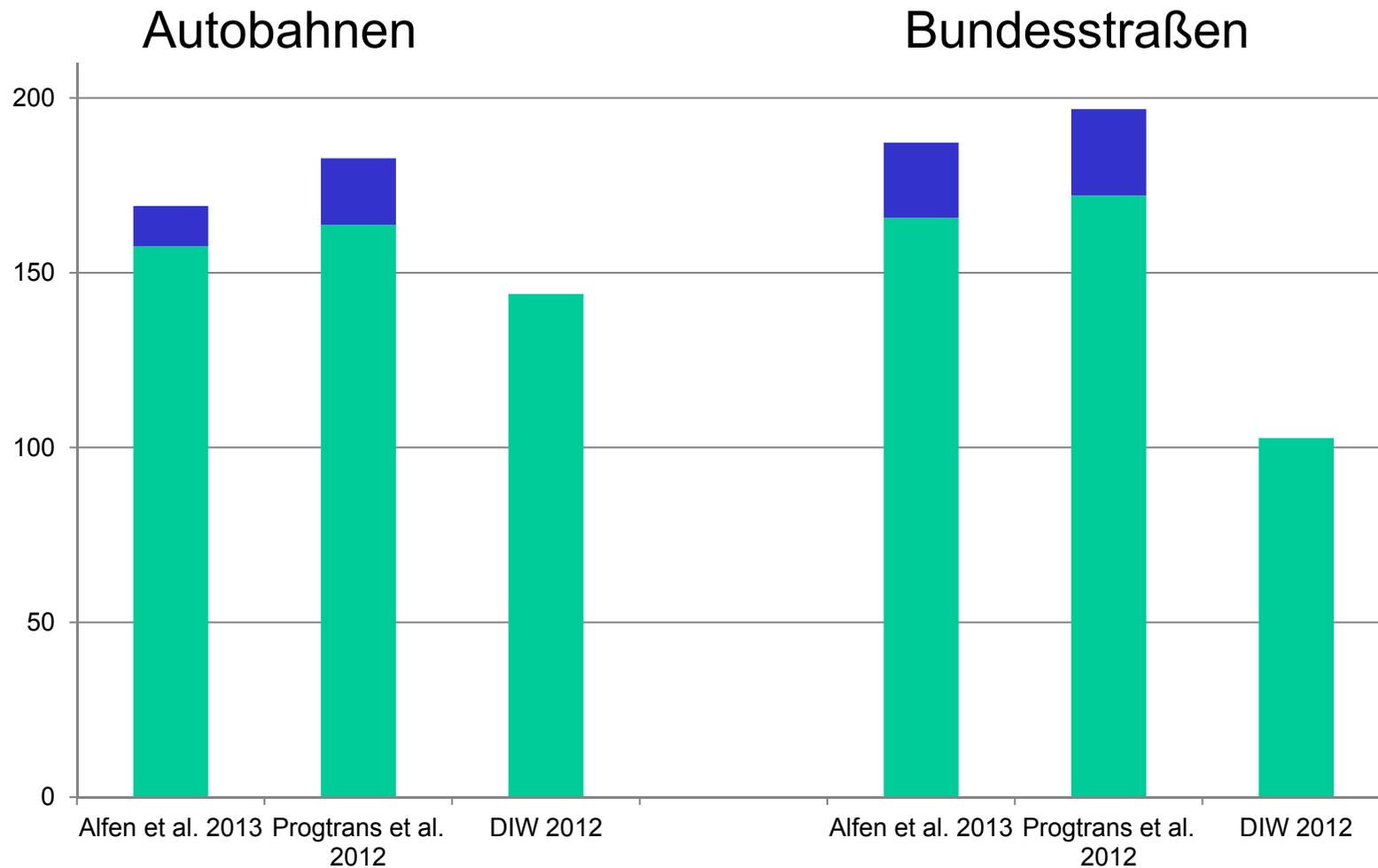


	Perpetual Inventory Method (PIM)	Synthetische Methode
Methodik	Fortschreibung K aus Investitionen I (Zugänge) und Abgängen A	Bewertung mit Einheitskostensätzen
	$K(t+1) = K(t) + I(t) - A(t)$	$K(t) = L(t) * EK(t)$
Abschreibungsrechnung	Wahrscheinlichkeitsfunktion f. Vermögensabgänge (Polynom)	Abschreibungen abgeleitet über Ausfallfunktionen
Modellergebnisse	Brutto-, Nettovermögen, Altersaufbau, Abschreibungen	Dto., aber kein Altersaufbau
Deflationierung	Sektorspezifisch, konstante P_b	Tagesneuwerte
Datenbedarf	Lange Zeitreihen	Daten zu Netzabschnitten
Kompatibel mit VGR	Ja	Nein
Transparenz	Ja	Stark eingeschränkt
Fortschreibung	Geringer Aufwand	Nicht möglich
Berechnungen für alle Straßen	Geeignet	Sehr hoher Aufwand
Fehleranfälligkeit	Robust	Fehlersummation (Abschnitte!)
Erhaltungsprognose	Ja, mehrfach eingesetzt	Möglich

Vergleich Kapitalstockberechnungen für Deutschland



Diskontierungsansätze

Opportunitätskosten

r

\approx

$$\rho = \delta + \eta g$$

Soziale
Zeitpräferenz

- Öfftl. Investitionen verdrängen privaten Konsum und/oder private Investition
- Annahmen:
 - Keine externen Effekte
 - Keine Unsicherheit
 - Keine verzerrenden Steuern
 - Vollkommene Konkurrenz

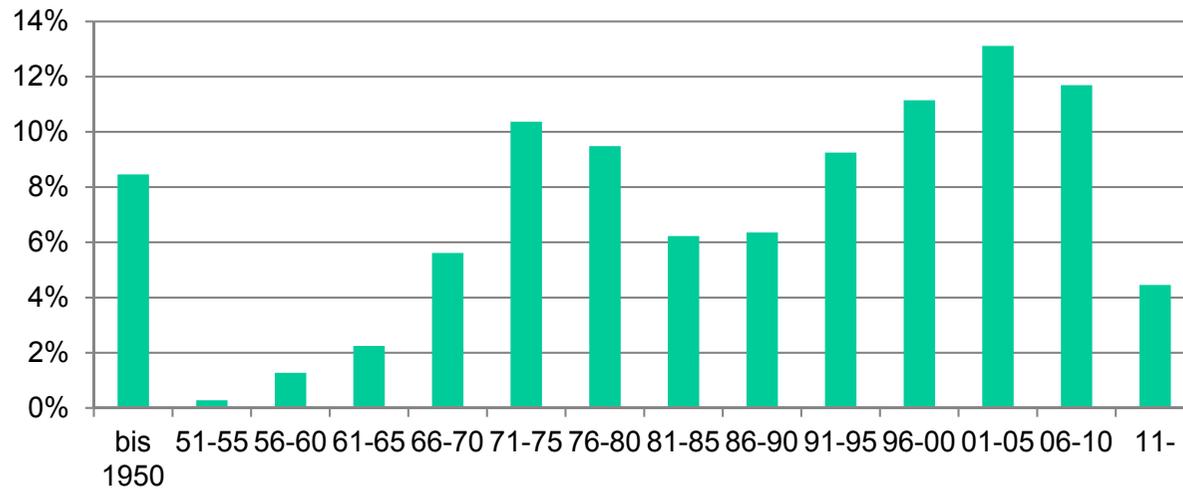
- Substitutionsrate zwischen heutigem u. zukünftigem Konsum
- Annahmen:
 - Streng konkave u. iso-elastische Nutzenfunktion
 - Wachstumsrate Konsum = const.
→ $p = \text{const}$
- Parameter Uncertainty (Gollier, 2008)

Quantifizierung Opportunitätskosten

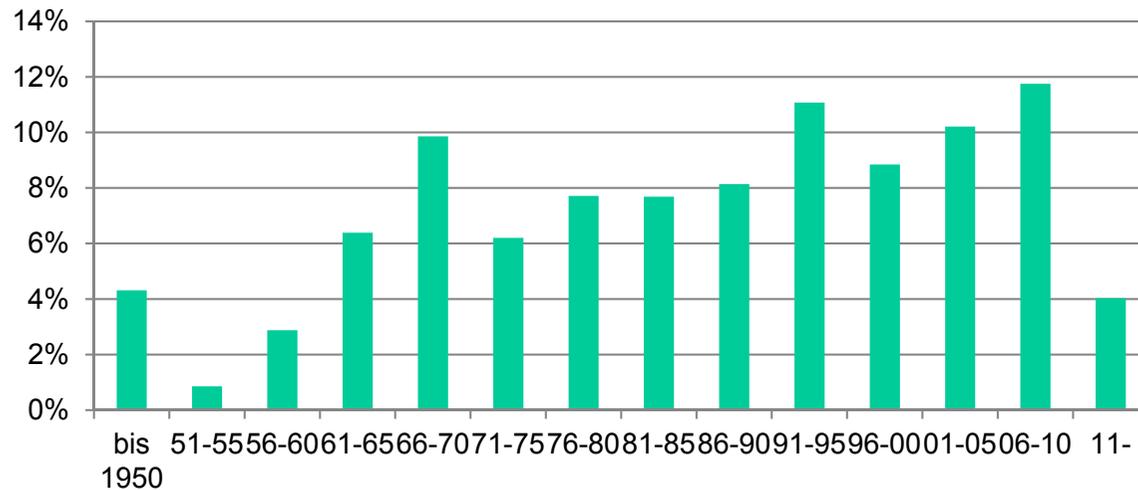
Verdrängungsart privater Konsum	Verdrängungsart private Investition
Wert des verdrängten Sparens	Verdrängte marginale private Investition
→ Zins für risikolose Wertpapiere (i)	→ risikofreie Marktrendite (r)
z. B. inflationsindexierte Bundesanleihen	Aktienmarktdaten ungeeignet!!
	$i (1 - t_s) = r (1 - t_u) (1 - t_d)$ <p> t_s: Steuer auf Zinseinkommen t_u: Gewinnsteuer Körperschaften t_d: Steuer auf Dividenden i: Zins auf risikolose Wertpapiere </p>
Alfen et al. (2014). Durchschn. Umlaufrenditen v. Bundesanleihen mittlerer Laufzeit	Annahme gemischter Verdrängung mit Gewichtungsfaktor f verdrängten Konsum λ (Beckers et al., 2009)

Altersstruktur des Anlagevermögens

Bundesautobahnen



Bundesstraßen



Starke Fluktuation des Zinssatzes

Ist die Anwendung aktueller Zins- und Steuersätze korrekt

???

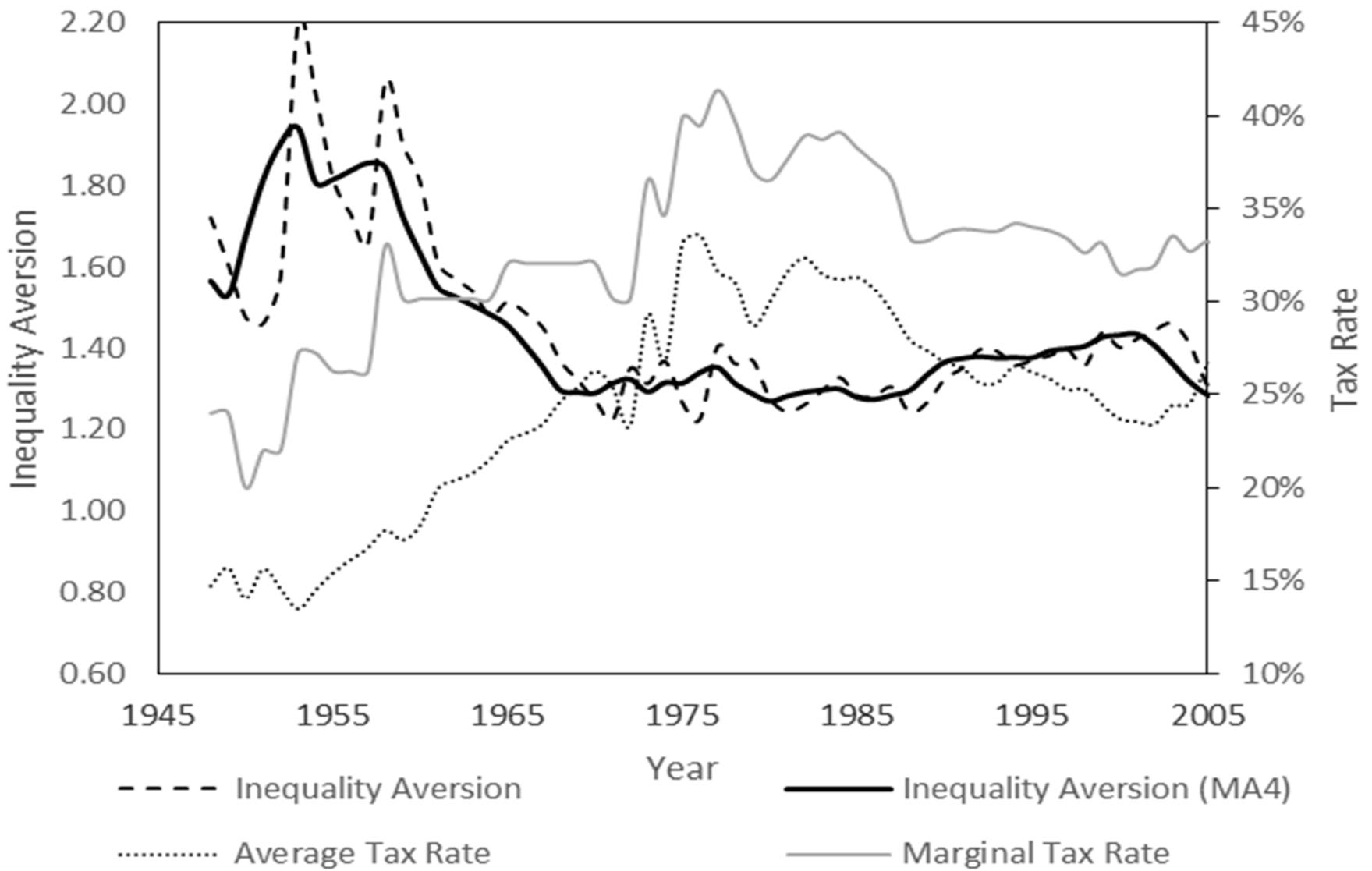
Soziale Zeitpräferenzrate – Ramsey-Gleichung

Wachstumsrate des Konsums (g)	Prognose notwendig, Annahme der Zeitkonstanz (?)
Elastizität d. Grenznutzens d. Konsums (η)	<ul style="list-style-type: none"> • Intertemporale Konsumentscheidungen privater Haushalte Life-Cycle Modell, Euler-Gleichung $\rightarrow EIS=1/\eta$ • Ansatz Steuerprogression („Inequality Aversion“) $\eta = \frac{\ln\left(1 - \frac{\partial T(Y)}{\partial Y}\right)}{\ln\left(1 - \frac{\partial T(Y)}{Y}\right)}$
	<ul style="list-style-type: none"> • Happiness-Forschung – Zusammenhang zwischen Lebenszufriedenheit und Einkommen (Laylard et al, 2008)
Reine Zeitpräferenzrate (δ)	<ul style="list-style-type: none"> • Normative Setzung (z.B. Stern 2006: 0.1%) • Sterbetafeln, z.B. Pearce and Ulph (2001): 1.1%

Studien - Steuerprogressionsansatz

Studie	Land	Zeitraum	η
Evans & Sezer (2004)	Australien	2001/02	1.7
	F		1.3
	D		1.4
	Japan		1.4
	UK		1.5
	USA		1.4
Cowell and Gardiner (2000)	UK	1998/9	1.43
		1999/0	1.41
Rapp Trans (2005)	CH	2003	1.45
Evans et al. (2005)	IRL	2002/03	1.0
	UK		1.63
	Österreich		1.79
Evans (2008)	UK	2002/03	1.06
Groom and Maddison (2013)	UK	1948-2010	1.57

Elasticity of Marginal Utility (UK): η



Source: Groom and Maddison (2013)

Studien zu intertemporalen Konsumentscheidungen

Studie	Land	Zeitraum	η
Kula/Erhun (1987)	UK	1954-76	0.70
	USA	1954-76	1.89
	Kanada	1954-76	1.56
Scott (1989)	UK	1951-73	1.50
Selvanathan & Selvanathan (1993)	UK	1965-81	2.58
	USA		2.53
	Kanada		1.80
	CH		1.80
	D		1.62
	F		1.89
	NL		1.21
Evans & Sezer (2002)	UK	1967-97	1.60
Rapp Trans (2005)	CH	1983-03	1.5
Groom and Maddison (2013)	UK	1975-2011 (QD)	1.52-1.57
		1964-2010 (AD)	1.1-1.55

Diskontierungsansätze für Deutschland

Studie	Methode	Daten und Annahmen	Ergebnisse
Evans & Sezer (2004)	Steuerprogression	OECD-Daten	$\eta = 1.4$
Selvanathan & Selvanathan (1993)	Intertemporale Konsumentscheidungen	OECD-Daten	$\eta = 1.62$
Laylard et al. (2008)	Happiness-Ansatz	SOEP-Daten	$\eta = 1.26$ (0.9-1.63)
Kotz et al. (1987)	Intertemporale Wohlfahrtsfunktion	Optimale Allokation zw. Konsum u. Investition ($r=p$)	$2 < r < 3$ $r = p = 3$
Progtrans et al. (2007)	Zinsprognose		$r = 4..5\%$
Link et al. (2009)	Methodik WK-Enquete: Realzins Anleihen d. öffentlichen Hand		$r = 2.5$
Beckers et al. (2009) Opportunitätskosten	Einsetzen plausibler Werte	$t_s, t_d = 0; 0.25 < t_u < 0.35$ $1.3 < i < 3.5; 0.6 < \lambda < 0.8$	$1.4 < r < 3$ $r = 2$
Beckers et al. (2009) Soziale Zeitpräferenz	Einsetzen plausibler Werte	$1.0 < g < 2.0; 1.0 < \eta < 1.5$ $\delta = 0.1$	$1.1 < p < 3.1$ $p = 1.97$
Alfen et al. (2014) Opportunitätskosten	Durchschnittliche Umlaufrenditen von Bundesanleihen mittlerer Laufzeit (nominal, Prognose)		$r = 1.7..2.4$

Kostenallokation

Verkehrsfunktion

Verkehrsfremde
Funktionen

Kostenkategorisierung

- Fixe vs. variable Kosten
- Gewichtsabhängige vs. gewichtsunabhängige Kosten
- Grenzkosten vs. Kapitalkosten

Fundierung

- Expertenschätzungen
- Ökonometrische Studien
- Ingenieurwiss. Studien
- Konzept minimale Straße
- Spieltheorie

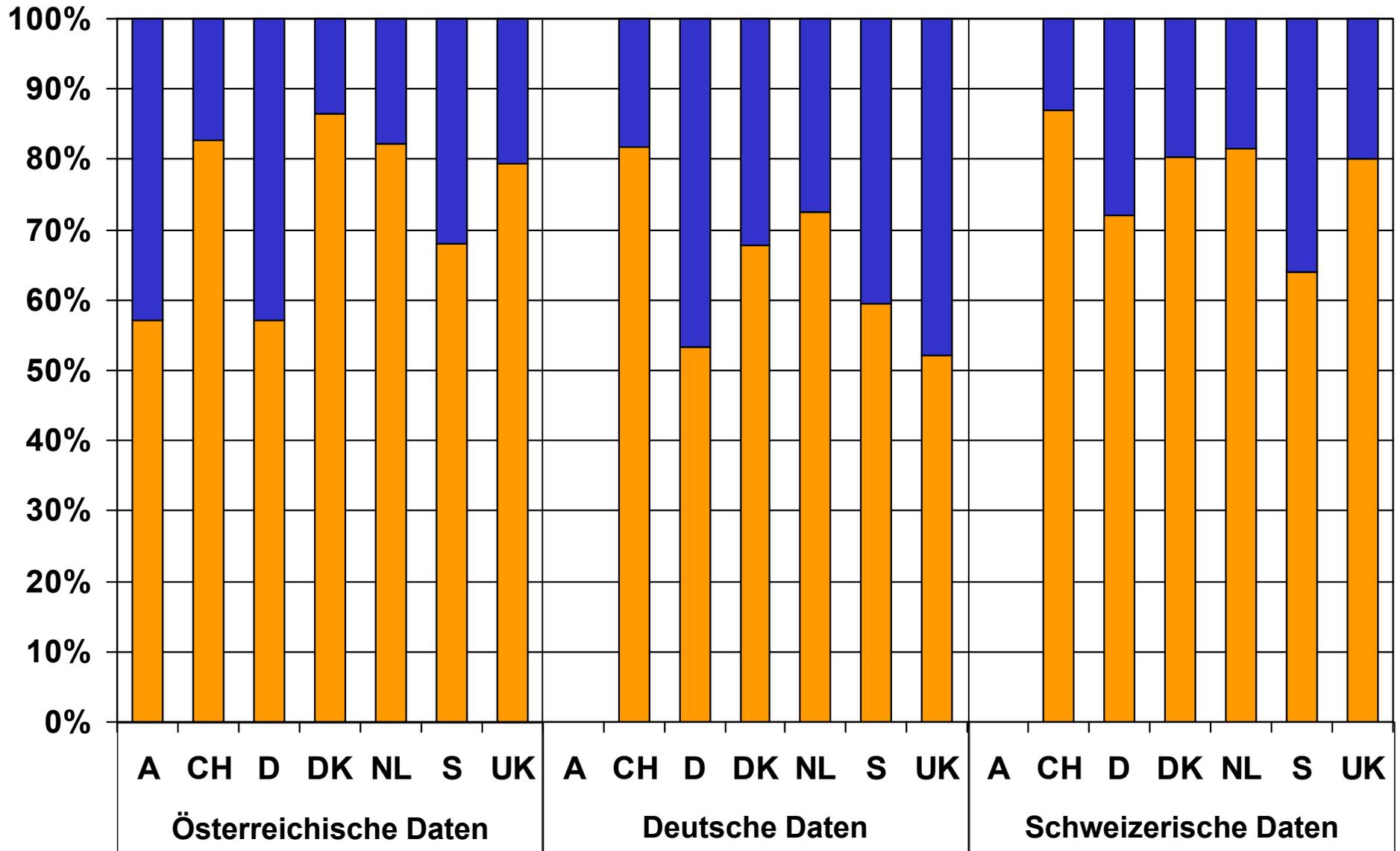
Allokationsfaktoren

- AASHO-Faktoren
- PCUs
- Fahrzeuglängen
-

Fundierung

- Expertenschätzungen
- Ökonometrische Studien
- Ingenieurwiss. Studien

Allokationsverfahren - Kostenanteil Güterverkehr in %



■ Pkw, Busse, Krafträder, leichter Güterverkehr
 ■ Lkw, Sattel

Allokation in internationalen Studien

Land	AUS	US	CH	DK	SF	D a	D b	D c	NL	UK	SE
Offizielle Studie	✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓	
Wiss./empirische Background Studien	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓
Regelmäßigkeit	✓	✓	✓			✓	✓			✓	
Allokationsmethodik											
- top-down	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
- Spieltheorie für Gemeinkosten							✓				
- Inkrementalkosten		✓	✓								
Kosten- / Ausgabenkategorien	7	5	6	5	6	3	21	21		17	8
Fahrzeugkategorien	33	6	30	6		6	6	6	27	37	10
Straßentypen	2	2	3	2		3	2	2	2	4	3

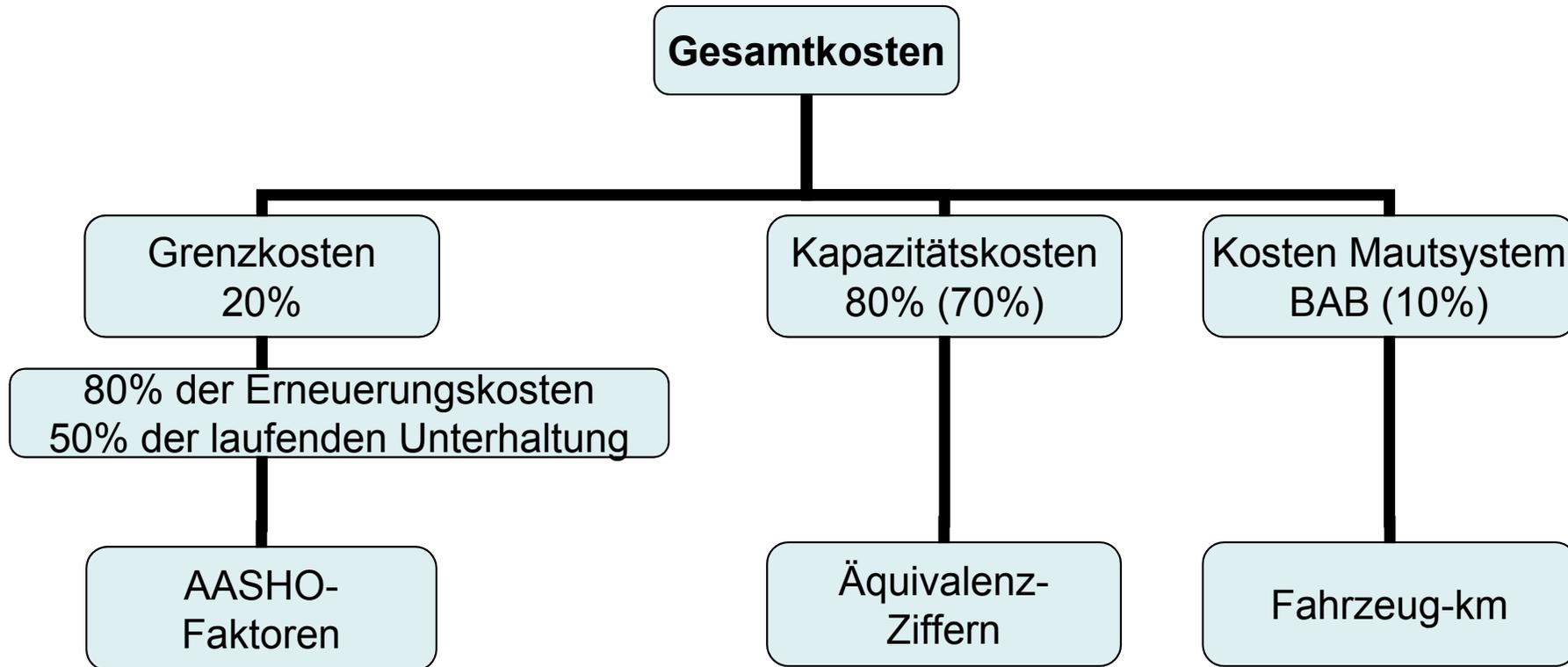
Anteil variabler Kosten in internationalen Studien

Land		Einbezogene Kostenelemente
	<u>% variable Kosten</u>	
SF	21%	Alle Unterhaltungsausgaben
D	15%	Gesamtkosten (Kapital- + lfd. Kosten)
SE	28%	Alle Unterhaltungsausgaben
NL ('92)	58%	Ausgaben f. Unterhaltung, Betrieb, Overheads
	<u>% gewichtsabhängige Kosten</u>	
Australien	46%	Gesamtausgaben
UK	33%	Gesamtausgaben
CH	7%	Investitionsausgaben
CH	45%	Bauliche Unterhaltung

Aufteilung der Kostenarten nach den Allokationsprinzipien (ProgTrans/IWW, Alfén et al. 2014)

Bauelemente		Allokationsprinzip							
		Proportional zu verteilende Kosten (linear nach Fahrleistung)	System-spezifische Kosten (Pkw & sonstige)	System-spezifische Kosten (leichte Lkw)	System-spezifische Kosten (schwere Lkw, ≥12 t)	Kapazitäts-abhängige Kosten (Äquivalenz-ziffern)	Gewichts-abhängige Kosten (AASHO)		
Grunderwerb						100			
Erbau/Entwässerung	Neubau					100			
	Erhalt					100			
Tragschichten	Neubau		X	Y	Z				
	Erhalt								
Binderschichten	Neubau								
	Erhalt								
Deckschichten	Neubau					100			
	Erhalt						100		
Tunnel	Neubau	45			5	50			
	Erhalt	80			20				
Brücken	Neubau				15	85			
	Erhalt				15	85			
Ausrüstung	Neubau	33				67			
	Erhalt	33				67			
Äste, Knoten	Neubau	20	20	10	10	40			
	Erhalt	15			10	40	35		
Autobahnmeistereien	Neubau	33				67			
	Erhalt	33				67			
Rastanlagen	Neubau	20	15	5	60				
	Erhalt	20	15	5	60				
Verwaltung, Polizei		33				67			
Betrieblicher Unterhalt		33			15	50			

Allokationsverfahren WK-Enquete und DIW



Grenzkostenstudien – Ergebnisse (Kostenelastizität)

Studie	Land	Methode	Unterhalt	Erneuerung
Sedlacek et al	A	Loglinear	1.046	
Schreyer et al. 2002	CH	Loglinear	0.69	0.71
Link 2006, 2009	D	Translog	0.47	0.87
Link 2014	D	Box-Cox	0.17, 0.25	
Haraldsson 2006	S	Translog	0.58	0.05
Haraldsson 2007	S	Loglinear	0.27	
Jonsson, Haraldsson 2008	S		0.39	
Lindberg 2002	S	Duration approach		0.8
Bak et al. 2006	PL	Loglinear	0.12	0.57
Bak et al. 2008	PL	Loglinear	0.3	

Konzept der minimalen Straße (Schweiz)

Idee: Schwerverkehr verursacht im Vergleich zu Straßen nur für Leichtverkehr zusätzliche Kosten

Ergebnis: Schwerverkehrsanteil

Arten von Zusatzkosten

Fundierung/Quantifizierung

gewichtsbedingt

67 Fallbeispiele von Projektkosten = 20% d. Kosten

dimensionsbedingt

Auswertung der Normenwerke

Kapazitätsbedingt

Auswertung der Normenwerke

Studien: Scazziga (1984), Ecoplan et al. (2013)

Allokationsfaktoren in internationalen Studien

	US	AUS	CH	DK	SF	D a	D b	NL	UK	SE
Fahrleistung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Achslast – 4te Potenz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Achslast – 2te Potenz								✓		
Durchschn. Gesamtgewicht		✓							✓	
Coefficient agressivite			✓							
Max. Gesamtgewicht									✓	
PCU	✓	✓				✓	✓		✓	✓
PCU at 60 km/h								✓		
PCU at 100 km/h								✓		
Fahrzeuglänge			✓	✓						

PCU-Faktoren

Fahrzeugkategorie	Wegekostenenquôte	Mautstudien (IWW, ProgTrans)	Äquivalenzziffer alt (DIW)	Äquivalenzziffer neu (DIW)
Fahrräder			0,33	0,33
Mopeds, Mofas, Mokicks			0,33	0,33
Krafträder	0,50	0,50	0,50	0,50
Personenkraftwagen	1,00	1,00	1,00	1,00
Landwirtschaftliche Zugmaschinen			6,00	5,00
Gewöhnliche Zugmaschinen			6,00	6,00
Lastkraftwagen	-	-	-	-
<3,5 t	1,70	1,20	1,70	1,50
3,5 – 9 t	2,20 – 2,70	1,50	2,20	2,00
9 – 12 t			2,70	2,50
12 – 18 t	4,30	2,50	4,30	3,50
18 – 28 t	5,80	3,50	5,80	5,00
28 – 33 t	5,80	4,00		
> 33 t	5,80	4,50		
Gew. Kfz-Anhänger			3,00	2,00
Sattelleinheiten	6,00	4,50	6,00	5,00
Übrige Kfz	6,00	2,00	6,00	5,00
Kraftomnibusse, Obusse	3,00	2,50	3,00	2,50

Vergleich von Wegekostenstudien in Deutschland

	Progtrans (2012)	Alfen (2013)	DIW (2007)	Progtrans (2012)	Alfen (2013)	DIW (2007)
	Autobahnen			Bundesstraßen		
Bruttovermögen/km	14.17	13.11	10.84	5.32	5.06	2.44
Nettovermögen/km	9.23	8.41	7.74	2.86	3.23	1.72
Wegekosten/km	0.99	0.47	0.49	0.29	0.18	0.11
Wegekosten/Fz-km>12t	0.18	0.12	0.13	0.32	0.27	0.21
SV-Anteil (%)	44	50	57	28	28	31
Anteil Kapitalkosten an Wegekosten (%)	78	60	69	81	58	67
Anteil Zins an Kapitalkosten (%)	66	50	54	67	51	53

Fazit – Brauchen wir eine neue Wegekostenenquete?

- In Deutschland 3 verschiedene WK-Studien mit:
 - unterschiedlicher Methodik
 - unterschiedlichen Ergebnissen
- Methodische und datenseitige Gründe kaum untersucht
- kaum wissenschaftlich/empirisch fundierte Basisstudien
- Keine systematische Beauftragung wissenschaftlicher Studien
- Keine systematische Erhebung/Pflege der notwendigen Daten

Und zum guten Schluss:

**Die Wissenschaft überbrückt nicht die Abgründe des Denkens, sie steht bloß als Warntafel davor. Die Zuwiderhandelnden haben es sich selbst zuzuschreiben.
(Karl Kraus)**

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Betriebsfiktionen für Wegekostenrechnungen

Öffentliche Verwaltung	<ul style="list-style-type: none"> - Staat finanziert u. betreibt Straßennetz - Kosten waren/sind nicht Kosten einer effizienten Leistungserstellung - gemeinwirtschaftliche Sicht, Regional-/Strukturpolitik - volkswirtschaftl. Kosten-Nutzenrechnung, nicht kaufmännisch
Öffentliches Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> - Unternehmen in öffentlichem Eigentum entscheidet über Bereitstellung, Unterhaltung - betriebswirtschaftliche Steuerungsinstrumente - Evtl. VIFG in Zukunft (?)
Privates Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> - Privatwirtschaftliche Organisation, Kaufmännische Entscheidungen über Ausbau, Unterhaltung, Mauthöhe - Evtl. Regulierung - Bsp. Konzessionäre von Mautautobahnen im Ausland

→ **methodische Konsequenzen: Vermögensbewertung, Zinssatz**

Fundamentaltheorem Newbery

Θ : Anzahl Achsübergänge, denen die Straße bis zur Erneuerung standhält

Q : Anzahl Achsübergängen pro Jahr

m : wetterabhängiger Verschleiß; r : Diskontsatz

Zeitspanne zwischen zwei Straßenerneuerungen:

$$(1) \quad T = [\Theta(Q)/Q] e^{-mt}$$

Gegenwartswert einer unendlichen Anzahl von Erneuerungen:

$$(2) \quad PVC = C (1 + e^{-rt} + e^{-r2T} + \dots + e^{-mT}) = C / (1 - e^{-rT})$$

$$(3) \quad PVC = e^{-r(T-t)} C / (1 - e^{-rT})$$

$$(5) \quad PVC_A = 1/T \int_0^T e^{-r(T-t)} dt C / (1 - e^{-rT}) = C/Tr$$

$$(6) \quad ANC = r PVC$$

$$(8) \quad MC_A = r dPVC_A/dQ = - C T^{-2} dT/dQ$$

$$(9) \quad \varepsilon = dT/dQ * Q/T; \quad AC = C/\Theta$$

$$(10) \quad MC_A = -\varepsilon AC$$

Durchschnittskostenprinzip in WK-Direktive der EU

Basis: Fundamentaltheorem Newbery

Modellierung der Zeitspanne zwischen zwei Erneuerungen

Annahmen:

- Alle Straßen(abschnitte) haben die gleiche Altersverteilung
- Kein wetterabhängiger Verschleiß ($m=0$)
- Anzahl d. Achsübergänge ist zeitkonstant
- Erneuerungsmaßnahmen werden bedarfsgerecht realisiert

→ $MC_{ave} = -\varepsilon AC$

mit der Verschleißelastizität

$$\varepsilon = \frac{dT}{dQ} \frac{Q}{T} \quad \varepsilon = -1 \text{ (Newbery, 1988)}$$

→ Grenzkosten = Durchschnittskosten
Widerspruch zu Empirie!

Grenzkostenstudien - Lebensdauer-Ansatz

- Auswirkungen von Verkehr, Klima etc. auf Lebensdauer d. Straßendecke
- basiert auf Meßdaten zum Straßenzustand
- Annahme einer bedarfsgerechten Unterhaltungsstrategie
- Geschätzte Grenzkosten basieren auf idealtypischen Bedingungen (Überschätzung)

Beispiele:

- AASHO Road Test (4te Potenzregel)
- Newbery's Fundamental-Theorem (1988)
- Small and Winston 1988, Small 1989
- Neuere Studien in Schweden (Lindberg 2002, Haraldsson 2006)

Grenzkostenstudien - Ökonometrische Kostenfunktionen

- funktionaler Zusammenhang zwischen Ausgaben, Verkehr, Klima etc.
- Theoretische Basis: neoklassische Produktions- u. Kostentheorie
- Basis: beobachtete Ausgaben
- Evtl. Unterschätzung bei vernachlässigter Unterhaltung

Zusammenfassung Grenzkostenstudien

1. Nichtlineare GK-Kurven
2. Grenzkostenkurven überwiegend fallend
3. aber eher schwach fallend \rightarrow GK=VK mgl.?
4. Durchschn. Kostenelastizität ε (GK/DK) generell kleiner 1
5. $\varepsilon_{\text{erneuerung}} > \varepsilon_{\text{unterhaltung}} > \varepsilon_{\text{Betrieb}}$
6. Betriebsausgaben sind fixe Kosten

Diskontierungssätze international

Land	Diskontsatz
Australien	6-7
Deutschland	3
Frankreich	4
Japan	4
Kanada	5-10
Neuseeland	8
Niederlande	4
Norwegen	5
Portugal	3
Schweden	4
Schweiz	2
UK	3.5
USA	7

Quelle: Rapp Trans
AG (2005)