



## Endogenität, Kausalität, oder das große "**Was wäre wenn ...**" Grundlagen der Ökonometrie

herbert.stocker@uibk.ac.at  
[www.hsto.info/econometrics](http://www.hsto.info/econometrics)

# Kausalität

- Regressionen sind eine Methode für *bedingte Mittel- bzw. Erwartungswertvergleiche*

# Kausalität

- Regressionen sind eine Methode für *bedingte Mittel- bzw. Erwartungswertvergleiche*
- Regressionen erlauben per se *keine* Beurteilung von Ursachen-Wirkungszusammenhängen!!!  
Aber: Suche nach Ursachen und Wirkungen bilden seit jeher den Kern unserer Wissenschaft, z.B. Adam Smith (1776): "*An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*"

# Kausalität

- Regressionen sind eine Methode für *bedingte Mittel- bzw. Erwartungswertvergleiche*
- Regressionen erlauben per se *keine* Beurteilung von Ursachen-Wirkungszusammenhängen!!!  
Aber: Suche nach Ursachen und Wirkungen bilden seit jeher den Kern unserer Wissenschaft, z.B. Adam Smith (1776): "*An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*"
- "*When we study nonexperimental data, correlation is in the data while causation is in the mind or heart of the observer. That's where considered judgments and wishful thinking originate.*" (Leamer, 2009)
  - Leben regelmäßige Kirchgänger länger?
  - Leben Anhänger der Kreta-Diät länger?
  - Haben Länder mit unabhängigen Notenbanken niedrigere Inflationsraten (und höheres Wachstum)?
  - ...

# Kausalität

- David Hume (1711 – 1776): wir können *Kausalität* nicht sinnlich wahrnehmen, nur eine Abfolge von Ereignissen

*“Wenn aber viele gleichförmige Beispiele auftreten und demselben Gegenstand immer dasselbe Ereignis folgt, dann beginnen wir den Begriff von Ursache und Verknüpfung zu bilden. Wir empfinden nun ein neues Gefühl [...] ; und dieses Gefühl ist das Urbild jener Vorstellung [von notwendiger Verknüpfung], das wir suchen.”*

*[zitiert nach <https://de.wikipedia.org/wiki/Kausalitat>].*

# Kausalität

- David Hume (1711 – 1776): wir können *Kausalität* nicht sinnlich wahrnehmen, nur eine Abfolge von Ereignissen

*“Wenn aber viele gleichförmige Beispiele auftreten und demselben Gegenstand immer dasselbe Ereignis folgt, dann beginnen wir den Begriff von Ursache und Verknüpfung zu bilden. Wir empfinden nun ein neues Gefühl [...] ; und dieses Gefühl ist das Urbild jener Vorstellung [von notwendiger Verknüpfung], das wir suchen.”*

*[zitiert nach <https://de.wikipedia.org/wiki/Kausalitat>].*

- ⇒ Erfahrung der *Regularität* ('constant conjunction') wird als Ursachen und Wirkung erlebt!

# Kausalität

David Hume: zwei zentrale Ideen:

- ① **Zeitliche Anordnung:** die Wirkung kann nicht vor der Ursache eintreten  
(asymmetrisch!)

*"We may define a cause to be an object followed by another, and where all the objects, similar to the first, are followed by objects similar to the second."*      ⇒ Granger-Kausalität

# Kausalität

David Hume: zwei zentrale Ideen:

- ① **Zeitliche Anordnung:** die Wirkung kann nicht vor der Ursache eintreten (asymmetrisch!)

*"We may define a cause to be an object followed by another, and where all the objects, similar to the first, are followed by objects similar to the second."*      ⇒ Granger-Kausalität

- ② **Kontrafaktische Situation:** was wäre passiert, wenn das verursachende Ereignis *nicht* eingetreten wäre?

*"We may define a cause to be an object, where, if the first object had not been, the second never had existed."*

# Kausalität

David Hume: zwei zentrale Ideen:

- ① **Zeitliche Anordnung:** die Wirkung kann nicht vor der Ursache eintreten (asymmetrisch!)

*"We may define a cause to be an object followed by another, and where all the objects, similar to the first, are followed by objects similar to the second."*      ⇒ Granger-Kausalität

- ② **Kontrafaktische Situation:** was wäre passiert, wenn das verursachende Ereignis *nicht* eingetreten wäre?

*"We may define a cause to be an object, where, if the first object had not been, the second never had existed."*

→ Kontrafaktische Denken entspricht ökonomischer Denkweise (z.B. Alternativkosten)!

# Kausalität

David Hume: zwei zentrale Ideen:

- ① **Zeitliche Anordnung:** die Wirkung kann nicht vor der Ursache eintreten (asymmetrisch!)

*"We may define a cause to be an object followed by another, and where all the objects, similar to the first, are followed by objects similar to the second."*      ⇒ Granger-Kausalität

- ② **Kontrafaktische Situation:** was wäre passiert, wenn das verursachende Ereignis *nicht* eingetreten wäre?

*"We may define a cause to be an object, where, if the first object had not been, the second never had existed."*

- Kontrafaktische Denken entspricht ökonomischer Denkweise (z.B. Alternativkosten)!

*"Treffen sich zwei Ökonomen, fragt der eine: 'Wie geht es Ihnen, Herr Kollege', antwortet der andere: 'Verglichen mit was?'*

# Kausalität

*Kontrafaktische Situation:*

⇒ **Problem:** wir können nie faktische und kontrafaktische Situation gleichzeitig beobachten!

# Kausalität

*Kontrafaktische Situation:*

⇒ **Problem:** wir können nie faktische und kontrafaktische Situation gleichzeitig beobachten!

- Wären Personen später gestorben, wenn Sie in die Kirche gegangen wären?

# Kausalität

*Kontrafaktische Situation:*

⇒ **Problem:** wir können nie faktische und kontrafaktische Situation gleichzeitig beobachten!

- Wären Personen später gestorben, wenn Sie in die Kirche gegangen wären?
- Wären Personen später gestorben, wenn Sie sich nach der Kreta Diät ernährt hätten?

# Kausalität

*Kontrafaktische Situation:*

⇒ **Problem:** wir können nie faktische und kontrafaktische Situation gleichzeitig beobachten!

- Wären Personen später gestorben, wenn Sie in die Kirche gegangen wären?
- Wären Personen später gestorben, wenn Sie sich nach der Kreta Diät ernährt hätten?
- Wäre die Inflationsrate niedriger, wenn die Nationalbank unabhängiger wäre?

# Kausalität

*Kontrafaktische Situation:*

⇒ **Problem:** wir können nie faktische und kontrafaktische Situation gleichzeitig beobachten!

- Wären Personen später gestorben, wenn Sie in die Kirche gegangen wären?
- Wären Personen später gestorben, wenn Sie sich nach der Kreta Diät ernährt hätten?
- Wäre die Inflationsrate niedriger, wenn die Nationalbank unabhängiger wäre?
- Hinter jeder Kausalfrage steht explizit oder implizit eine Modellvorstellung:  
*Was wäre passiert wenn ...*

# Kausalität

*Kontrafaktische Situation:*

- ⇒ **Problem:** wir können nie faktische und kontrafaktische Situation gleichzeitig beobachten!
- Wären Personen später gestorben, wenn Sie in die Kirche gegangen wären?
  - Wären Personen später gestorben, wenn Sie sich nach der Kreta Diät ernährt hätten?
  - Wäre die Inflationsrate niedriger, wenn die Nationalbank unabhängiger wäre?
  - Hinter jeder Kausalfrage steht explizit oder implizit eine Modellvorstellung:  
*Was wäre passiert wenn ...*
  - **Kausalfragen sind immer entscheidend, wenn die Wirksamkeit eines Eingriffs in ein System beurteilt werden soll!**
- Medizin, → Sozialwissenschaften

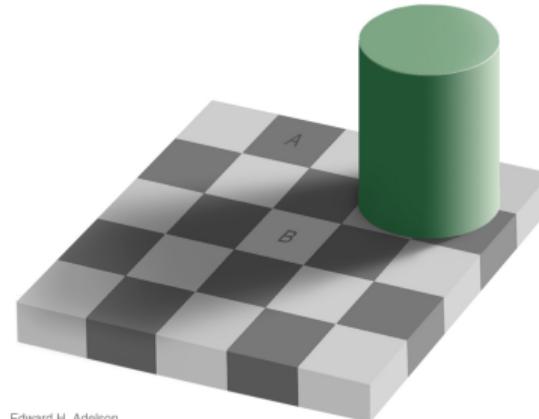
# Kausalität

*Kontrafaktische Situation:*

- ⇒ **Problem:** wir können nie faktische und kontrafaktische Situation gleichzeitig beobachten!
- Wären Personen später gestorben, wenn Sie in die Kirche gegangen wären?
  - Wären Personen später gestorben, wenn Sie sich nach der Kreta Diät ernährt hätten?
  - Wäre die Inflationsrate niedriger, wenn die Nationalbank unabhängiger wäre?
- Hinter jeder Kausalfrage steht explizit oder implizit eine Modellvorstellung:  
*Was wäre passiert wenn ...*
  - **Kausalfragen sind immer entscheidend, wenn die Wirksamkeit eines Eingriffs in ein System beurteilt werden soll!**
    - Medizin, → Sozialwissenschaften
- ⇒ Unterscheidung zwischen (Schein-)Korrelation und Ursachen-Wirkungszusammenhang!!!

# Kausalität

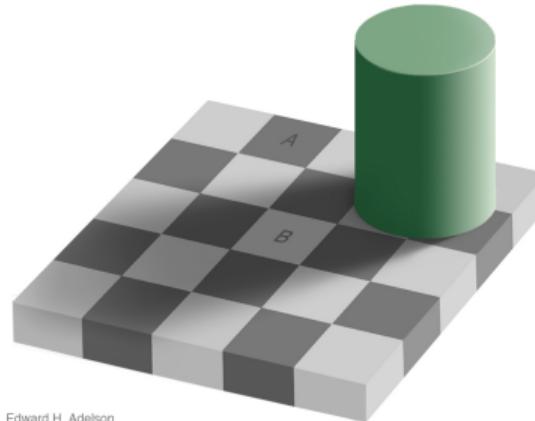
- Unsere Wahrnehmung ist nicht *objektiv*: A und B sind gleich hell!



Edward H. Adelson

# Kausalität

- Unsere Wahrnehmung ist nicht *objektiv*: A und B sind gleich hell!

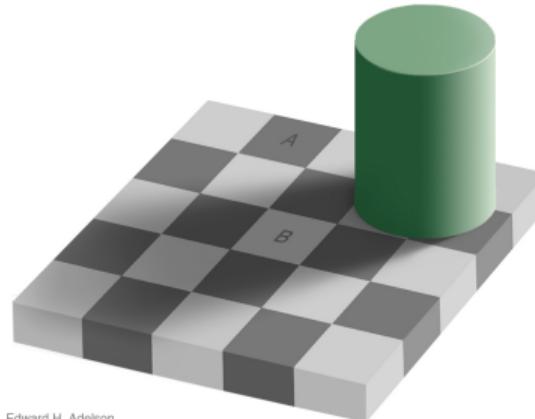


Edward H. Adelson

- Evolution: es war wichtig, sich im Schatten versteckende Gefahren zu erkennen!

# Kausalität

- Unsere Wahrnehmung ist nicht *objektiv*: A und B sind gleich hell!

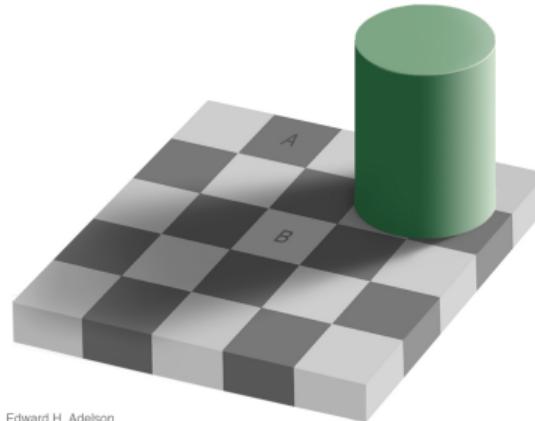


Edward H. Adelson

- Evolution: es war wichtig, sich im Schatten versteckende Gefahren zu erkennen!
- Ähnlich: unser schnelles, intuitives Denken (Kahnemann: Typ I Denken) *projiziert* Zusammenhänge; vgl. Autovervollständigung!

# Kausalität

- Unsere Wahrnehmung ist nicht *objektiv*: A und B sind gleich hell!

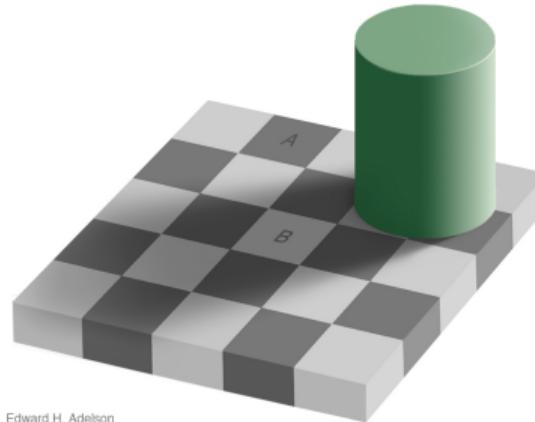


Edward H. Adelson

- Evolution: es war wichtig, sich im Schatten versteckende Gefahren zu erkennen!
- Ähnlich: unser schnelles, intuitives Denken (Kahnemann: Typ I Denken) *projiziert* Zusammenhänge; vgl. Autovervollständigung!
- funktioniert oft gut ...

# Kausalität

- Unsere Wahrnehmung ist nicht *objektiv*: A und B sind gleich hell!



- Evolution: es war wichtig, sich im Schatten versteckende Gefahren zu erkennen!
- Ähnlich: unser schnelles, intuitives Denken (Kahnemann: Typ I Denken) *projiziert* Zusammenhänge; vgl. Autovervollständigung!
- funktioniert oft gut ...  
*aber*: Ideologien, Aberglaube, Vorurteile, Verschwörungstheorien ...

# Kausalität

- Zentral hinter den meisten modernen Kausalitätstheorien ist die Vorstellung eines verursachenden Ereignisses, einer *Intervention*, Manipulation ...

# Kausalität

- Zentral hinter den meisten modernen Kausalitätstheorien ist die Vorstellung eines verursachenden Ereignisses, einer *Intervention*, Manipulation ...
- z.B.: "Hat die Tablette den Kopfschmerz beseitigt, oder wäre der Kopfschmerz auch ohne Tablette weggegangen?"  
"Haben die Werbeausgaben die Umsätze erhöht, oder haben höhere Umsätze zu höheren Werbeausgaben geführt?"

# Kausalität

- Zentral hinter den meisten modernen Kausalitätstheorien ist die Vorstellung eines verursachenden Ereignisses, einer *Intervention*, Manipulation ...
- z.B.: "Hat die Tablette den Kopfschmerz beseitigt, oder wäre der Kopfschmerz auch ohne Tablette weggegangen?"  
"Haben die Werbeausgaben die Umsätze erhöht, oder haben höhere Umsätze zu höheren Werbeausgaben geführt?"
- Hinter dem Kausalitätsgedanken steht nicht nur die Frage 'ob', sondern v.a. die Frage eines '**warum**'!

# Kausalität

- Zentral hinter den meisten modernen Kausalitätstheorien ist die Vorstellung eines verursachenden Ereignisses, einer *Intervention*, Manipulation ...
- z.B.: "Hat die Tablette den Kopfschmerz beseitigt, oder wäre der Kopfschmerz auch ohne Tablette weggegangen?"  
"Haben die Werbeausgaben die Umsätze erhöht, oder haben höhere Umsätze zu höheren Werbeausgaben geführt?"
- Hinter dem Kausalitätsgedanken steht nicht nur die Frage 'ob', sondern v.a. die Frage eines '**warum**'!
- Zwei Möglichkeiten:

# Kausalität

- Zentral hinter den meisten modernen Kausalitätstheorien ist die Vorstellung eines verursachenden Ereignisses, einer *Intervention*, Manipulation ...
- z.B.: "Hat die Tablette den Kopfschmerz beseitigt, oder wäre der Kopfschmerz auch ohne Tablette weggegangen?"  
"Haben die Werbeausgaben die Umsätze erhöht, oder haben höhere Umsätze zu höheren Werbeausgaben geführt?"
- Hinter dem Kausalitätsgedanken steht nicht nur die Frage 'ob', sondern v.a. die Frage eines '**warum**'!
- Zwei Möglichkeiten:
  - 'Nachbau' der Realität in theoretischen Modellen und Simulation der kontrafaktischen Situation (z.B. Außenhandelsmodelle)

# Kausalität

- Zentral hinter den meisten modernen Kausalitätstheorien ist die Vorstellung eines verursachenden Ereignisses, einer *Intervention*, Manipulation ...
- z.B.: "Hat die Tablette den Kopfschmerz beseitigt, oder wäre der Kopfschmerz auch ohne Tablette weggegangen?"  
"Haben die Werbeausgaben die Umsätze erhöht, oder haben höhere Umsätze zu höheren Werbeausgaben geführt?"
- Hinter dem Kausalitätsgedanken steht nicht nur die Frage 'ob', sondern v.a. die Frage eines '**warum**'!
- Zwei Möglichkeiten:
  - 'Nachbau' der Realität in theoretischen Modellen und Simulation der kontrafaktischen Situation (z.B. Außenhandelsmodelle)
  - (Naturwissenschaftliche) Experimente

# Kausalität

**Experimente:** Galileo Galilei (1564 – 1642): Versuche auf der schießen Ebene



# Kausalität

**Experimente:** Galileo Galilei (1564 – 1642): Versuche auf der schießen Ebene



- ➊ **Kontrolle** durch Herstellung von *Laborbedingungen*;

# Kausalität

**Experimente:** Galileo Galilei (1564 – 1642): Versuche auf der schießen Ebene



- ① **Kontrolle** durch Herstellung von *Laborbedingungen*;
- ② **Intervention:** Experimentator greift gezielt ein und manipuliert (üblicherweise) einen einzelnen isolierten Einflussfaktor.

# Kausalität

## **Experimente:**

Da alle anderen möglichen Einflussfaktoren konstant gehalten werden kann die beobachtete Wirkung unmittelbar auf die Intervention des Experimentators zurückgeführt werden.

*Kontrafaktische Interpretation:* hätte die Intervention des Experimentators nicht stattgefunden, hätte die Wirkung nicht beobachtet werden können.

# Kausalität

## Experimente:

Da alle anderen möglichen Einflussfaktoren konstant gehalten werden kann die beobachtete Wirkung unmittelbar auf die Intervention des Experimentators zurückgeführt werden.

*Kontrafaktische Interpretation:* hätte die Intervention des Experimentators nicht stattgefunden, hätte die Wirkung nicht beobachtet werden können.

*Wenn perfekte Kontrolle unmöglich ist:*

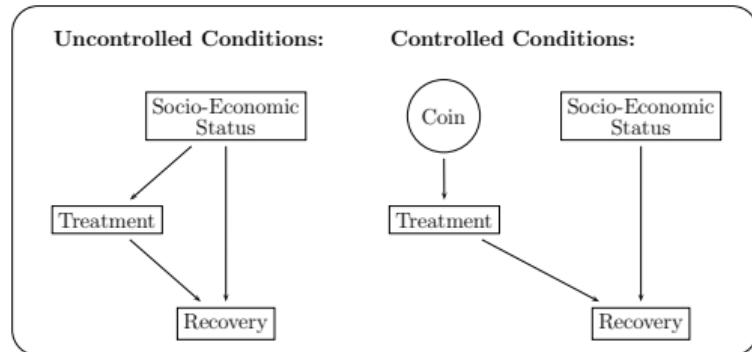
⇒ **Randomisierung** (*Randomized Controlled Trials, RCT*)

Bei perfekter Randomisierung (*random assignment*) sollten keine **systematischen** Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe auftreten.

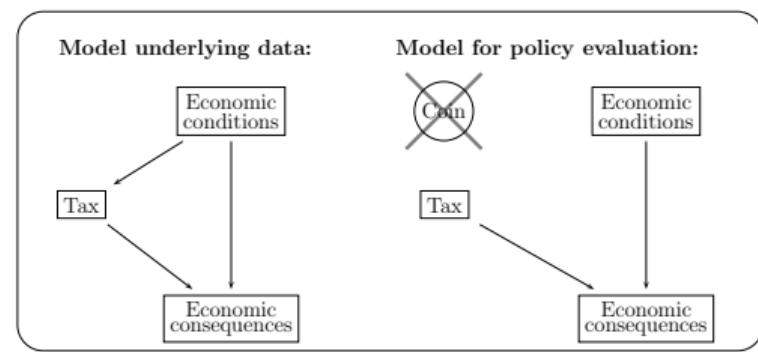
# Kausalität

Kontrollierte vs. nicht kontrollierte Experimente:

Example 1: Controlled Experimentation



Example 2: Policy Analysis



J. Pearl, Causality

# Empirische Studien

- **Experimente:** Goldstandard? Nicht immer durchführbar!

siehe z.B. A. Deaton and N. Cartwright (2016), *Understanding and Misunderstanding Randomized Controlled Trials*, NBER Working Paper 22595

# Empirische Studien

- **Experimente:** Goldstandard? Nicht immer durchführbar!

siehe z.B. A. Deaton and N. Cartwright (2016), *Understanding and Misunderstanding Randomized Controlled Trials*, NBER Working Paper 22595

- **Beobachtungsstudien:**

- weder Kontrolle noch gezielte Intervention.
- erlauben per se keine Kausalaussagen!!!

# Empirische Studien

- **Experimente:** Goldstandard? Nicht immer durchführbar!

siehe z.B. A. Deaton and N. Cartwright (2016), *Understanding and Misunderstanding Randomized Controlled Trials*, NBER Working Paper 22595

- **Beobachtungsstudien:**

- weder Kontrolle noch gezielte Intervention.
- erlauben per se keine Kausalaussagen!!!

## Anforderungen an (empirische) Studien:

- **Reliabilität:** Reproduzierbarkeit von Ergebnissen unter gleichen Bedingungen?
- **Validität:** ('Gültigkeit' der Meßergebnisse)
  - *Interne Validität:* wird tatsächlich das gemessen, was wir messen wollen? Ist diese Schätzung konsistent?
  - *Externe Validität:* Sind Ergebnisse z.B. auch auf andere Grundgesamtheiten übertragbar?

# Endogenität

**Endogene Regressoren** (d.h.  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) \neq 0$ ) gefährden interne Validität!

z.B.

- Fehlende relevante Variablen ('*omitted variables*'); mit den Spezialfällen Selektionsprobleme ('*selection bias*') und Unbeobachtete Heterogenität (*unobserved heterogeneity*)
- Simultane Kausalität ('*simultaneous causality bias*')
- Messfehler in den  $x$  Variablen ('*errors-in-variables bias*');

(werden noch einzeln diskutiert!)

# Endogenität

**Endogene Regressoren** (d.h.  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) \neq 0$ ) gefährden interne Validität!

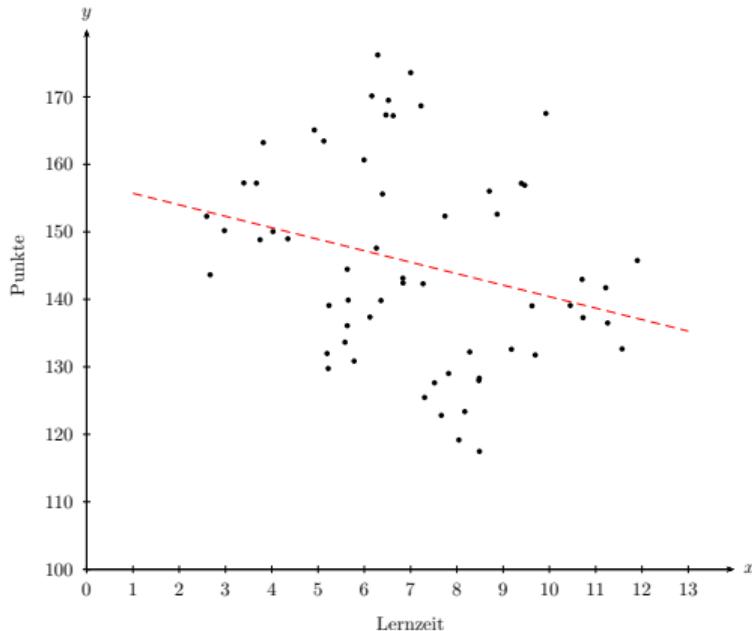
z.B.

- Fehlende relevante Variablen ('*omitted variables*'); mit den Spezialfällen Selektionsprobleme ('*selection bias*') und Unbeobachtete Heterogenität (*unobserved heterogeneity*)
- Simultane Kausalität ('*simultaneous causality bias*')
- Messfehler in den  $x$  Variablen ('*errors-in-variables bias*');

(werden noch einzeln diskutiert!)

**Achtung:** die Begriffe *Endogenität* und *Exogenität* werden in Ökonomik und Ökonometrie nicht deckungsgleich gebraucht!

# Beispiel: Lernzeit (LZ) und Lernerfolg (Pkt)



$$\begin{aligned} \text{Pkt} &= 157.404 - 1.701 \text{ LZ} \\ &(6.004)^{***} \quad (0.807)^{**} \\ R^2 &= 0.071, \quad n = 60 \end{aligned}$$

Was passiert hier???

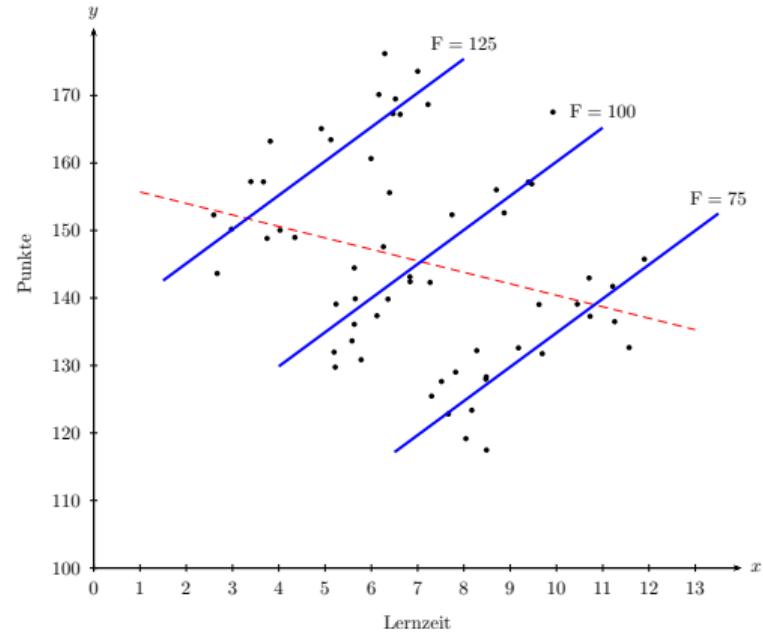
# Ein Beispiel

**Fehlspezifikation!** unbeobachtete Fähigkeiten ( $F$ )!!!

'Wahres' Modell (DGP):

$$\text{Pkt}_i = 10 + 5\text{LZ}_i + 1F_i + \varepsilon_i$$

$$\text{mit } \text{LZ}_i = 12 - 0.1F_i + v_i$$



# Ein Beispiel

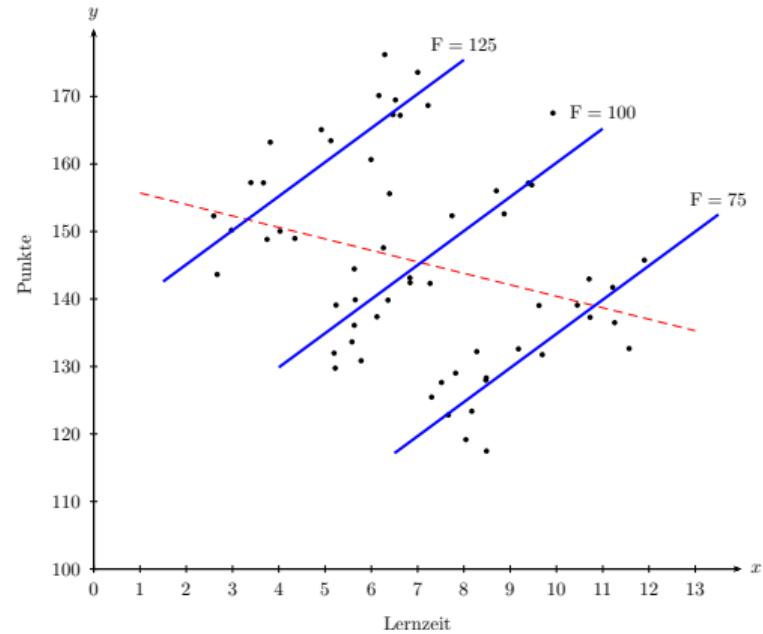
**Fehlspezifikation!** unbeobachtete Fähigkeiten ( $F$ )!!!

'Wahres' Modell (DGP):

$$\text{Pkt}_i = 10 + 5\text{LZ}_i + 1F_i + \varepsilon_i$$

$$\text{mit } \text{LZ}_i = 12 - 0.1F_i + v_i$$

Klassischer 'omitted variable bias'!!!



# Omitted Variable Bias

Zur Erinnerung: “wahres” Modell (mit  $\ddot{x}_i := x_i - \bar{x}$  etc.) sei

$$\ddot{y}_i = \beta_2 \ddot{x}_{i2} + \beta_3 \ddot{x}_{i3} + \varepsilon_i$$

‘Falsches’ (kurzes) Modell:

$$\ddot{y}_i = \widehat{\beta}_2^* \ddot{x}_{i2} + \widehat{\varepsilon}_i^*$$

Der geschätzte OLS Koeffizient des ‘falschen’ Modells (mit Einsetzen der PRF) ist

$$\widehat{\beta}_2^* = \frac{\sum \ddot{x}_{i2} \ddot{y}_i}{\sum \ddot{x}_{i2}^2} = \frac{\sum \ddot{x}_{i2} (\underbrace{\beta_2 \ddot{x}_{i2} + \beta_3 \ddot{x}_{i3} + \varepsilon_i}_{\ddot{y}_i})}{\sum \ddot{x}_{i2}^2}$$

Erwartungstreue:

$$E(\widehat{\beta}_2^*) = E(\beta_2) + E\left(\beta_3 \frac{\sum \ddot{x}_{i2} \ddot{x}_{i3}}{\sum \ddot{x}_{i2}^2}\right) + E\left(\frac{\sum \ddot{x}_{i2} \varepsilon_i}{\sum \ddot{x}_{i2}^2}\right)$$

# Omitted Variable Bias

$$\begin{aligned}\mathsf{E}(\widehat{\beta}_2^*) &= \mathsf{E}(\beta_2) + \mathsf{E}\left(\beta_3 \frac{\sum \ddot{x}_{i2} \ddot{x}_{i3}}{\sum \ddot{x}_{i2}^2}\right) + \mathsf{E}\left(\frac{\sum \ddot{x}_{i2} \varepsilon_i}{\sum \ddot{x}_{i2}^2}\right) \\ &= \beta_2 + \beta_3 \frac{\sum \ddot{x}_{i2} \ddot{x}_{i3}}{\sum \ddot{x}_{i2}^2} \\ &= \beta_2 + \beta_3 \frac{\mathsf{cov}(x_2, x_3)}{\mathsf{var}(x_2)} = \beta_2 + \beta_3 \delta\end{aligned}$$

mit  $x_{i3} = \delta_1 + \delta_2 x_{i2} + v_i$

# Omitted Variable Bias

$$\begin{aligned}\mathsf{E}(\widehat{\beta}_2^*) &= \mathsf{E}(\beta_2) + \mathsf{E}\left(\beta_3 \frac{\sum \ddot{x}_{i2} \ddot{x}_{i3}}{\sum \ddot{x}_{i2}^2}\right) + \mathsf{E}\left(\frac{\sum \ddot{x}_{i2} \varepsilon_i}{\sum \ddot{x}_{i2}^2}\right) \\ &= \beta_2 + \beta_3 \frac{\sum \ddot{x}_{i2} \ddot{x}_{i3}}{\sum \ddot{x}_{i2}^2} \\ &= \beta_2 + \beta_3 \frac{\text{cov}(x_2, x_3)}{\text{var}(x_2)} = \beta_2 + \beta_3 \delta\end{aligned}$$

mit  $x_{i3} = \delta_1 + \delta_2 x_{i2} + v_i$

|               | $\text{corr}(x_2, x_3) > 0$ | $\text{corr}(x_2, x_3) < 0$ |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| $\beta_3 > 0$ | positiver Bias              | negativer Bias              |
| $\beta_3 < 0$ | negativer Bias              | positiver Bias              |

# Omitted Variable Bias (OVB)

Warum führt OVB zu  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) \neq 0$ ?

$$Pkt = \beta_1 + \beta_2 LZ + \underbrace{\beta_3 F}_{\varepsilon^*} + \varepsilon$$

Im 'kurzen' Modell steckt  $F$  im Störterm  $\varepsilon^*$ , also ist  $\varepsilon^*$  mit  $F$  und  $LZ$  korreliert!

# Omitted Variable Bias (OVB)

Warum führt OVB zu  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) \neq 0$ ?

$$Pkt = \beta_1 + \beta_2 LZ + \underbrace{\beta_3 F + \varepsilon}_{\varepsilon^*}$$

Im 'kurzen' Modell steckt  $F$  im Störterm  $\varepsilon^*$ , also ist  $\varepsilon^*$  mit  $F$  und  $LZ$  korreliert!

Wenn Störterm Funktion von  $x$ :

$$y = \beta_1 + \beta_2 x + \varepsilon(x) \quad \Rightarrow \quad \frac{dy}{dx} = \beta_2 + \frac{d\varepsilon}{dx} := \beta_2^*$$

# Omitted Variable Bias (OVB)

Warum führt OVB zu  $E(\varepsilon_i|\mathbf{X}) \neq 0$ ?

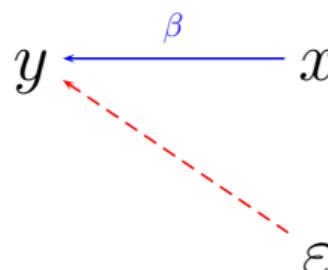
$$Pkt = \beta_1 + \beta_2 LZ + \underbrace{\beta_3 F + \varepsilon}_{\varepsilon^*}$$

Im 'kurzen' Modell steckt  $F$  im Störterm  $\varepsilon^*$ , also ist  $\varepsilon^*$  mit  $F$  und  $LZ$  korreliert!

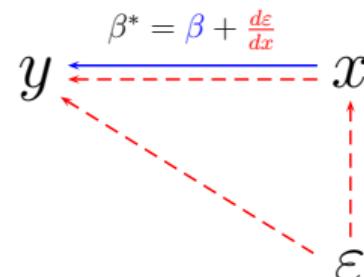
Wenn Störterm Funktion von  $x$ :

$$y = \beta_1 + \beta_2 x + \varepsilon(x) \Rightarrow \frac{dy}{dx} = \beta_2 + \frac{d\varepsilon}{dx} := \beta_2^*$$

$$E(\varepsilon|x) = 0:$$



$$E(\varepsilon|x) \neq 0:$$



# Omitted Variable Bias (OVB)

Im linearen Fall: DGP:  $y_i = \beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \varepsilon_i$

Interessierender Parameter:  $\beta_2$

Unbeobachtbar:  $x_3$ , mit  $x_{i3} = \delta_1 + \delta_2 x_{i2} + v_i$

# Omitted Variable Bias (OVB)

Im linearen Fall: DGP:  $y_i = \beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \varepsilon_i$

Interessierender Parameter:  $\beta_2$

Unbeobachtbar:  $x_3$ , mit  $x_{i3} = \delta_1 + \delta_2 x_{i2} + v_i$

Einsetzen

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \underbrace{[\beta_3(\delta_1 + \delta_2 x_{i2} + v_i) + \varepsilon_i]}_{\varepsilon^*}$$

und der marginale Effekt ist

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = \beta_2 + \frac{\partial \varepsilon^*}{\partial x_2} = \beta_2 + \beta_3 \delta_2$$

# Omitted Variable Bias (OVB)

Im linearen Fall: DGP:  $y_i = \beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \varepsilon_i$

Interessierender Parameter:  $\beta_2$

Unbeobachtbar:  $x_3$ , mit  $x_{i3} = \delta_1 + \delta_2 x_{i2} + v_i$

Einsetzen

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \underbrace{[\beta_3(\delta_1 + \delta_2 x_{i2} + v_i) + \varepsilon_i]}_{\varepsilon^*}$$

und der marginale Effekt ist

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = \beta_2 + \frac{\partial \varepsilon^*}{\partial x_2} = \beta_2 + \beta_3 \delta_2$$

**$\Rightarrow \beta_2$  ist nicht identifizierbar!**

# Simultane Kausalität

⇒ führt zu ähnlichen Problemen! Warum?

# Simultane Kausalität

⇒ führt zu ähnlichen Problemen! Warum?

Lehrbuchbeispiel (Keynes):

$$C_i = 60 + 0.5Y_i + \varepsilon_i \quad \text{mit } \varepsilon_i \sim U(-30, +30)$$

$$Y_i = C_i + I_i + G_i \quad \text{mit } I_i \sim U(30, 80)$$

# Simultane Kausalität

⇒ führt zu ähnlichen Problemen! Warum?

Lehrbuchbeispiel (Keynes):

$$C_i = 60 + 0.5Y_i + \varepsilon_i \quad \text{mit } \varepsilon_i \sim U(-30, +30)$$

$$Y_i = C_i + I_i + G_i \quad \text{mit } I_i \sim U(30, 80)$$

Wahres  $\beta_2 = 0.5$ , aber Monte Carlo Simulation liefert

$$\begin{aligned} C &= -9.175 &+& 0.808 Y \\ &(5.685) && (0.024)^{***} \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.934, \quad n = 80$$

Was ist passiert?

## Simultane Kausalität

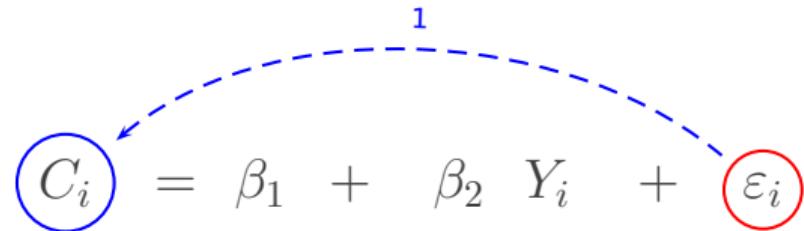
Einfaches keynesianisches Einnahmen-Ausgaben Modell:

$$C_i = \beta_1 + \beta_2 Y_i + \varepsilon_i$$

$$Y_i = C_i + I_i + G_i$$

# Simultane Kausalität

Einfaches keynesianisches Einnahmen-Ausgaben Modell:

$$C_i = \beta_1 + \beta_2 Y_i + \varepsilon_i$$


$$Y_i = C_i + I_i + G_i$$

# Simultane Kausalität

Einfaches keynesianisches Einnahmen-Ausgaben Modell:

$$\begin{aligned} C_i &= \beta_1 + \beta_2 Y_i + \varepsilon_i \\ Y_i &= C_i + I_i + G_i \end{aligned}$$

The diagram illustrates a simultaneous causality model. It shows two equations: one for consumption ( $C_i$ ) and one for income ( $Y_i$ ). Consumption is influenced by a constant ( $\beta_1$ ), a positive income effect ( $\beta_2 Y_i$ ), and a disturbance term ( $\varepsilon_i$ ). Income is determined by consumption, investment ( $I_i$ ), and government spending ( $G_i$ ). Dashed arrows labeled '1' and '2' indicate causal links from income to consumption and consumption to income respectively.

# Simultane Kausalität

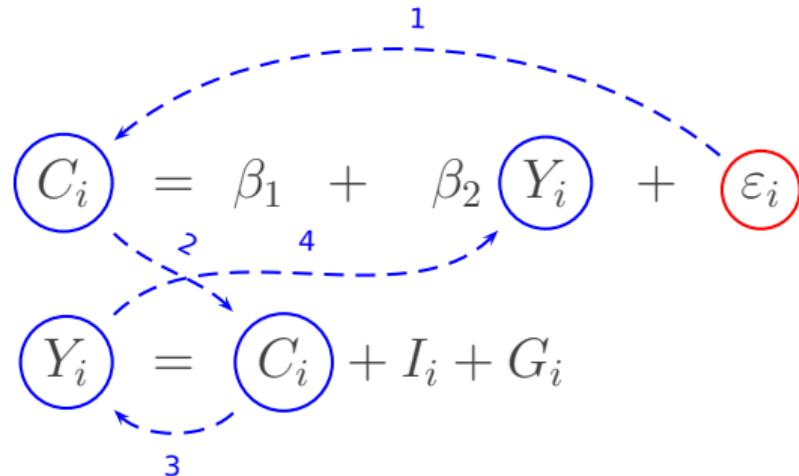
Einfaches keynesianisches Einnahmen-Ausgaben Modell:

$$\begin{aligned} C_i &= \beta_1 + \beta_2 Y_i + \varepsilon_i \\ Y_i &= C_i + I_i + G_i \end{aligned}$$

The diagram illustrates a simultaneous causality model. It shows two equations: one for consumption ( $C_i$ ) and one for income ( $Y_i$ ). Consumption is influenced by a constant ( $\beta_1$ ), a positive income effect ( $\beta_2 Y_i$ ), and a disturbance term ( $\varepsilon_i$ ). Income is determined by consumption, investment ( $I_i$ ), and government spending ( $G_i$ ). Dashed arrows labeled 1, 2, and 3 indicate causal links: arrow 1 from  $Y_i$  to  $C_i$ ; arrow 2 from  $C_i$  back to  $Y_i$ ; and arrow 3 from  $C_i$  to  $I_i$ .

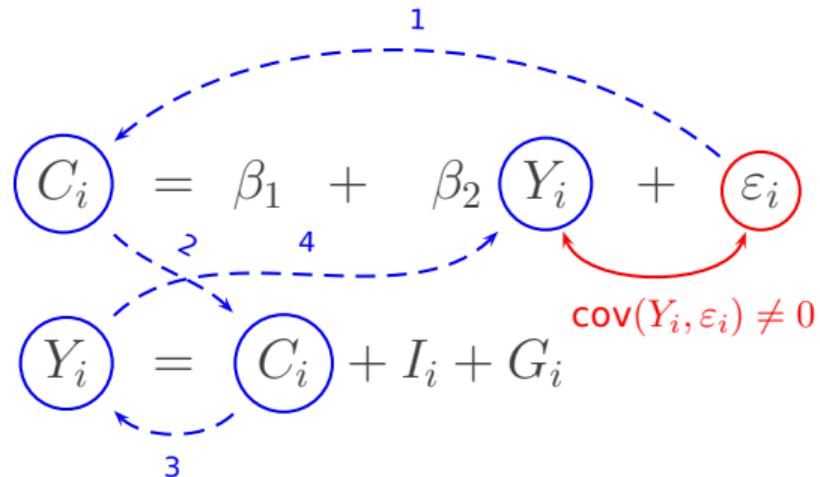
# Simultane Kausalität

Einfaches keynesianisches Einnahmen-Ausgaben Modell:



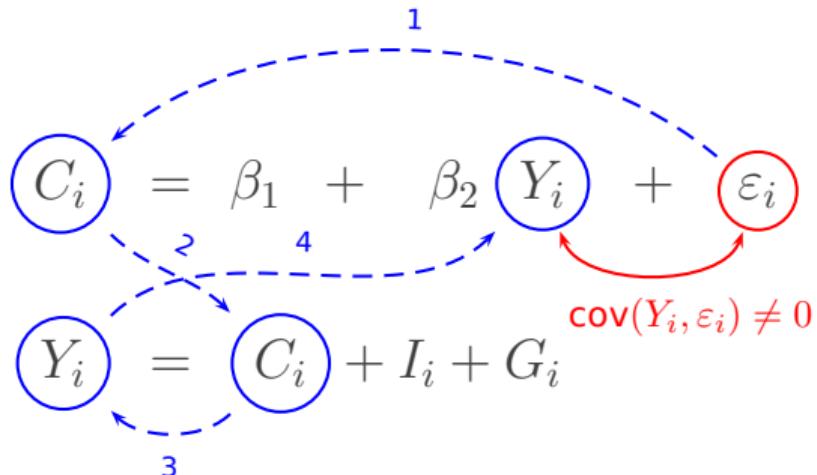
# Simultane Kausalität

Einfaches keynesianisches Einnahmen-Ausgaben Modell:



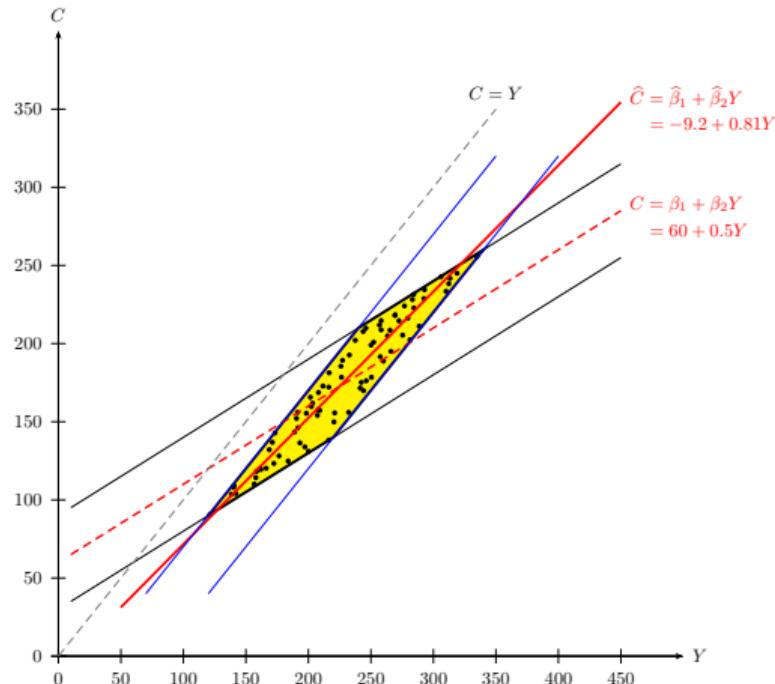
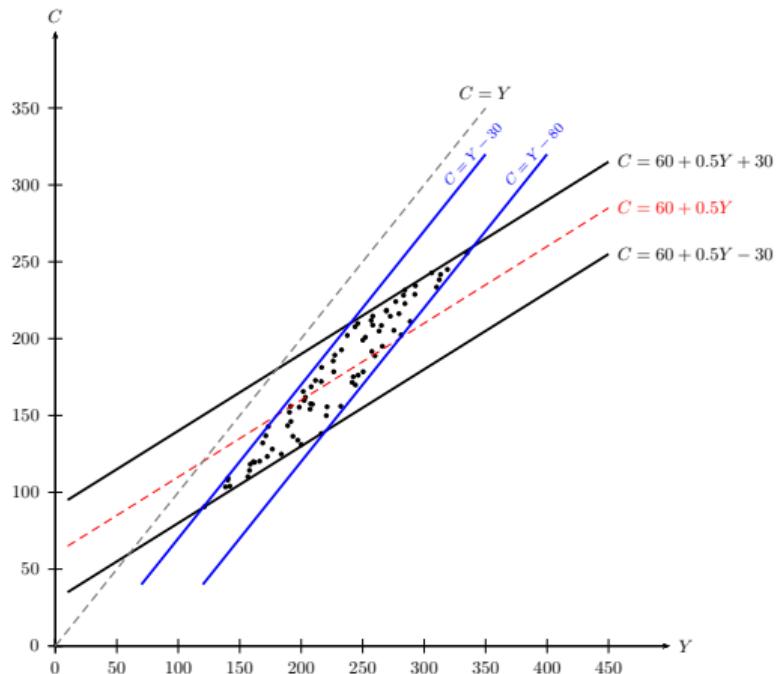
# Simultane Kausalität

Einfaches keynesianisches Einnahmen-Ausgaben Modell:

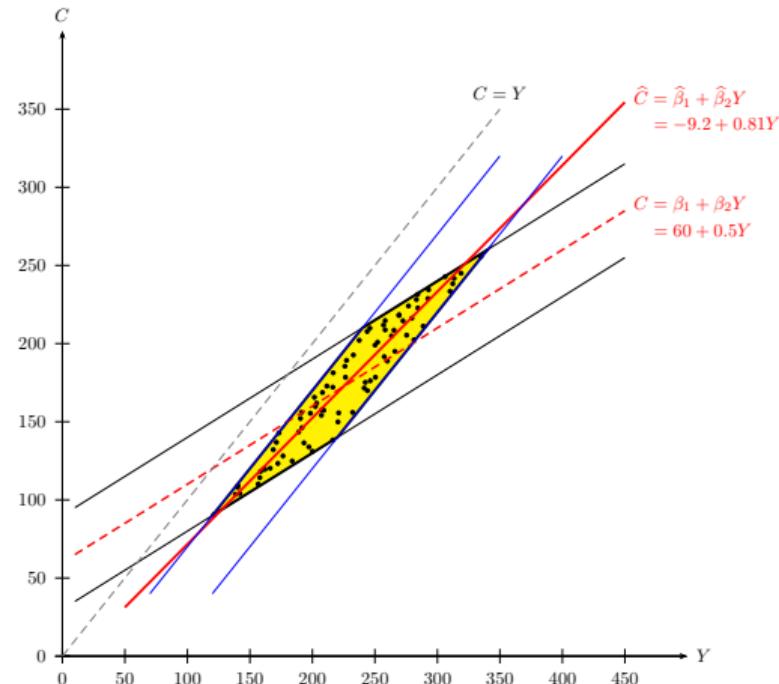
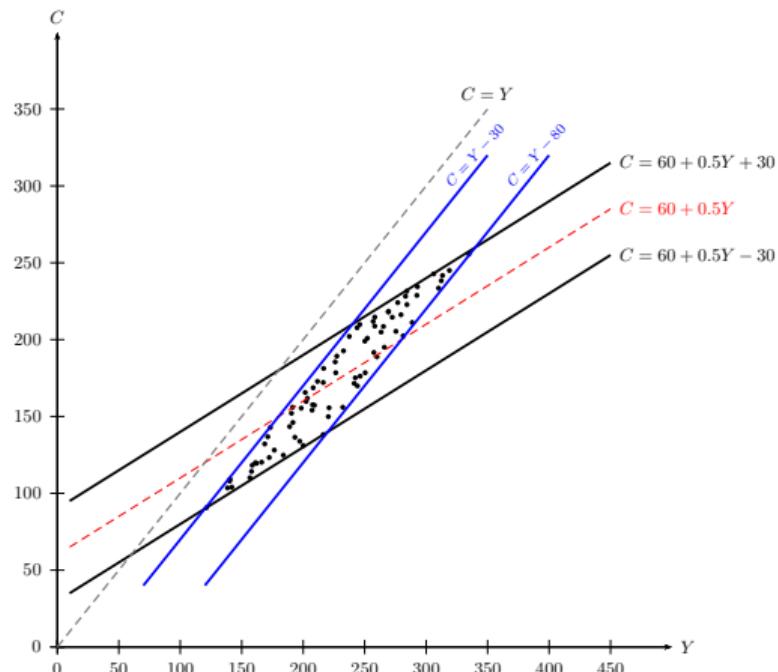


Weil  $\text{cov}(Y_i, \varepsilon_i) \neq 0$  ist eine OLS Schätzung der Konsumfunktion weder erwartungstreu noch konsistent!!!

# Simultane Kausalität



# Simultane Kausalität



⇒ OLS verzerrt und nicht konsistent!

# Simultane Kausalität

- Schätzung der *reduzierten Form* mit OLS möglich
- Lösung der 'Strukturform' nach endogenen Variablen: z.B.  
Strukturform:

$$\begin{aligned}C_i &= \beta_1 + \beta_2 Y_i + \varepsilon_i \\Y_i &= C_i + I_i + G_i\end{aligned}$$

Reduzierte Form:

$$\begin{aligned}C_i^* &= \frac{1}{1 - \beta_2} (\beta_1 + \beta_2 (I_i + G_i) + \varepsilon_i) \\Y_i^* &= C_i^* + I_i + G_i\end{aligned}$$

- Interesse gilt meist den Parametern der Strukturform!
- In komplexen Modellen kann häufig aus den Schätzungen der reduzierten Form nicht auf die Parameter der Strukturform geschlossen werden  
⇒ **Identifikationsproblem!**

# Simultane Kausalität

Wann liegt Interdependenz vor?

Zumindest wenn zur Beschreibung eines DGP mehr als eine interdependente Gleichung benötigt wird! (*omitted equation bias*)

z.B. Angebots- und Nachfragefunktion: beschreiben Verhalten unterschiedlicher Akteure!

# Messfehler in den erklärenden Variablen

- Wir interessieren uns für  $\beta_2$  der PRF  $\ddot{y}_i = \beta_2 \ddot{x}_i + \varepsilon_i$  (mit  $\ddot{x}_i := x_i - \bar{x}$ )
- aber  $\ddot{x}_i$  ist nicht beobachtbar, sondern nur ein fehlerhaft gemessenes  $\ddot{x}_i^* = \ddot{x}_i + v_i$  mit  $v_i \sim \text{i.i.d.}(0, \sigma_{v_i}^2)$  ( $v \dots \text{upsilon}$ )

# Messfehler in den erklärenden Variablen

- Wir interessieren uns für  $\beta_2$  der PRF  $\ddot{y}_i = \beta_2 \ddot{x}_i + \varepsilon_i$  (mit  $\ddot{x}_i := x_i - \bar{x}$ )
- aber  $\ddot{x}_i$  ist nicht beobachtbar, sondern nur ein fehlerhaft gemessenes  $\ddot{x}_i^* = \ddot{x}_i + v_i$  mit  $v_i \sim \text{i.i.d.}(0, \sigma_{v_i}^2)$  ( $v \dots \text{upsilon}$ )
- Schätzung von  $\ddot{y}_i = \beta_2 \ddot{x}_i^* + \varepsilon_i^*$  liefert verzerrtes Ergebnis!

$$\begin{aligned}\ddot{y}_i &= \beta_2 \ddot{x}_i + \varepsilon_i \\ &= \beta_2 (\ddot{x}_i^* - v_i) + \varepsilon_i \\ &= \beta_2 \ddot{x}_i^* + (\varepsilon_i - \beta_2 v_i) \\ \ddot{y}_i &= \beta_2 \ddot{x}_i^* + \varepsilon_i^* = \beta_2 \underbrace{(\ddot{x}_i + v_i)}_{\ddot{x}_i^*} + \underbrace{(\varepsilon_i - \beta_2 v_i)}_{\varepsilon_i^*}\end{aligned}$$

# Messfehler in den erklärenden Variablen

- Wir interessieren uns für  $\beta_2$  der PRF  $\ddot{y}_i = \beta_2 \ddot{x}_i + \varepsilon_i$  (mit  $\ddot{x}_i := x_i - \bar{x}$ )
- aber  $\ddot{x}_i$  ist nicht beobachtbar, sondern nur ein fehlerhaft gemessenes  $\ddot{x}_i^* = \ddot{x}_i + v_i$  mit  $v_i \sim \text{i.i.d.}(0, \sigma_{v_i}^2)$  ( $v \dots \text{upsilon}$ )
- Schätzung von  $\ddot{y}_i = \beta_2 \ddot{x}_i^* + \varepsilon_i^*$  liefert verzerrtes Ergebnis!

$$\begin{aligned}\ddot{y}_i &= \beta_2 \ddot{x}_i + \varepsilon_i \\ &= \beta_2 (\ddot{x}_i^* - v_i) + \varepsilon_i \\ &= \beta_2 \ddot{x}_i^* + (\varepsilon_i - \beta_2 v_i) \\ \ddot{y}_i &= \beta_2 \ddot{x}_i^* + \varepsilon_i^* = \beta_2 \underbrace{(\ddot{x}_i + v_i)}_{\ddot{x}_i^*} + \underbrace{(\varepsilon_i - \beta_2 v_i)}_{\varepsilon_i^*}\end{aligned}$$

- Messfehler  $v$  sowohl im Regressor  $\ddot{x}^*$  als auch im Störterm  $\varepsilon^*$   
 $\Rightarrow E(\varepsilon^* | \ddot{x}^*) \neq 0 \Rightarrow \text{Endogenität!}$

# Messfehler in den erklärenden Variablen

OLS Schätzung:

$$\begin{aligned}\hat{\beta}_2 &= \frac{\sum \ddot{x}^* \ddot{y}}{\sum (\ddot{x}^*)^2} \\ &= \frac{\sum \ddot{x}^* (\beta_2 \ddot{x} + \varepsilon)}{\sum (\ddot{x}^*)^2} \\ &= \beta_2 \frac{\sum (\ddot{x}^*) \ddot{x}}{\sum (\ddot{x}^*)^2} + \frac{\sum \ddot{x}^* \varepsilon}{\sum (\ddot{x}^*)^2}\end{aligned}$$

# Messfehler in den erklärenden Variablen

OLS Schätzung:

$$\begin{aligned}\hat{\beta}_2 &= \frac{\sum \ddot{x}^* \ddot{y}}{\sum (\ddot{x}^*)^2} \\ &= \frac{\sum \ddot{x}^* (\beta_2 \ddot{x} + \varepsilon)}{\sum (\ddot{x}^*)^2} \\ &= \beta_2 \frac{\sum (\ddot{x}^*) \ddot{x}}{\sum (\ddot{x}^*)^2} + \frac{\sum \ddot{x}^* \varepsilon}{\sum (\ddot{x}^*)^2}\end{aligned}$$

$$\text{plim}(\hat{\beta}_2) = \text{plim} \left( \beta_2 \frac{\sum (\ddot{x}^*) \ddot{x}}{\sum (\ddot{x}^*)^2} + \frac{\sum \ddot{x}^* \varepsilon}{\sum (\ddot{x}^*)^2} \right) = \beta_2 \left( \frac{\sigma_{\ddot{x}}^2}{\sigma_{\ddot{x}}^2 + \sigma_v^2} \right)$$

für  $\ddot{x}_i^* = \ddot{x}_i + v_i$  mit  $v_i \sim \text{i.i.d.}(0, \sigma_{v_i}^2)$

⇒ '*attenuation bias*'

# Messfehler in den erklärenden Variablen

OLS Schätzung:

$$\begin{aligned}\hat{\beta}_2 &= \frac{\sum \ddot{x}^* \ddot{y}}{\sum (\ddot{x}^*)^2} \\ &= \frac{\sum \ddot{x}^* (\beta_2 \ddot{x} + \varepsilon)}{\sum (\ddot{x}^*)^2} \\ &= \beta_2 \frac{\sum (\ddot{x}^*) \ddot{x}}{\sum (\ddot{x}^*)^2} + \frac{\sum \ddot{x}^* \varepsilon}{\sum (\ddot{x}^*)^2}\end{aligned}$$

$$\text{plim}(\hat{\beta}_2) = \text{plim} \left( \beta_2 \frac{\sum (\ddot{x}^*) \ddot{x}}{\sum (\ddot{x}^*)^2} + \frac{\sum \ddot{x}^* \varepsilon}{\sum (\ddot{x}^*)^2} \right) = \beta_2 \left( \frac{\sigma_{\ddot{x}}^2}{\sigma_{\ddot{x}}^2 + \sigma_v^2} \right)$$

für  $\ddot{x}_i^* = \ddot{x}_i + v_i$  mit  $v_i \sim \text{i.i.d.}(0, \sigma_{v_i}^2)$

⇒ '*attenuation bias*'

*Hinweis:* Meßfehler in  $y$  führt zu keiner Endogenität!

# Ökonometrische Endogenität

Gauss-Markov Annahme  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) = 0$  verletzt!

- Mögliche Ursachen:

# Ökonometrische Endogenität

Gauss-Markov Annahme  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) = 0$  verletzt!

- Mögliche Ursachen:
  - Fehlende relevante Variablen (*omitted variables*): mit Sonderfällen

# Ökonometrische Endogenität

Gauss-Markov Annahme  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) = 0$  verletzt!

- Mögliche Ursachen:
  - Fehlende relevante Variablen (*omitted variables*): mit Sonderfällen
    - Selektionsprobleme

# Ökonometrische Endogenität

Gauss-Markov Annahme  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) = 0$  verletzt!

- Mögliche Ursachen:
  - Fehlende relevante Variablen (*omitted variables*): mit Sonderfällen
    - Selektionsprobleme
    - '*unobserved heterogeneity*'

# Ökonometrische Endogenität

Gauss-Markov Annahme  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) = 0$  verletzt!

- Mögliche Ursachen:
  - Fehlende relevante Variablen (*omitted variables*): mit Sonderfällen
    - Selektionsprobleme
    - '*unobserved heterogeneity*'
  - Simultane Kausalität (z.B. '*reverse causality*')

# Ökonometrische Endogenität

Gauss-Markov Annahme  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) = 0$  verletzt!

- Mögliche Ursachen:
  - Fehlende relevante Variablen (*omitted variables*): mit Sonderfällen
    - Selektionsprobleme
    - '*unobserved heterogeneity*'
  - Simultane Kausalität (z.B. '*reverse causality*')
  - Messfehler in den erklärenden Variablen

# Ökonometrische Endogenität

Gauss-Markov Annahme  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) = 0$  verletzt!

- Mögliche Ursachen:
  - Fehlende relevante Variablen (*omitted variables*): mit Sonderfällen
    - Selektionsprobleme
    - '*unobserved heterogeneity*'
  - Simultane Kausalität (z.B. '*reverse causality*')
  - Messfehler in den erklärenden Variablen
- Mögliche Lösungen

# Ökonometrische Endogenität

Gauss-Markov Annahme  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) = 0$  verletzt!

- Mögliche Ursachen:
  - Fehlende relevante Variablen (*omitted variables*): mit Sonderfällen
    - Selektionsprobleme
    - '*unobserved heterogeneity*'
  - Simultane Kausalität (z.B. '*reverse causality*')
  - Messfehler in den erklärenden Variablen
- Mögliche Lösungen
  - Experimente mit Randomisierung

# Ökonometrische Endogenität

Gauss-Markov Annahme  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) = 0$  verletzt!

- Mögliche Ursachen:
  - Fehlende relevante Variablen (*omitted variables*): mit Sonderfällen
    - Selektionsprobleme
    - '*unobserved heterogeneity*'
  - Simultane Kausalität (z.B. '*reverse causality*')
  - Messfehler in den erklärenden Variablen
- Mögliche Lösungen
  - Experimente mit Randomisierung
  - Instrumentvariablen

# Instrumentvariablen

Beispiel: Lernzeit und Lernerfolg

Zentrale Idee: Zusätzliche Information!

- z.B. Wetter am Vorabend  $W$  (oder Fussball Weltmeisterschaft) wirkt ausschließlich auf Lernzeit, und nur indirekt über die Lernzeit auf den Lernerfolg
- Erlaubt zweistufige Vorgangsweise

①

$$LZ = \hat{\alpha}_1 + \hat{\alpha}_2 W + \hat{v} \rightarrow \widehat{LZ}$$

②

$$Pkt = \widehat{\beta}_1 + \widehat{\beta}_2 \widehat{LZ} + \hat{\varepsilon}$$

- Methode der zweistufigen kleinsten Quadrate (2SLS)  
Erlaubt konsistente Schätzung von  $\widehat{\beta}_2$ !
- Intuition: Instrumentvariablen wirken wie natürliche Experimente!

# Instrumentvariablen

**'Instrumentvariablen'** ( $z$ ) müssen zwei Anforderungen erfüllen:

**① Relevanz:**  $\text{cov}(z, x) \neq 0$

(sie müssen eine Wirkung haben)

**② Exogenität:**  $\text{cov}(z, \varepsilon) = 0$  ('exclusion restriction')

(sie müssen wie eine *Intervention* in einem Experiment wirken, d.h., sie dürfen *ausschließlich* indirekt über  $x$  auf  $y$  wirken!)

# Instrumentvariablen

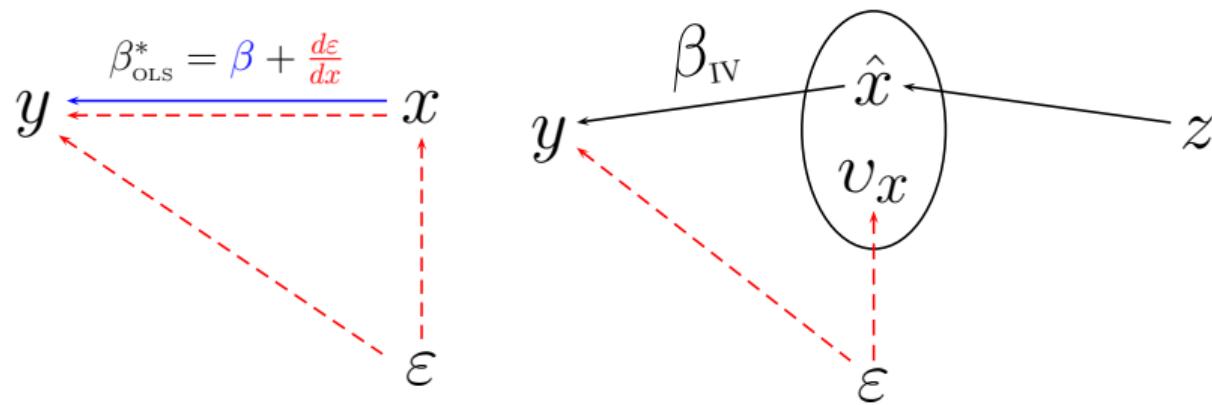
**‘Instrumentvariablen’** ( $z$ ) müssen zwei Anforderungen erfüllen:

**① Relevanz:**  $\text{cov}(z, x) \neq 0$

(sie müssen eine Wirkung haben)

**② Exogenität:**  $\text{cov}(z, \varepsilon) = 0$  ('exclusion restriction')

(sie müssen wie eine *Intervention* in einem Experiment wirken, d.h., sie dürfen ausschließlich indirekt über  $x$  auf  $y$  wirken!)



# Instrumentvariablen

- Praktisch erfolgt Schätzung einstufig als **Methode der Momente Schätzer**
- Einfacher Fall: Moment-Bedingungen für Grundgesamtheit:
  - Erwartungswert der Störterme ist Null

$$E(\varepsilon_i) = 0$$

- die Kovarianz zwischen den Störtermen  $\varepsilon_i$  und (stochastischen)  $x_i$  ist Null

$$E(x_i \varepsilon_i) = 0$$

- Die entsprechenden Bedingungen *für die Stichprobe*:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \widehat{\varepsilon}_i = 0 \quad \text{und} \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \widehat{\varepsilon}_i = 0$$

- Einsetzen der Stichprobenresiduen  $\widehat{\varepsilon}_i = y_i - \widehat{\beta}_1 - \widehat{\beta}_2 x_i$  und Lösen der beiden Gleichungen führt wieder zur OLS Schätzfunktion.

# Instrumentvariablen

## IV als Methode der Momente Schätzer

- **IV-Schätzfunktion:** Momentbedingungen

$$\frac{1}{n} \sum \varepsilon_i = 0 \quad \text{und} \quad \frac{1}{n} \sum (z_i \varepsilon_i) = 0$$

Einsetzen der IV-Residuen  $\widehat{\varepsilon}_i = y_i - \widehat{\beta}_1^{\text{IV}} - \widehat{\beta}_2^{\text{IV}} x_i$  in die Stichproben-Momentbedingungen

$$\frac{1}{n} \sum \widehat{\varepsilon}_i = 0 \quad \text{und} \quad \frac{1}{n} \sum (z_i \widehat{\varepsilon}_i) = 0$$

und lösen gibt

$$\widehat{\beta}_2^{\text{IV}} = \frac{\sum (y_i - \bar{y})(z_i - \bar{z})}{\sum (x_i - \bar{x})(z_i - \bar{z})} = \frac{\text{cov}(y, z)}{\text{cov}(x, z)}$$

$$\widehat{\beta}_1^{\text{IV}} = \bar{y} - \widehat{\beta}_2^{\text{IV}} \bar{x}$$

# Instrumentvariablen

## IV als Methode der Momente Schätzer

$$\hat{\beta}_2^{\text{IV}} = \frac{\text{cov}(y, z)}{\text{cov}(x, z)}$$

$$\hat{\beta}_1^{\text{IV}} = \bar{y} - \hat{\beta}_2^{\text{IV}} \bar{x}$$

Probleme:

- Direkter Test auf Gültigkeit der Instrumente (*exclusion restriction*) nicht möglich!
- Schwache Instrumente ( $\text{cov}(x, z)$  klein)
- IV Schätzer sind meist ‘ungenau’ (große Varianz)

# Hausman Test

- Liegt Endogenität vor?  $H_0 : \text{plim}_{\bar{n}} \sum_i \ddot{x}_i \varepsilon_i = 0$   
(ist IV Schätzung erforderlich?)
- Vergleich zweier Schätzfunktionen:
  - ❶ sowohl unter der Null-Hypothese als auch unter der Alternativhypothese konsistent (z.B. IV - Schätzfunktion)
  - ❷ nur unter Nullhypothese konsistent
- Ein großer Unterschied wird als Evidenz zugunsten der Alternativhypothese interpretiert

$$H = \frac{\left( \widehat{\beta}_h^{\text{IV}} - \widehat{\beta}_h^{\text{OLS}} \right)^2}{\widehat{\text{var}}\left(\widehat{\beta}_h^{\text{IV}}\right) - \widehat{\text{var}}\left(\widehat{\beta}_h^{\text{OLS}}\right)} \stackrel{a}{\sim} \chi_1^2$$

- Setzt gültige Instrumente für Schätzung von  $\widehat{\beta}_h^{\text{IV}}$  voraus!!!

# Test auf überidentifizierende Restriktionen

- Direkter Test der *exclusion restriction* ( $\text{cov}(\varepsilon, z) = 0$ , d.h., IV wirken ausschließlich über  $x$  auf  $y$ ) nicht möglich!
- Falls
  - ① mehr IV zur Verfügung stehen als erforderlich (überidentifiziert), und
  - ② mindestens so viele IV gültig sind wie für eine konsistente Schätzung benötigt werdenkönnen die überidentifizierenden IV getestet werden
- z.B. *Sargan Test*, *J-Test*, ...

## Praktische Hinweise

- Gute Instrumente sollten etwas ähnliches leisten, wie die Intervention in einem Experiment, sie dürfen *nur* über die Regressoren  $x$  auf  $y$  wirken!

## Praktische Hinweise

- Gute Instrumente sollten etwas ähnliches leisten, wie die Intervention in einem Experiment, sie dürfen *nur* über die Regressoren  $x$  auf  $y$  wirken!
- Woher kommen ‘gute’ Instrumente?

# Praktische Hinweise

- Gute Instrumente sollten etwas ähnliches leisten, wie die Intervention in einem Experiment, sie dürfen *nur* über die Regressoren  $x$  auf  $y$  wirken!
- Woher kommen 'gute' Instrumente?
  - Gesetzliche Regelungen, Regulierung, etc. Diese sollten das 'Assignment' unabhängig vom 'Outcome' beeinflussen.

# Praktische Hinweise

- Gute Instrumente sollten etwas ähnliches leisten, wie die Intervention in einem Experiment, sie dürfen *nur* über die Regressoren  $x$  auf  $y$  wirken!
- Woher kommen 'gute' Instrumente?
  - Gesetzliche Regelungen, Regulierung, etc. Diese sollten das 'Assignment' unabhängig vom 'Outcome' beeinflussen.
  - Natur (Geographie, Klima (Wetter), Biologie, . . . )

# Praktische Hinweise

- Gute Instrumente sollten etwas ähnliches leisten, wie die Intervention in einem Experiment, sie dürfen *nur* über die Regressoren  $x$  auf  $y$  wirken!
- Woher kommen 'gute' Instrumente?
  - Gesetzliche Regelungen, Regulierung, etc. Diese sollten das 'Assignment' unabhängig vom 'Outcome' beeinflussen.
  - Natur (Geographie, Klima (Wetter), Biologie, ...)
  - Falls verfügbar, RCT (*Randomized Controlled Trials*; → '*intention to treat*')

# Praktische Hinweise

- Gute Instrumente sollten etwas ähnliches leisten, wie die Intervention in einem Experiment, sie dürfen *nur* über die Regressoren  $x$  auf  $y$  wirken!
- Woher kommen 'gute' Instrumente?
  - Gesetzliche Regelungen, Regulierung, etc. Diese sollten das 'Assignment' unabhängig vom 'Outcome' beeinflussen.
  - Natur (Geographie, Klima (Wetter), Biologie, ...)
  - Falls verfügbar, RCT (*Randomized Controlled Trials*; → 'intention to treat')
  - Opportunitätskosten, die sich zwischen Individuen unterscheiden;

# Praktische Hinweise

- Gute Instrumente sollten etwas ähnliches leisten, wie die Intervention in einem Experiment, sie dürfen *nur* über die Regressoren  $x$  auf  $y$  wirken!
- Woher kommen 'gute' Instrumente?
  - Gesetzliche Regelungen, Regulierung, etc. Diese sollten das 'Assignment' unabhängig vom 'Outcome' beeinflussen.
  - Natur (Geographie, Klima (Wetter), Biologie, ...)
  - Falls verfügbar, RCT (*Randomized Controlled Trials*; → 'intention to treat')
  - Opportunitätskosten, die sich zwischen Individuen unterscheiden;
  - ...

# Praktische Hinweise

- Gute Instrumente sollten etwas ähnliches leisten, wie die Intervention in einem Experiment, sie dürfen *nur* über die Regressoren  $x$  auf  $y$  wirken!
- Woher kommen 'gute' Instrumente?
  - Gesetzliche Regelungen, Regulierung, etc. Diese sollten das 'Assignment' unabhängig vom 'Outcome' beeinflussen.
  - Natur (Geographie, Klima (Wetter), Biologie, ...)
  - Falls verfügbar, RCT (*Randomized Controlled Trials*; → 'intention to treat')
  - Opportunitätskosten, die sich zwischen Individuen unterscheiden;
  - ...
- Für die Wahl 'guter' Instrumente ist meist eine fundierte Kenntnis des datengenerierenden Prozesses (DGP) erforderlich!

# Praktische Hinweise

## Interne Validität

Die '*exclusion restriction*' kann nicht direkt empirisch getestet werden, deshalb muss '*Überzeugungsarbeit*' geleistet werden!

Wie? Gründliches Nachdenken (ökonomische Theorie)!

- Stellen Sie sich ein (randomisiertes) Experiment vor, welches geeignet wäre, die Frage zu beantworten;
- Etablierte Normen und Konventionen, denen in gut publizierten (!) Studien gefolgt wird;

# Praktische Hinweise

## Interne Validität

Sowohl für die Spezifikation als auch für die Publikation beachten Sie folgende Punkte:

- Diskutieren Sie die identifizierenden Annahmen!
- Überprüfen und diskutieren Sie die *reduzierte Form*: wenn Sie dort nichts finden, ist möglicherweise nichts da.
- Überprüfen und diskutieren Sie die *1. Stufe*: stimmen die Vorzeichen und Größenordnungen mit den Erwartungen überein?
- Die F-Statistik der 'ausgeschlossenen' (*excluded*) Instrumente sollte mindestens größer als 10 sein  
(→ schwache Instrumente)
- Überprüfen und diskutieren Sie den Unterschied zwischen OLS und IV Schätzung. Entspricht der Unterschied den Erwartungen? Kein HARKing!
- Diskutieren Sie auch externe Validität.

# Kausalität II

- **Kontrafaktische Situation:** was wäre passiert, wenn das verursachende Ereignis *nicht* eingetreten wäre?
- Aber: *Faktum* und *Kontrafaktum* können nie am gleichen Individuum beobachtet werden!
- Entscheidende Frage: was ist die Referenzgruppe? (z.B. *treatment* und *control* Gruppe)
- Hypothesentest per se erlauben keine Rückschlüsse auf Kausalität, dazu bedarf es in der Regel des “*design of an experiment*” → **Identifikation**

# Kausalität II

- **OLS:** Koeffizienten können kausal interpretiert werden, wenn die PRF korrekt spezifiziert wurde und den DGP vollständig und korrekt beschreibt!  
Das impliziert u.a.:
  - keine fehlenden relevanten Variablen (d.h. auch keine Selektionsprobleme und keine unbeobachtete Heterogenität)
  - keine unberücksichtigten Interdependenzen (d.h. keine simultane Kausalität, keine *omitted equations*)
  - keine Meßfehler bei Regressoren
- Dies kann de facto nie überprüft werden!
- Deshalb sollten OLS Regressionen nicht kausal interpretiert werden!!!
- **Hinweis:** Alle erwähnten Tatbestände führen zu einer Korrelation der Störterme mit den Regressoren (d.h.  $E(\varepsilon_i | \mathbf{X}) \neq 0$ )

# Kausalität II

Wann sollten die Alarmglocken läuten?

- wenn eine oder mehrere nicht berücksichtigte Variablen vorstellbar sind, die sowohl mit  $y$  als auch einer berücksichtigten  $x$  Variable korreliert sein könnten → '*omitted variables*'  
z.B. Einkommen – Bildung | Fähigkeiten
- wenn eine  $x$  Variable das Ergebnis einer Entscheidung ist → Simultane Kausalität!  
z.B. *gender-wage gap* und Branche
- **Achtung:** ein einziger endogener Regressor verdirbt den Brei (d.h. führt dazu, dass *alle* Koeffizienten verzerrt sind)!

# Kausalität: mögliche Maßnahmen

## Instrumentvariablen:

- Ausnützung einer *exogenen* Variation, die einer pseudo-experimentellen Intervention entspricht.
- *Exogenität* kann nicht direkt empirisch überprüft werden!
- Geringe Verletzung der Annahmen kann dramatische Folgen haben!
- kein Allheilmittel ...

# Kausalität: mögliche Maßnahmen

## Fixed Effects Modelle:

- wiederholte Beobachtungen für Individuen (Panel) erlauben individuenspezifische Dummies ('fixed effects' und 'Least Squares dummy Variable' Modell sind numerisch äquivalent, siehe FWL Theorem)
- Dummy Variablen kontrollieren für alles, was sich über die Zeit nicht verändert!
- Mehr Kontrolle, aber löst grundsätzliches Problem nicht!

# Kausalität: mögliche Maßnahmen

## Difference-in-difference Modelle:

- doppelter Vergleich: *vorher – nachher* und *treatment – control* Gruppe.
- Falls Kontrollgruppe tatsächlich das ‘*counterfactual*’ abbildet sind Kausalaussagen möglich.
- Aber es kann kaum überprüft werden, inwieweit die Kontrollgruppe Kontrollgruppe tatsächlich das ‘*counterfactual*’ das ‘*counterfactual*’ beschreibt.

# Kausalität: mögliche Maßnahmen

## **Regression Discontinuity Modelle:**

- Ausnützung einer exogenen Schwelle (z.B. Teilungsziffern in Schulklassen) und Vergleich der knapp darunter und knapp darüber liegenden Gruppe.
- Spezifikations- und Selektionsprobleme?
- Begrenzt einsetzbar
- auch dies kein Allheilmittel ...



# So Long, and Thanks for All the Fish ...

Grundlagen der Ökonometrie

[herbert.stocker@uibk.ac.at](mailto:herbert.stocker@uibk.ac.at)

[www.hsto.info/econometrics](http://www.hsto.info/econometrics)