

# Advanced Macroeconomics

## Agentenbasierte Makroökonomik

Termin 11

**Claudius Gräbner**

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

Johannes Kepler University Linz  
Institute for Comprehensive Analysis of the Economy (ICAE)  
[www.claudius-graebner.com](http://www.claudius-graebner.com) | [www.uni-due.de](http://www.uni-due.de) | [www.jku.at/icae](http://www.jku.at/icae)

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

*Open-Minded*

**ifso**  
institute for  
socio-economics

# Agenda

1. Was ein agentenbasiertes Makro-Modell ausmacht
2. Design-Elemente eines agentenbasierten Makro-Modells
3. Anwendungsbeispiel: Schumpeter-meeting-Keynes
4. Stock-flow-konsistente agentenbasierte Modelle
5. Abschluss und Ausblick

**Was ein agentenbasiertes Makro-Modell ausmacht**

“The very complexity that has made a theory of the decision-making process essential has made its construction exceedingly difficult. [...] It seemed almost utopian to suppose that we could put together a model of adaptive man that would compare in completeness with the simple model of classical economic man. [...]

The modern digital computer has changed the situation radically. It provides us with a tool of research—for formulating and testing theories—whose power is commensurate with the complexity of the phenomena we seek to understand. [...]

As economics finds it more and more necessary to understand and explain disequilibrium as well as equilibrium, it will find an increasing use for this new tool and for communication with its sister sciences of psychology and sociology.”

Herbert Simon (1959, S. 280)

# Ursprung und Kernelemente von ABM

- Als in den 1970ern in der Ökonomik die Rational Expectations Revolution begann, entstand außerhalb das Konzept der agentenbasierten-Modellierung
- Seit den 2000ern wurde diese Methode verstärkt auf makroökonomische Fragen angewandt → agentenbasierte Makroökonomik / MABM
- Kernelemente:
  - **Heterogene und autonome** Agenten mit **Routinen** zum Verhalten und zur Erwartungsbildung interagieren direkt in einer simulierten Ökonomie
  - **Interaktion** und (natürliches sowie institutionelles) Umfeld über Interaktionsprotokolle spezifiziert
  - Analysiert werden sowohl **Mikro-, Meso-, also auch Makro**variablen
  - **Dynamik** ergibt sich aus direkter Interaktion, es gibt keine a priori Gleichgewichtsannahme → Vielzahl an Attraktoren möglich
  - Keine top-down / zentralisierte Kontrolle → **Emergenz und Selbstorganisation** im Fokus

# Abgrenzung zum herkömmlichen DSGE-Ansatz

- Zahlreiche Besonderheiten des ABM-Ansatzes in der Makroökonomik korrespondieren zu Kritikpunkten am DSGE Ansatz:
  - **Aggregationsprobleme** im Kontext heterogener Agenten → simulationsbasierte direkte Interaktion heterogener und autonomer Agenten
  - A priori-Gleichgewichtsannahme ohne Konvergenz zum Gleichgewicht zu betrachten → **generative Ableitung** der Makro-Dynamiken von Modell-Annahmen und Betrachtung der Voraussetzung für erfolgreiche Selbst-Organisation zum Gleichgewicht
  - Fehlende Betrachtung von Ungleichgewichtsprozessen → simulationsbasierter Ansatz mit Fokus auf **Ungleichgewichtsdynamiken**
  - **Akteursbild** des *homo oeconomicus* ohne wirklichen experimentellen Support → Motivation von Akteursannahmen direkt aus der Psychologie, Soziologie, Behavioral Econ
  - Treiber der Dynamik sind exogene Schocks → Fokus ist auf **endogenen Dynamiken** ('Emergenz') und Selbst-Organisation

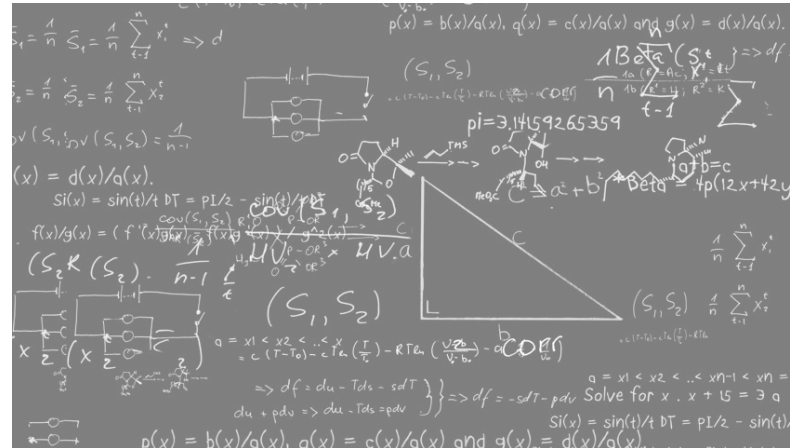
# Wissenschaftsphilosophische Einordnung

## Arten von Modellen

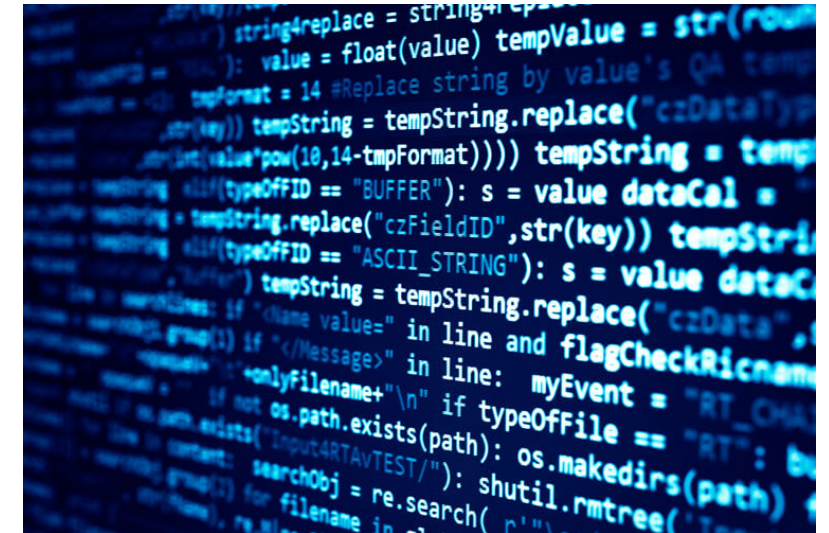
### Konkrete Modelle



### Mathematische Modelle



### Algorithmische Modelle



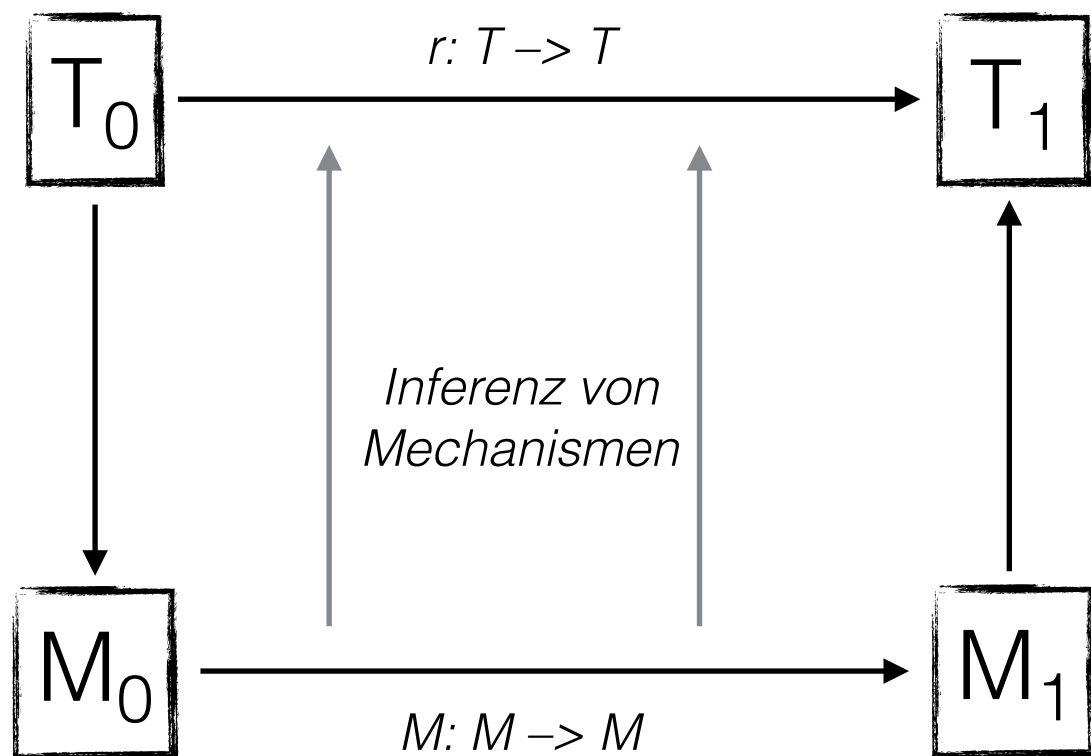
- Als algorithmische Modelle ist der epistemische Kern von ABM ein Set an Prozeduren und Software-Objekten → Objekte und Mechanismen
- Fokus auf Generation von Dynamiken, nicht Charakterisierung von Gleichgewichten
- Simulation über Computer: große repräsentative Kapazitäten, aber auch: epistemische Verdecktheit ('epistemic opacity')



# Wissenschaftsphilosophische Einordnung

## Verifizierung und Validierung

- ABM sind algorithmischen, DSGE mathematische Modelle
  - Unterschied ist nicht, dass sie in Gleichungen ausgedrückt werden können
  - Unterschied im Ausgangspunkt der Erklärung und Erklärungspraxis
- Beide können also unterschiedliche Antworten auf einen Trade-Off zwischen Verifikation und Validierung angesehen werden:



- ABM sind generativ, haben größere repräsentative Kapazitäten und können, bzw. werden in der Praxis breiter validiert
- DSGE passen sich besser in einen breiteren Modellrahmen ein und sind angeblich leichter zu verifizieren → gilt wohl nicht für 95-Gleichungs-Varianten



# Zentrale Schritte der Modell-Konstruktion

- Das Nelson & Winter Modell (T9) gilt als eines der ersten ökonomischen ABM
  - Fokus auf Multi-Level Validierung bis heute Kernelement des Ansatzes
- Praktisches Vorgehen beim Design eines ABM:
  - Spezifizierung des Zielsystems und Modell-Construals → bestimmt Agententypen, (endogene sowie exogene) Variablen des Modells sowie Interaktionsprotokolle
  - Formulierung der dem Modell zugrundeliegenden Theorie in formaler Sprache
  - Übersetzung in Computer-Code
  - Verifizierung der Implementierung des Modells
  - Parametrisierung (Kalibrierung oder Schätzung) des Modells
  - Durchführung künstlicher Experimente und Interpretation des Modells
- Im Folgenden: Bausteile moderner Makro-ABM, dann Anwendungsbeispiel
  - Zahlreiche Beispiele finden sich im Dawid & Delli Gatti (2018) Review

# Wiederholungsfragen

- Was macht ein MABM aus (bzw. was sind die Kernelemente dieses Ansatzes)?
- Welchen unterschiedlichen Modell-Arten lassen sich MABM und DSGE Modelle zuordnen?
- Gebt vier Beispiele für Unterschiede zwischen ABM und DSGE-Modellen und erläutert wie diese Abgrenzung zu Kritikpunkten am DSGE Ansatz korrespondieren.
- Was hat es mit dem Verifizierungs-Validierungs-Trade-Off auf sich und was hat das mit MABM zu tun?
- Welche Schritte umfasst die Konstruktion und Analyse eines MABM typischerweise?
- Inwiefern werden MABM vom ökonomischen Mainstream akzeptiert?

# **Design-Elemente in makroökonomischen ABM**

# Überblick über die zentralen Bestandteile

- Anders als bei DSGE Modellen gibt es keinen allseits geteilten theoretischen Kern → Ko-Existenz verschiedener ABM-‘Familien’
  - Es gibt also keinen Konsens über Entscheidungs-Algorithmen oder Interaktionsprotokolle
- Die folgenden Typen von Agenten finden sich regelmäßig in MABM:
  1. Haushalte
  2. Firmen
  3. Banken
  4. Regierungen & Zentralbanken
- Man unterscheidet zwischen small-, medium- und large-scale ABM
- Je nach Fokus unterscheidet man ABM für die kurze Frist oder integrativen ABM für die kurze und lange Frist, bzw. Single- oder Multi-Country-ABM
- Im Folgenden: grober Überblick über Elemente, danach Anwendungsbeispiel

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Haushalte - Übersicht

- Haushalte bieten auf dem Arbeitsmarkt ihre Arbeitskraft den Firmen an
- Haushalte ohne Beschäftigung erhalten oft ein Arbeitslosengeld vom Staat
- Haushalte besitzen die Firmen → erhalten Dividenden
- Haushalte kaufen Konsumgüter
- Einkommen, das nicht für Konsum ausgegeben wird wird auf Girokonten gespart oder für andere finanzielle Assets ausgegeben → Vermögen
- Zentrale Frage: wonach bestimmt sich Nachfrage nach Konsumgütern?
  - DSGE: Intertemporale Optimierung
- In der Regel wird in ABM ein zweischrittiges Verfahren implementiert:
  - Wie viel Geld steht für Konsum zur Verfügung?
  - Für was genau wird dieses Budget ausgegeben?

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Haushalte - Bestimmung des Konsum-Budgets

- Im folgenden wird jeweils ein Beispiel für einen möglichen Entscheidungsalgorithmus eingeführt → further readings für mehr Alternativen
- Allgemein gilt:

$$C_{h,t} = c_h W_{h,t}^h + c_f W_{h,t}^f$$

- $W_{h,t}^f$  als finanzielles Vermögen,  $W_{h,t}^h$  als Humankapital,  $c_h, c_f \in [0,1]$  als Konsumneigung → Konsum als lineare Funktion des Vermögens

$$W_{h,t}^f = \hat{R} W_{h,t-1}^f + Y_{h,t} - C_{h,t}$$

- Ersparnisse korrespondieren zur Differenz von finanziellem Vermögen:

$$S_{h,t} = W_{h,t}^f - W_{h,t-1}^f$$

$$S_{h,t} = Y_{h,t} + \left( \hat{r} - c_f \right) W_{h,t-1}^f - c_h W_{h,t}^h$$

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Haushalte - Bestimmung des Konsum-Budgets

- In manchen Modellen gibt es keine Vermögensakkumulation:

$$C_{h,t} = Y_{h,t}$$

- Eine experimentell gut fundierte Variante definiert ein Vermögen-zu-Einkommens-Verhältnis  $\omega^f$  und eine Anpassungsgeschwindigkeit  $v$ :

$$S_{h,t} = v \left( \omega^f Y_{h,t} - W_{h,t}^f \right)$$

- Daraus ergibt sich folgendes Konsum-Budget:

$$C_{h,t} = (1 - v\omega^f) Y_{h,t} + vW_{h,t}^f$$

- Dieses Vorgehen wird in vielen Modellen noch erweitert um Aspekte wie Konsumentenstimmung oder Beschäftigungsstatus
- Beispiel für Orientierung an Mikro-Evidenz



# Zentrale Bestandteile von MABM

## Haushalte - Bestimmung der zu konsumierenden Güter

- Wenn es heterogene Konsumgüter gibt, dann entscheiden Konsument:innen in der Regel zufällig
- Für die Wahrscheinlichkeit gilt z.B.

$$\mathbb{P} [h \text{ kauft Gut } i] = \frac{\exp(-\gamma \log P_{i,t})}{\sum_j \exp(-\gamma \log P_{j,t})}$$

- Wobei  $\gamma$  ein Parameter für die Intensität des Preiswettbewerbs darstellt
- Auch hier gibt es zahlreiche Ergänzungen, z.B. Präferenz für Güter aus der Heimatregion
- Auch diese Formulierung stützt sich auf empirische Mikro-Evidenz aus der Marketing-Literatur

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Haushalte - Bestimmung des Arbeitsangebots

- Ein Haushalt kann bis zu eine Einheit an Arbeitskraft anbieten
- Hier ist das Verhalten in den Modellen recht heterogen
  - Haushalte haben einen endogenen oder exogenen Reservationspreis
  - Matching zwischen Firmen und Haushalten potenziell Netzwerk-basiert und unvollständig
- Einige Modelle arbeiten auch mit haushalts- oder firmenspezifischen Fähigkeiten, die den "Marktwert" der Arbeit beeinflussen

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Haushalte - Nachfrage nach finanziellen Assets

- In small-scale MABM können Haushalte finanzielles Vermögen nur in der Form von Bargeld halten
- In größere Modellen gibt es mindestens ein weiteres finanzielles Asset
  - Beispiel: Girokonten, Aktien, Staatsanleihen, etc.
- Je nach Assets erhalten Haushalte dann auch Zinsen und/oder Dividenden
- Preise finanzieller Assets werden in der Regel über einen Clearing-House Mechanismus modelliert
  - In sich recht komplexes Feld mit enger Anbindung an die Behavioral Finance Literatur

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Firmen - Übersicht

- Wir unterscheiden Konsumgut-Firmen  $F_c$  (FC) und Kapitalgut-Firmen  $F_k$  (FK)
  - FC: Arbeit und Kapitalgüter als Inputs → Konsumgüter als Output
  - FK: Arbeit als Input → Kapitalgüter als Output
- Firmen haben Preissetzungsmacht → Oligopole / Monopol. Wettbewerb
  - Firmen setzen Preise und Mengen
  - Gewünschter Output determiniert Nachfrage nach Inputfaktoren
- Wenn interne Mittel nicht ausreichen um gewünschte Produktionskosten zu decken werden Kredite bei den Banken nachgefragt
- Aber nicht immer kann das gewünschte Level an Output realisiert werden
  - Nicht genügend Kapitalgüter oder Mitarbeiter zum gewünschten Preis verfügbar
- Ausdruck echter Unsicherheit: auch aufgrund sequenzieller Aktivität ist es unmöglich optimale Erwartungen zu entwickeln

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Firmen - Angebot an Konsumgütern

- Zentrale Frage: wie setzen Firmen Preise und Mengen?
- Allgemeiner Ansatz:
  - Beginne mit Preis-Mengen Kombination  $(P_{i,t}, Y_{i,t})$  und beobachte tatsächliche Verkäufe  $Q_{i,t} = \min(Y_{i,t}, C_{i,t})$  und Durchschnittspreis  $\bar{P}_t$
  - Wenn  $Q_{i,t} = C_{i,t} < Y_{i,t} \rightarrow$  Aufbau von Inventories  $\Delta_{i,t} = Y_{i,t} - C_{i,t}$  (ggf.  $\Delta_{i,t}^*$  gewünscht)
  - Zwei Marktsignale: zu viele/wenige Inventories und Über- oder Unterpreisung
- Die gewünschten Werte für  $t + 1$  bilden sich dann:

$$Y_{i,t+1}^* = \begin{cases} Y_{i,t} (1 + \eta^Y) & \text{if } \Delta_{i,t} < \Delta_{i,t}^* \text{ and } P_{i,t} > \bar{P}_t, \\ Y_{i,t} (1 - \eta^Y) & \text{if } \Delta_{i,t} > \Delta_{i,t}^* \text{ and } P_{i,t} < \bar{P}_t \end{cases}$$

$$P_{i,t+1}^* = \begin{cases} P_{i,t} (1 + \eta^P) & \text{if } \Delta_{i,t} < \Delta_{i,t}^* \text{ and } P_{i,t} < \bar{P}_t, \\ P_{i,t} (1 - \eta^P) & \text{if } \Delta_{i,t} > \Delta_{i,t}^* \text{ and } P_{i,t} > \bar{P}_t \end{cases}$$

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Firmen - Angebot an Konsumgütern

- Alternative Variante auf Basis der Management Literatur, die auch charakteristisch für das konstruktive Design der Agenten ist:
- Firmen sammeln Infos über Marktgröße in den  $\tau$  vergangenen Perioden
- Die Firma schätzt ein lineares Regressionsmodell mit Marktgröße als abhängiger und Wachstum als unabhängiger Variable
  - Damit wird dann die zukünftige Marktgröße vorhergesagt
- Um den Preis zu setzen betreibt die Firma Forschung:
  - Befragung von einer Stichprobe an Konsument:innen über Zahlungsbereitschaft
  - Auf Basis des Ergebnis schätzt die Firma den erwarteten Umsatz für verschiedene Preise
  - Dann setzt sie den Preis, der erwarteten Profit maximiert
- Auch dieses Verhalten folgt zentralen Ergebnissen der Management- und Marketing-Literatur

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Firmen - Angebot und Nachfrage nach Kapitalgütern

- FK produzieren ihren Output ausschließlich mit Arbeit als Produktionsfaktor
- In einer Variante schicken diese Firmen Prospekte an zufällig ausgewählte FC
  - Kapitalgüter unterscheiden sich gemäß Produktivität und Preis
- Die FC wählen die Kapitalgüter, die mit den geringsten erwarteten Stückkosten einhergehen
- Der Kapitalgutsektor ist häufig der Bereich, in dem Innovation stattfindet



# Zentrale Bestandteile von MABM

## Firmen - Produktionstechnologie

- Auch die Modellierung von Produktionstechnologien ist relativ heterogen, je nach dem welche Rolle technologischer Wandel spielt

- Lang- oder kurzfristige Dynamiken im Fokus?

- Beispiel: FK geben einen Teil ihres Umsatzes für R&D aus:  $RD_{k,t}$

- Wahrscheinlichkeit für erfolgreiche Innovation oder Imitation:

$$\pi_{k,t} = 1 - \exp(-\zeta RD_{k,t})$$

- Bei erfolgreicher Innovation hat die Firma Zugriff auf neue Technologie mit

Produktivität  $A_k^{v+1} = A_k^v \left( 1 + x_{k,t}^A \right)$

- $x_{k,t}^A \propto \mathcal{B}(\alpha, \beta)$ , wobei der Parameter  $\alpha$  den allgemeinen Stand der technischen Entwicklung repräsentiert und  $\beta$  exogen ist

- Diverse Varianten berücksichtigen z.B. Skills der angestellten Arbeiter:innen

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Firmen - Nachfrage nach Arbeit

- Die Nachfrage nach Arbeit bestimmt sich durch den gewünschten Output und aktuellen Kapitalstock
- Die Nachfrage nach Arbeit wird dabei direkt der firmen-spezifischen Produktionsfunktion entnommen → meist Leontief-Produktionsfunktion
- In der Regeln geben die Firmen 'Annoncen' mit dem gebotenen Lohn an und die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Haushalt für die Stelle entscheidet hängt vom Lohn ab
  - Hier werden häufig auch Such-Friktionen, etc. Berücksichtigt
- In jedem Fall gibt es fast immer Koordinationsprobleme → unfreiwillige Arbeitslosigkeit

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Firmen - Nachfrage nach Krediten

- Meist sind Firmen die einzigen Nachfrager von Krediten
  - Konsumkredite für Haushalte bislang kaum Thema
- Der empirischen Literatur folgend versuchen Firmen laufende Kosten und Investments zunächst mit internen Mitteln zu finanzieren
- Wenn die Kosten größer sind als die Eigenmittel wird ein Kredit in Höhe dieser Finanzierungslücke nachgefragt
  - Ob der Kredit tatsächlich genehmigt wird, hängt von der Entscheidung der jeweiligen Bank ab (s.u.)

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Banken - Zinssatz und Kreditvergabe

- Der Finanzmarkt ist je nach Fokus eher einfach oder komplex
  - Gerade in monetären ABM gibt es endogene Kreditnetzwerke und die Berücksichtigung von sich endogen entwickelndem systemischem Risiko
- In allen Fällen bieten die Banken Girokonten für Sichteinlagen an
  - Der Zinssatz orientiert sich am durch die Zentralbank gesetzten Zinssatz
- Zudem werden Kredite an die Firmen vergeben, manchmal auch an Banken
  - Darüber hinaus stellt sich die Frage nach (a) der Akzeptanz des Kredits (b) dem verlangten Zinssatz
  - Dabei wird immer eine Sicherheit in Form von Inventories und Kapitalgütern verlangt
- Der Zinssatz ist manchmal ein fixer Markup über dem Zinssatz der Zentralbank
  - Manchmal aber auch eine recht komplexe Funktion vom erwarteten Gewinn und der geschätzten Ausfallwahrscheinlichkeit des Kredits

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Banken - Zinssatz und Kreditvergabe

- Die meisten MABM haben eine Finanzmarktregulierung im Sinne der Basel-Regelungen

- Das Eigenkapital der Bank  $E_{b,t}$  muss immer einen gewissen Anteil an den vergebenen Krediten (bzw. 'risky assets'  $RA_{b,t}$ ) ausmachen
- Leverage des Bank  $b$  in  $t$ :

$$\lambda_{b,t} = \frac{RA_{b,t}}{E_{b,t}}$$

- Die institutionelle Beschränkung von Krediten ist gegeben durch  $RA_{b,t} \stackrel{!}{\leq} \lambda_b^* E_{b,t}$
- Darüber hinaus individuelle Beschränkung ( $\rightarrow$  'credit rationing'):
  - Firmen werden im Sinne ihre Verkäufe und Eigenkapitals bewertet und der Reihe nach bis zur Obergrenze der Bank 'bedient'

# Zentrale Bestandteile von MABM

## Der Staat und Zentralbanken

- Die Zentralbank setzt den allgemeinen Zinssatz häufig gemäß einer Taylor-Regel mit langfristigem Ziel-Zinssatz  $r^T$ :

$$r = \max \left[ r^T + \gamma_{\pi} (\pi - \pi^T) + \delta_y (y - y^T), 0 \right]$$

- $\pi^T$  als Inflationsziel und  $y^T$  als Outputziel,  $\gamma_{\pi}$  und  $\delta_y$  als Sensitivitätsparameter
- Staaten erheben Steuern, zahlen Transferleistungen und übernehmen staatliche Leistungen
  - Z.B.: Staatliche Forschung, Subventionen, etc. → Je nach Fragestellung

# Überblick

	Haushalte	Firmen	Banken
Konsumgüter	Nachfrager	Anbieter	
Kapitalgüter		Anbieter & Nachfrager	
Arbeit	Anbieter	Nachfrager	
Kredite		Nachfrager	Anbieter
Assets	Nachfrager		Anbieter

Darüber hinaus gibt es noch die Regierung und die Zentralbank, sowie je nach Modell weitere spezielle Märkte oder Agentenklassen



# Abschließende Kommentare

- ABM weisen zahlreiche Freiheitsgrade aus
- Unterschiedliche Bereiche häufig sehr unterschiedlich komplex modelliert
- Je nach Fragestellung und Fokus des Modells, z.B.:
  - Regulierung von Finanzmärkten und Rolle finanzieller Instabilität
  - Technologischer Wandel, Innovation und Wachstum
  - Experimental'labor' für Fiskal- oder Geldpolitik
  - Ökonomische Bedeutung sozialer Dynamiken wie Lernen, Nachahmung, Einfluss, etc.
- Insgesamt ist es ein sehr vielfältiges Feld
  - Deutlich weniger Standards als in der DSGE Literatur
- Da das Feld recht jung ist bleiben viele Fragen noch unbearbeitet
  - Z.B.: räumliche Ungleichheiten, Produktinnovation, demographische Dynamiken,...
- Zudem: viel Forschung zur möglichen Validierung der Modelle

# Wiederholungsfragen

- Wie kann man MABM in unterschiedliche Gruppen einordnen?
- Welche Agententypen gibt es typischerweise in MABM?
- Auf welchen Märkten interagieren diese Agenten miteinander? Was ist ihre jeweilige Rolle?
- Gebt zwei Beispiele dafür wo das Verhalten von individuellen Agenten in MABM unmittelbar durch die spezialisierte Literatur inspiriert wird.
- Welche Arten von Firmen werden typischerweise unterschieden?
- Welche zwei Schritte umfasst das Entscheidungsproblem von Haushalten bezüglich ihres Konsums?
- Welche zwei Variablen müssen Firmen setzen? Gebt ein Beispiel dafür wie das in MABM implementiert werden kann.

**Anwendungsbeispiel:**  
**Das Keynes-meets-Schumpeter Grundmodell**

# Anwendungsbeispiel für ein MABM

## Das Keynes-meets-Schumpeter-Modell

- Das Modell gilt als medium-scale MABM
- Pluraler Ansatz: evolutorische und post-Keynesianische Elemente

Journal of Economic Dynamics & Control 34 (2010) 1748–1767



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Economic Dynamics & Control

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jedc](http://www.elsevier.com/locate/jedc)



Schumpeter meeting Keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles

Giovanni Dosi<sup>a,b,\*</sup>, Giorgio Fagiolo<sup>a</sup>, Andrea Roventini<sup>c,a</sup>

<sup>a</sup> Laboratory of Economics and Management, Sant'Anna School of Advanced Studies, Pisa, Italy

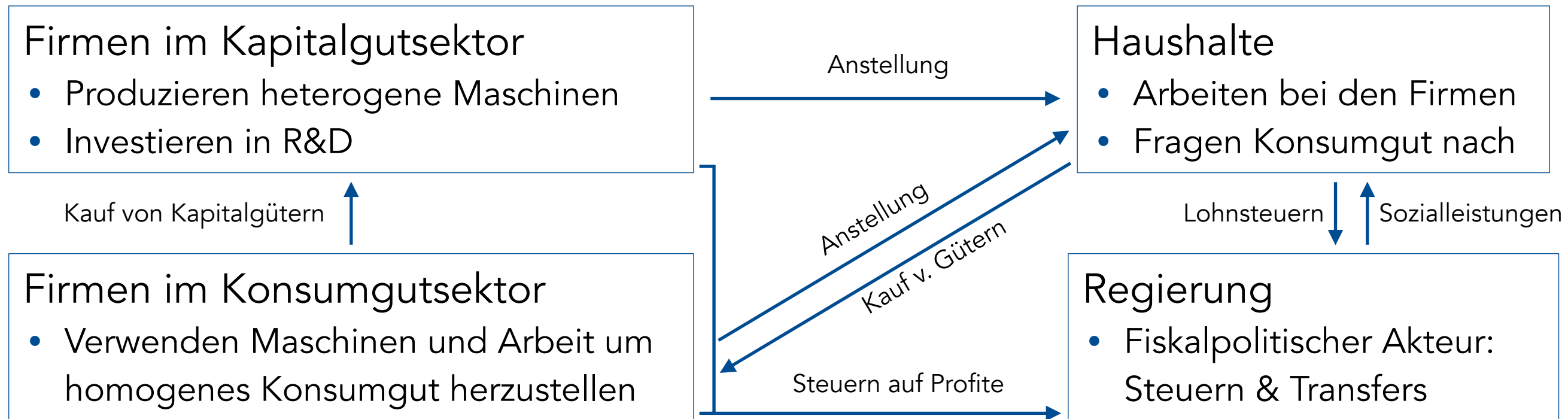
<sup>b</sup> MIOIR, University of Manchester, UK

<sup>c</sup> Department of Economics, University of Verona, Italy

- Idee: kurz- und langfristige Dynamiken in einem Modell gemeinsam abbilden
- Fokus hier liegt auf der Rolle staatlichen Handelns & der Rolle von Innovation
- Mittlerweile für viele weitere Anwendungsgebiete erweitert/modifiziert:
  - Wirtschafts-Klima-Ko-Dynamiken (Lamperti et al. 2018), Globale Divergenz und Entwicklungspolitik (Dosi et al. 2019), Stabilitätspolitik (Dosi et al. 2013), u.v.m.
- Hier grobe Beschreibung → Details im Paper gut verständlich → further reading

# Das Keynes-meets-Schumpeter-Modell

## Grundstruktur



1. Innovationsaktivitäten im Kapitalgutsektor: R&D, Imitation und Innovation
2. Kapitalgutfirmen bieten ihre Ware den Konsumgutfirmen an
3. Konsumgutfirmen entscheiden über gewünschten Output und bestellen Maschinen
4. Firmen stellen Arbeiter:innen ein und produzieren Output
5. Marktanteile der Konsumgutfirmen evolvieren gemäß preislicher Wettbewerbsfähigkeit
6. Markteintritte und -austritte in beiden Firmensektoren, Auslieferung der Maschinen an CF

# Das Keynes-meets-Schumpeter-Modell

## Validierung des Modells und Policy-Experimente

- Das Modell wird validiert indem diverse stilisierte Fakten auf Mikro-, Meso- und Makroebene repliziert werden
  - Firmengrößen, endogene Business Cycles (bzgl. diverser makroökonomischer Variablen), Investmentverhalten, u.v.m.
- Zentrales Politikexperiment: Relevanz Keynesiansicher und Schumpeterianischer "Antriebe"
  - Schumperianischer Antrieb: Innovationsaktivitäten im Kapitalgutsektor
  - Keynesianischer Antrieb: Aktive Fiskalpolitik durch den Staat (Steuern & Sozialpolitik)
- Zentrales Resultat: es braucht beides
  - Sobald ein Aspekt fehlt kommt es zu Volatilität, hoher Arbeitslosigkeit und schwachem Wachstum

# Das Keynes-meets-Schumpeter-Modell

## Zusammenfassung

- Medium-scale Modell einer realen Ökonomie mit drei Agentenklassen
- Das Modell kann diverse stilisierte Fakten auf der Mikro, Meso und Makro-Ebene replizieren, inklusive Korrelationen zwischen Indikatoren
  - Dynamiken entstehen dabei endogen, ohne dass es exogene Schocks bedarf
- Langfristig positive Entwicklung kann nur bei Ko-Existenz Schumperianischer und Keynesianischer Faktoren erreicht werden:
- Kritik an klassischen Unterscheidung zwischen kurz- und langfristigen Dynamiken:
  - Innovation mit wichtigen kurzfristigen Effekten, aber gleichzeitig zentral für langfristiges Wachstum
  - Keynesianisches Nachfragemanagement hat neben bekannten kurzfristigen Effekten auch zentrale Bedeutung für langfristige ökonomische Entwicklung



# Wiederholungsfragen

- Inwiefern kann das KS-Modell als plural bezeichnet werden?
- Ist das Modell eher für die kurze oder lange Frist gedacht?
- Welche Rolle spielen exogene Schocks für die Erklärung ökonomischer Dynamiken?
- Welche Agententypen und welche Märkte gibt es in dem Modell?
- Worin unterscheiden Konsumgut- und Kapitalgutfirmen?
- Welche Rolle spielt die Regierung in diesem Modell?
- Wie ist Innovation in dem Modell modelliert?
- Wo finden in dem Modell Selektionsmechanismen statt?
- Was sind die beiden zentralen theoretischen Schlussfolgerungen?

# **Agent-Based-Stock-Flow-Consistent Modelling**

# Stock-Flow-Consistent Agent-Based Macroeconomics

## Das Konzept der Stock-Flow-Consistency

- Ein potenzieller Nachteil von MABM sind die enorm hohen Freiheitsgrade
  - Zudem: keine Disziplinierung über ein allgemeines Gleichgewicht wie bei DSGE
- Eine sinnvolle Disziplinierung liegt in der Notwendigkeit der Stock-Flow-Konsistenz
  - Die entsprechenden Modelle nennt man AB-SFC - Agent-Based-Stock-Flow-Consistent
- Bei diesen Modellen werden die Balance-Sheets aller Agenten betrachtet
  - "Everything comes from somewhere and goes somewhere - there are no black wholes."
- Die beiden zentralen Konzepte sind dabei...
  - ...die Stock-Matrix: Beschreibung der Bilanzen aller beteiligten Agenten
  - ...die Flow-Matrix: Zusammenfassung aller im Modell realisierten Transaktionen
- Beschreibung anhand eines Anwendungsbeispiels
  - Für Details siehe further readings...

# Stock-Flow-Consistent Agent-Based Macroeconomics

## Anwendungsbeispiel

- Ganz grober Überblick über ein stock-flow-konsistentes MABM
- Das Modell hat folgende Agenten:
  - Haushalte
  - Kapitalgut- und Konsumgut-Firmen
  - Bankensektor (mit endogenem Kreditnetzwerk)
  - Regierung und Zentralbank
- Dabei gibt es fünf Märkte:
  - Konsumgut- und Kapitalgutmarkt
  - Arbeitsmarkt
  - Kredit- und Einlagenmarkt

Journal of Economic Dynamics & Control 69 (2016) 375–408



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Economic Dynamics & Control

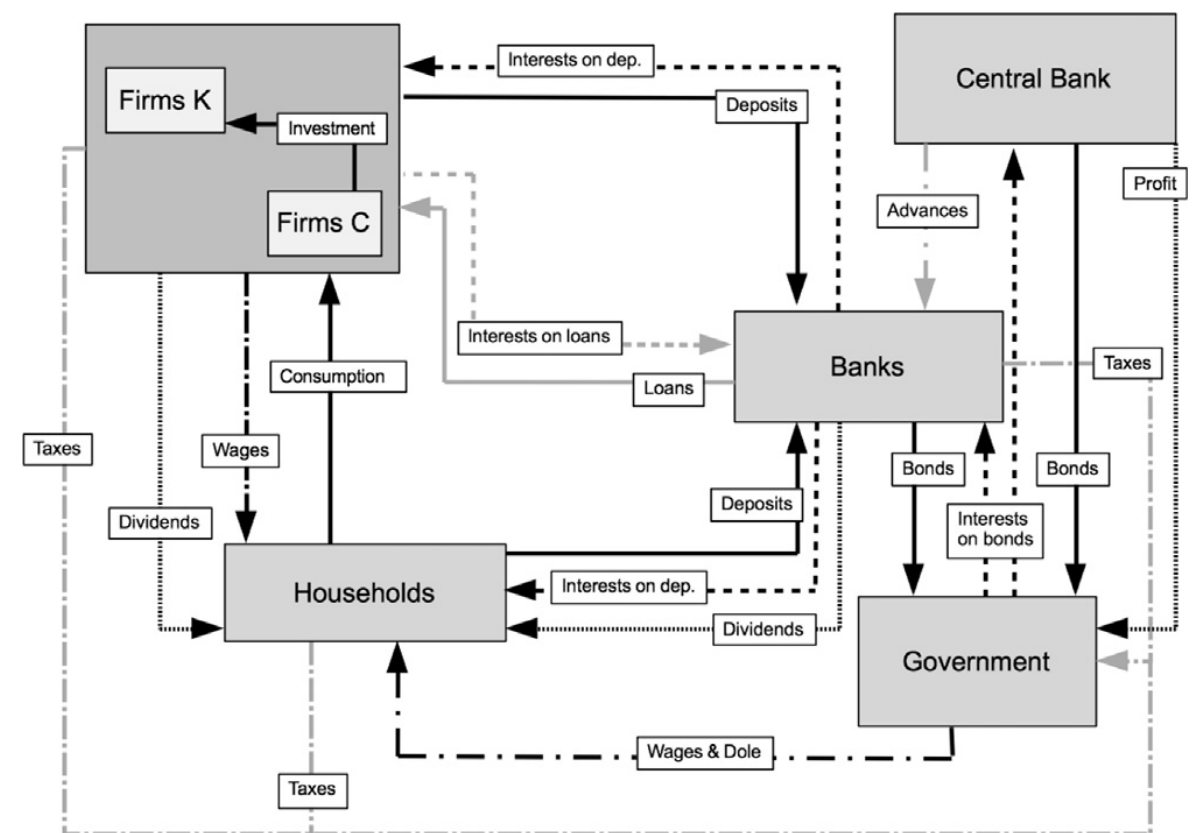
journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jedc](http://www.elsevier.com/locate/jedc)



Agent based-stock flow consistent macroeconomics: Towards a benchmark model



Alessandro Caiani<sup>a,\*</sup>, Antoine Godin<sup>b</sup>, Eugenio Caverzasi<sup>a</sup>, Mauro Gallegati<sup>a</sup>, Stephen Kinsella<sup>c</sup>, Joseph E. Stiglitz<sup>d</sup>



# Stock-Flow-Consistent Agent-Based Macroeconomics

## Die Stock-Matrix

- Alle Geldströme laufen über eine Bank:
  - Haushalt kauft Konsumgut: Überweisung von Girokonto des Haushalts auf Girokonto der Bank
- Endogene Geldschöpfung über Kreditvergabe, reguliert über Zentralbank
- Alle Aktivitäten werden über individuelle Bilanzen überwacht:

Agententypen							Monetäre Größen summieren sich auf 0
	Households	Cons. firms	Cap. firms	Banks	Govt.	Central bank	Total
Deposits	+80 704.1	+25 000	+5000	− 110 704	0	0	0
Loans	0	− 52 194.4	− 1298	+53 492.5	0	0	0
Cons. goods	0	+2997.4	0	0	0	0	+2997.4
Cap. goods	0	+53 863.6	+500	0	0	0	+54 363.6
Bonds	0	0	0	+38 273.5	− 66 838.1	+28 564.6	0
Reserves	0	0	0	+28 564.6	0	− 28 564.6	0
Advances	0	0	0	0	0	0	0
Net worth	+80 704.1	+29 666.6	+4202	+9626.4	− 66 838.1	0	+57 361

Positionen

Eigenkapital

Wert wird über reale Güter geschaffen

# Stock-Flow-Consistent Agent-Based Macroeconomics

## Die Flow-Matrix

- In der Transaktionsmatrix repräsentiert jede Zeile den aggregierten Fluss eines Asset-Typs:

Einnahmen- und Aufgaben-Flüsse

Agenten-Typen

	Households		Cons. Firms		Cap. Firms		Banks		Govt.	Central Bank		Σ
		CA		KA		CA		KA		CA	KA	
Consumption	− 32 971.4	+ 32 971.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wages	+ 36 800	− 25 000	0	− 5000	0	0	0	0	− 6800	0	0	0
Dole	+ 1280	0	0	0	0	0	0	0	− 1280	0	0	0
CG on inventories	0	+ 22.3	− 22.3	+ 3.7	− 3.7	0	0	0	0	0	0	0
Investments	0	0	− 5375	+ 5375	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital amortization	0	− 4974	+ 4974	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taxes	− 7084.7	− 484.8	0	− 68.7	0	− 39.3	0	0	+ 7677.4	0	0	0
Dep. interest	+ 200.3	+ 62	0	+ 12.4	0	− 274.7	0	0	0	0	0	0
Bonds interest	0	0	0	0	0	+ 95	0	− 165.9	+ 70.9	0	0	0
Loans interest	0	− 388.5	0	− 9.7	0	+ 398.2	0	0	0	0	0	0
Advances interest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Profits	+ 2367.6	− 2208.4	+ 220.8	− 312.8	+ 31.3	− 179.1	+ 71.7	0	0	0	0	0
CB profits	0	0	0	0	0	0	0	+ 70.9	− 70.9	0	0	0
Δ Deposits	− 600.8	0	− 186.1	0	− 37.2	0	+ 824.1	0	0	0	0	0
Δ Advances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Δ Reserves	0	0	0	0	0	0	− 212.6	0	0	+ 212.6	0	0
Δ Gov. bonds	0	0	0	0	0	0	− 284.9	+ 497.6	0	− 212.6	0	0
Δ Loans	0	0	+ 388.5	0	+ 9.7	0	− 398.2	0	0	0	0	0
Δ Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Capital Account /  
Kapitalbilanz

Current Account /  
Leistungsbilanz

Fluss-Beschreibung der Stock-Matrix, i.e.  
induzierte Änderungen an den Stocks

SFC verlangt, dass sich alle  
Spalten und Zeilen zu 0 summieren

# Wiederholungsfragen

- Was versteht man unter "stock-flow consistency"?
- Warum ist dieses Konzept gerade für MABM besonders attraktiv?
- Erläutert kurz was eine Stock-Matrix abbildet.
- Welche Infos bekommen wir aus der Flow-Matrix und aus welchen Elementen besteht sie?
- Was ist die Verbindung zwischen der Stock- und Flow-Matrix?
- Welche Implikationen hat die Voraussetzung von stock-flow-consistency für die Stock- und Flow-Matrix?
- Was ist der Unterschied zwischen der Leistungs- und der Kapitalbilanz?

**Abschluss**



# Zusammenfassung und Ausblick

- Die agentenbasierte Makroökonomik ist ein recht junges Feld, aber dennoch die unmittelbarste Alternative zum modernen Mainstream
- Grundidee: Simulation einer Modellökonomie mit autonomen Agenten, die direkt über bestimmte Interaktionsprotokolle miteinander interagieren
- Meta-theoretisch klar abzugrenzen vom herkömmlichen DSGE-Ansatz:
  - DSGE: mathematische Modelle mit optimierenden Agenten und allgemeinem Gleichgewicht
  - ABM: algorithmische Modelle mit konstruktiven und beschränkt rationalen Agenten, aber ohne *a priori* Gleichgewichtsannahme und Fokus auf generativen Dynamiken
- ABM haben enorme repräsentative Kapazitäten, aber ihre Flexibilität erschwert Modell-Verifikation
  - Stock-Flow-Consistency als wertvolle Disziplinierungsmethode

# Zusammenfassung und Ausblick

- Die Heterogenität an existierenden ABM ist relativ groß → “Familien”
- Die meisten ABM umfassen folgende Agentenklassen und Märkte:
  - Agenten: Haushalte, (Konsum- und Kapitalgut)Firmen, (Zentral)Banken, Staaten
  - Konsumgütermarkt, Kapitalgutmarkt, Arbeitsmarkt, Finanzmarkt/Finanzmärkte
- Wie genau die jeweiligen Bereiche modelliert werden hängt vom Fokus des Modells und dem Erklärungsanspruch ab (vgl. Construal):
  - Small/Medium/Large-Scale-Modelle
  - Modelle für die kurze Frist vs. Integrative Modelle für kurze und lange Frist
  - Single vs. Multi-Country-Modelle
  - Thematischer Fokus: Finanzmärkte & Instabilität, Technologischer Wandel & Entwicklung, Experimental’labor’ für Fiskal- oder Geldpolitik, Klimapolitik, etc.
- Insgesamt sehr spannendes, interdisziplinäres und plurales Forschungsfeld
  - Auch in der Praxis werden ABM immer gefragter → größte Herausforderung für DSGE

# Wiederholungsfragen

- Was macht ein MABM aus (bzw. was sind die Kernelemente dieses Ansatzes)?
- Welchen unterschiedlichen Modell-Arten lassen sich MABM und DSGE Modelle zuordnen?
- Gebt vier Beispiele für Unterschiede zwischen ABM und DSGE-Modellen und erläutert wie diese Abgrenzung zu Kritikpunkten am DSGE Ansatz korrespondieren.
- Welche Agententypen gibt es typischerweise in MABM?
- Auf welchen Märkten interagieren diese Agenten miteinander? Was ist ihre jeweilige Rolle?
- Was versteht man unter "stock-flow consistency" und warum ist dieses Konzept gerade für MABM besonders attraktiv?
- Erläutert kurz was eine Stock- und eine Flow-Matrix abbildet und was die beiden verbindet

# Referenzierte Literatur

- Caiani, A., Godin, A., Caverzasi, E., Gallegati, M., Kinsella, S., & Stiglitz, J. E. (2016). Agent based-stock flow consistent macroeconomics: Towards a benchmark model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 69, 375–408. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2016.06.001>
- Dawid, H., & Gatti, D. D. (2018). Agent-Based Macroeconomics. In C. Hommes & Blake LeBaron (Eds.), *Handbook of Computational Economics* (pp. 63–156). Springer.
- Dosi, G., Fagiolo, G., & Roventini, A. (2010). Schumpeter meeting Keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(9), 1748–1767. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2010.06.018>
- Dosi, G., Fagiolo, G., Napoletano, M., & Roventini, A. (2013). Income distribution, credit and fiscal policies in an agent-based Keynesian model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(8), 1598–1625. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2012.11.008>
- Dosi, G., Roventini, A., & Russo, E. (2019). Endogenous growth and global divergence in a multi-country agent-based model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 101, 101–129. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2019.02.005>
- Lamperti, F., Dosi, G., Napoletano, M., Roventini, A., & Sapio, A. (2018). Faraway, So Close: Coupled Climate and Economic Dynamics in an Agent-based Integrated Assessment Model. *Ecological Economics*, 150, 315–339. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.03.023>
- Simon, H. A. (1959). Theories of Decision-Making in Economics and Behavioral Science. *American Economic Review*, 49, 253-283.