



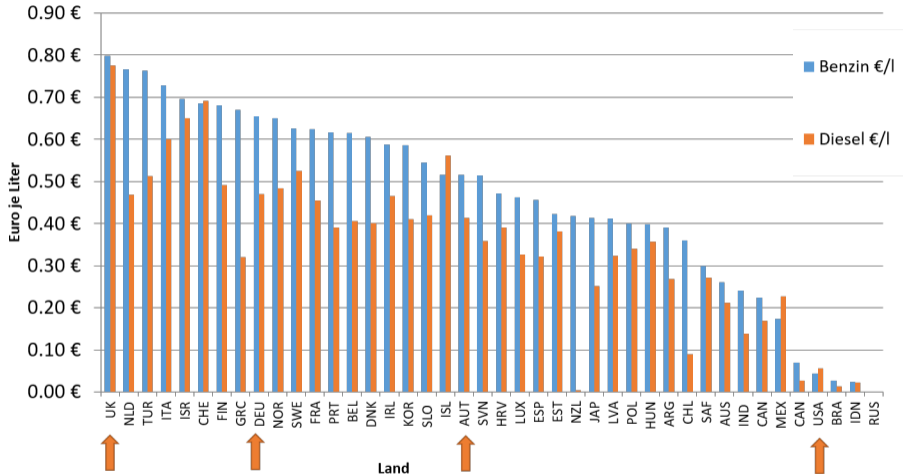
Georg Hirte
TU Dresden, Institut für Wirtschaft und Verkehr

Optimale Energiesteuer und Maut

Die Rolle der Arbeitsangebotsentscheidung für die Ergebnisse

Konferenz Verkehrsökonomik und -politik, 11. Mai 2021

Energiesteuern weltweit



US.Dep.of Energy: <https://afdc.energy.gov/data/10327>, own calculations

Marginal externe Kosten im dichten urbanen Verkehr

Ext.Kosten	PKW €-ct/pkm	BUS €-ct/pkm	LKW (<3.5t) €-ct/vkm	LKW (> 3.5t) €-ct/tkm
Unfall	0.25 – 1.41	0.05 – 0.80	0.37 – 0.67	0.007 - 0.37
Luftverschmutzung	0.05 – 1.90	0.02 – 1.93	0.08 – 4.66	0.02 – 2.59
Klimawandel	0.00 – 1.81	0.00 – 0.93	0.00 – 3.74	0.37 – 1.39
Lärm	0.04 – 0.50	0.02 – 0.5	0.001 – 1.7	0.005 – 1.5
Stau	18.2 – 41.2	3.0 – 6.8	44.0 – 99.4	4.3 - 9.7
Well-to-Tank	0.08 – 0.83	0.01 – 0.63	0.28 – 2.37	0.03 – 0.32
pkm or tkm → vkm	× 1.6	× 18.9		× 11.654

6.6% of GDP. Unfall 29%, Stau 27%, Klima 14%, Luft 14%, Lärm 7%, Habitat 4%

CE Delft (2020) Handbook on the external costs of transport

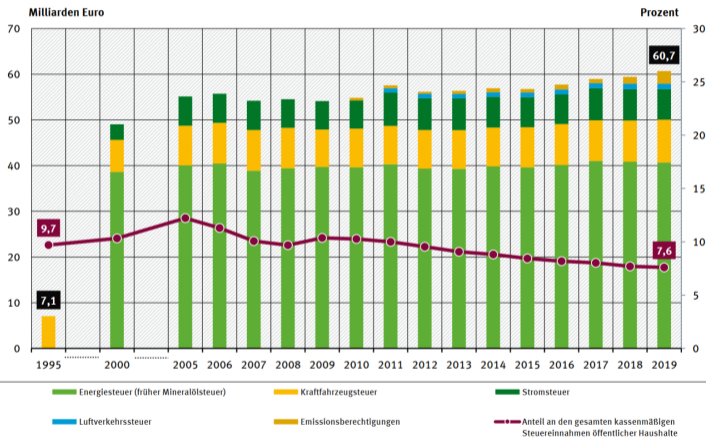
Steuereinnahmen der öffentl. Haushalte

Steueraufkommen

Steuer	Mrd. EUR	
	2019	2020
Lohn + Eink.	283,4	268,2
Umsatz	243,3	219,5
Gewerbe	55,4	45,3
Energie	40,7	37,9
Körpersch.	32,0	24,3
Ertrags	23,3	21,5
Solidarität	19,6	18,6
Grunderwerbs	15,8	16
Tabak	14,3	14,6
Versicherungs	14,1	14,5
Grund B	14,0	14,3

Destatis, 2021

Aufkommen umweltbezogener Steuern



Quelle: Statistisches Bundesamt 2020, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/steuern-weitere-abgaben/Publikationen/Downloads/umweltbezogene-steuern.xlsx>

Arbeitsangebot

Dimensionen des Arbeitsangebots

- Extensive Entscheidung: Partizipation am Arbeitsmarkt
- Intensive Entscheidung
 - Anzahl der Arbeitsjahre
 - Anzahl der jährlichen Arbeitswochen
 - Anzahl der jährlichen Arbeitstage
 - Anzahl der Arbeitsstunden

Keine vollständigen Substitute

- Hohe Relevanz für Arbeitsmarkt (Hammermesh 1996)
- Hohe Relevanz in Bezug auf Besteuerung von Arbeit (Lohnsteuer) (Saez 2002)
- Hohe Relevanz in Bezug auf Steuer- und Wohlfahrtsreformen (Eissa et al. 2008)

Forschungsfragen

Fragestellungen

- *Was determiniert die optimale Energiesteuerhöhe aus ökonomischer Sicht?*
- *Kann die Energiesteuer zur Internalisierung externer Effekte eingesetzt werden? Wie hoch müsste sie dazu sein?*
- *Ist die Modellierung von Arbeitsangebot relevant? (z.B. Arbeitsangebot, Robustheit)*

Ergebnisse

Systematisch

- Art der Modellierung von Arbeitsangebot beeinflusst die Ergebnisse (15%/17% Variation)
- Modell mit ausschließlich endogenen Arbeitsstunden liefert höchste Werte
- Modell mit ausschließlich endogenen Arbeitstagen liefert niedrigste Werte

Konkret

- Energiesteuer in D ist wahrscheinlich zu niedrig (auch trotz CO₂ Abgabe)
- Energiesteuern in UK ist wahrscheinlich zu hoch, in den USA zu niedrig
- Räumliche Differenzierung von Energiesteuern in USA ist zu gering
- Energiesteuer müsste infolge der strengeren Flottenstandards steigen
- Energiesteuer müsste bei Marktdurchdringung mit Elektromobilität fallen

Agenda

1. Arbeitsangebot und optimale Energiesteuer bzw. optimale Maut
2. Optimale Energiesteuer – Räumliche Differenzierung, Flottenstandards und Elektromobilität
3. Schlussfolgerungen

Teil 1 Arbeitsangebot und Optimale Energiesteuer/optimale Maut

Entscheidungen - Zeitwert (Value of Time - VoT)

Zeitwert

- **Value of Time (VoT)** \equiv Opportunitätskosten von Freizeit (= Grenznutzen der Zeit / Grenznutzen des Einkommens)
 - Nettolohn
 - Wertschätzung von Pendelzeit
 - (monetäre Pendelkosten)
 - (Pendelzeit)
 - (Arbeitszeit)
- **Value of Travel Time Savings (VTT)** \equiv Monetärer Wert des Zeitaufwandes für das Reisen
- $\text{VoT} \approx 0.5 \times \text{Bruttolohn}$ (Small, 2012)

Entscheidungen - Relevanz von Preisen, Zeitkosten und Präferenzen

Konsum und Freizeitwahl unter Beachtung der Budget- und der Zeitrestriktion

$$\text{Rel. Wertschätzung} = \text{rel. Preis} \equiv \frac{\text{Konsumentenpreis Konsum}}{\text{VoT}}$$

- VOT sinkt → Freizeit wird relativ billiger → Freizeit steigt, Arbeitsangebot sinkt

Effizienzverluste

- MwSt / Einkst. → rel. Preis zu hoch
 - ⇒ Komplemente zur Freizeit besteuern
 - ⇒ Besteuerung des Reisens
- Externe Kosten nicht internalisiert → rel. Preis zu niedrig
 - ⇒ Besteuerung von Fahrten

Konsumentenpreis enthält Preis, Fahrtkosten, MwSt

Fragestellungen

Fragestellungen (Hirte & Tscharakshiew (2020, Ecotra)

- *Beeinflusst Arbeitsangebotstyp den VoT?*
- *Beeinflusst Arbeitsangebotstyp die optimalen Energiesteuer und Maut?*
- *Welches Arbeitsangebot sollte modelliert werden bei der Ermittlung optimaler Energiesteuer und Maut?*

Modelle der Arbeitsangebotsentscheidung

Modelle

WH **Endogene Arbeitsstunden**, Arbeitstage sind fix

WD **Endogene Arbeitstage**, Arbeitsstunden pro Tag sind fix

HY **Hybrides Modell**: Stunden und Tage sind endogen

i **inhomogene Freizeit**, wenn Freizeit an Arbeitstagen L_1 und an Nicht-Arbeitstagen L_2 unterschiedlich bewertet wird $\rightarrow u(\dots, L_1, L_2, \dots)$

h **homogene Freizeit**, wenn Freizeit an Arbeits- und Nichtarbeitstagen gleich bewertet werden (vollständige Substitute) $\rightarrow u(\dots, L_1 + L_2, \dots)$

Also: WDi, WDh, WDi, WDh, HYi, HYh

Zeitwerte - VoT

Modell		Zeitwert am	Zeitwert am	Zeitwert (ν_t)
Arbeitszeit	Freizeit	Arbeitstag	Nicht-Arbeitstag	Reisezeitersparnis
WH (Stunden)	inhomogen	w^n	ρ/λ	$\nu_t = w^n - u_t/\lambda$
	homogen	w^n	w^n	$\nu_t = w^n - u_t/\lambda$
WD (Tage)	inhomogen	μ/λ	$\frac{\mu}{\lambda} + \left(w^n - \frac{\mu}{\lambda}\right) \frac{\bar{h}}{e} - \frac{\nu_t t + c}{e}$	$\nu_t = \mu/\lambda - u_t/\lambda$
	homogen	$w^n - \frac{\nu_t t + c}{h+t}$	$w^n - \frac{\nu_t t + c}{h+t}$	$\nu_t = w^n - u_t/\lambda$
HY (Hybrid)	inhomogen	w^n	$w^n - \frac{\nu_t t + c}{e}$	$w^n - u_t/\lambda$
	homogen	w^n	$w^n - \frac{\nu_t t + c}{e-\bar{\ell}}$	$\nu_t = w^n - u_t/\lambda$

$w^n \equiv$ Nettolohn

$u_t \equiv$ marginaler Nutzenverlust durch Reisezeit

$v_t \equiv$ Zeitwert der Ersparnis von Reisezeit

$c \equiv$ monetäre Reisekosten pro km

Modell

Erweiterung von Parry & Small (2005, AER)

max Nutzen (Konsum Z , Reiseentfernung M^0 , Reisezzeit T^0 , öfftl. Ausgaben G ;
Pendelentfernung M^D , Pendelzeit T^D ,
Freizeit Arbeitstage L_1 , Freizeit Nichtarbeitstage L_2)
+ ϕ (externe Effekte ohne Stau)

s. t. : Budgetbeschränkung (λ)

s. t. : Zeitrestriktion am Arbeitstag D (μ)

s. t. : Zeitrestriktion am Nichtarbeitstag L (ρ)

s. t. : Zeitrestriktion Tage pro Jahr: $D + L = \text{Tage}$ (γ)

Optimale Energiesteuer

$$\begin{aligned}
 & \text{adjusted Pigouvian tax } (\approx \text{PS}) \\
 \tau^f = & \overbrace{\text{MEC} / (1 + \text{MEB})} \\
 & + \left[\begin{array}{l} \text{Ramsey year (PS)} \quad \text{Ramsey days} \\ \frac{(1 - \eta_{\text{MI}}) \varepsilon_{\text{Hw}}^c}{\eta_{\text{FF}}} - \frac{M^d \varepsilon_{\text{Dw}}^c}{M \eta_{\text{FF}}} \end{array} \right] \frac{p^F \tau_w}{1 - \tau_w} \\
 & + \frac{M}{F} E^c \left[\begin{array}{l} \text{congestion feedback (PS)} \quad \text{feedback days} \\ \varepsilon_{\text{Hw}} - (1 - \eta_{\text{MI}}) \varepsilon_{\text{Hw}}^c + \frac{M^d}{M} \varepsilon_{\text{Dw}}^c \end{array} \right] \frac{\tau_w}{1 - \tau_w}.
 \end{aligned}$$

Optimale Energiesteuer

τ^f = Pigou-Komponente	\Leftarrow marg. ext. Kosten, Effizienzkosten Besteuerung
+ Ramsey Komponente Arbeitszeit	$\Leftarrow \eta_{MI}, \varepsilon_{Hw}^c, \eta_{FF}, \frac{M^d}{M}, \varepsilon_{Dw}^c$
- Ramsey Komponente Arbeitstage	$\Leftarrow \eta_{FF}, M^D/M, \varepsilon_{Dw}^c$
+ Stau-Feedback Arbeitszeit	$\Leftarrow \varepsilon_{Hw}, \eta_{MI}, \varepsilon_{Hw}^c, \text{marg. Staukosten } M^D/M, \varepsilon_{Dw}^c$
+ Stau-Feedback Arbeitstage	$\Leftarrow \text{marg. Staukosten}, M^D/M, \varepsilon_{Dw}^c$

$\eta_{MI} \equiv$ Einkommenselastizität des Reisens

$\eta_{FF} \equiv$ Preiselastizität der Benzinnachfrage

$\varepsilon_{Hw} \equiv$ Unkompensierte Lohnelastizität der Arbeitsnachfrage

$\varepsilon_{Hw}^c \equiv$ Kompensierte Lohnelastizität der Arbeitsnachfrage

$\varepsilon_{Dw}^c \equiv$ Kompensierte Lohnelastizität der Arbeitstage (Pendeltrips)

$M^D/M \equiv$ Anteil Pendeldistanz an gesamter Reisedistanz

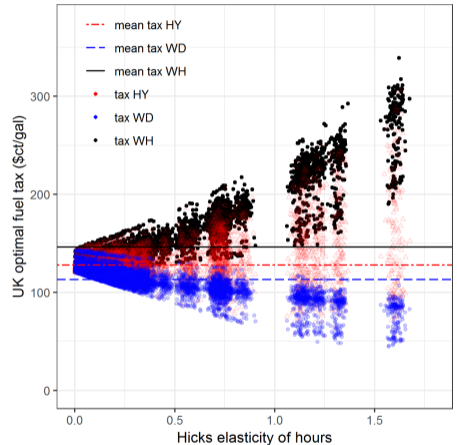
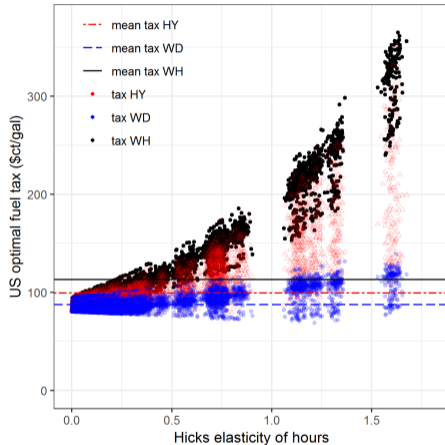
Energiesteuer - Elastizität der Arbeitstage

ϵ_{Dw}^c	US				UK			
	τ_f	Pigou	Ramsey	CongF	τ_f	Pigou	Ramsey	CongF
WH: 0.00	101	74	26	1	134	104	23	7
HY: 0.10	96	74	20	1	125	103	14	8
HY: 0.20	90	74	25	2	116	101	5	10
HY: 0.30	85	72	10	2	108	100	-3	11
WD: 0.35	82	72	7	2	104	99	-7	12

in US-ct/gallon; 100 US-ct/gallon \approx 20 EUR-ct/l

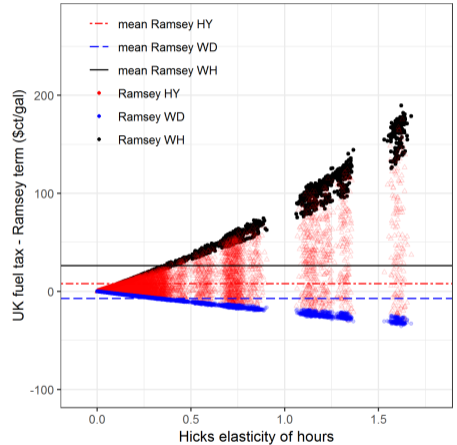
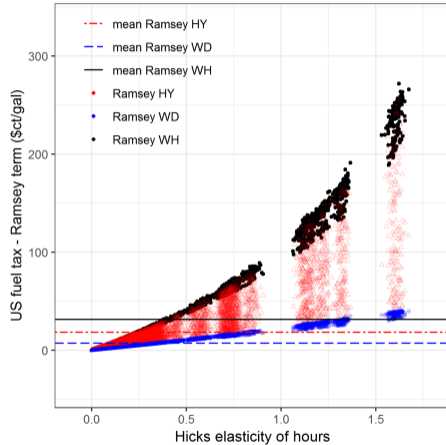
$\epsilon_{Dw}^c \equiv$ kompensierte Lohnelastizität des Angebots an Arbeitstagen; $\tau_f \equiv$ Energiesteuersatz

Energiesteuern und Arbeitsangebotselastizitäten

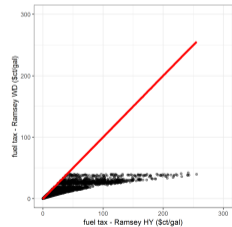
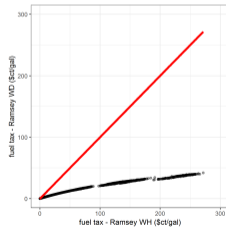
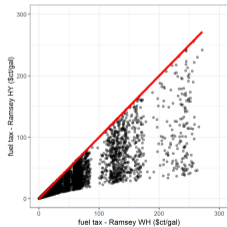
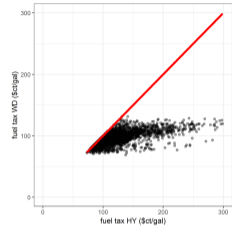
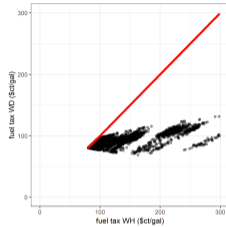
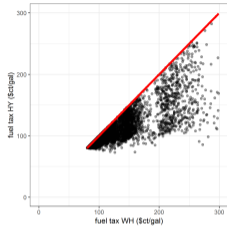


Monte-Carlo-Simulation: 10.000 Ziehungen der empirischen Verteilung von Arbeitsangebotselastizitäten (129 Werte aus der Literatur, jeweils mit Normalverteilung um jeden einzelnen Wert) sowie 5 weiterer Parameter.

Ramsey Komponenten und Arbeitsangebotselastizitäten



Ramsey Komponenten und Arbeitsangebotselastizitäten



Entfernungsabhängige Maut - Elastizität der Arbeitstage

	US					UK				
ϵ_{Dw}^c	τ_M	τ_m	Pigou	Ramsey	CongF	τ_M	τ_m	Pigou	Ramsey	CongF
WH: 0.00	14.0	248	141	104	2	15.5	301	194	94	13
HY: 0.10	12.7	224	141	80	3	13.7	265	193	56	16
HY: 0.20	11.4	202	141	57	3	11.9	232	193	20	19
HY: 0.30	10.3	182	141	36	4	10.5	204	193	-10	22
WD: 0.35	9.8	173	141	27	5	9.9	192	183	-24	23

$\tau^M \equiv$ Miles Tax per mile; $\tau^m \equiv$ Miles tax per gallon; CongF \equiv Congestion feedback

$\epsilon_{Dw}^c \equiv$ kompensierte Lohnelastizität des Angebots an Arbeitstagen

Zusammenfassung: Arbeitsangebot und Energiesteuer/Maut

Ergebnisse

1. *Ergebnisse variieren mit den Arbeitsangebotselastizitäten*

Je stärker Komplementarität zwischen Arbeitsangebot und Pendeln, um so geringer Effizienzgewinne durch Energiesteuer (Tax-Interaction Effekt)

2. *Ranking: WH (Stunden) > HY (Hybrid) > WD (Tage)*

Empfehlung:

- Verwende WH und WD
- Ist WH unter einer Schwelle, sind Ergebnisse in jedem Fall unter der Schwelle
99% Wahrscheinlichkeit, dass UK-Steuer zu hoch war (WH < 280 US-ct/gallon)
- Ist WD über einer Schwelle, sind Ergebnisse in jedem Fall über der Schwelle
100% Wahrscheinlichkeit, dass US-Steuer viel zu niedrig war (WD > 40 US-ct/gall.)

Teil 2 Optimale Energiesteuer – Räumlich differenzierte Steuern, Flottenstandards und Elektromobilität

01 Räumlich differenzierte Steuern

Energiesteuer und Räumliche Struktur I

USA - räumlich differenzierte Steuern

- Differenzierte Fuel/Sales Taxes in US Counties: 30,8 – 68.9 US-ct/gallon
- Sehr hohe Unterschiede in externen Kosten zwischen urbanen und ländlichen Counties und zwischen Städten
 - 1398\$ congestion costs per person in Washington D.C. (Rang 1)
 - 287\$ in Corpus Christi (Rang 100)
- Zentralisierungsgrad sehr unterschiedlich
 - New York 35% der Jobs innerhalb 3 Meilen um CBD
 - L.A. 8% der Jobs innerhalb 3 Meilen um CBD

Fragestellung (Hirte & Tscharaktschiew (2015, RRR))

1. *Sind lokale Benzinsteuern zu gering?*
2. *Wie Wirken einheitliche Benzinsteuern im Vergleich?*

Energiesteuer und räumliche Struktur II

Modell

- Räumliches numerisches Gleichgewichtsmodell: Arbeitsmärkte, Landmärkte, Gütermärkte, Flächennutzung, Verkehrsmodell, individuelle Entscheidungen: Standorte, Güter, Wohnen, Arbeit (Anas-Typ)
- Kalibriert für US-Cities mit unterschiedlichem Konzentrationsgrad der Jobs
- Steueraufkommen via Transfers recycelt

Ergebnisse

- *Je dezentralisierter umso höher (1.00 \$/gal – 3.50 \$/gal)*
- *Einheitliche Fuel Tax generiert etwas 75% der möglichen Wohlfahrtsgewinne*
- *Dezentralisierung der Entscheidung führt tendenziell zu zu niedrigen Steuersätzen in dezentralisierten Städten (lokal optimaler Steuersatz < sozial optimaler Steuersatz)*

02 Energiesteuer und Flottenstandards

Optimale Energiesteuer in D und Flottenstandards I

Fragestellungen (Tscharktschiew, 2014, Ecotra)

- *Ist die Höhe der deutschen Energiesteuer optimal (effizient)?*
 - *Wie beeinflusst Regulierung (Erhöhung der Fahrzeugflottenstandards) die optimalen Energiesteuersätze?*
-
- Energiesteuersätze in Deutschland seit 2003: 65.5 ct/l für Benzin | 47,07 ct/l für Diesel
 - Verschärfung des Fahrzeugflottenstandards für neue Fahrzeuge in der EU ab 2021: 95.5 gCO₂/km

Optimale Energiesteuer in D und Flottenstandards II

Energiesteuer und Flottenstandard

Komponente	Basis 2011/12 (EUR-ct/l)	95g-CO ₂ Standard (EUR-ct/l)
opt. Energiesteuer	96	127 – 169
Pigou	64	80 – 98
Ramsey (Rev.Recycl.)	90	117 – 159
Ramsey (Tax Interact.)	-61	-74 – -93
Stau-Feedback	3	4 – 5

Arbeitsangebotselastizität: kompensiert 0.35, unkompensiert 0.20.

Monte-Carlo Simulation

Energiest. (EUR-ct/l)	Wahrscheinlichk. % '<'
50	1%
65	8%
75	17%
96	54%
100	65%
125	93%

Ergebnisse

- *Energiesteuer ist mit 82% Wahrscheinlichkeit zu niedrig*
- *Mit Erhöhung der Standards steigt die optimale Energiesteuer*

03 Energiesteuer und Elektromobilität

Elektromobilität und Energiesteuer

Fragestellung (Tscharktschiew (2015, TR D))

Wie müsste die Energiesteuer bei einer Marktdurchdringung mit EV angepasst werden?

Intuition

- Keine Anpassung, da sich an externen Kosten nichts ändert
- Reduktion, da sich die Effizienz der Energiesteuer bei kleinerer Steuerbasis reduziert.
- Erhöhung, um Umstieg auf Verkehrsmodus mit weniger Emissionen zu erreichen
- Erhöhung, um Steuerausfälle zu kompensieren

Elektromobilität und Energiesteuer II

Optimale Energiesteuer (Daten von 2011, Steuer in 2011: 65 €-ct/l)

Zerlegung	τ^*	=	Pigou	+	Ramsey
Ohne EV	96	=	64	+	32
EV Marktanteil 2,5%	71 – 74	=	66 – 70	+	4 – 8
EV Marktanteil 10%	48 – 50	=	67 – 71	+	-17 – -21
EV Marktanteil 25%	27 – 28	=	67 – 72	+	-38 – -44

- Pigou = Marginale externe Kosten
- Ramsey = Effizienzgewinn des Steuersystems infolge
 - der weniger verzerrenden Besteuerung,
 - Effizienzverlust infolge der indirekten Besteuerung von Arbeit
 - Effizienzverlust durch Subventionierung von Elektromobilität

Elektromobilität und Energiesteuer – Folgerungen

Ergebnis

Optimale Energiesteuer sinkt mit Marktdurchdringung, da ihre Effizienz sinkt

Folgerungen und offene Fragen

- Beitrag zur CO₂ Minderung steigt von 5% auf 15% ⇒ zur Erreichung von Emissionszielen sind weitere Instrumente notwendig
- Subventionierung von EV führt mit steigender Marktdurchdringung zu zunehmenden Effizienzverlusten
- Andere Steuern müssten zur Finanzierung öffentlicher Ausgaben erhöht werden

04 Schlussfolgerungen

Schlussfolgerungen

Zentrale Botschaft

- *Energiesteuer und Maut sind **Internalisierungsinstrumente** und leisten Beitrag zur Finanzierung öffentlicher Aufgaben/zur **Effizienz des Steuersystems***
- *Sie sind über Pendeln direkt mit Arbeitsangebot verbunden → **Effizienzgewinne aus der Energiesteuer sinken mit zunehmender Komplementarität von Reisen und Arbeiten***
- *Robustheitsanalysen sind notwendig: Variiere Modellierung + Monte-Carlo Simulation*
- *Flottenstandards erfordern tendenziell höhere Energiesteuer*
- *Elektromobilität erfordert tendenziell geringere Energiesteuer*

Ausblick

- *Auswirkung der CO₂-Abgabe und Einbezug in ETS-System auf optimale Energiesteuer?*

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit