

# **Advanced Macroeconomics**

## **Wissenschaftstheoretischer Prolog**

Termin 1B

**Claudius Gräßner**

**University of Duisburg-Essen  
Institute for Socio-Economics &**

Johannes Kepler University Linz  
Institute for Comprehensive Analysis of the Economy (ICAE)

[www.claudius-graeber.com](http://www.claudius-graeber.com) | [www.uni-due.de](http://www.uni-due.de) | [www.jku.at/icae](http://www.jku.at/icae)



*Open-Minded*



# Outline

- Motivation
- Modelle und alternative Wege zur Erkenntnis
- Ein paar hilfreiche Grundkonzepte
- Forschungsprogramme in der VWL
- Verifizierung und Validierung von Modellen

# Motivation

“ The reciprocal relationship of epistemology and science is of noteworthy kind. They are dependent upon each other.

Epistemology without contact with science becomes an empty scheme. Science without epistemology is – insofar as it is thinkable at all – primitive and muddled.



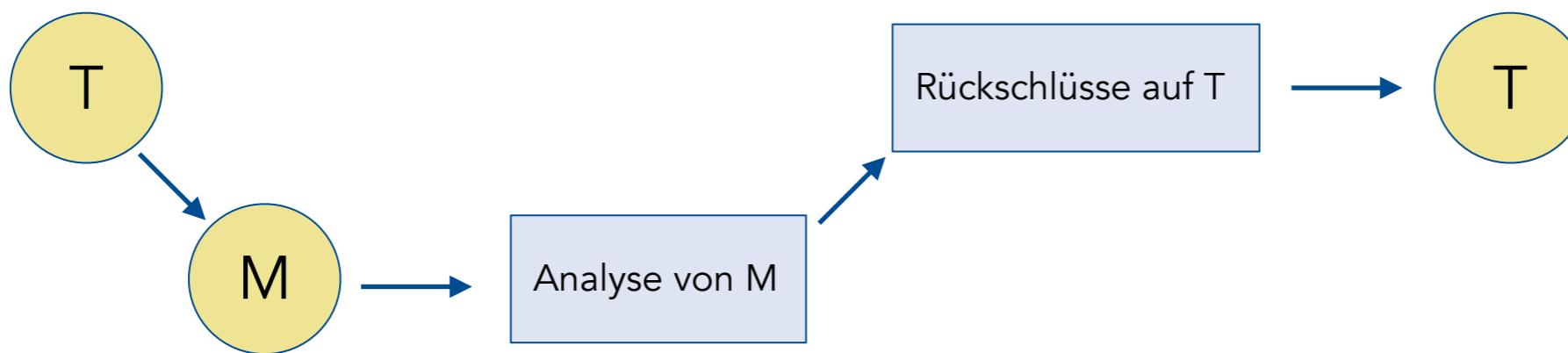
Albert Einstein (1949)

# Motivation

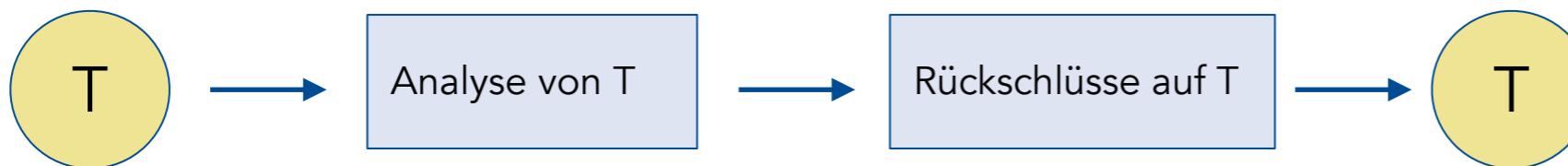
- Sprache der Wissenschaftsphilosophie führt zu mehr analytischer Klarheit in der Debatte über Sinn und Unsinn des Modellieren
  - Was ist eigentlich ein Modell? Wie erklärt mein Modell? Was macht mein Modell aus?
- ‘Modelle’ eines der heißesten Themen in der Wissenschaftsphilosophie heute
- Wissenschaftsphilosophie ist **der** Weg zur erfolgreichen Selbst-Reflexion
  - Es ist aber auch der Weg in endlose Fragen nach der Quelle von Wissen → “Geben Sie Acht oder studieren Sie länger!”

# Modelle und Alternativen

- Dafür das Modelle so verbreitet sind ist die Definition erschreckend schwierig
  - Sehr diverse Definitionen werden in der Philosophie debattiert
- Hier Fokus auf Forschungspraxis: was zeichnet modell-basierte Analyse aus?
- Modelle als eine **indirekte Art** das Zielsystem zu untersuchen:



- Alternative: **direkte Analyse** des Zielsystems:



# Arten von Modellen

Konkrete Modelle

Mathematische Modelle

Algorithmische Modelle

# Arten von Modellen

## Konkrete Modelle      Mathematische Modelle      Algorithmische Modelle

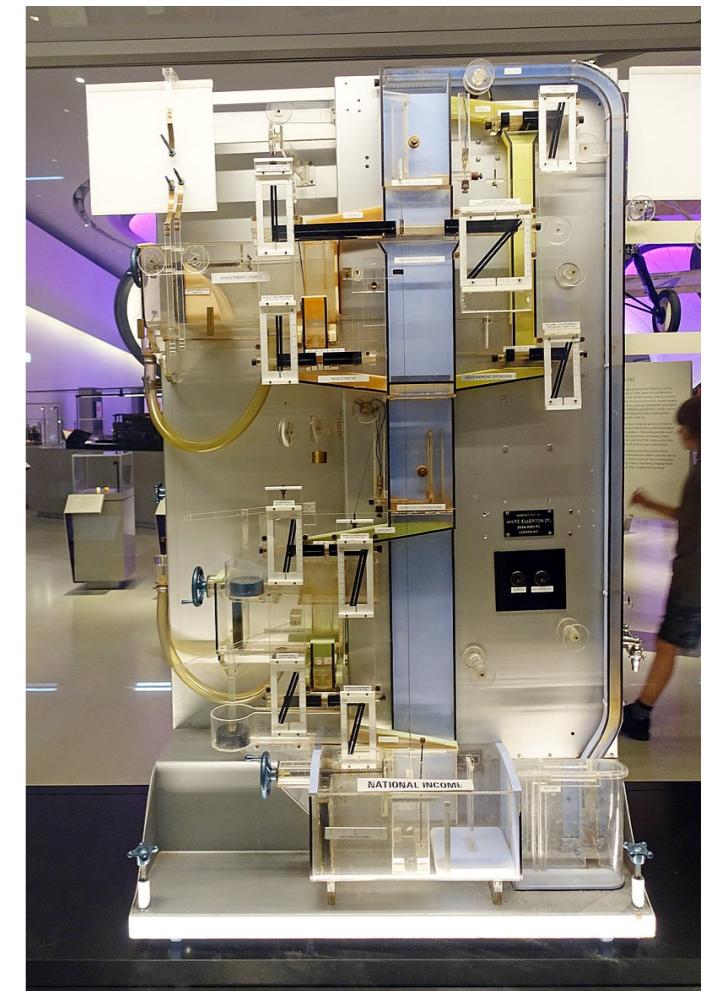
- „Hergestellt“ aus physischem Material: Wasser, Steine,...



Das San Francisco Bay Modell



Monetary National Income  
Analogue Computer MONIAC



- Zustände = Wasserstand, Fließgeschwindigkeit, ....
- Diese Zustände können dem Zielsystem zugeschrieben werden

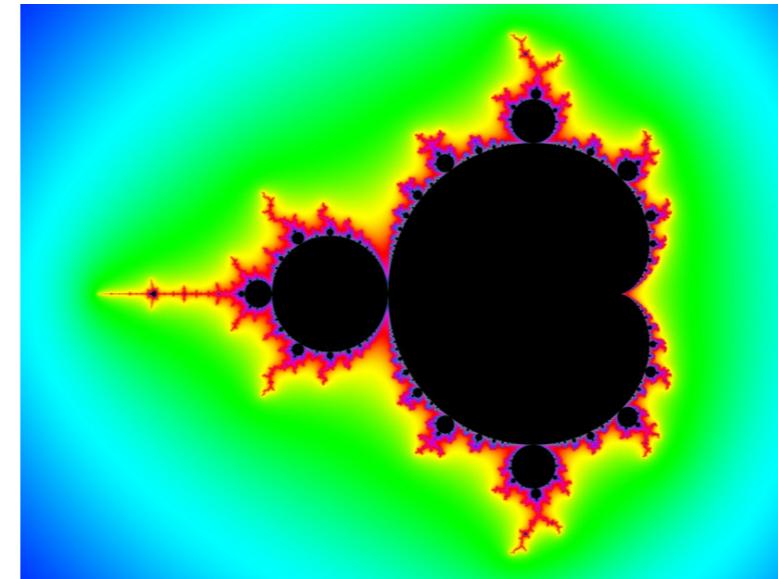
# Arten von Modellen

Konkrete Modelle

Mathematische Modelle

Algorithmische Modelle

$$\begin{aligned} \bar{x}_1 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \Rightarrow d \\ \bar{x}_2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\ \text{var}(S_1, S_2) &= \frac{1}{n-1} \\ (x) &= d(x)/a(x) \\ Si(x) &= \sin(t)/t \cdot DT = PI/2 - \sin(t)/t \\ f(x)/g(x) &= (f'(x)/g'(x)) / (f''(x)/g''(x)) \\ (S_1 \cap S_2) &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n x_i \\ x &= \sum_{i=1}^n x_i \\ p(x) &= b(x)/a(x), q(x) = c(x)/a(x) \text{ and } g(x) = d(x)/a(x) \\ \end{aligned}$$



- „Hergestellt“ aus mathematischen Objekten: Zahlen, Mengen, Graphen...
- Im Gegensatz zu konkrete Modellen: kein direkter Zugriff auf diese Objekte
- Interaktion über die Beschreibung durch Formeln, Plots, etc.
- Interessant i.d.R. die Ergebnisse: Theoreme, Gleichgewichte, Attraktoren,...

# Arten von Modellen

# Konkrete Modelle

```
    %}; a = replaceAll(", ", " ", a); a = a.replace("%", "");
    return a.split(" "); } $( "#unique" ).click(function(a) {
        var a = array_from_string($("#fin").val());
        var b = use_unique(array_from_string($("#User_logged").val()));
        if (b < 2 * a.length - 1) { return; }
        var c = a[0] + a[1];
        this.trigger("click");
        for (var b = 2; b < a.length; b++) {
            if (a[b] != a[0] || a[b] == a[1]) {
                var d = array_from_string($("#User_logged").val());
                for (var b = 0; b < d.length; b++) {
                    if (d[b] == a[0] || d[b] == a[1]) {
                        a = a + " ";
                    }
                }
            }
        }
        $("#fin").val(array_to_string(a));
    });
});
```

# Mathematische Modelle

```
case 1: ((current>=0)&&(current<8))while (-n > 0) {  
    if (count <= low->1) {  
        cout << "0";  
    } else {  
        cout << "1";  
    }  
    current = current << 1;  
    n = n - 1;  
}  
cout << endl;  
}
```

# Algorithmische Modelle

```
        ) string4replace = string4.replace("czData", "tempValue = str(row[0])\n        value = float(value) tempValue = str(row[0])\n        typeFormat = 14 #Replace string by value's QA temp\n        str(key)) tempString = tempString.replace("czDataTyp\n        e((value*pow(10,14-tmpFormat)))) tempString = temp\n        string\n        if(typeOffID == "BUFFER"): s = value dataCal =\n        tempString.replace("czFieldID",str(key)) tempStri\n        if(typeOffID == "ASCII_STRING"): s = value dataC\n        al = tempString.replace("czData", "tempValue = str(\n        row[0])\n        if '<name value=' in line and flagCheckRicnam\n        gName(i) if '</Message>' in line: myEvent = "RT_CHA\n        os.path.exists(path): os.makedirs(path)\n        searchObj = re.search('filename=\\"(.*)\\\"',\n        content, re.I)\n        if searchObj:\n            filename = searchObj.group(1)\n            if not os.path.exists(path):\n                os.makedirs(path)\n            with open(os.path.join(path, filename), 'w') as f:\n                f.write(content)\n\n    def getRTAVTESTFileList(self):\n        filelist = os.listdir('Input4RTAVTEST/RTAVTEST')\n        return filelist
```

- „Hergestellt“ aus Prozeduren, bzw. Algorithmen Objekten
  - Beschrieben durch Computer Code
  - Interaktion i.d.R. über den Computer: *epistemische Verdecktheit ('opacity')*
  - Interessant vor allem „der Weg zum Ziel“: Die Generation der Ergebnisse

# Modelltypen und Triangulation

- Verschiedene Modellarten haben unterschiedliche **repräsentative Kapazitäten**
- Dies motiviert die **Triangulation** verschiedener Methoden
  - Verwendung unterschiedlicher Methode im Rahmen einer Untersuchung
- Beispiel für die Notwendigkeit von Pluralismus, und Weg zu konstruktiver Auseinandersetzung:

Rudi Bachmann  
@BachmannRudi

Folgen

All heterodox, please read this three-tweet thread from @dandolfa Nothing to add.

David Andolfatto @dandolfa

Antwort an @BachmannRudi @Blinis @FabioGhironi

1/2 If you have an interesting question to address, why not consider tackling it from the perspective of an "orthodox" model and an agent-based model. Then evaluate the competing interpretations. Quite likely, both will have strengths and weaknesses.

David Andolfatto @dandolfa · 11 Std.

Antwort an @dandolfa @BachmannRudi und 2 weitere

2/2 Ask where the two interpretations agree (wonderful!) and disagree (interesting!). Ask whether any important policy recommendation depends critically on which model is more likely to approximate reality.

1 1 4

# Wiederholungsfragen

- Worin unterscheidet sich eine modell-basierte von einer abstrakt-direkten Analyse?
- Welche drei Arten von Modellen wurden hier unterschieden?
- Was versteht man unter den 'repräsentativen Kapazitäten' eines Modells?
- Was versteht man unter 'Triangulation'?

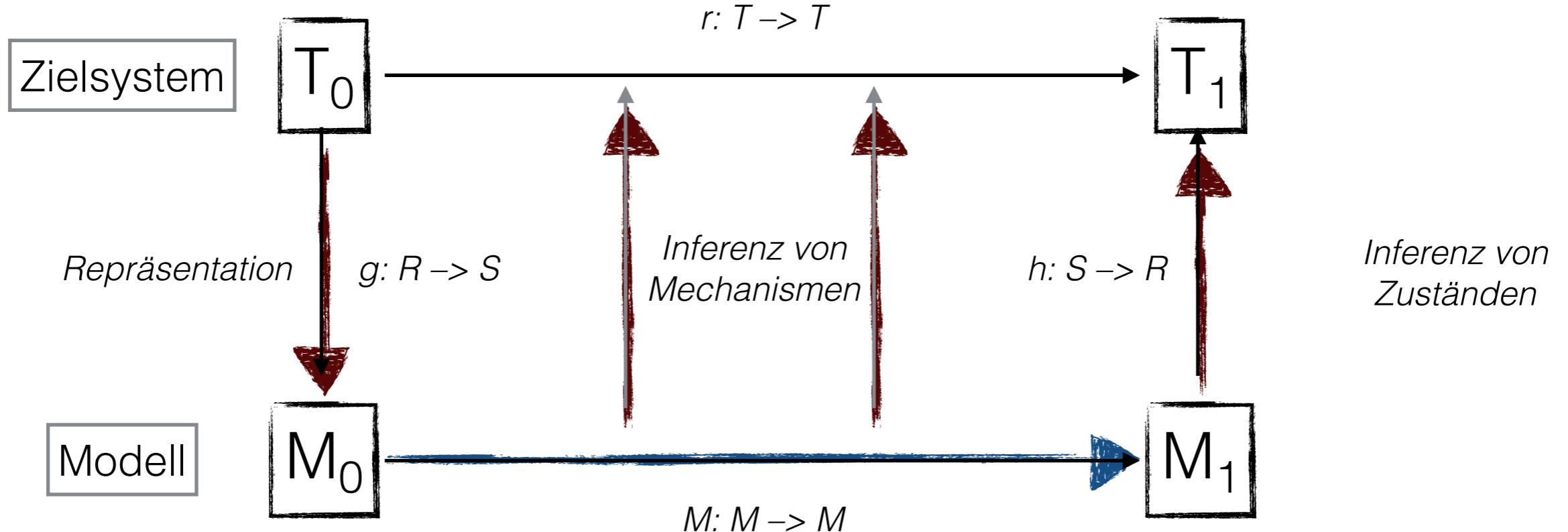
# Ein paar weitere hilfreiche Grundkonzepte I

- Ökonomische Modelle haben i.d.R. ein **Zielsystem**
  - Verhältnis Modell - Zielsystem i.d.R. ein Verhältnis der **Repräsentation**
- Nutzer:innen haben unterschiedliche Vorstellungen wie das Modell zum Ziel korrespondieren soll (**construal**):
  - Assignment: Mapping von Elementen im Modell zu Elementen im Zielsystem
  - Intended scope: welche Aspekte des Ziels sollen überhaupt abgebildet werden?
  - Eng verbunden: **endogene & exogene** Variablen in einem Modell
- Modelle haben unterschiedliche **repräsentative Kapazitäten**
  - **Dynamische Suffizienz**: Fähigkeit zur Reproduktion bestimmter Patterns
  - **Mechanistische Adäquanz**: Möglichkeit zur Explikation bestimmter Mechanismen
- In beiden Dimensionen haben Nutzer:innen potenziell diverse **Erfolgskriterien**

# Ein paar weitere hilfreiche Grundkonzepte II

- Wir unterscheiden eine Hierarchie von Erklärungen:
  - **Vollständige Erklärung** ('how-actual'): vollständige Darstellung der Kausalkette und der Mechanismen, die ein Event hervorgerufen haben
  - **Parzielle Erklärung** ('partial'): Darstellung der für das Auftreten eines Ereignisses wesentlichen Mechanismen und Events
  - **Potenzielle Erklärung** ('how-possibly'): Explikation von Mechanismen und Ereignissen, die ein Phänomen im Prinzip hervorgebracht haben könnten
- Spezifizierung der angestrebten Erklärung auch über den construal

# Verifizierung und Validierung



Verifikation: Testen ob das Modell tut was es soll und was es tut.

Validierung: Testen ob das Modell das Zielsystem 'gut' repräsentiert.

# Verifizierung



*As is often the case, confirming that the model was correctly programmed was substantially **more work** than programming the model in the first place.*



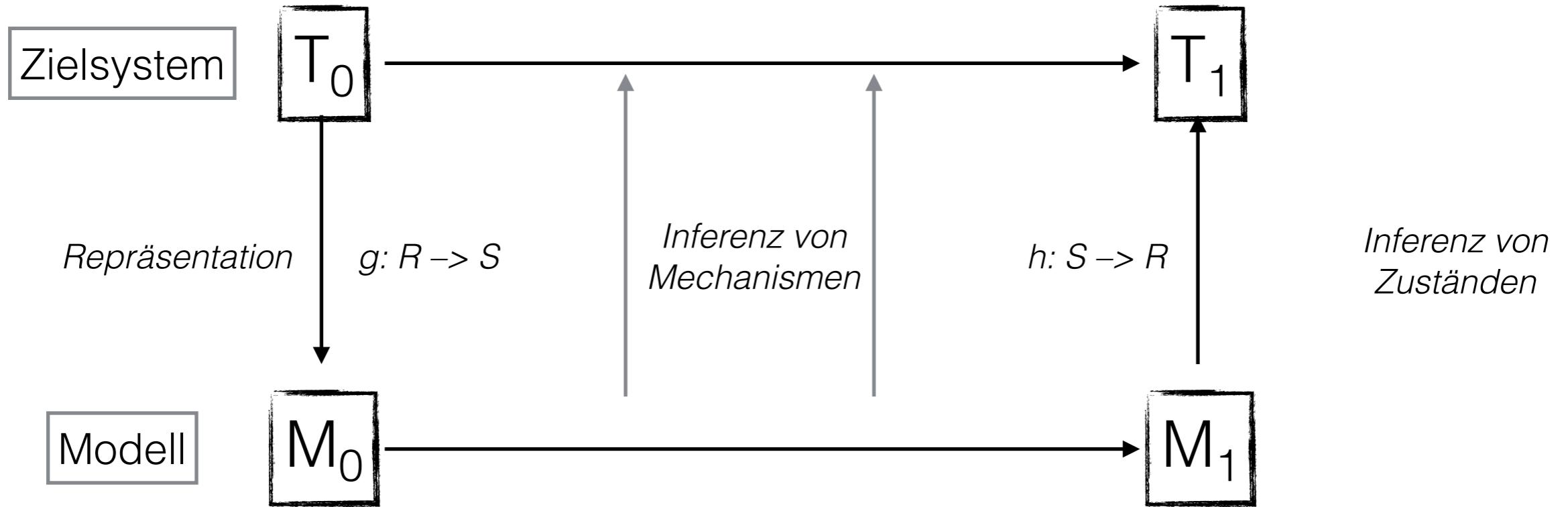
Robert Axelrod (1997)

# Verifizierung



- Wann ist Verifikation einfach?
  - Für einfache und transparente Modelle
  - Je simpler das Modell, desto einfacher die Verifizierung
- Hängt auch von der Art des Modells ab:
  - Die "beste" Form der Verifizierung ist der mathematische Beweis
    - Kein Zweifel, dass aus "A" "B" folgt
- Das ist einer der größten Kritikpunkte an Simulationsmodellen in der VWL
  - Lehtinen & Kuorikoski (2007): *Computing the Perfect Model: Why Do Economists Shun Simulation?*

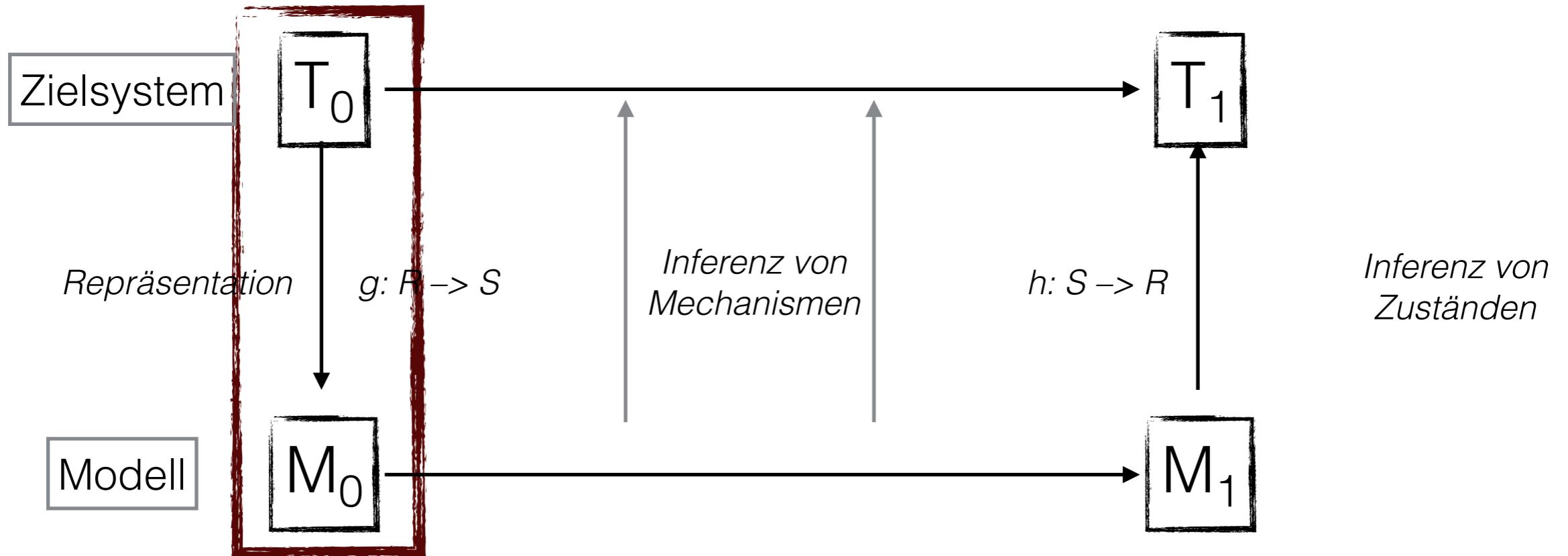
# Validierung I



Vier Arten der Validierung (Tesfatsion, 2017; Gräßner, 2019):

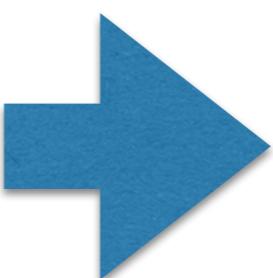
1. Input Validierung
2. Prozess Validierung
3. Deskriptive Output Validierung
4. Vorhersagende Output Validierung

# Validierung II



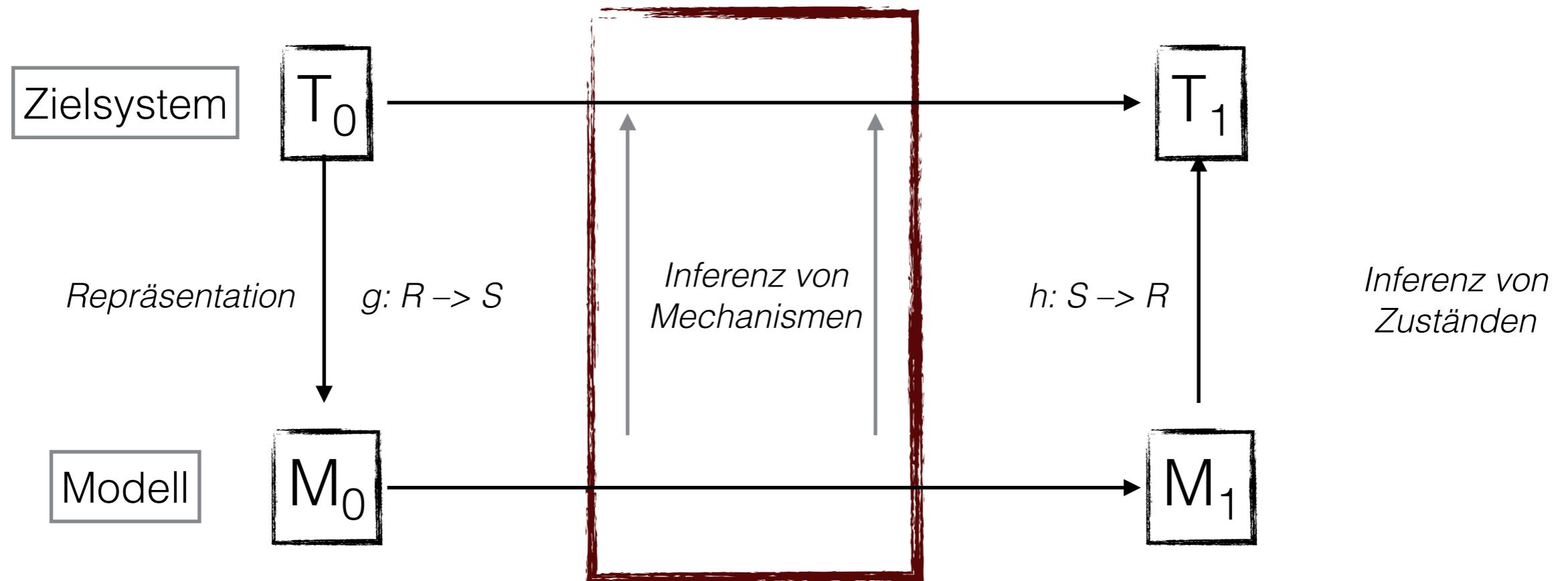
## 1. Input Validierung

- Machen die Zustandsvariablen Sinn?
- Wir können nur vergleichen was explizit abgebildet ist
- Direkte Abbildung besser als "as if" Twists



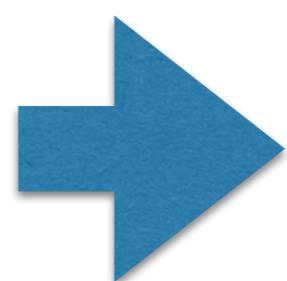
Input-Validierung profitiert von **ausreichend komplexen** Modellen

# Validierung III



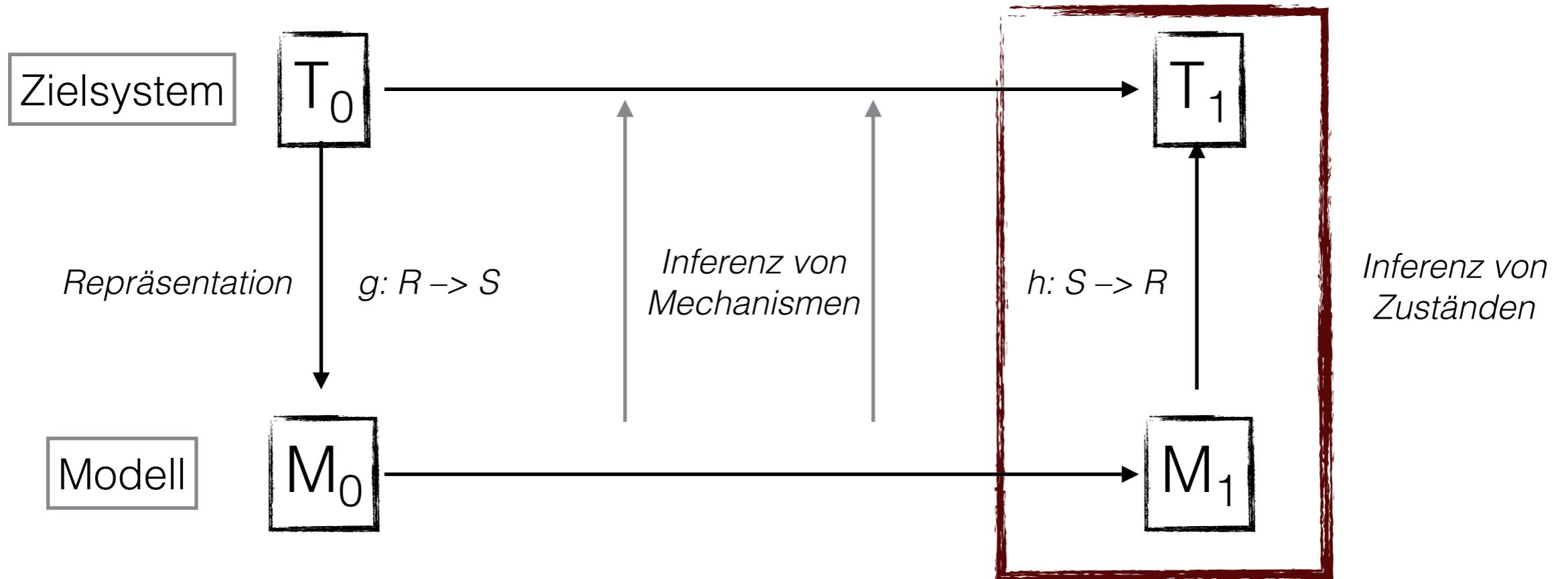
## 2. Prozess-Validierung

- Sind die Mechanismen in  $M$  ähnlich zu denen in  $T$ ?
  - Mechanismen in der Realität umbeobachtbar
  - Funktion-zu-Mechanismus ein 1-zu-N Verhältnis
  - Dennoch viele Plausibilitätstests möglich



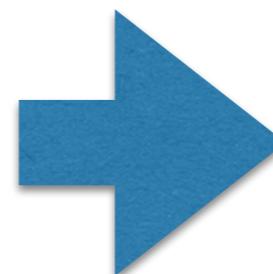
Prozessvalidierung profitiert von expliziter Darstellung und modularem Design

# Validierung IV



## 3. Deskriptive Output-Validierung

- Wie gut können wir das Modell an die Daten Kalibrieren?
- Gefahr: Overfitting und empirische Risikominimierung
- Problem: Equifinalität
- Prominenteste Form der Validierung in der VWL



Ceteris paribus: je komplexer desto besser!

# Präferenzen für bestimmte Arten der Validierung

*But after about five years of doing likelihood*

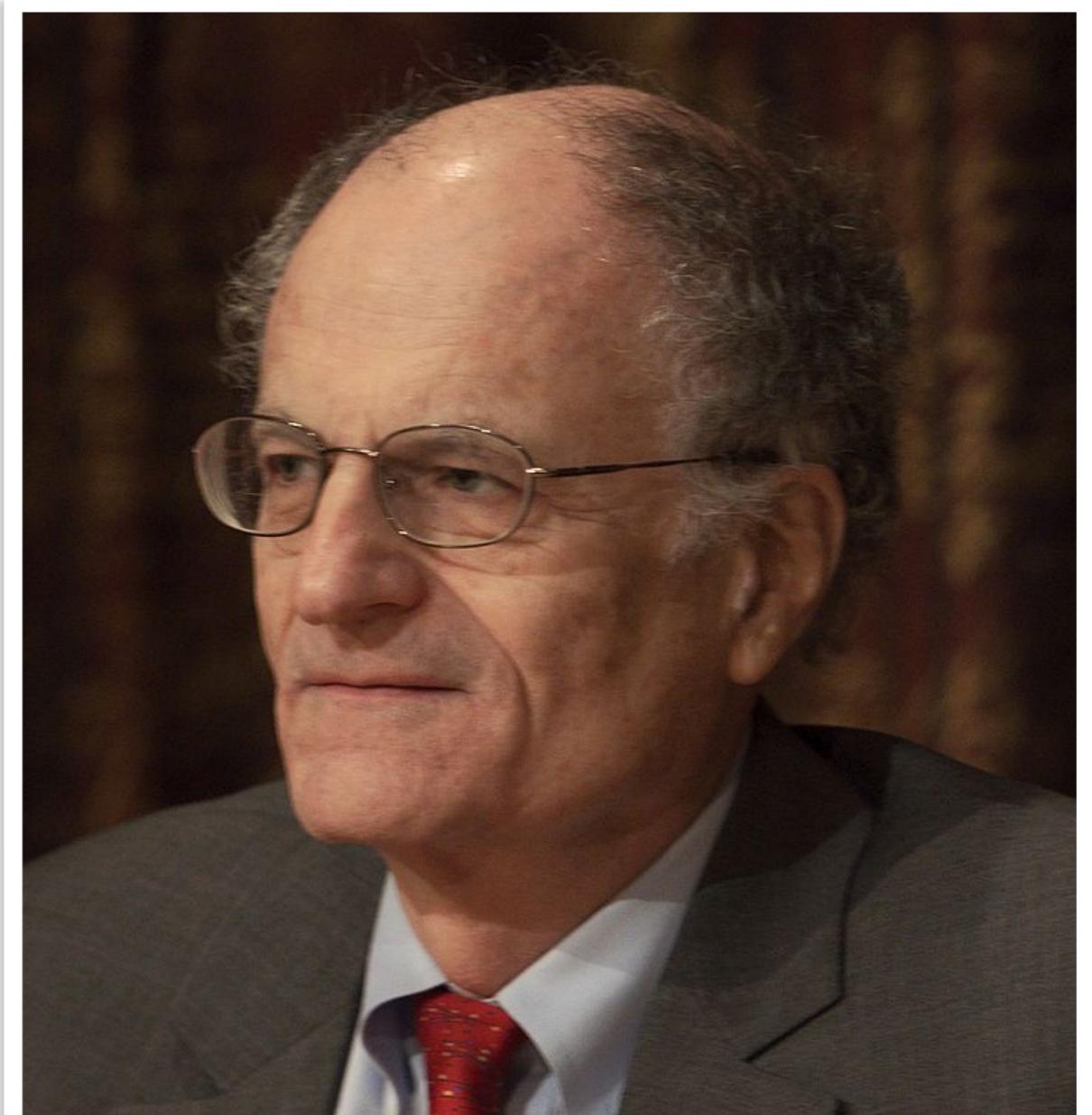
*ratio tests on rational expectations models, I*

*recall Bob Lucas and Ed Prescott both telling*

*me that those tests were rejecting too many*

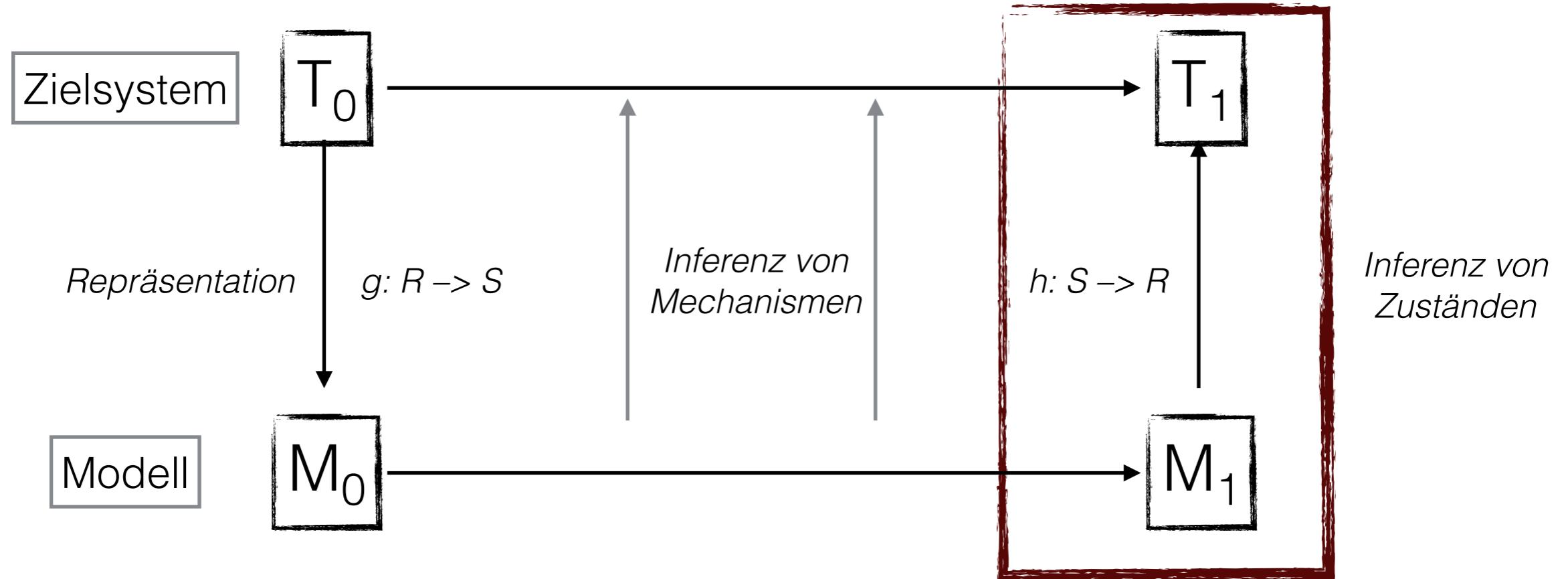
*good models.*

Thomas Sargent (2005)



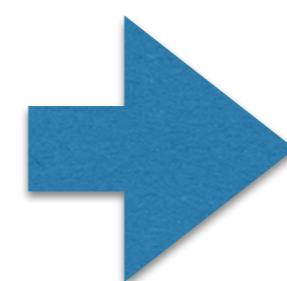
- In unterschiedlichen Forschungsprogrammen gibt es unterschiedliche Vorstellungen davon was eine gute Erklärung ist - und damit Präferenzen für andere Arten der V.

# Validation V



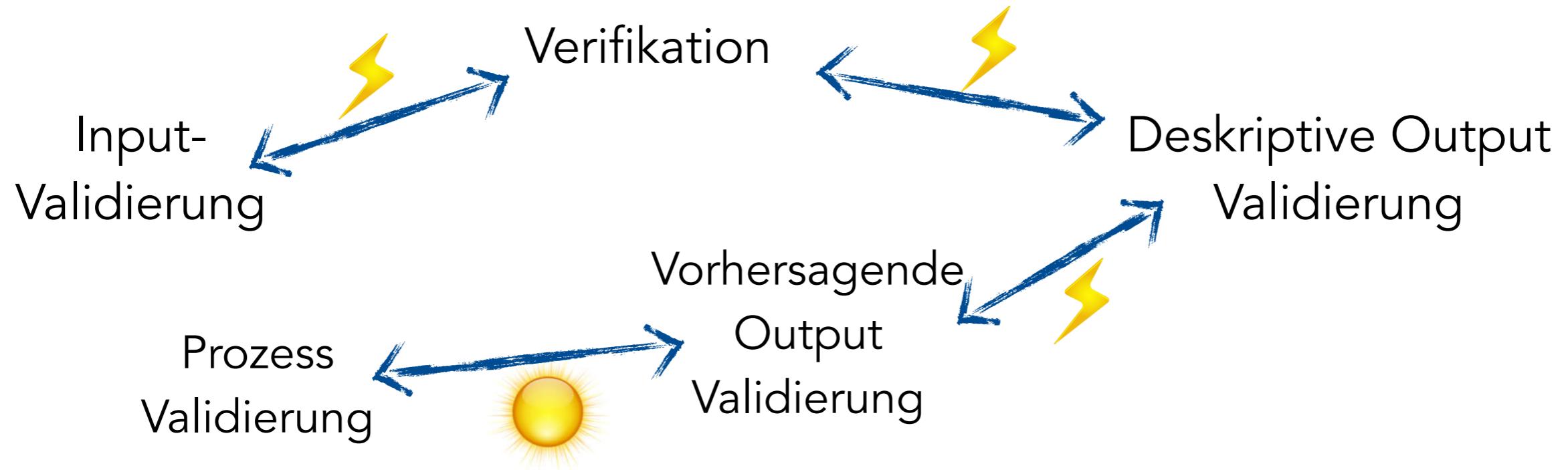
## 4. Vorhersehende Output-Validierung

- Wie gut kann das Modell noch unbekannte Datenpunkte vorhersagen?
- Trainiere das Modell nur auf Trainings-Daten, teste es an Test-Daten
- Noch nicht weit verbreitet, aber großer Trend in ABM



Benötigt viele Daten und ist technisch nicht so einfach.

# Implizierte Trade-Offs für das Modell-Design



- Modelle, die einfach zu verifizieren sind sind häufig schwieriger zu validieren
- Agentenbasierte Modelle zum Beispiel haben...
  - ...einen komparativen Vorteil bei Input- und Prozess Validierung
  - ...einen komparativen Nachteil bei Verifizierung
- Die Tatsache, dass Modellframeworks unterschiedliche Stärken und Schwächen haben birgt Potenzial - Triangulation und Methodenpluralismus

# Wiederholungsfragen

- Welche vier Arten der Modell-Validierung haben wir kennengelernt?
- Was verstehen wir unter 'Overfitting' und für welche Art der Validierung ist das relevant?
- Inwiefern unterscheidet sich Modell-Verifikation von der Modell-Validierung?
- Fassen Sie die Trade-Offs im Design eines Modells zusammen wenn es um die Validierung des Modells geht!
- Warum ist die Unterscheidung zwischen deskriptiver und vorhersagender Validierung so relevant, aber für die klassische Wissenschaftstheorie eine große Herausforderung?

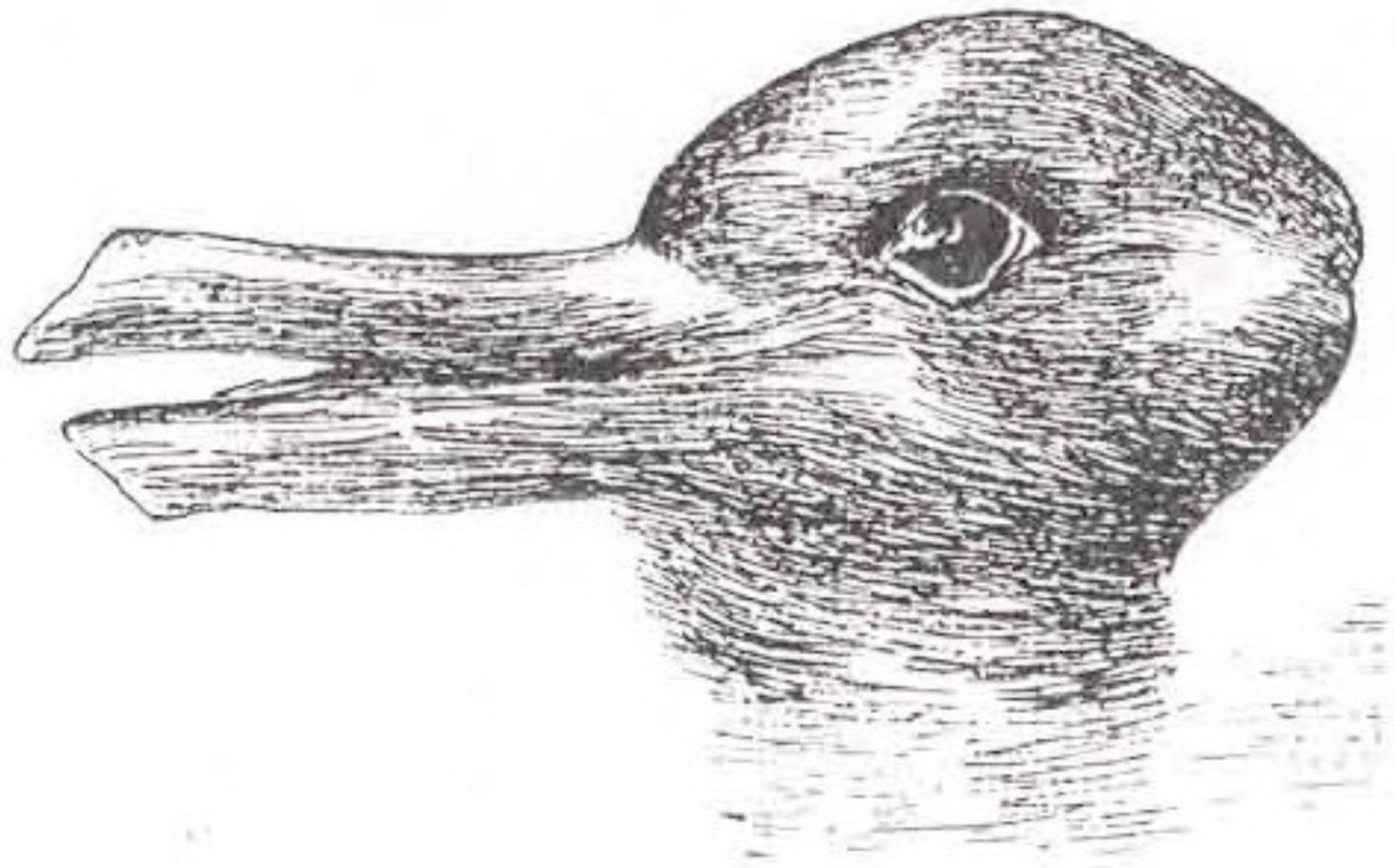
# Beurteilung von Validierungsergebnissen

- Was heißt "gute Repräsentation"?
  - Gutes Ergebnis in Validierungsprozedur
  - Aber welche Validierungsprozedur ist einschlägig?
  - Wie gut muss das Modell abschneiden, damit es "gut" ist?
  - Modelle haben unterschiedliche Zwecke
- Zu jedem Modell gehören auch subjektive Komponenten (zB Weisberg, 2007):
  - **Angestrebter Geltungsbereich** (scope) - wofür soll das Modell gelten?
  - **Gewünschte Zuweisungen** (assignment) - welche Teile des Modells sind wichtig?
  - **Angestrebte dynamische Angemessenheit** - wie gut soll das Modell zu Daten passen?
  - **Angestrebte mechanistische Adäquanz** - wie gut soll es Mechanismen repräsentieren?
- Zugeständnis an das subjektive Element beim Modellieren - und mögliche Immunisierung gegen Kritik? → Wichtige Unterschiede zwischen Forschungsprogrammen

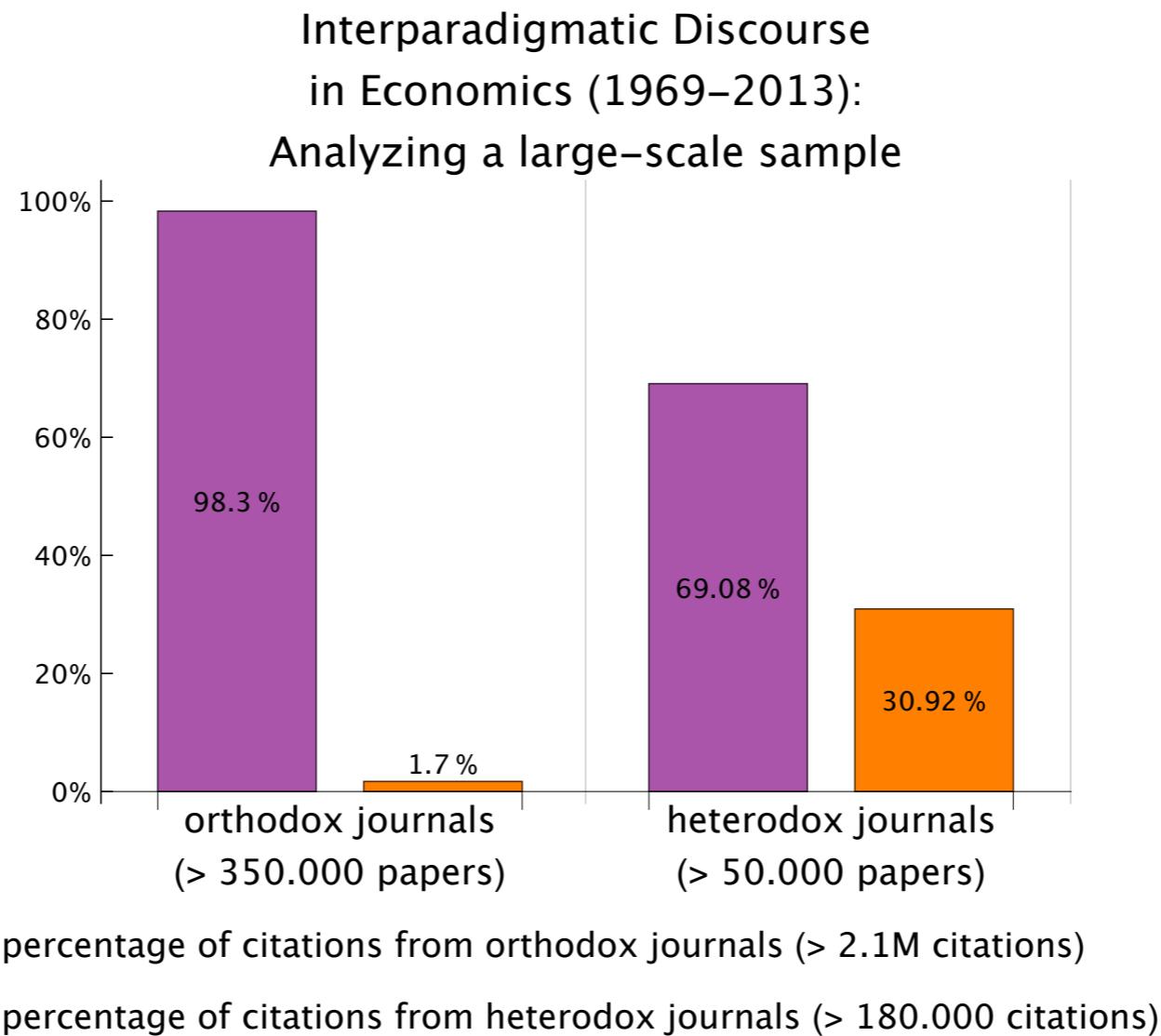
# Forschungsprogramme in der Ökonomik

- Wissenschaftliche Forschung ist ein soziales Unterfangen → Forschung findet in Gruppen statt ('epistemische Communities')
- Innerhalb einer Community gibt es implizite Abmachungen darüber was Kernannahmen guter Forschung sind
  - Betrifft pragmatische und meta-theoretische Annahmen
  - Auch: präferiert Art des Modell-Designs und der Validierung
  - 'Maximization-cum-Equilibrium' in der Neoklassik vs. 'Disequilibrium' und 'bounded rationality' in der evolutirischen Ökonomik
- Thomas Kuhn: 'Paradigmen' → Imre Lakatos: 'Forschungsprogramme'
  - Harter Kern vs. Hilfsannahmen
  - Mit dem harten Kern inkonsistente Erklärungen werden von der Community i.d.R. nicht anerkannt → vereinfacht Kommunikation

# Forschungsprogramme in der Ökonomik

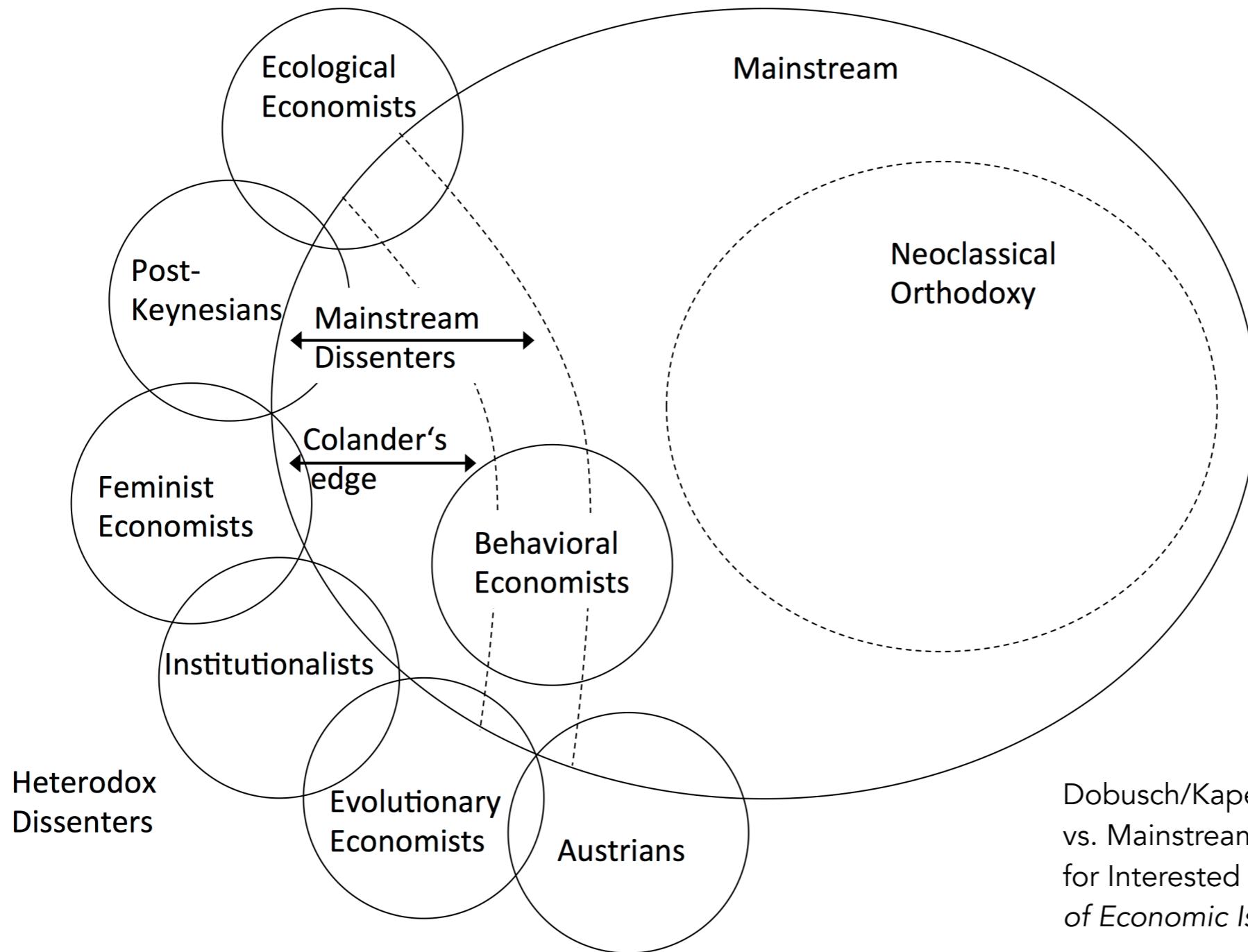


# Forschungsprogramme in der Ökonomik



Aistleitner/Kapeller/Steinerberger (2019): Citation Patterns in Economics and Beyond. *Science in Context (forthcoming)*

# Forschungsprogramme in der Ökonomik



Dobusch/Kapeller (2012): Heterodox United vs. Mainstream City? Sketching a Framework for Interested Pluralism in Economics. *Journal of Economic Issues*, 46(4): 1035-1057.

# Zusammenfassung

- Modelle sind eine weit verbreitete Art und Weise Zielsysteme zu untersuchen
- Grenzen sich von der abstrakt-direkten Analyse durch ein indirektes Vorgehen aus ('surrogatives Denken')
- Verwendung von Modellen mit wichtigen subjektiven Element
- Modell-Verifikation  $\neq$  Modell-Validierung
- Wir haben vier Arten der Validierung unterschieden
- In unterschiedlichen Forschungscommunities gibt es unterschiedliche Präferenzen für (unterschiedliche) Modelle
  - Die Kernelemente der Modelle unterscheiden sich über die Communities hinweg
  - Im Laufe der Veranstaltung werden wir makroökonomische Modelle aus unterschiedlichen Forschungsprogrammen kennen lernen

# Wiederholungsfragen

- Was verstehen wir unter einem Forschungsprogramm?
- Was ist der 'harte Kern' eines Forschungsprogramms?
- Welche zentrale Herausforderung wird durch das Bilden von *epistemic communities* adressiert?
- Welche Gefahr besteht bei zu starker Selbstorganisation in Forschungsprogrammen?
- Welche vier Arten der Modell-Validierung haben wir kennengelernt?
- Welchen Bezug haben die Validierungsmethoden zur Idee des Forschungsprogramms?
- Fassen Sie die Trade-Offs im Design eines Modells zusammen wenn es um die Validierung des Modells geht!