



# When Y Affects X

## A Simulation Study on How to Deal with Reverse Causality Using Panel Data



Lars Leszczensky, MZES & Universität Mannheim  
Tobias Wolbring, FAU Erlangen-Nürnberg

# Paneldaten und Kausalität

- **Fokus vieler sozialwissenschaftlicher Fragestellungen:**

*Welchen kausalen Effekt hat X auf Y?*

*z. B. Beeinflusst Drogenkonsum die Lebenszufriedenheit?*

- **Paneldaten als Lösung?**

„[S]o ist es heute mit ausgefeilten statistischen Methoden und Längsschnittdaten möglich, den Ursachen und Wirkungen genauer auf die Spur zu kommen. Nur ist es eine Minderheit, die solche Methoden beherrscht und international beachtete Forschungsergebnisse publiziert.“ (Andreas Diekmann, SZ; 25.06.2016)

# Vorteile von Panelanalysen

1. Kontrolle zeitkonstanter (sic!) Einflüsse zeitinvarianter **unbeobachteter Heterogenität**
  - Fixed-Effects- und First-Difference-Modelle zunehmend akzeptiert und etabliert in der Soziologie
2. Möglichkeit, **Kausalrichtungen** zu bestimmen und das **dynamische Wechselspiel** zwischen X und Y abzubilden
  - das Vorliegen umgekehrter Kausalität ist bei vielen sozialwissenschaftlichen Fragestellungen nicht auszuschließen  
*z.B. Beeinflusst eine geringe Lebenszufriedenheit auch die Neigung zum Drogenkonsum?*
  - gleichzeitig existieren weder klare Konvention, wie mit solchen Situationen umzugehen ist, noch handelt es sich um ein triviales methodisches Problem
  - Vielzahl von Vorschlägen zu dynamischen Panelmodellen, aber ebenso viele Skeptiker und Kritiker

# Gliederung des Vortrags

1. Panelmodelle und das Problem umgekehrter Kausalität
2. Simulation: Set-up und Parameter
3. Resultate der Simulationsstudie
4. Fazit



# Abschnitt 1

## Panelmodelle und das Problem umgekehrter Kausalität



## a) Fixed-Effects-Modell (FE)

$$y_{it} = \mathbf{x}_{it}\boldsymbol{\beta} + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

- $\alpha_i$  beseitigt **zeitkonstante unbeobachtete Heterogenität** „by using each individual as his or her own control” (Allison 2009)

- Zentrale Annahme: **strikte Exogenität**

$$E(\varepsilon_{is} | \mathbf{x}_{it}, \alpha_i) = 0 \quad \text{für alle } t \text{ und } s$$

→ schließt nicht nur eine kontemporäre Korrelation zwischen den Kovariaten und dem idiosynkratischem Fehlerterm aus, sondern auch Korrelationen früherer und zukünftiger Werte

→ **Annahme verletzt bei Vorliegen umgekehrter Kausalität!**

- Die Aufnahme gelaggter Werte von X löst dieses Problem nicht

$$y_{it} = \mathbf{x}_{i,t-1}\boldsymbol{\beta} + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

## b) First-Differences-Modell (FD)

$$\Delta y_{it} = \beta \Delta x_{it} + \Delta \varepsilon_{it}$$

- Differenzbildung beseitigt **zeitkonstante unbeobachtete Heterogenität**
- Zentrale Annahme: **sequentielle Exogenität**

$$E(\varepsilon_{it} | \mathbf{x}_{it}) = 0 \quad \text{für } t \leq s$$

- schließt nicht nur eine kontemporäre Korrelation zwischen den Kovariaten und dem idiosynkratischem Fehlerterm aus, sondern auch Korrelationen früheren Werten von  $X$
- aber: Korrelation mit *zukünftigen* Werten zulässig

## b) Lagged First-Differences-Modell (LFD)

- **Kombination des FD-Modell mit gelagerten X-Werten** scheint deshalb besonders attraktiv und wurde insbesondere von Allison (2009; siehe auch England et al. 2007; Levavon et al. 2009) stark propagiert:

$$\Delta y_{it} = \beta \Delta x_{it-1} + \Delta \varepsilon_{it}$$

- Vorteile: Kontrolle unbeobachteter Heterogenität  
Beachtung der Möglichkeit umgekehrter Kausalität

**Aber:** Simulationsstudie von Vaisey/Miles (2017) in *Sociological Methods & Research* nährt Zweifel am LFD-Modell

## b) Vaisey/Miles-Kritik am LFD-Modell

### Welt A: kontemporäre Effekte

$$y_{it} = \beta x_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

### Welt B: gelaggte Effekte

$$y_{it} = \beta x_{it-1} + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

### Eine „Mischwelt“

$$y_{it} = (1 - \lambda)\beta x_{it} + \lambda \beta x_{it-1} + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

→  $\lambda = 0$ : Welt A „kontemporärer Effekt“

→  $\lambda = 1$ : Welt B „gelaggtter Effekt“

→  $\lambda = .5$ : Mischwelt

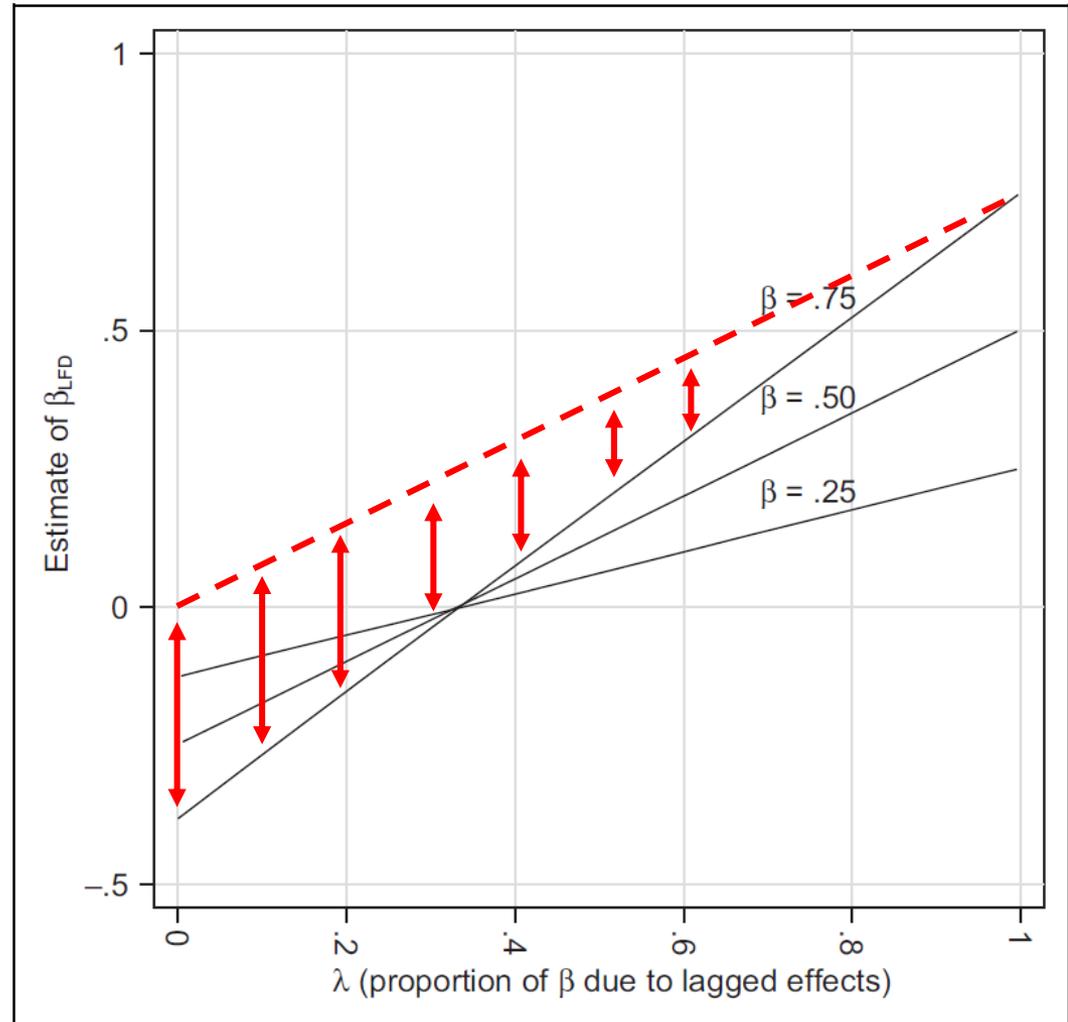
## b) Vaisey/Miles-Kritik am LFD-Modell

### Simulation

- Variation von  $\lambda$
  - $\beta = .25, .5, .75$
  - $N = 10.000$
  - 500 Wiederholungen
- LFD performt nur gut für  $\lambda = 1$
- LFD nur geeignet für Welt B „gelagter Effekt“

### Fazit

**Die unreflektierte Anwendung des LFD-Modells kann zu massiven Fehlschlüssen führen.**



Quelle: Vaisey/Miles (2017: 62)

## c) Cross-Lagged Panel-Modell mit Fixed Effects

Allison, Williams, Moral-Benito (2017, Socius) schlagen folgendes **Cross-Lagged-Panel-Modell mit Fixed Effects** vor:

$$y_{it} = \beta_1 y_{it-1} + \beta_2 x_{it-1} + \beta_3 \omega_{it} + \beta_4 Z_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad , \text{ wobei}$$

$x$  “predetermined” zeitveränderliche Variablen

→ sequentielle Exogenität

$\omega$  zeitveränderliche Variablen (ohne umgekehrte Kausalität)

$Z$  zeitkonstante Variablen mit zeitkonstanten Effekten

→ strikte Exogenität

Modell selbst nicht neu, aber neuer Schätzansatz

## c) Cross-Lagged Panel-Modell mit Fixed Effects

### Maximum-Likelihood Schätzung mittels SEM (ML-SEM):

- a) Fixer Effekt  $\alpha_i$  modelliert als latente Variable, die mit allen Messungen von X korrelieren darf (auch mit erster Messung von Y)
- b)  $\varepsilon_{it}$  darf mit allen zukünftigen Werten von X korrelieren (aber nicht mit gegenwärtigen oder vergangenen) ( $\rightarrow$  *sequenzielle Exogenität*)

$\rightarrow$  **ML-SEM-Modell somit ähnlich zum LFD-Modell**

$\rightarrow$  **aber gleichzeitig deutlich mehr Flexibilität**

(Testung/Abschwächung von Restriktionen, Aufnahme zeitinvarianter Kovariaten und gelagter Werte von y)

$\rightarrow$  Vielversprechende Simulationsbefunde (von Allison!)

$\rightarrow$  In Stata via `sem`-Modul implementiert: `xtdpdm1` (**D**ynamic **P**anel **D**ata Models using **M**aximum **L**ikelihood)

## c) Empfehlung von Allison

<http://statisticalhorizons.com/blog>

### **Robustheitstest: Aufnahme kontemporär und gelaggtter Werte**

- falls der Lag die korrekte Spezifikation ist, sollte der kontemporäre Effekt klein und nicht statistisch signifikant sein
- sofern der kontemporäre Effekt groß und statistisch signifikant ist, sollte man die Spezifikation des LFD-Modells kritisch hinterfragen

**Aber:** “clearly this is a problem that needs a great deal more study”

# Zwischenfazit

- FE-Modelle werden häufig für Probleme kausaler Inferenz genutzt.
- Es bestehen jedoch große Zweifel an der Angemessenheit der Exogenitäts-Annahmen wenn umgekehrte Kausalität vorliegt.
- LFD-Modell und ML-SEM haben *dieses* Problem nicht.
- Allerdings ist noch nicht hinreichend geklärt, unter welchen Konstellationen diese Modelle geeignet sind.
  - Für LFD-Modell ergeben sich aufgrund der Befunde von Vaisey/Miles (2017) erhebliche Zweifel.
  - Sind RE-, FE- und AB-Schätzer ebenfalls von diesem Problem betroffen?
  - ML-SEM ist dagegen schlicht noch zu neu, um hinreichend Erfahrungen damit sammeln zu können. Bislam: keine Tests für umgekehrte Kausalität. Zudem: Besteht auch hier das Vaisey/Miles Problem?



## Abschnitt 2

### Simulation: Set-Up & Parameter



# Ziele der Simulation

- Ausloten der Reichweite und Grenzen verschiedener Panelmodelle
  - Unter welchen Bedingungen ist die Nutzung von FE/LFD angemessen?
  - Ist ML-SEM geeignet, um die genannten Defizite und Probleme zu beheben?
- Generierung von Paneldaten
  - mit kontemporären und/oder zeitversetzten Effekten
  - mit/ohne unbeobachteter zeitkonstanter Heterogenität
  - mit/ohne umgekehrte Kausalität

# Aufbau: Simulation

- $N = 500$ ; 5 Wellen; 500 Wiederholungen
- Startwerte: Zufallsvariablen  $X$ ,  $Y$  und  $Z$

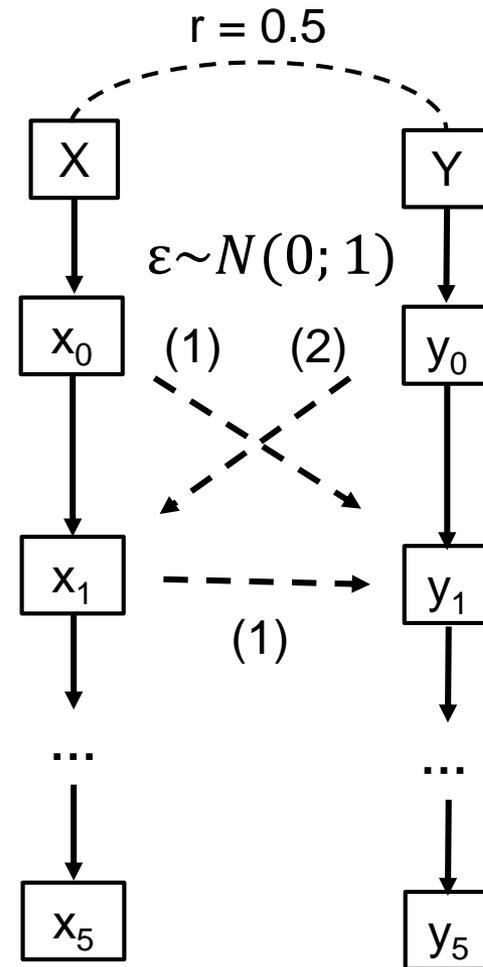
- Zufallskomponente

- Simulation: Paneldaten

(1) Kontemporärer und gelaggrter Effekt von  $X$

(2) Endogenität:  $Y_{t-1} \rightarrow X_t$  (0,5)

(3) Unbeobachtete Heterogenität (zeitkonstant; 0,5)



# Aufbau: Simulation

Endogenität

Unbeobachtete Heterogenität

$$X_{it} = \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Z_i + \epsilon_{it}$$

Autokorrelation Y

Kontemporär vs. gelaggt

Unbeobachtete Heterogenität

$$Y_{it} = 0.5Y_{it-1} + \lambda \beta_3 X_{it} + (1-\lambda) \beta_4 X_{it-1} + \beta_5 Z_i + \epsilon_{it}$$

# Parametervariation: Simulation

## (1) Effekt von $X_t$ bzw. $X_{t-1}$ (vgl. Vaisey/Miles 2017)

wahrer Effekt in "reiner" Welt jeweils 1

→ Lambda: Gewicht beider Effekte

$\lambda = 0$ : Welt A „kontemporärer Effekt“  $(X_t=1, X_{t-1}=0)$

$\lambda = 1$  Welt B „gelagter Effekt“  $(X_t=0, X_{t-1}=1)$

$\lambda = 0,5$  Mischwelt X  $(X_t=0,5, X_{t-1}=0,5)$

## (2) Endogenität: $Y_{t-1} \rightarrow X_t$

0 0,5

## (3) Zeitkonstante unbeobachtete Heterogenität: $Z \rightarrow Y_t \& X_t$

0 0,5

---

→  $3*2*2 = 12$  Kombinationen (vier für jede "Welt")

# Geschätzte Modelle

## Geschätzte Modelle:

### a. Modelle mit Annahme strikter Exogenität:

- a. Pooled OLS (POLS)
- b. Random-Effects (RE)
- c. Fixed-Effects (FE)

### b. Modelle mit Annahme sequenzieller Exogenität:

- a. First-Differences-Modelle (FD)
- b. Arellano-Bond-Schätzung (AB)
- c. Cross-Lagged Modell mit Fixed Effects (ML-SEM)

## Jeweils Schätzung von:

- 1. Kontemporären Effekt:  $X_t$
- 2. Gelagtem Effekt:  $X_{t-1}$
- 3. Beiden Effekten:  $X_t$  und  $X_{t-1}$



# Abschnitt 3

## Resultate der Simulationsstudie



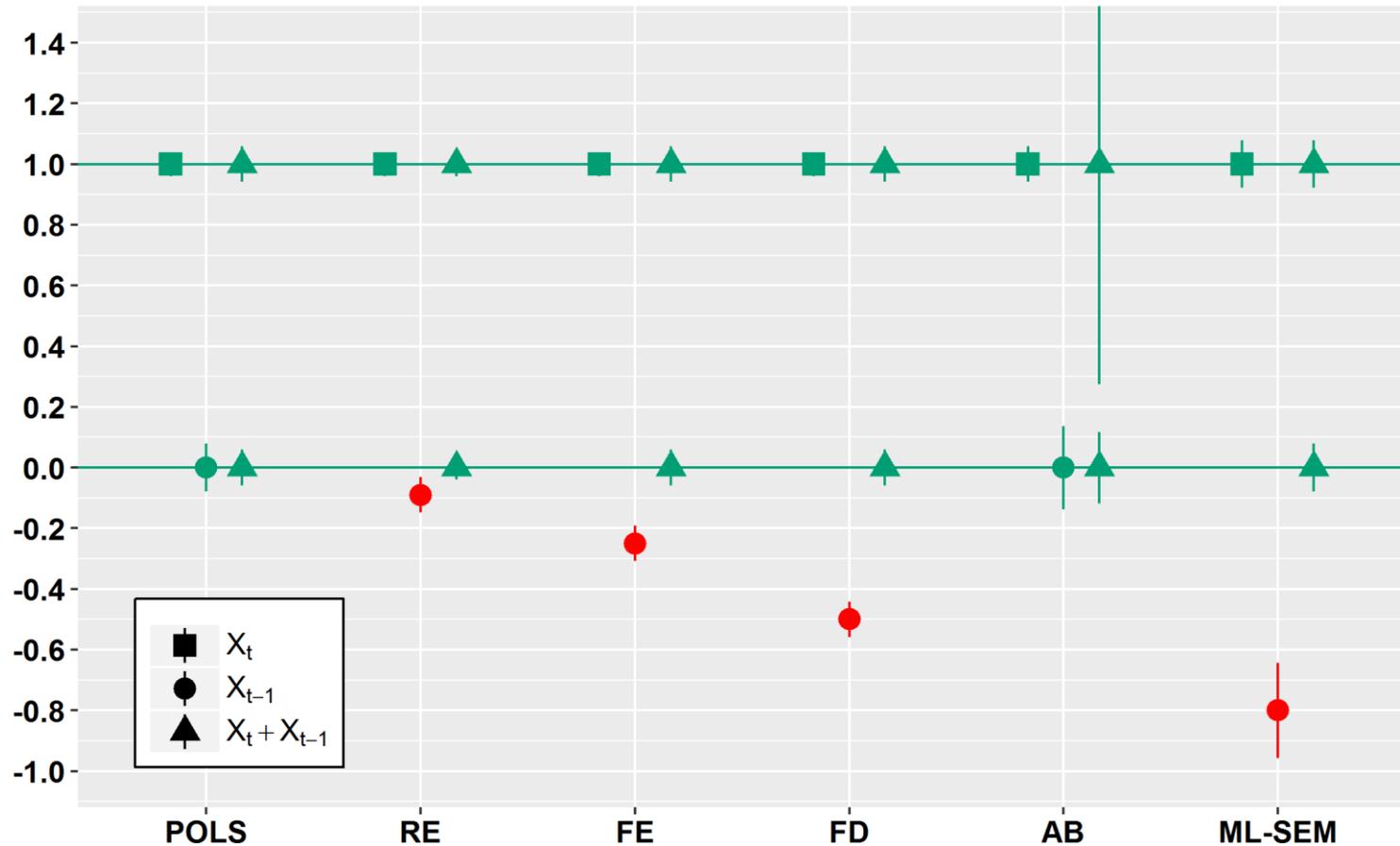


## Abschnitt 3

### Ergebnisse

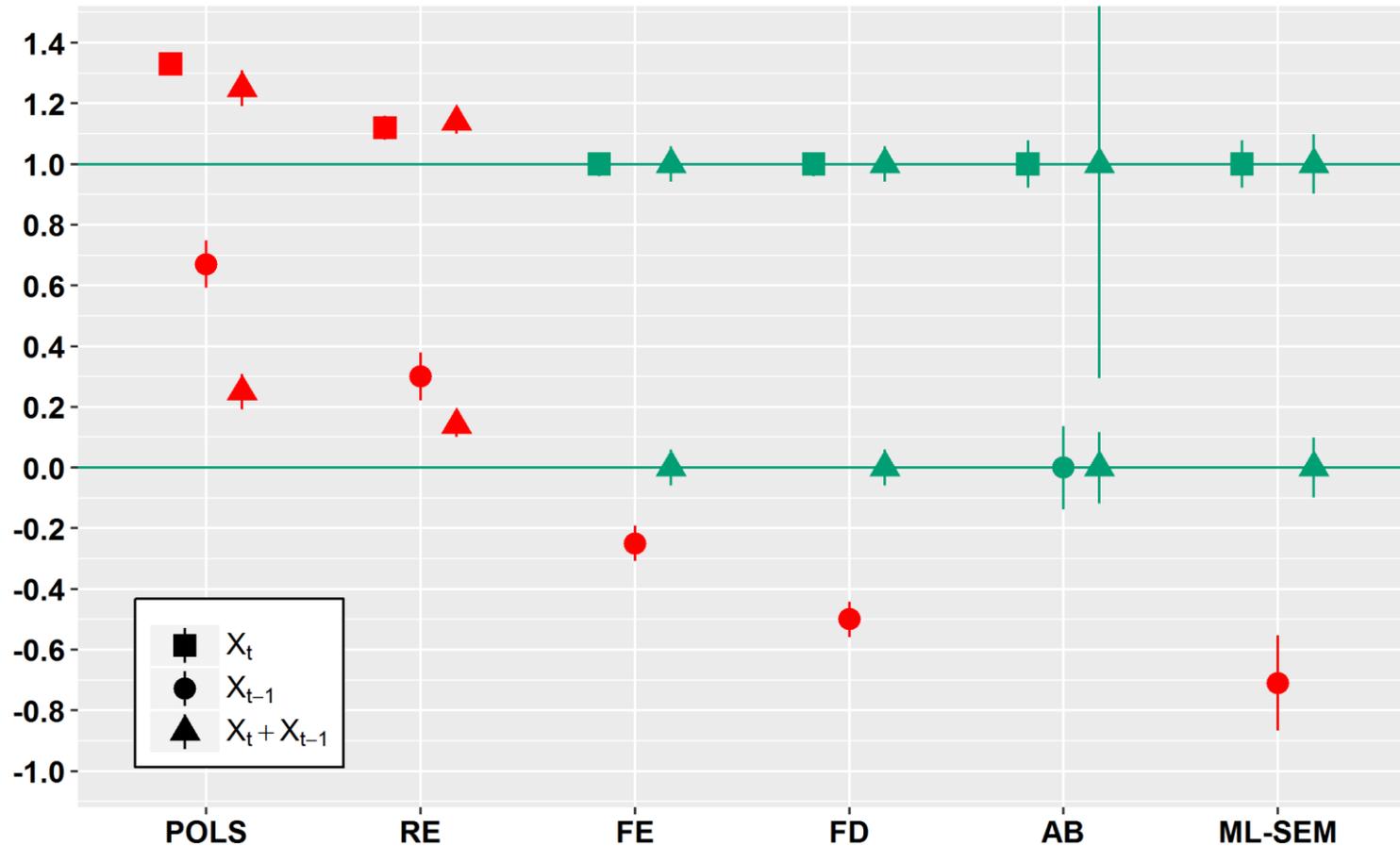
a) Kontemporärer Effekt ( $\lambda = 0$ )

# Keine Endogenität, keine unbeobachtete Heterogenität



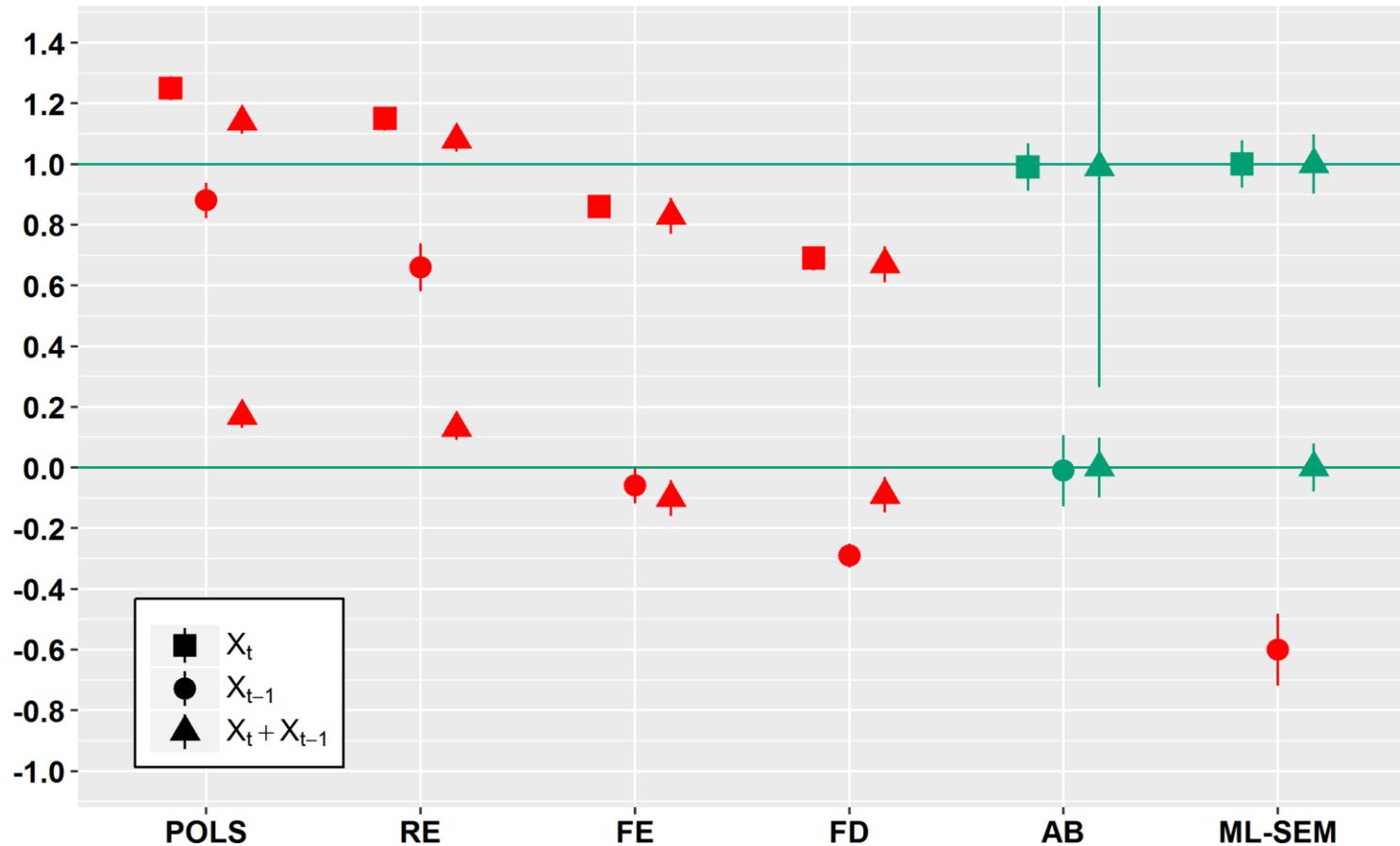
Fazit: Alle Modelle schätzen den wahren Effekt von  $X_t$  korrekt; POLS, AB und ML-SEM auch den Nulleffekt von  $X_{t-1}$ . FD-Befund repliziert Vaisey/Miles Befund.

# Keine Endogenität, unbeobachtete Heterogenität



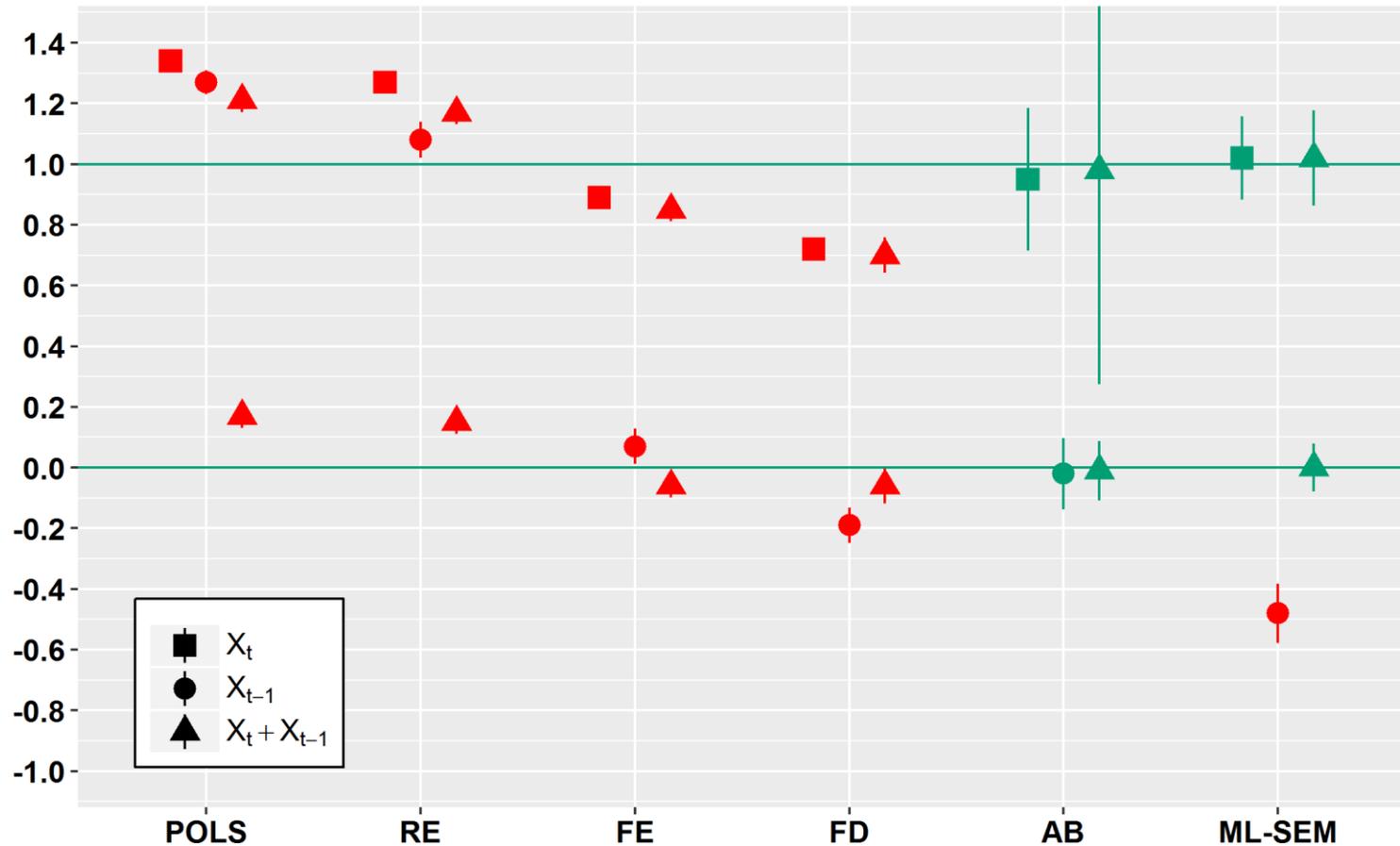
Fazit: POLS und RE liefern wie erwartet verzerrte Schätzer.  
Befunde für FE, FD, AB und ML-SEM hingegen robust.

# Endogenität, keine unbeobachtete Heterogenität



Fazit: Nun auch FE und FD verzerrt.  
AB und ML-SEM hingegen präzise (AB jedoch ineffizient).

# Endogenität, unbeobachtete Heterogenität



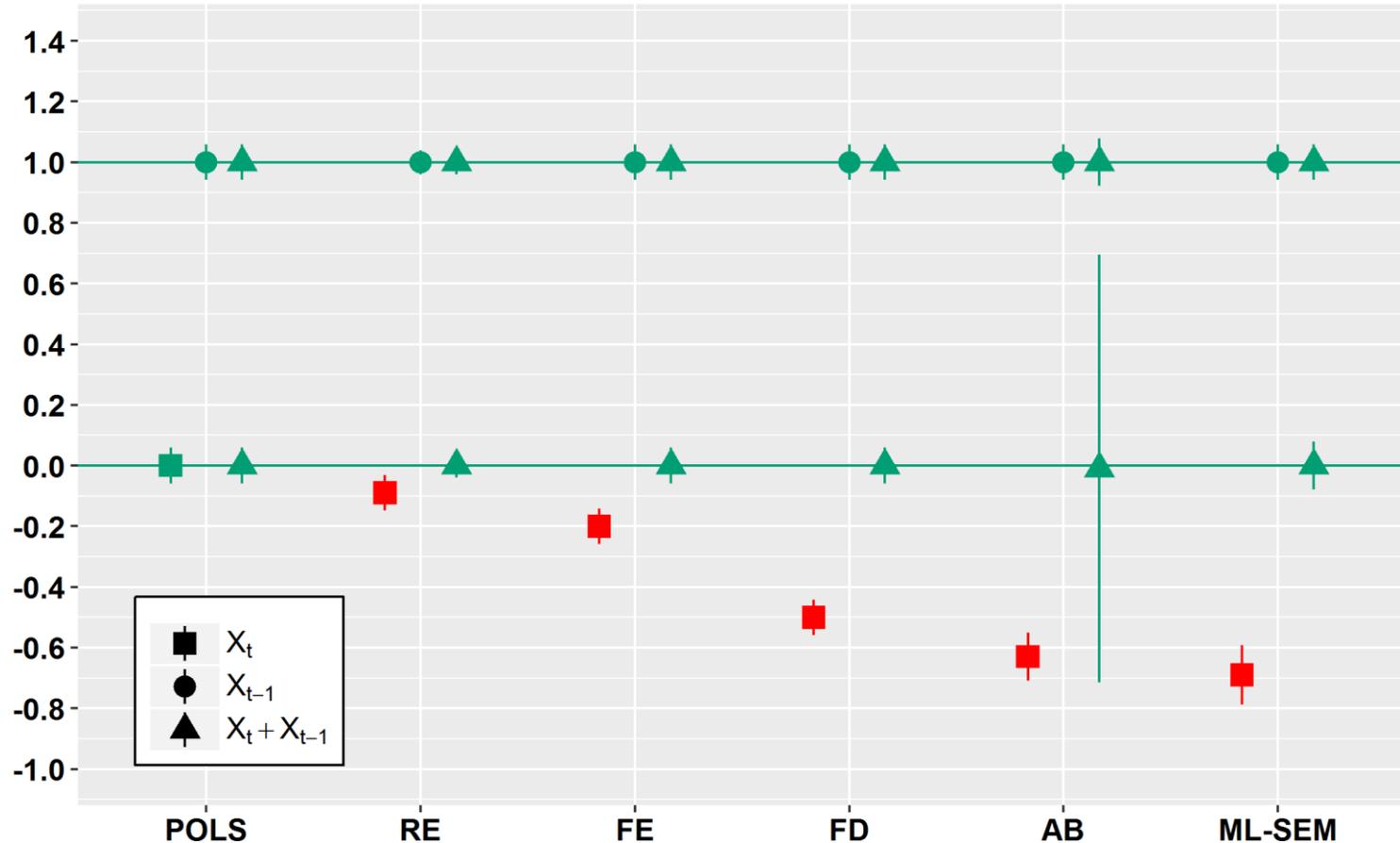
Fazit: Ergebnisse für AB und ML-SEM robust.  
ML-SEM effizienter.



**Abschnitt 3**  
Ergebnisse  
b) Gelagelter Effekt ( $\lambda = 1$ )



# Keine Endogenität, keine unbeobachtete Heterogenität



Fazit: Ergebnisse spiegeln die vorherigen:  
Alle Modelle schätzen den wahren Effekt von  $X_{t-1}$  korrekt;  
POLS, AB und ML-SEM auch den Nulleffekt von  $X_t$ .



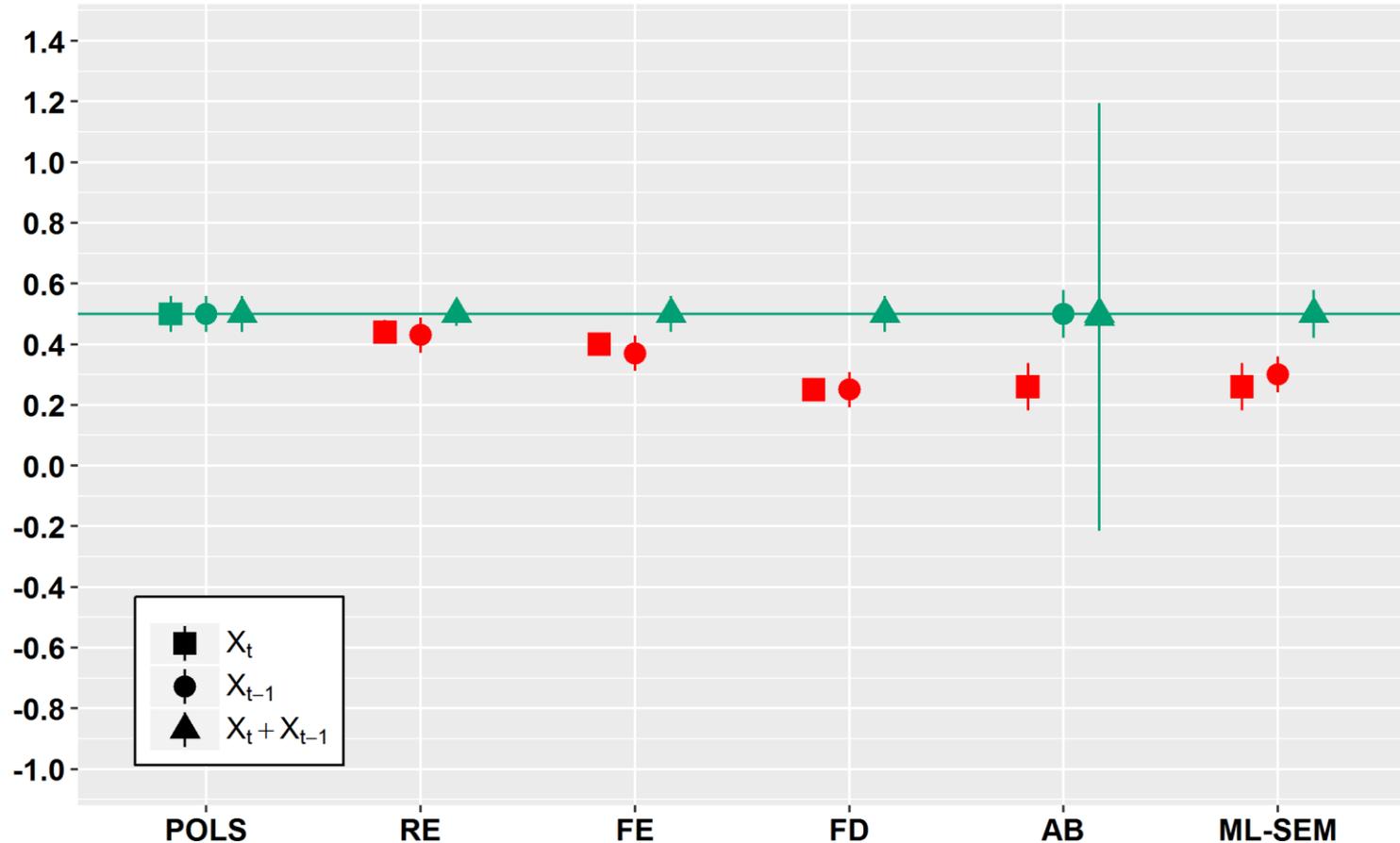
## Abschnitt 3

### Ergebnisse

c) Kontemporärer und gelaggter Effekt ( $\lambda = 0.5$ )

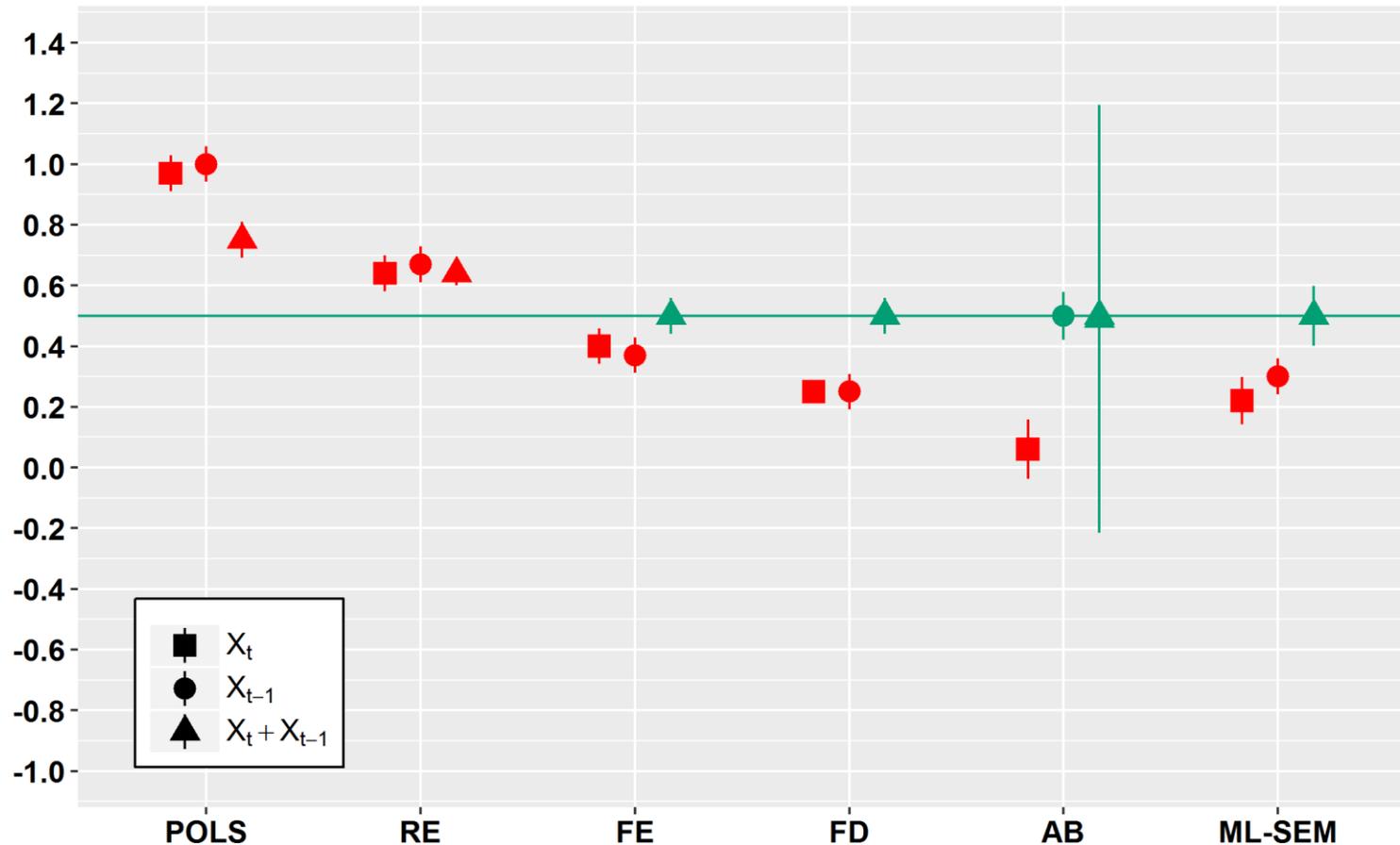


# Keine Endogenität, keine unbeobachtete Heterogenität



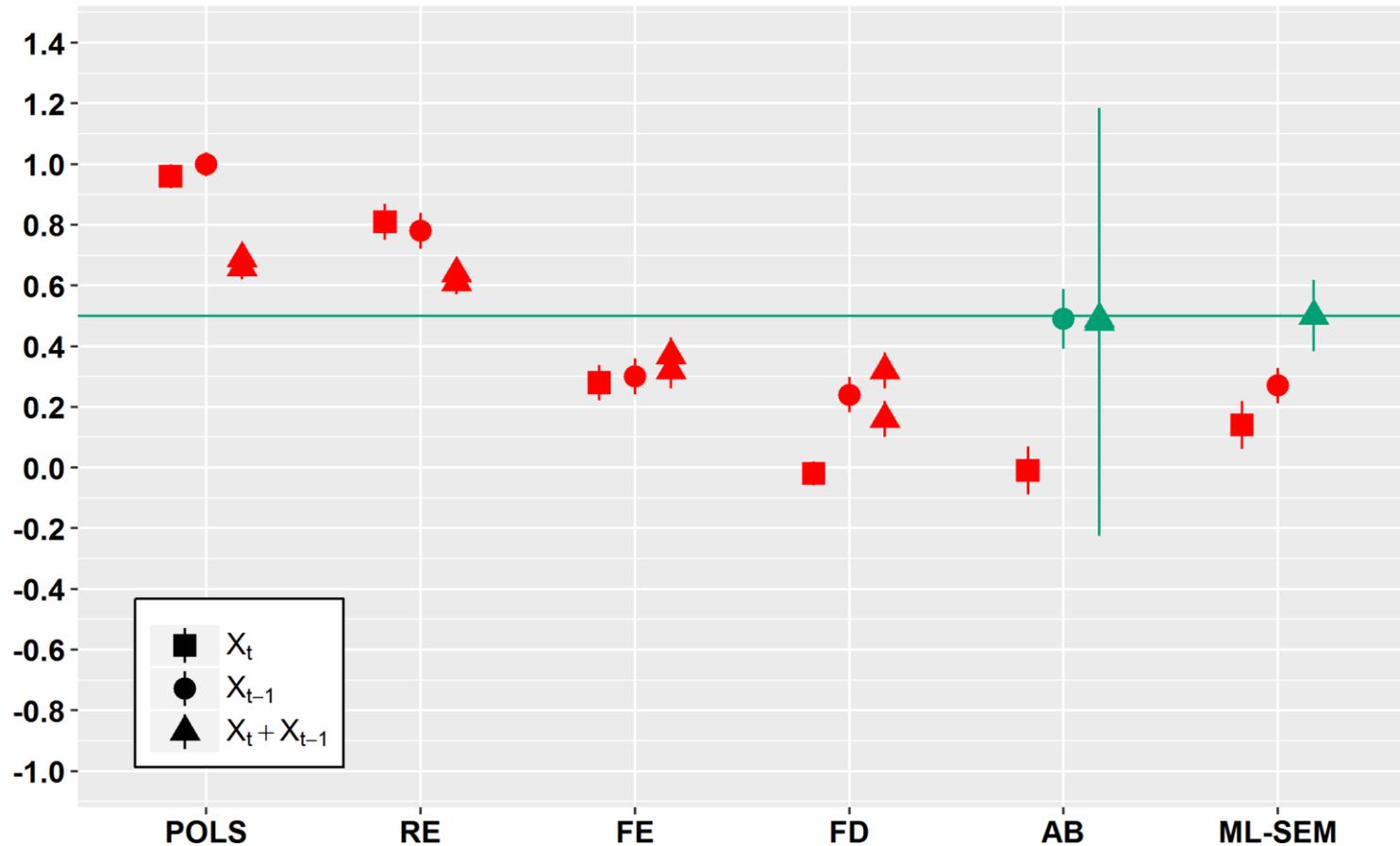
Fazit: *Im gemeinsamen Modell* bestimmen alle Modelle die wahren Effekte von  $X_t$  und  $X_{t-1}$  korrekt; die einzelnen Effekte sind jedoch (fast) immer falsch.

# Keine Endogenität, unbeobachtete Heterogenität



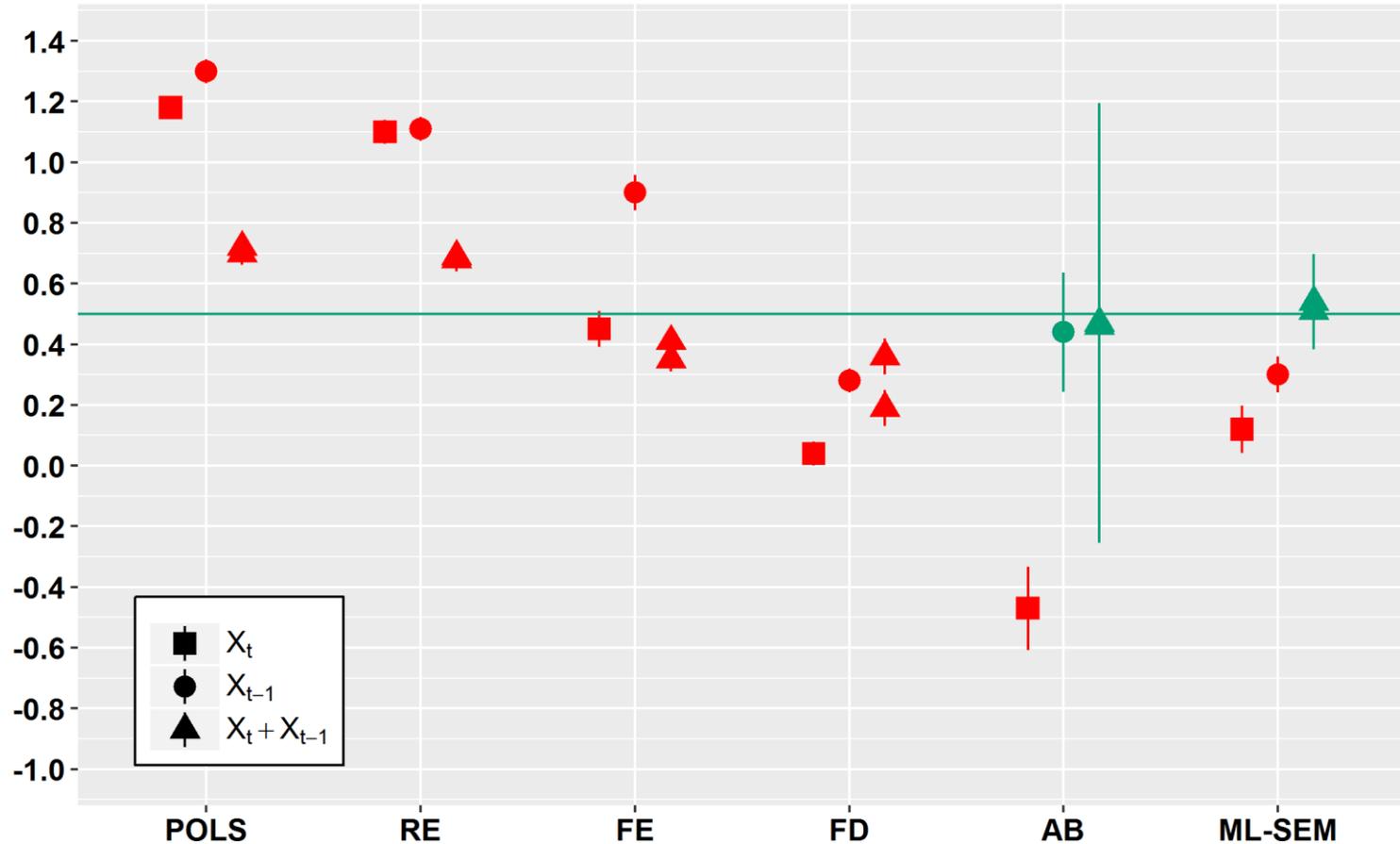
Fazit: POLS und RE liefern wie erwartet erneut verzerrte Schätzer.  
Befunde für FE, FD, AB und ML-SEM hingegen erneut robust.

# Endogenität, keine unbeobachtete Heterogenität



Fazit: Nun auch FE und FD verzerrt.  
AB und ML-SEM hingegen präzise (AB jedoch ineffizient).

# Endogenität, unbeobachtete Heterogenität



Fazit: Ergebnisse für AB und MLSEM robust.



# Abschnitt 4

## Fazit



# Erkenntnisse

- Endogenität als (erwartbares) Problem für POLS/RE/FE
  - Modelle (nur) angemessen, wenn keine umgekehrte Kausalität vorliegt
- Sowohl AB als auch ML-SEM liefern indes korrekte Schätzer
  - Allerdings im Fall von ML-SEM auch nur dann, wenn Lag korrekt spezifiziert ODER beide Effekte aufgenommen sind
  - Heißt: ML-SEM hat gleiches (Vaisey/Miles-)Problem wie LFD, wenn ein gelaggtter Effekt vorliegt, aber nicht modelliert wird
  - ML-SEM weitaus effizienter als AB (vgl. auch Allison et al. 2017)
- Robustheits-Tests:
  - Befunde sehr ähnlich für kürzeres ( $t=3$ ) und längeres Panel ( $t=10$ )
  - Befunde sehr ähnlich für höhere/niedrigere Autokorrelation
  - ML-SEM performt auch bei kleinerer Fallzahl gut ( $n=250$ ,  $t=3$ )

Fazit: ML-SEM mit kontemporären und gelaggtten Effekt schätzen.  
(Außer: hinreichendes Wissen, welche „Welt“ vorliegt.)

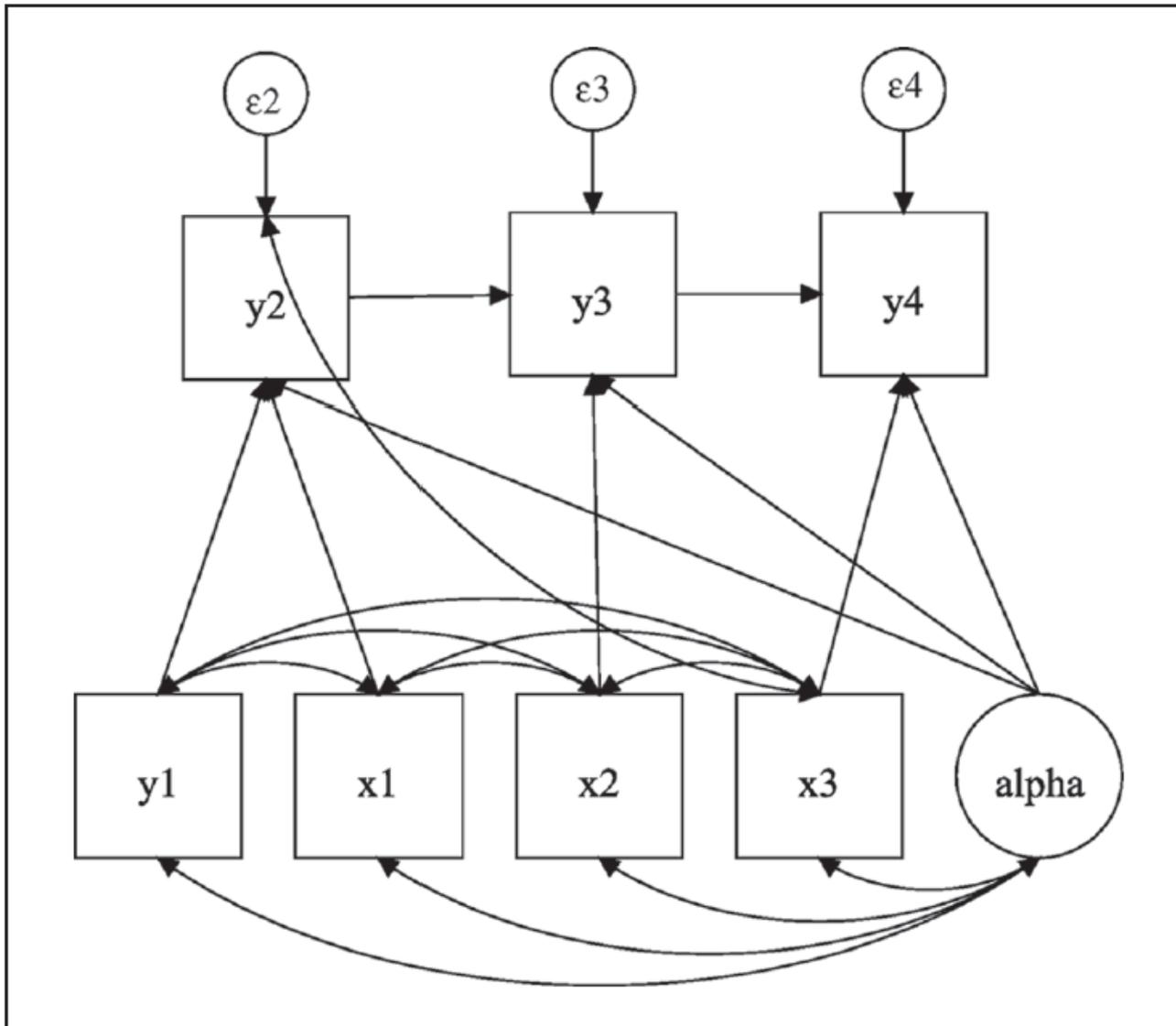
Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit  
und Anmerkungen!

**Ein erstes Arbeitspapier ist in Kürze auf Anfrage erhältlich.**



# Anhang

## c) Dynamische Panelmodelle mittels SEM



Quelle:  
Allison et al.  
(2017: 6)

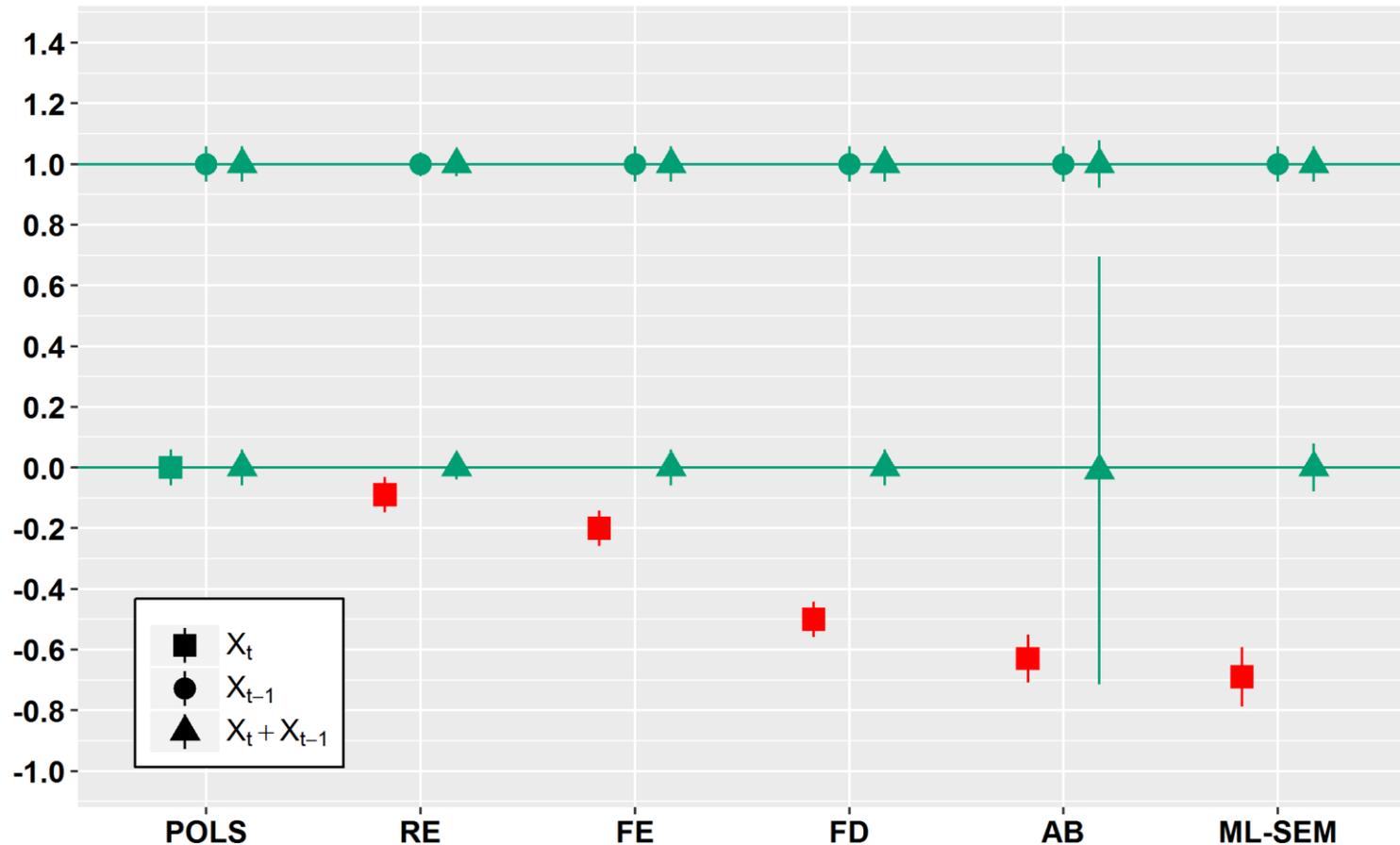


## Abschnitt 3

Ergebnisse

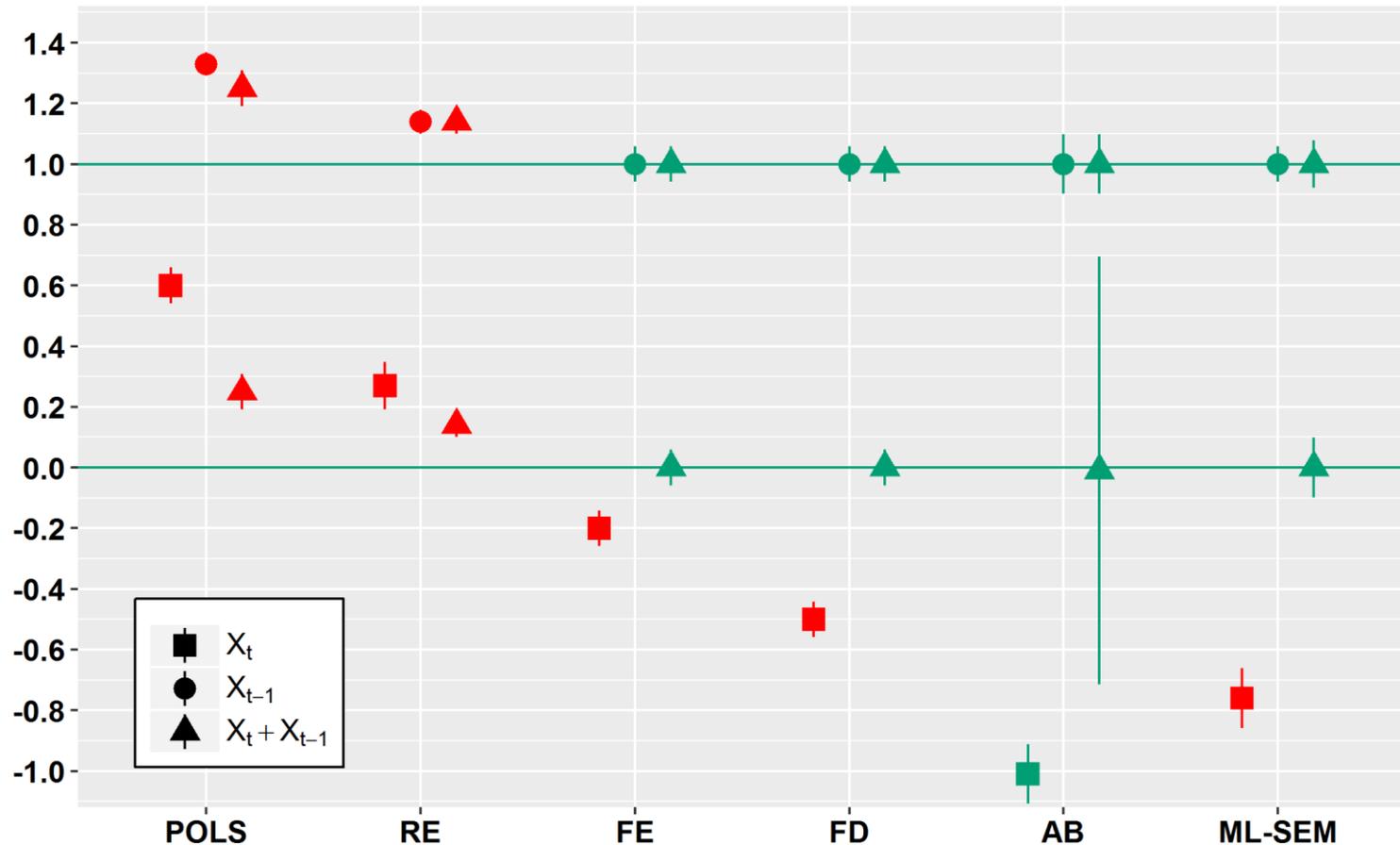
b) Gelagelter Effekt ( $\lambda = 1$ )

# Keine Endogenität, keine unbeobachtete Heterogenität



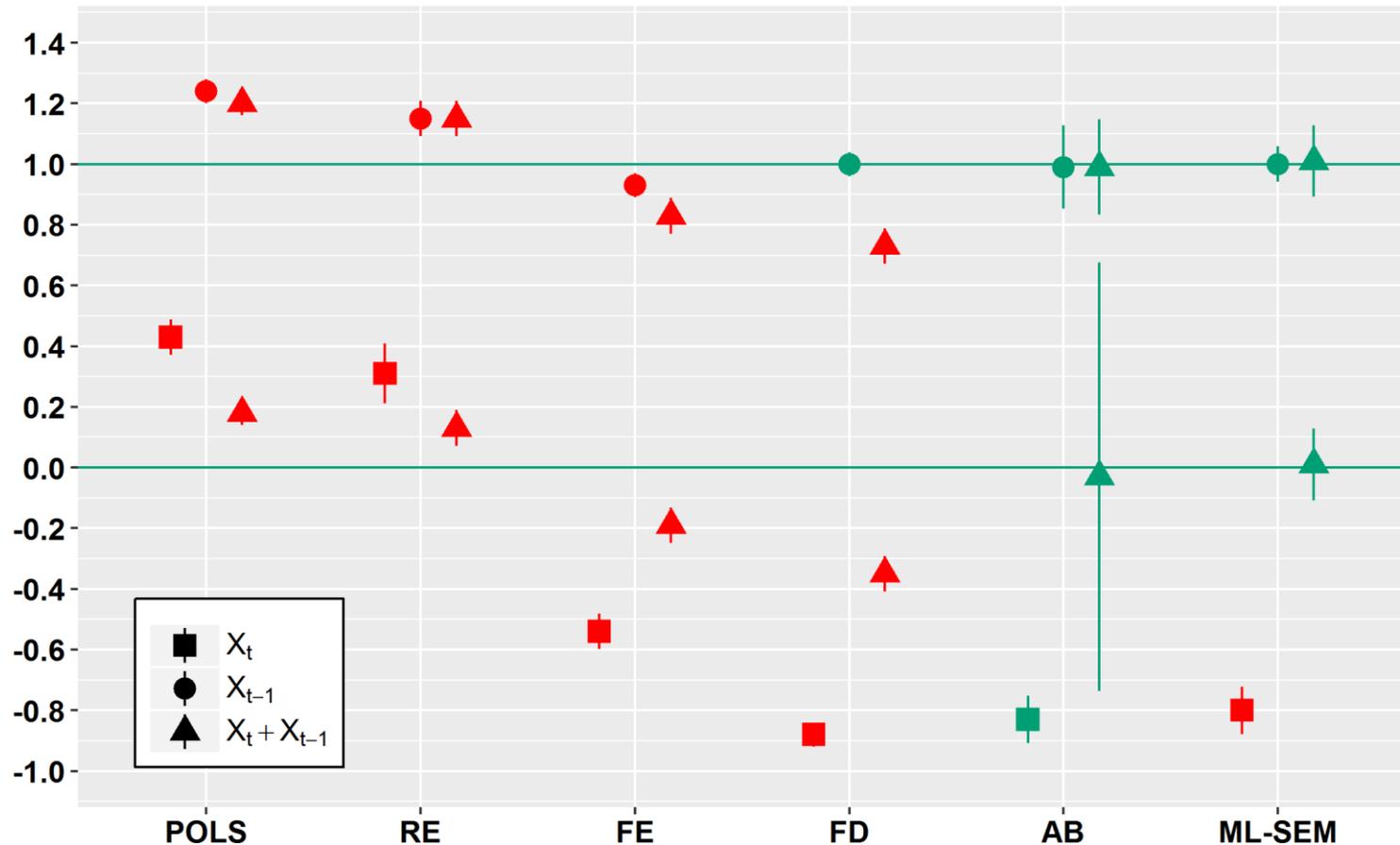
Fazit: Ergebnisse spiegeln die vorherigen:  
Alle Modelle schätzen den wahren Effekt von  $X_{t-1}$  korrekt;  
POLS, AB und ML-SEM auch den Nulleffekt von  $X_t$ .

# Keine Endogenität, unbeobachtete Heterogenität



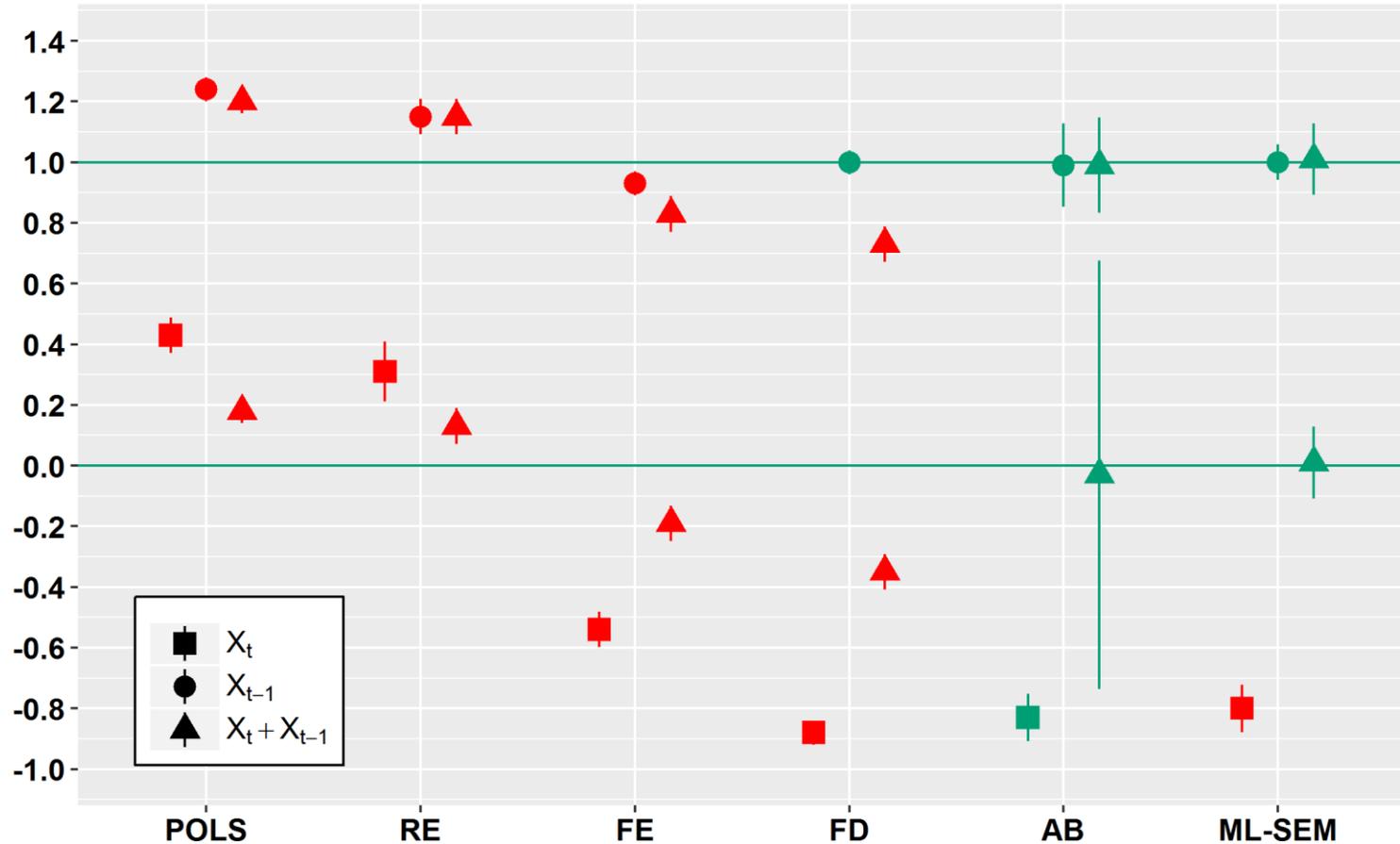
Fazit: POLS und RE liefern wie erwartet verzerrte Schätzer.  
Befunde für FE, FD, AB und ML-SEM hingegen robust.

# Endogenität, keine unbeobachtete Heterogenität



Fazit: Nun auch FE und FD verzerrt.  
AB und ML-SEM hingegen präzise (AB jedoch ineffizient).

# Endogenität, unbeobachtete Heterogenität



Fazit: Ergebnisse für AB und ML-SEM robust.



# Ergebnisse: Kontemporärer Effekt

# Ergebnisse: Kontemporärer Effekt

## Einfaches Szenario (I)

- Keine Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Keine unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 1,0$$

$$\beta_2 = 0,0$$

| Effect    | POLS           | POLS            | POLS            | RE             | RE              | RE              | FE             | FE              | FE              |
|-----------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| $X_t$     | 1.00<br>(0.02) |                 | 1.00<br>(0.03)  | 1.00<br>(0.02) |                 | 1.00<br>(0.02)  | 1.00<br>(0.02) |                 | 1.00<br>(0.03)  |
| $X_{t-1}$ |                | -0.00<br>(0.04) | -0.00<br>(0.03) |                | -0.09<br>(0.03) | -0.00<br>(0.02) |                | -0.25<br>(0.03) | -0.00<br>(0.03) |

# Ergebnisse: Kontemporärer Effekt

## Einfaches Szenario (II)

- Keine Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Keine unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 1,0$$

$$\beta_2 = 0,0$$

| Effect    | FD     | FD     | FD     | AB     | AB     | AB     | MLSEM  | MLSEM  | MLSEM  |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 1.00   |        | 1.00   | 1.00   |        | 1.00   | 1.00   |        | 1.00   |
|           | (0.02) |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.37) | (0.04) |        | (0.04) |
| $X_{t-1}$ |        | -0.50  | -0.00  |        | -0.00  | 0.00   |        | -0.80  | -0.00  |
|           |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.07) | (0.06) |        | (0.08) | (0.04) |

# Ergebnisse: Kontemporärer Effekt

## Einfaches Szenario + **unbeobachtete Heterogenität (I)**

- Keine Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 1,0$$

$$\beta_2 = 0,0$$

| Effect    | POLS   | POLS   | POLS   | RE     | RE     | RE     | FE     | FE     | FE     |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 1.33   |        | 1.25   | 1.12   |        | 1.14   | 1.00   |        | 1.00   |
|           | (0.02) |        | (0.03) | (0.02) |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.03) |
| $X_{t-1}$ |        | 0.67   | 0.25   |        | 0.30   | 0.14   |        | -0.25  | -0.00  |
|           |        | (0.04) | (0.03) |        | (0.04) | (0.02) |        | (0.03) | (0.03) |

# Ergebnisse: Kontemporärer Effekt

## Einfaches Szenario + **unbeobachtete Heterogenität (II)**

- Keine Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 1,0$$

$$\beta_2 = 0,0$$

| Effect    | FD     | FD     | FD     | AB     | AB     | AB     | MLSEM  | MLSEM  | MLSEM  |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 1.00   |        | 1.00   | 1.00   |        | 1.00   | 1.00   |        | 1.00   |
|           | (0.02) |        | (0.03) | (0.04) |        | (0.36) | (0.04) |        | (0.05) |
| $X_{t-1}$ |        | -0.50  | -0.00  |        | -0.00  | 0.00   |        | -0.71  | -0.00  |
|           |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.07) | (0.06) |        | (0.07) | (0.05) |

# Ergebnisse: Kontemporärer Effekt

## Kompliziertes Szenario (I)

- **Endogenität** (umgekehrte Kausalität)
- Keine unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 1,0$$

$$\beta_2 = 0,0$$

| Effect    | POLS   | POLS   | POLS   | RE     | RE     | RE     | FE     | FE     | FE     |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 1.25   |        | 1.14   | 1.15   |        | 1.08   | 0.86   |        | 0.83   |
|           | (0.02) |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.03) |
| $X_{t-1}$ |        | 0.88   | 0.17   |        | 0.66   | 0.13   |        | -0.06  | -0.10  |
|           |        | (0.03) | (0.02) |        | (0.04) | (0.02) |        | (0.03) | (0.03) |

# Ergebnisse: Kontemporärer Effekt

## Kompliziertes Szenario (II)

- **Endogenität** (umgekehrte Kausalität)
- Keine unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 1,0$$

$$\beta_2 = 0,0$$

| Effect    | FD     | FD     | FD     | AB     | AB     | AB     | MLSEM  | MLSEM  | MLSEM  |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 0.69   |        | 0.67   | 0.99   |        | 0.99   | 1.00   |        | 1.00   |
|           | (0.02) |        | (0.03) | (0.04) |        | (0.37) | (0.04) |        | (0.05) |
| $X_{t-1}$ |        | -0.29  | -0.09  |        | -0.01  | -0.00  |        | -0.60  | -0.00  |
|           |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.06) | (0.05) |        | (0.06) | (0.04) |

# Ergebnisse: Kontemporärer Effekt

## Kompliziertes Szenario + **unbeobachtete Heterogenität (I)**

- Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 1,0$$

$$\beta_2 = 0,0$$

| Effect    | POLS   | POLS   | POLS   | RE     | RE     | RE     | FE     | FE     | FE     |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 1.34   |        | 1.21   | 1.27   |        | 1.17   | 0.89   |        | 0.85   |
|           | (0.01) |        | (0.02) | (0.01) |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.02) |
| $X_{t-1}$ |        | 1.27   | 0.17   |        | 1.08   | 0.15   |        | 0.07   | -0.06  |
|           |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.03) | (0.02) |        | (0.03) | (0.02) |

# Ergebnisse: Kontemporärer Effekt

## Kompliziertes Szenario + **unbeobachtete Heterogenität (II)**

- Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 1,0$$

$$\beta_2 = 0,0$$

| Effect    | FD     | FD     | FD     | AB     | AB     | AB     | MLSEM  | MLSEM  | MLSEM  |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 0.72   |        | 0.70   | 0.95   |        | 0.98   | 1.02   |        | 1.02   |
|           | (0.02) |        | (0.03) | (0.12) |        | (0.36) | (0.07) |        | (0.08) |
| $X_{t-1}$ |        | -0.19  | -0.06  |        | -0.02  | -0.01  |        | -0.48  | -0.00  |
|           |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.06) | (0.05) |        | (0.05) | (0.04) |



# Ergebnisse: Gelaggtter Effekt

# Ergebnisse: Gelaggtter Effekt

## Einfaches Szenario (I)

- Keine Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Keine unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,0$$

$$\beta_2 = 1,0$$

| Effect    | POLS   | POLS   | POLS   | RE     | RE     | RE     | FE     | FE     | FE     |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | -0.00  |        | -0.00  | -0.09  |        | -0.00  | -0.20  |        | -0.00  |
|           | (0.03) |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.02) | (0.03) |        | (0.03) |
| $X_{t-1}$ |        | 1.00   | 1.00   |        | 1.00   | 1.00   |        | 1.00   | 1.00   |
|           |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.03) | (0.03) |

# Ergebnisse: Gelaggtter Effekt

## Einfaches Szenario (II)

- Keine Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Keine unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,0$$

$$\beta_2 = 1,0$$

| Effect    | FD     | FD     | FD     | AB     | AB     | AB     | MLSEM  | MLSEM  | MLSEM  |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | -0.50  |        | 0.00   | -0.63  |        | -0.01  | -0.69  |        | -0.00  |
|           | (0.03) |        | (0.03) | (0.04) |        | (0.36) | (0.05) |        | (0.04) |
| $X_{t-1}$ |        | 1.00   | 1.00   |        | 1.00   | 1.00   |        | 1.00   | 1.00   |
|           |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.03) | (0.04) |        | (0.03) | (0.03) |

# Ergebnisse: Gelaggtter Effekt

## Einfaches Szenario + **unbeobachtete Heterogenität (I)**

- Keine Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,0$$

$$\beta_2 = 1,0$$

| Effect    | POLS   | POLS   | POLS   | RE     | RE     | RE     | FE     | FE     | FE     |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 0.60   |        | 0.25   | 0.27   |        | 0.14   | -0.20  |        | -0.00  |
|           | (0.03) |        | (0.03) | (0.04) |        | (0.02) | (0.03) |        | (0.03) |
| $X_{t-1}$ |        | 1.33   | 1.25   |        | 1.14   | 1.14   |        | 1.00   | 1.00   |
|           |        | (0.02) | (0.03) |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.03) | (0.03) |

# Ergebnisse: Gelaggtter Effekt

## Einfaches Szenario + **unbeobachtete Heterogenität (II)**

- Keine Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,0$$

$$\beta_2 = 1,0$$

| Effect    | FD     | FD     | FD     | AB     | AB     | AB     | MLSEM  | MLSEM  | MLSEM  |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | -0.50  |        | 0.00   | -1.01  |        | -0.01  | -0.76  |        | 0.00   |
|           | (0.03) |        | (0.03) | (0.05) |        | (0.36) | (0.05) |        | (0.05) |
| $X_{t-1}$ |        | 1.00   | 1.00   |        | 1.00   | 1.00   |        | 1.00   | 1.00   |
|           |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.05) | (0.05) |        | (0.03) | (0.04) |

# Ergebnisse: Gelaggtter Effekt

## Kompliziertes Szenario (I)

- **Endogenität** (umgekehrte Kausalität)
- Keine unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,0$$

$$\beta_2 = 1,0$$

| Effect    | POLS   | POLS   | POLS   | RE     | RE     | RE     | FE     | FE     | FE     |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 0.43   |        | 0.18   | 0.31   |        | 0.13   | -0.54  |        | -0.19  |
|           | (0.03) |        | (0.02) | (0.05) |        | (0.02) | (0.03) |        | (0.03) |
| $X_{t-1}$ |        | 1.24   | 1.20   |        | 1.15   | 1.15   |        | 0.93   | 0.83   |
|           |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.02) | (0.03) |

# Ergebnisse: Gelaggtter Effekt

## Kompliziertes Szenario (II)

- **Endogenität** (umgekehrte Kausalität)
- Keine unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,0$$

$$\beta_2 = 1,0$$

| Effect    | FD     | FD     | FD     | AB     | AB     | AB     | MLSEM  | MLSEM  | MLSEM  |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | -0.88  |        | -0.35  | -0.83  |        | -0.03  | -0.80  |        | 0.01   |
|           | (0.02) |        | (0.03) | (0.04) |        | (0.36) | (0.04) |        | (0.06) |
| $X_{t-1}$ |        | 1.00   | 0.73   |        | 0.99   | 0.99   |        | 1.00   | 1.01   |
|           |        | (0.02) | (0.03) |        | (0.07) | (0.08) |        | (0.03) | (0.06) |

# Ergebnisse: Gelaggtter Effekt

## Kompliziertes Szenario + **unbeobachtete Heterogenität (I)**

- Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,0$$

$$\beta_2 = 1,0$$

| Effect    | POLS   | POLS   | POLS   | RE     | RE     | RE     | FE     | FE     | FE     |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 0.85   |        | 0.23   | 0.84   |        | 0.20   | -0.29  |        | -0.15  |
|           | (0.02) |        | (0.02) | (0.03) |        | (0.01) | (0.04) |        | (0.02) |
| $X_{t-1}$ |        | 1.38   | 1.23   |        | 1.28   | 1.20   |        | 0.94   | 0.88   |
|           |        | (0.01) | (0.02) |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.02) | (0.02) |

# Ergebnisse: Gelaggtter Effekt

## Kompliziertes Szenario + **unbeobachtete Heterogenität (II)**

- Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Unbeobachtete Heterogenität
- Nur gelaggtter Effekt

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,0$$

$$\beta_2 = 1,0$$

| Effect    | FD     | FD     | FD     | AB     | AB     | AB     | MLSEM  | MLSEM  | MLSEM  |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | -0.83  |        | -0.30  | -1.32  |        | -0.02  | -0.95  |        | 0.02   |
|           | (0.02) |        | (0.03) | (0.06) |        | (0.36) | (0.04) |        | (0.08) |
| $X_{t-1}$ |        | 1.00   | 0.78   |        | 0.97   | 0.97   |        | 1.00   | 1.01   |
|           |        | (0.02) | (0.03) |        | (0.10) | (0.11) |        | (0.03) | (0.06) |



# Ergebnisse: Mischwelt

# Ergebnisse: Mischwelt

## Einfaches Szenario (I)

- Keine Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Keine unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,5$$

$$\beta_2 = 0,5$$

| Effect    | POLS   | POLS   | POLS   | RE     | RE     | RE     | FE     | FE     | FE     |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 0.50   |        | 0.50   | 0.44   |        | 0.50   | 0.40   |        | 0.50   |
|           | (0.03) |        | (0.03) | (0.02) |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.03) |
| $X_{t-1}$ |        | 0.50   | 0.50   |        | 0.43   | 0.50   |        | 0.37   | 0.50   |
|           |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.03) | (0.02) |        | (0.03) | (0.03) |

# Ergebnisse: Mischwelt

## Einfaches Szenario (II)

- Keine Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Keine unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,5$$

$$\beta_2 = 0,5$$

| Effect    | FD     | FD     | FD     | AB     | AB     | AB     | MLSEM  | MLSEM  | MLSEM  |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 0.25   |        | 0.50   | 0.26   |        | 0.49   | 0.26   |        | 0.50   |
|           | (0.02) |        | (0.03) | (0.04) |        | (0.36) | (0.04) |        | (0.04) |
| $X_{t-1}$ |        | 0.25   | 0.50   |        | 0.50   | 0.50   |        | 0.30   | 0.50   |
|           |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.04) | (0.04) |        | (0.03) | (0.03) |

# Ergebnisse: Mischwelt

## Einfaches Szenario + **unbeobachtete Heterogenität (I)**

- Keine Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,5$$

$$\beta_2 = 0,5$$

| Effect    | POLS   | POLS   | POLS   | RE     | RE     | RE     | FE     | FE     | FE     |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 0.97   |        | 0.75   | 0.64   |        | 0.64   | 0.40   |        | 0.50   |
|           | (0.03) |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.02) | (0.03) |        | (0.03) |
| $X_{t-1}$ |        | 1.00   | 0.75   |        | 0.67   | 0.64   |        | 0.37   | 0.50   |
|           |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.03) | (0.02) |        | (0.03) | (0.03) |

# Ergebnisse: Mischwelt

## Einfaches Szenario + **unbeobachtete Heterogenität (II)**

- Keine Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,5$$

$$\beta_2 = 0,5$$

| Effect    | FD     | FD     | FD     | AB     | AB     | AB     | MLSEM  | MLSEM  | MLSEM  |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 0.25   |        | 0.50   | 0.06   |        | 0.49   | 0.22   |        | 0.50   |
|           | (0.02) |        | (0.03) | (0.05) |        | (0.36) | (0.04) |        | (0.05) |
| $X_{t-1}$ |        | 0.25   | 0.50   |        | 0.50   | 0.50   |        | 0.30   | 0.50   |
|           |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.04) | (0.04) |        | (0.03) | (0.04) |

# Ergebnisse: Mischwelt

## Kompliziertes Szenario (I)

- **Endogenität** (umgekehrte Kausalität)
- Keine unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,5$$

$$\beta_2 = 0,5$$

| Effect    | POLS   | POLS   | POLS   | RE     | RE     | RE     | FE     | FE     | FE     |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 0.96   |        | 0.66   | 0.81   |        | 0.61   | 0.28   |        | 0.32   |
|           | (0.02) |        | (0.02) | (0.03) |        | (0.02) | (0.03) |        | (0.03) |
| $X_{t-1}$ |        | 1.00   | 0.69   |        | 0.78   | 0.64   |        | 0.30   | 0.37   |
|           |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.03) | (0.02) |        | (0.03) | (0.03) |

# Ergebnisse: Mischwelt

## Kompliziertes Szenario (I)

- **Endogenität** (umgekehrte Kausalität)
- Keine unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,5$$

$$\beta_2 = 0,5$$

| Effect    | FD     | FD     | FD     | AB     | AB     | AB     | MLSEM  | MLSEM  | MLSEM  |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | -0.02  |        | 0.16   | -0.01  |        | 0.48   | 0.14   |        | 0.50   |
|           | (0.02) |        | (0.03) | (0.04) |        | (0.36) | (0.04) |        | (0.06) |
| $X_{t-1}$ |        | 0.24   | 0.32   |        | 0.49   | 0.49   |        | 0.27   | 0.50   |
|           |        | (0.03) | (0.03) |        | (0.05) | (0.05) |        | (0.03) | (0.04) |

# Ergebnisse: Mischwelt

## Kompliziertes Szenario + **unbeobachtete Heterogenität (I)**

- Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,5$$

$$\beta_2 = 0,5$$

| Effect    | POLS   | POLS   | POLS   | RE     | RE     | RE     | FE     | FE     | FE     |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 1.18   |        | 0.72   | 1.10   |        | 0.69   | 0.45   |        | 0.35   |
|           | (0.01) |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.02) | (0.03) |        | (0.02) |
| $X_{t-1}$ |        | 1.30   | 0.70   |        | 1.11   | 0.68   |        | 0.39   | 0.41   |
|           |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.02) | (0.02) |        | (0.03) | (0.02) |

# Ergebnisse: Mischwelt

## Kompliziertes Szenario + **unbeobachtete Heterogenität (II)**

- Endogenität (umgekehrte Kausalität)
- Unbeobachtete Heterogenität

Wahre Effekte

$$\beta_1 = 0,5$$

$$\beta_2 = 0,5$$

| Effect    | FD     | FD     | FD     | AB     | AB     | AB     | MLSEM  | MLSEM  | MLSEM  |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $X_t$     | 0.04   |        | 0.19   | -0.47  |        | 0.47   | 0.12   |        | 0.53   |
|           | (0.02) |        | (0.03) | (0.07) |        | (0.37) | (0.04) |        | (0.08) |
| $X_{t-1}$ |        | 0.28   | 0.36   |        | 0.44   | 0.46   |        | 0.30   | 0.51   |
|           |        | (0.02) | (0.03) |        | (0.10) | (0.10) |        | (0.03) | (0.05) |