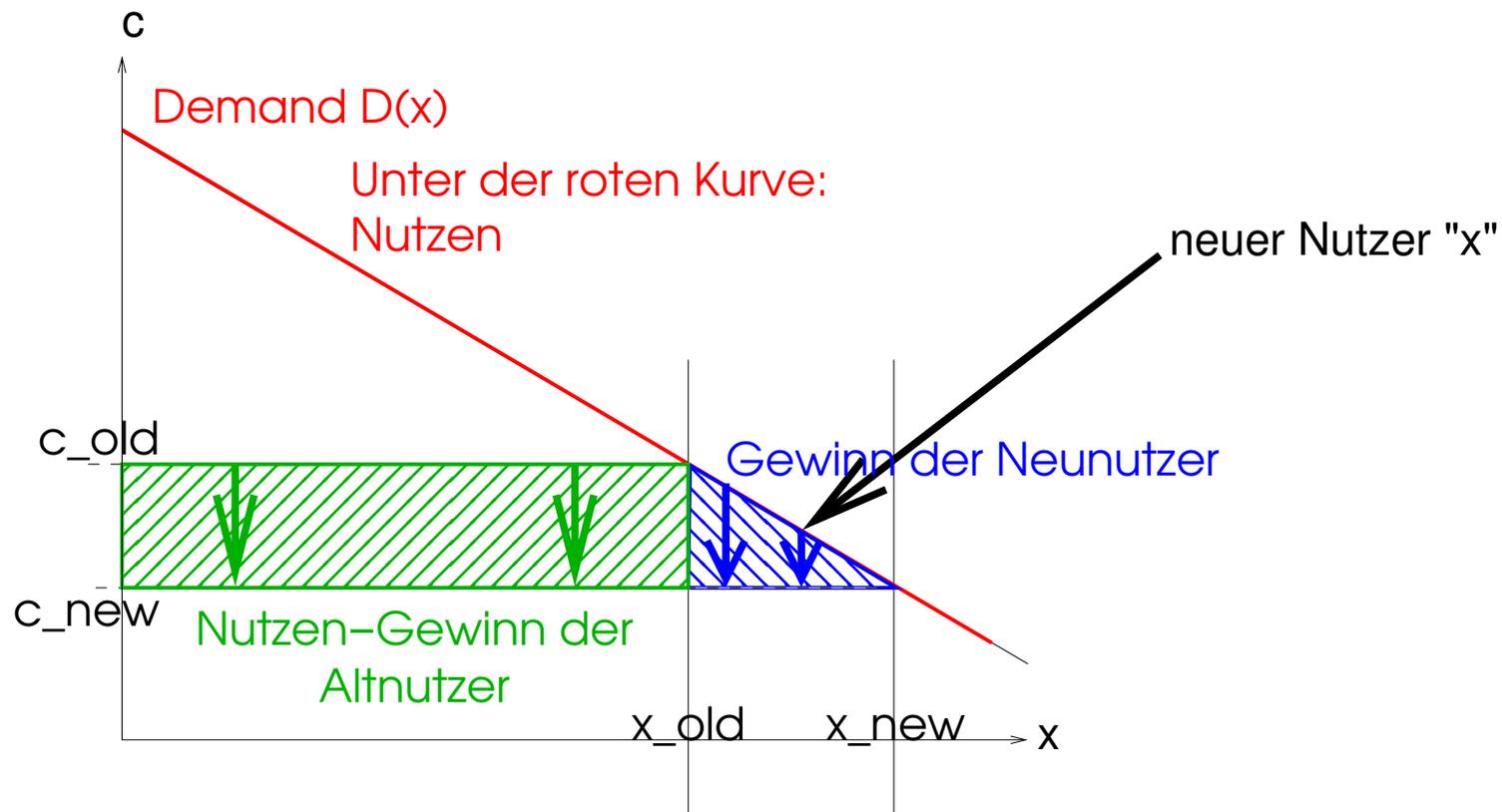
*Die andere Option muss nicht bekannt sein ...*

(... solange man die Nachfragekurve kennt).

Es reicht, wenn wir wissen, dass bei generalisierten Kosten  $c$  eine Person auf das betrachtete Gut wechselt, weil uns ohnehin nur die Verbesserungen darüber hinaus interessieren.

## 2.7 Bewertung (einschl. "rule of the half")

$D$  die Nachfragekurve,  $c_{old}, x_{old}$  die generalisierten Kosten sowie die Anzahl der Benutzer vor der Änderung, sowie  $c_{new}, x_{new}$  entsprechend nach der Änderung.



## Nutzengewinne:

- Nutzen-Gewinne der Altnutzer. Verbesserung von  $c_{old}$  nach  $c_{new}$ . Immer  $(c_{old} - c_{new}) \times x_{old}$ .  
Grün schraffierte Fläche.

- Nutzen-Gewinne der Neunutzer. Verbesserung von  $D$  nach  $c_{new}$ .

Wenn  $D^{-1}(x)$  im relevanten Bereich durch eine Gerade angenähert werden kann, dann  $(c_{old} - c_{new}) (x_{new} - x_{old})/2$ .

“/2”: **Rule of the half**

Blau schraffierte Fläche.

Bem:

- Man kann das mathematisch zusammenfassen zu

$$(c_{old} - c_{new}) \times (x_{old} + x_{new})/2 .$$

- Man beachte, dass alle obigen Argumente annehmen, dass alle den gleichen (generalisier-ten) Preis bezahlen. Diese Annahme ist nicht zwingend – siehe "Segmentierung des Mark-tes"/"Preisdiskriminierung".

## 2.8 Grundversorgung

In vielen Staaten wird eine “Grundversorgung” mit Reisemöglichkeiten gewährt.

Das Argument dafür ist ähnlich wie für “Zugang zu Ausbildung” oder “Zugang zu medizinischer Versorgung” (oder Zugang zu Wohnraum, oder Zugang zu Atemluft, ...).

Frage nach Qualität und Quantität dieser Grundversorgung Resultat eines gesellschaftlichen Verhandlungsprozesses, und außerhalb dieser Veranstaltung.

Problem ist, dass die gesellschaftliche/staatliche Nachfrage nach Grundversorgung auch eine Nachfrage darstellt, und daher in die Nachfragefunktion einfließen muss.

Dies wäre also im Prinzip bei der Abschätzung von Nachfrage-Funktionen zu berücksichtigen.

Ist aber alleine deswegen nicht einfach, weil gar nicht klar ist, was genau Staat / Gesellschaft wollen (z.B.: bestimmte Bedienfrequenz, oder bestimmtes Transportangebot, was z.B. auch mit Anrufsammeltaxis auch zu gewähren wäre), und was die Zahlungsbereitschaft dafür ist.

Dennoch: Nachfrage nach Verkehr besteht nicht nur aus

- Personen, die weitgehend sich selbst bewegen wollen
- Firmen, welche ihre Güter bewegen wollen

sondern auch aus

- Staat/Gesellschaft, welche eine Grundversorgung sicherstellen wollen.

## 2.9 Beispiele für Rechenaufgaben

*Bitte fragen, falls die Antwort-Entwürfe nicht sinnvoll erscheinen ... enthalten evtl. Fehler.*

—

Gegeben Nutzenfunktion  $U = x_1^{0.4} \cdot x_2^{0.6}$ . Welche mathematische Bedingung muss zwischen den Gütern  $x_1$  und  $x_2$  erfüllt sein, damit der Nutzen bei gegebenem Budget maximiert ist? Bitte rechnen Sie so weit wie sinnvoll möglich ...

*( $MU_1/p_1 = MU_2/p_2$  und konkret  $0.4 x_1^{-0.6} \cdot x_2^{0.6}/p_1 = \dots$ )*

—

Welcher Zeitwert (value of time) ergibt sich aus einer Nutzenfunktion von

$$V_{auto} = \frac{1}{min} \cdot t^{auto} + \frac{10}{Eu} \cdot m^{auto},$$

wobei  $t^{auto}$  die Fahrzeit und  $m^{auto}$  die Fahrtkosten sind?

*(Antwort:  $\frac{1}{min} / \frac{10}{Eu} = 0.1Eu/min = 6Eu/h.$ )*

Angenommen, Sie wohnen am Ort  $A$ , und denken über einen Wochenendausflug zu Ort  $B$  nach. Angenommen, der Nutzen eines Verbleibs am Startort entspräche monetarisiert  $12Eu$ , der Nutzen am Zielort wäre  $25Eu$ , der Hinweg würde  $1h$  dauern, der Rückweg  $1.5h$ , und der Zeitwert (value of time, value of travel time savings)  $6Eu/h$ . Würden Sie entsprechend ökonomischem Kalkül den Ausflug unternehmen?

(Ja wenn  $U^A < U^B + U^{trav.hin} + U^{trav.rueck}$  wobei  $U^{trav.X}$  normalerweise negativ. In Worten: Nutzen am Zielort, reduziert um den Aufwand der Hin- und Rückreise, muss den Nutzen eines Verbleibs am Startort überwiegen. Hier Nutzen am Startort  $12Eu$ , Nutzen am Zielort minus Aufwand der Wege  $25Eu - 6Eu/h \cdot 1h - 6Eu/h \cdot 1.5h = 10Eu$ , also keinen Ausflug.)

—

Nennen Sie die Formeln für “Nutzen der Altnutzer” und “Nutzen der Neunutzer (Wechsler)” entsprechend der rule-of-half. Ist der Ausdruck

$$(c_0 - c_1) \cdot \frac{x_0 + x_1}{2}$$

äquivalent zur Summe der beiden Ausdrücke? Dabei sind  $c_0$ ,  $c_1$  die generalisierten Kosten pro Fahrt vor/nach der Maßnahme und  $x_0$ ,  $x_1$  die Anzahl der Fahrten vor/nach der Maßnahme.

—

Nehmen wir eine Nachfragekurve  $x(c) = 1000 \cdot Eu/c$ , wobei  $c$  die generalisierten Kosten pro Fahrt in

$Eu$ , und  $x$  die Anzahl der Fahrten. Sei  $c_0 = 20Eu$  und  $c_1 = 10Eu$ . Wie groß ist der Nutzengewinn der Neunutzer entsprechend der rule-of-half? (Für Experten: Wie groß wäre er exakt?)

( $x_0 = 1000/20 = 50$ ,  $x_1 = 1000/10 = 100$ , rule-of-half  $(x_1 - x_0) \cdot (c_0 - c_1)/2 = 50 \cdot 10Eu/2 = 250Eu$ .)