



Westfälische
Wilhelms-Universität
Münster



Berücksichtigung von systematischem Risiko bei der Planung von Verkehrsinfrastruktur mit einem zeitabhängigen Diskontsatz

Motivation

- ▶ Der Diskontsatz hat einen Einfluss auf das Ergebnis der gesamtwirtschaftlichen Projektbewertung.
 - ▶ Die nationalen Vorschriften für die soziale Diskontrate in Nutzen-Kosten Analysen variieren erheblich.
 - ▶ Für die Wegekostenrechnung und für die gesamtwirtschaftliche Projektbewertung werden in Deutschland unterschiedliche Diskontsätze verwendet.
- ▶ Es wird nicht berücksichtigt, wie sich einzelne Projekte im Vergleich zur Gesamtwirtschaft entwickeln.



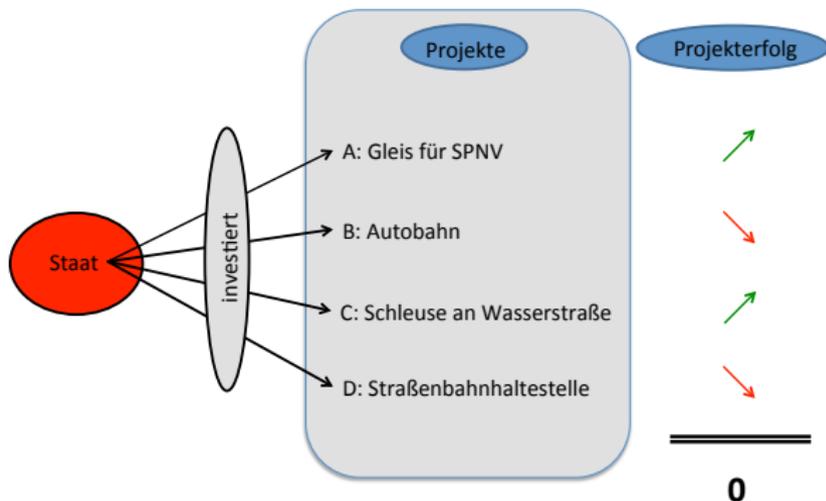
Agenda

- 1 Unsicherheit und Risiko bei Verkehrsinfrastrukturinvestitionen
- 2 Literatur
- 3 Schätzung des systematischen Risikos
- 4 Risikobereinigte soziale Diskontsätze
- 5 Fazit

Unsicherheit bei der Planung von Verkehrsinfrastruktur

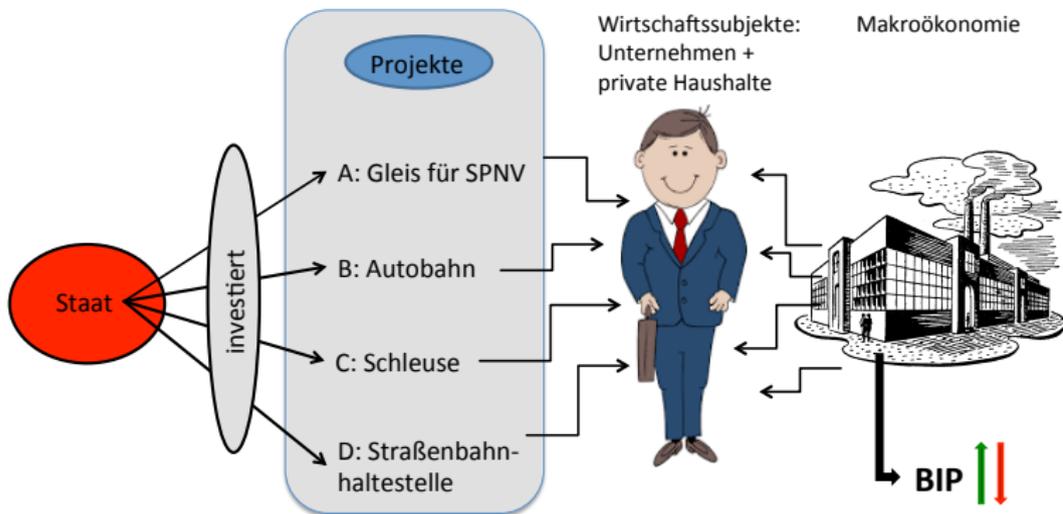
- ▶ Verkehrsinfrastrukturprojekte sind häufig sehr langlebig
- => man muss Annahmen über Verkehrsströme und Umweltzustände unter Unsicherheit treffen
- ▶ der Diskontsatz selber ist unbekannt
- ▶ Szenarienbildung über den Zinssatz und die Gewichtung der möglichen Diskontfaktoren führt bei einem immer länger werdendem Betrachtungszeitraum zum kleinstmöglichen Zinsszenario.
- ▶ höhere Abzinsungsfaktoren diskontieren sich über längere Zeiträume selber raus.
- => Bei inter-generationalen Projekten wird empfohlen mit einer über die Zeit sinkenden Diskontrate zu diskontieren.
- ▶ bereits in manchen nationalen Vorschriften/Empfehlungen implementiert (UK, Norwegen)

Projektspezifisches Risiko bei Verkehrsinfrastrukturinvestitionen



=> Durch Diversifikation in einem großen Portfolio kann der Staat die projektspezifischen Risiken neutralisieren.

Systematisches Risiko bei Verkehrsinfrastrukturinvestitionen



=> unterschiedlicher Beitrag der Projekte zur Konsum- und Einkommensglättung der Wirtschaftssubjekte

Literatur

Unsicherheit in
NKA

Über die Zeit sinkende
SDR

- Weitzman (1998, 2001)
- Gollier (2002)
- Gou (2006)

Weitzman (2012, 2013)

Kovarianzrisiko
in NKA

Cov(Projektnutzen,
BIP oder Konsum)

- Little und Mirrlees (1974)
- Dixit und Williamson (1989)
- Ewijk und Tang (2003)

Hultkrantz et al. (2014)

Beziehung zw.
Gesamtwirtschaftlicher
Entwicklung
und
Verkehrsnachfrage

Ökonometrische
Analyse des
Zusammenhangs
zwischen BIP und
Verkehrsleistung

- Ramanathan (2001)
- Little (2009)
- Krüger (2012)

Schematische Darstellung des Modells von Weitzman (2012)



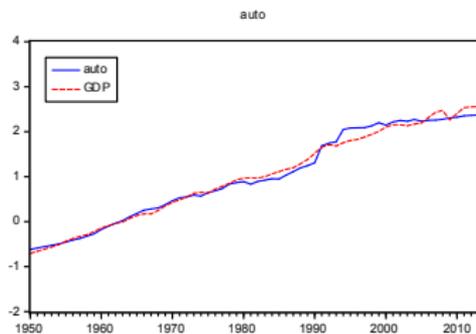
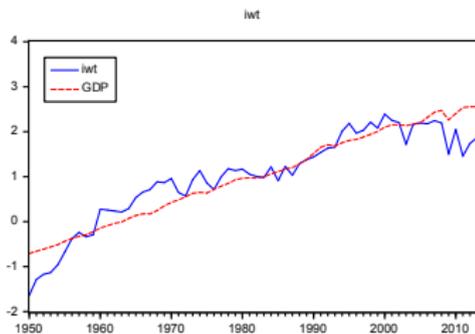
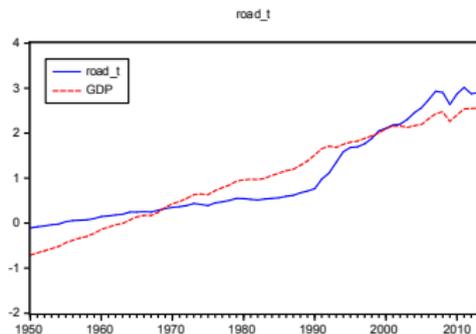
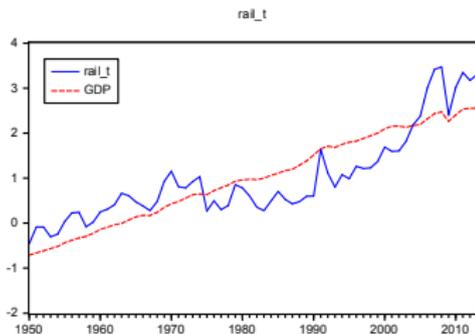
$$r_t = -\frac{1}{t} \ln[(1 - \gamma) \cdot e^{-r_f \cdot t} + \gamma \cdot e^{-r_e \cdot t}]$$

Schätzung des systematischen Risikos

- ▶ Das systematische Risiko ist der Zusammenhang zwischen den Projektnutzen und der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung
 - ▶ Projektnutzen sind nicht auf regelmäßiger Basis verfügbar; keine ex post Überwachung des Projekterfolgs
 - ▶ Nutzen von Verkehrsinfrastrukturprojekten hängen stark von der Verkehrsnachfrage ab
 - ▶ Verkehrsnachfrage wird in der Praxis mit Fahrleistung oder Verkehrsleistung gemessen (Liddle, 2009; Krüger, 2012; Hultzkrantz et al., 2014)
 - ▶ Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung wird häufig mit BIP, BIP pro Kopf oder Konsum gemessen (Liddle, 2009; Beckers et al., 2009; Hultzkrantz et al., 2014)
- => Schätzen des Zusammenhangs zwischen Verkehrsleistung und BIP

verwendete Zeitreihen

- ▶ Verkehrsleistung
 - ▶ Schienenpersonenverkehr ($rail_p$)
 - ▶ Schienengüterverkehr ($rail_t$)
 - ▶ öffentlicher Straßenpersonenverkehr ($road_p$)
 - ▶ Straßengüterverkehr ($road_t$)
 - ▶ Binnenschifffahrt (iwt)
 - ▶ motorisierter Individualverkehr ($auto$)
- ▶ gesamtwirtschaftliche Entwicklung (BIP)
- ▶ Jahresdaten (1950 - 2013)



$$TV_t = c + \gamma \cdot GDP_t + \delta \cdot GR_{Shift} + \eta \cdot Saarland_{Shift} + \epsilon_t \quad (1)$$

Variable	$\hat{\gamma}$	$t_{\hat{\gamma}}$	c	t_c	\bar{R}^2	Kointegrationstest ^a
<i>rail_p</i>	0.4801	5.1199	0.3533	3.5768	0.9222	-1.4603
<i>rail_t</i>	0.6813	3.8824	0.2497	1.3510	0.7275	-1.8232
<i>road_p</i>	0.6996	6.7165	-0.4890	-4.4772	0.9051	-2.3930
<i>road_t</i>	0.7247	7.7365	0.3452	3.4988	0.9223	-1.3646
<i>iwt</i>	0.6023	6.6386	-0.5289	-5.5347	0.9272	-4.3719 ^{***}
<i>auto</i>	0.7992	29.9602	-0.0843	-3.0003	0.9937	-3.0879

^a T-Werte des ADF-Tests der Residuen der Gleichgewichtsregression,
Kritische Werte von MacKinnon (2010) für Kointegrationstests:

$\alpha = 0.01$: -4.0731, $\alpha = 0.05$: -3.4333, $\alpha = 0.10$: -3.1114.

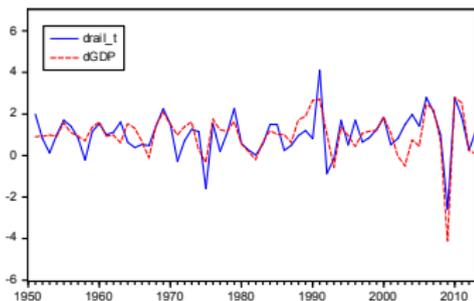
^{***} Signifikant auf einem α -Niveau von 0.01.

► $\hat{\gamma}$ für die Binnenschifffahrt beträgt 0.6

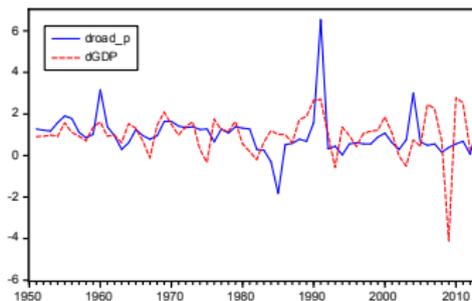
Zwischenergebnisse

- ▶ Die Verkehrsleistung der Binnenschifffahrt ist mit dem BIP kointegriert.
 - ▶ Der geschätzte γ -Koeffizient kann hier als Anteil des systematischen Risikos interpretiert werden
- ⇒ Die anderen Zusammenhänge sollten wegen fehlender Kointegration in 1. Differenzen geschätzt werden.

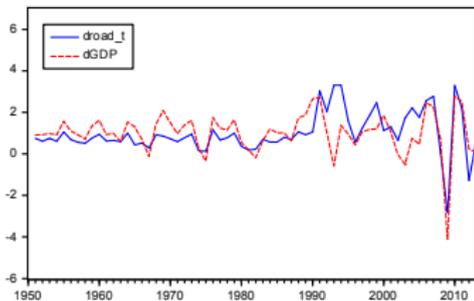
rail_t



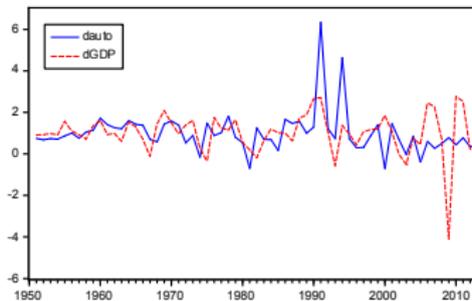
road_p



road_t



auto



Schätzergebnisse in 1. Differenzen

$$\Delta TV = c + \gamma \cdot \Delta GDP + \delta \cdot GR_{Impulse} + \eta \cdot Saarland_{Impulse} + \epsilon_t \quad (2)$$

Variable	$\hat{\gamma}$	$t_{\hat{\gamma}}^a$	c	t_c^a	\bar{R}^2
$drail_p$	0.2136	2.0358	0.7248	5.0317	0.3550
$drail_t$	0.6417	7.1645	0.3233	2.6282	0.5299
$droad_p$	0.0881	1.0323	0.7889	6.7311	0.5731
$droad_t$	0.5678	5.3527	0.4215	2.8937	0.3405
$dauto$	0.0976	1.0179	0.8067	6.1284	0.4615

^a Kritische Werte für zweiseitige T-Tests mit 63 Freiheitsgraden:

$\alpha = 0.005 : 2.6561, \alpha = 0.025 : 1.9983, \alpha = 0.05 : 1.6694.$

Zwischenergebnisse (2)

- ▶ Die Korrelation zwischen BIP und Güterverkehrszeitreihen liegt zwischen 0.57 und 0.65
- ▶ Die Korrelation zwischen BIP und Personenverkehrszeitreihen liegt zwischen 0.09 und 0.21

Das systematische Risiko ist daher bei Investitionen in Güterverkehrsinfrastruktur höher als bei Investitionen in die Personenverkehrsinfrastruktur.

- ▶ Sehr ähnliche Ergebnisse erhält Krüger (2012)

Verwendung in Sozialer Diskontrate

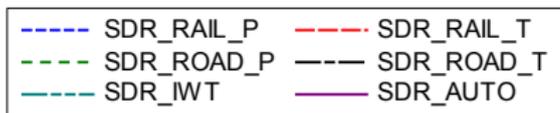
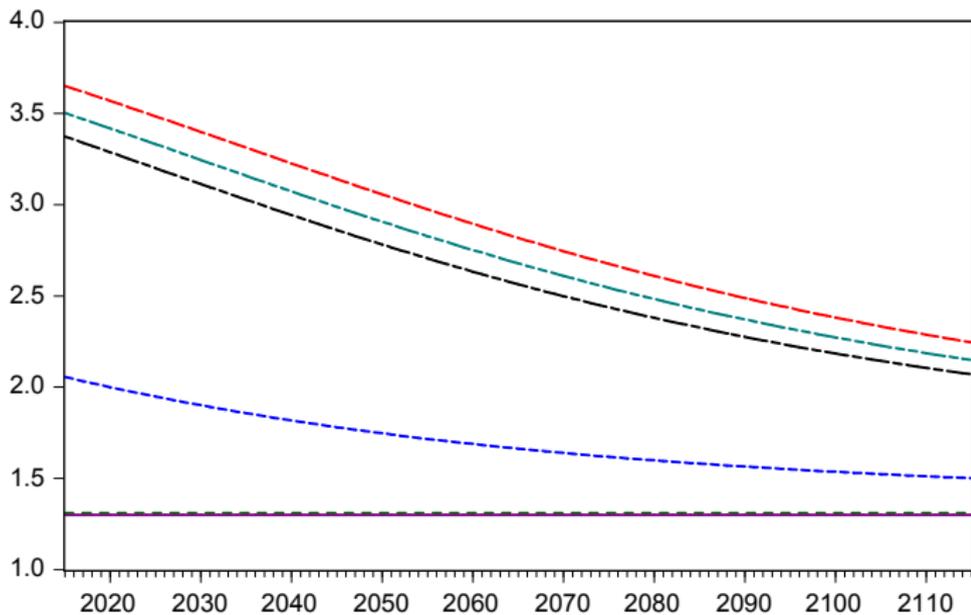
$$r_t = -\frac{1}{t} \ln \left[(1 - \gamma) \cdot e^{-r_f \cdot t} + \gamma \cdot e^{-r_e \cdot t} \right]$$

risikoloser Zins (r_f)

- ▶ Zins langfristiger Bundesanleihen (Laufzeit von 15 bis 30 Jahren)
- ⇒ Durchschnittliche reale Rendite für Konsumenten (nach Steuern) in den letzten 8 Jahren: 1.3%

Eigenkapitalverzinsung (r_e)

- ▶ Aktienmarktrenditen (DAX Performance Index)
- ⇒ Durchschnittliche reale Rendite für Konsumenten (nach Steuern) in den letzten 8 Jahren: 5.0%



Fazit

- ▶ Systematisches Risiko existiert auch bei Verkehrsinfrastrukturprojekten und sollte daher in der gesamtwirtschaftlichen Projektbewertung berücksichtigt werden.
- ▶ Investitionen in Güterverkehrsinfrastruktur haben ein höheres systematisches Risiko als Investitionen in die Personenverkehrsinfrastruktur

Risikobereinigte reale Diskontsätze

- ▶ Güterverkehr rund: 3.5 %
- ▶ Personenverkehr rund: 1.7 %

Politikimplikationen

Anpassung Bewertungsmethodik

Systematisches Verkehrsmengenrisiko sollte in die Bewertungsmethodik aufgenommen werden und kann mit unterschiedlichen Diskontsätzen berücksichtigt werden.

Auswirkungen auf Projekte im Bundesverkehrswegeplan

- ▶ Umkehr der Bewertungsergebnisse nur bei Projekten im Grenzbereich zur Wirtschaftlichkeit zu erwarten
- ▶ Änderung der Projektreihenfolge zu Gunsten von Personenverkehrsprojekten möglich

Quellen I

- Beckers, T., Klatt, J. P., Corneo, G., and Mühlenkamp, H. (2009). Zeitliche Homogenisierung und Berücksichtigung von Risiko im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. Project report, Bundesrechnungshof.
- Dixit, A. and Williamson, A. (1989). Risk-adjusted rates of return for project appraisal. Technical report, Worldbank.
- Ewijk, C. and Tang, P. J. G. (2003). How to price the risk of public investment? *De Economist*, 151(3):317–328.
- Gollier, C. (2002). Discounting an uncertain future. *Journal of Public Economics*, 85:149–166.
- Guo, J., Hepburn, C. J., Tol, R. S. J., and Anthoff, D. (2006). Discounting and the social cost of carbon: a closer look at uncertainty. *Environmental Science Policy*, 9.
- Hultkrantz, L., Krüger, N., and Panagiotis, M. (2014). Risk-adjusted long term social rates of discount for transportation infrastructure investment. *Research in Transportation Economics*, 47:70–81.
- Krüger, N. A. (2012). Estimating traffic demand risk - a multiscale analysis. *Transportation Research Part A*, 46:1741–1751.
- Liddle, B. (2009). Long-run relationship among transport demand, income and gasoline price for the us. *Transportation Research Part D*, 14:73–82.

Quellen II

- Little, I. M. D. and Mirrlees, J. A. (1974). *Project appraisal and planning for developing countries*. London.
- MacKinnon, J. G. (2010). Critical values for cointegration tests. *Queen's Economics Department Working Paper*, (1227).
- Ramanathan, R. (2001). The long-run behaviour of transport performance in india: a cointegration approach. *Transportation Research Part A*, 35:309–320.
- Weitzman, M. L. (1998). Why the far-distant future should be discounted at its lowest possible rate. *Journal on environmental economics and management*, 36:201–208.
- Weitzman, M. L. (2001). Gamma discounting. *The American Economic Review*, 91(1):260–271.
- Weitzman, M. L. (2012). Rare disasters, tail-hedged investments, and risk-adjusted discount rates. *NBER Working paper series*, 18496.
- Weitzman, M. L. (2013). Tail-hedge discounting and the social costs of carbon. *Journal of Economic Literature*, 51(3):873–882.

Systematisches Risiko in NKA (Weitzman, 2012, 2013)

Lineare Zerlegung der Projektnutzen

$$B_t = B_t^A + B_t^C \quad (3)$$

B_t^A = von der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung unabhängige Projektnutzen

B_t^C = von der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung abhängige Projektnutzen

Systematische Projektnutzen werden mit einem Eigenkapitalzins verzinst und unsystematische Projektnutzen mit einem risikolosen Zins.

$$E(B_t)e^{-r_f \cdot t} = E(B_t^A) \cdot e^{-r_f \cdot t} + E(B_t^C) \cdot e^{-r_e \cdot t} \quad (4)$$

Anteile von systematischen und unsystematischen Projektnutzen

$$\gamma_t \equiv \frac{B_t^C}{B_t} \qquad 1 - \gamma_t = \frac{B_t^A}{B_t} \qquad (5)$$

Projektnutzen werden durch entsprechende Anteile ersetzt

$$e^{-r_t \cdot t} = (1 - \gamma_t) \cdot e^{-r_t \cdot t} + \gamma_t \cdot e^{-r_e \cdot t} \qquad (6)$$

Auflösen der Gleichung nach dem Diskontsatz; die Anteile γ werden als konstant über die Zeit angenommen.

$$r_t = -\frac{1}{t} \ln[(1 - \gamma) \cdot e^{-r_t \cdot t} + \gamma \cdot e^{-r_e \cdot t}] \qquad (7)$$

Herleitung der Schätzgleichung

Standard Regressionsgleichung

$$B_t = a_t + b_t \cdot C_t + \epsilon_t \quad (8)$$

b_t ist definiert als

$$b_t = \frac{\text{cov}(B_t, C_t)}{\text{var}(C_t)} \quad (9)$$

Es kann eine Zufallsvariable $A_t = a_t + \epsilon_t$ definiert werden, die alle Elemente, die unabhängig von C_t sind beinhaltet. γ kann wieder als Anteil der systematischen Projektnutzen dargestellt werden.

$$\gamma \equiv \frac{b_t E(C_t)}{E(A_t) + b_t E(C_t)} \quad (10)$$

Kombiniert man Gleichungen (6) und (8) und nutzt man die Definition von A_t erhält man

$$\frac{B_t}{E(B_t)} = (1 - \gamma) \frac{A_t}{E(A_t)} + \gamma \frac{C_t}{E(C_t)} \quad (11)$$

Unter Berücksichtigung von der Definition von A_t ergibt sich

$$\underbrace{\frac{B_t}{E(B_t)}}_{B_t^*} = (1 - \gamma) + \gamma \underbrace{\frac{C_t}{E(C_t)}}_{C_t^*} + \underbrace{\frac{(1 - \gamma)\epsilon_t}{a_t}}_{\epsilon_t^*} \quad (12)$$

Einsetzen der neuen Variablen ergibt die Regressionsgleichung

$$B_t^* = (1 - \gamma) + \gamma C_t^* + \epsilon_t^* \quad (13)$$

Zeitreihentransformation

Nach schätzen und umstellen der Gleichung erhält man

$$(1 - \hat{\gamma}) = \bar{B}^* - \hat{\gamma} \bar{C}^* \quad (14)$$

- ▶ Damit die Variablen die Bedingung in Gleichung 11 erfüllen müssen diese einen Erwartungswert von 1 haben
- ▶ Da $\hat{\gamma}$ einen Wert von 1 nicht überschreiten darf, müssen die Varianzen von B^* und C^* gleich sein.

Die Zeitreihen werden daher wie folgt transformiert

$$B_t^* = [(B_t - \bar{B})/sd(B_t)] + 1 \quad C_{*t} = [(C_t - \bar{C})/sd(C_t)] + 1 \quad (15)$$

Zivot and Andrews Einheitswurzeltest

	Model A	A-break	Model B	B-break	Model C	C-break
<i>rail_p</i>	-4.3965	1991	-3.4249	1983	-5.4730**	1991
<i>rail_t</i>	-4.4378	2003	-4.7186**	1996	-4.6972	1993
<i>road_p</i>	-3.1499	1960	-3.6978	1975	-4.0549	1982
<i>road_t</i>	-4.1750	1991	-3.7964	1986	-3.5776	1980
<i>iwt</i>	-3.0461	2003	-3.2681	2001	-3.4388	1994
<i>auto</i>	-3.4168	1991	-2.9962	2002	-6.4810***	1991
<i>GDP</i>	-3.0400	2003	-3.3754	2001	-4.2988	1990

kritische Werte:

Test-Typ A: $\alpha = 1\%$: -5.34, $\alpha = 5\%$: -4.80, $\alpha = 10\%$: -4.58,

Test-Typ B: $\alpha = 1\%$: -4.93, $\alpha = 5\%$: -4.42, $\alpha = 10\%$: -4.11,

Test-Typ C: $\alpha = 1\%$: -5.57, $\alpha = 5\%$: -5.30, $\alpha = 10\%$: -5.08.

** signifikant auf einem α -Niveau von 0.05.

*** signifikant auf einem α -Niveau von 0.01.