

1. Kapitel: Einleitung und Überblick

1.1 Motivation für einen KI-basierten Erwartungsansatz in der Konjunkturtheorie

Erwartungen spielen für den Konjunkturprozeß eine wichtige Rolle. Während der psychologische Faktor für die praktische Wirtschaftspolitik spätestens seit Ludwig Erhard anerkannt ist, bewegt sich die herkömmliche Abbildung der Erwartungsbildung in theoretischen Konjunkturmodellen hauptsächlich an den Rändern eines Spektrums von autoregressiven Ansätzen¹ einerseits und sogenannten rationalen Erwartungen² andererseits. Im ersten Fall ergeben sich bei Störungen des gesamtwirtschaftlichen Gleichgewichts meist Schwingungen, die sich bei jeder neuen Störung in mechanisch gleicher Weise wiederholen, ohne daß die Wirtschaftssubjekte aus ihren Erfahrungen lernen. Die durch die autoregressive Modellierung implizierten Erwartungsirrtümer sind letztlich die Ursache des zyklischen Anpassungsverhaltens und damit der Kern der durch solche Modelle erklärten regelmäßigen Konjunkturverläufe.³ Bei rationalen Erwartungen wird den Akteuren hingegen die Kenntnis aller relevanten ökonomischen Zusammenhänge unterstellt, so daß in diesem Fall die Auswirkungen von Konjunkturstörungen nur kurzlebig sind. 'Rational' bedeutet in diesem Zusammenhang in der Regel 'modellkonsistent':⁴ weil die Wirtschaftssubjekte das wahre Modell kennen, fällt es ihnen auch nicht schwer, das nach einer Störung gültige neue Modellgleichgewicht festzustellen und ihre Erwartungen daran entsprechend auszurichten. Systematische Fehlprognosen sind in dieser Modellwelt auch in der kurzen Frist ausgeschlossen. Konjunkturelle Effekte können dann erwartungsbedingt nur durch Informationsdefizite und Überraschungen der Wirtschaftssubjekte erklärt werden, wobei deren Ursache neben realen Schocks zumeist in Wahrnehmungsschwierigkeiten bzw. in staatlichen (hauptsächlich monetären) Täuschungsmanövern gesehen wird.

¹ Diese dominieren die Erwartungsbildung in der keynesianisch und monetaristisch geprägten Konjunkturtheorie. Prominente Beispiele für derartige keynesianische Modelle sind die Akzelerator-Modelle vom Samuelson-Hicks-Typ (SAMUELSON (1939) und HICKS (1950)), die Metzler-Lagerhaltungsmodelle (METZLER (1941)) oder das Phillips-Modell (PHILLIPS (1961)). Für das monetaristische Grundmodell siehe LAIDLER (1976).

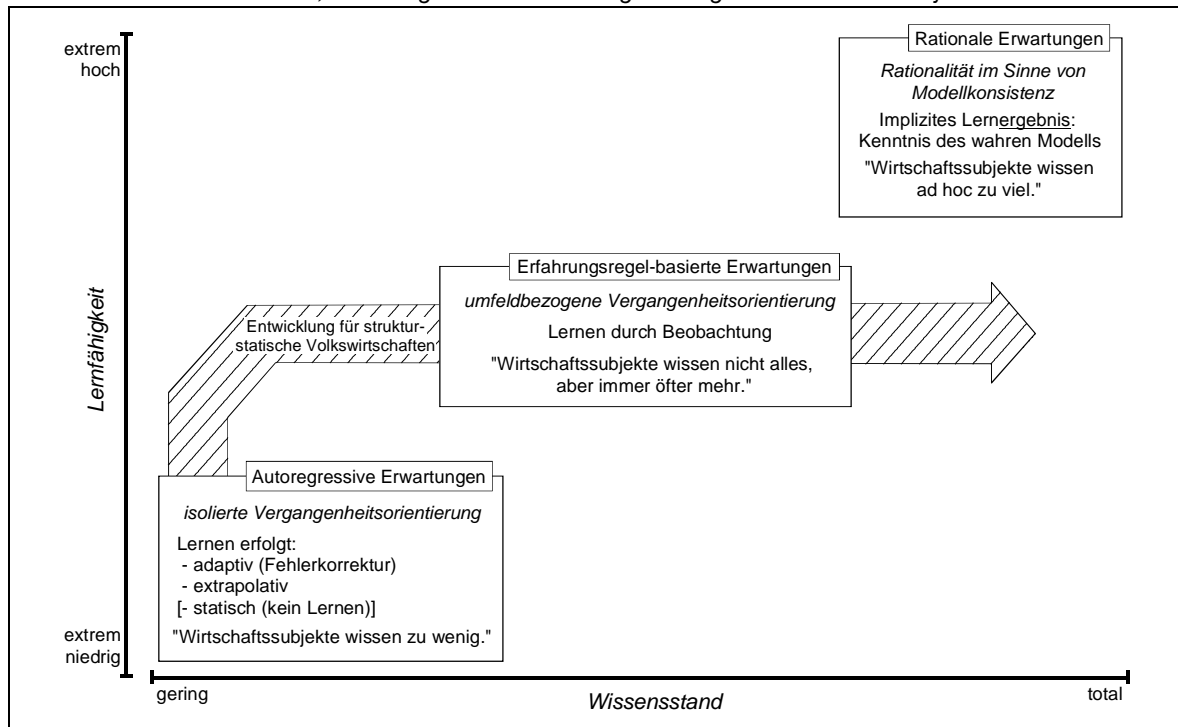
² Eine kurze Charakterisierung liefern WIENERT (1997). Der Begriff der rationalen Erwartungen geht auf MUTH (1961) zurück. Erste Anwendungen in Konjunkturmodellen finden sich bei LUCAS (1972), SARGENT (1973) und SARGENT/WALLACE (1975). Diese kennzeichnen zugleich den Beginn der Neuen Klassischen Makroökonomik (vgl. MAUBNER (1994), S. 35), dessen Standard-Modell MCCALLUM (1980) formuliert hat.

³ Vgl. ASSENMACHER (1994), S. 315 ff., und MAUBNER (1994), S. 51 f.

⁴ Vgl. KROMPHARDT (1993), S. 227 ff.

Der extreme Charakter beider Ansätze wird deutlich, wenn man die in ihnen jeweils implizit enthaltenen Annahmen über den Wissensstand und die Lernfähigkeit von Wirtschaftssubjekten betrachtet. Trägt man beide Eigenschaften wie in Abb. 1.1 gegeneinander ab, so findet man die herkömmlichen Erwartungsbildungsmodelle an den Endpunkten der Nebendiagonalen wieder.

Abb. 1.1 — Wissensstand, Lernfähigkeit und Erwartungsbildung von Wirtschaftssubjekten



Anmerkung: "...“ gibt die Beurteilung der jeweiligen Erwartungsbildungshypothese wieder.

Bedingt durch die mangelnde Lernfähigkeit, haben die Wirtschaftssubjekte in Modellen mit autoregressiven Erwartungen keine Möglichkeit, Wissen über die ökonomischen Systemzusammenhänge aufzubauen, da der zukünftige Verlauf einer Erwartungsgröße nur isoliert aus dessen eigenem Vergangenheitsverlauf heraus fortgeschrieben wird.⁵ Die Prognosemöglichkeiten der Wirtschaftssubjekte beschränken sich in diesem Fall auf extrapolative und adaptive Methoden. Letztere beinhalten immerhin einen Fehlerkorrekturmechanismus, der als sehr primitive Form des Lernens interpretiert werden kann. Realistisch sind solche Ansätze nur insofern, als sie die Bedeutung der beobachteten Vergangenheit für die Einschätzung der zukünftigen Entwicklung betonen.

Rationale Erwartungsmodelle unterstellen den Wirtschaftssubjekten hingegen eine extrem hohe Lernfähigkeit. Diese äußert sich implizit als Lernergebnis in dem erreichten totalen Wissensstand über die ökonomische Welt, in der sie leben. Dies und die An-

⁵ Zu den Erscheinungsformen autoregressiver Erwartungshypothesen siehe DIECKHEUER (1995A), S. 354 f., und LERDO (1983), S. 48 – 54.

nahme, die Wirtschaftssubjekte könnten alle relevanten⁶ Informationen innerhalb dieses Modells effizient verarbeiten, stellt sicherlich eine Überforderung der tatsächlichen menschlichen Möglichkeiten dar. Allerdings gewinnt der rationale Erwartungsansatz dadurch eine gewisse Wirklichkeitsnähe, daß den Wirtschaftssubjekten bei ihrer Erwartungsbildung ein theoriegeleitetes Verhalten unterstellt wird.

Beide Ansätze widersprechen in ihren Auswirkungen dem empirischen Befund, wonach zwar konjunkturelle Erscheinungen auftreten, diese aber nicht so regelmäßig verlaufen, wie es bei adaptiv gebildeten Erwartungen der Fall wäre.⁷ Im Blickfeld dieser Arbeit steht jedoch kein empirischer Hypothesentest, sondern - als Vorstufe hierzu - die Suche nach einem flexiblen Verfahren für die Konjunkturtheorie, das es erlaubt, das erwartungsbildende Verhalten weniger restriktiv abzubilden als die beiden oben erwähnten Extremansätze. Zugleich soll an die erwähnten realitätsnahen Eigenschaften der herkömmlichen Erwartungsbildungsmodelle angeknüpft werden.

Hierzu wird davon ausgegangen, daß Wirtschaftssubjekte grundsätzlich in der Lage sind, aus ihren Erfahrungen zu lernen (Vergangenheitsorientierung), daß aber die dadurch gewonnenen Erkenntnisse nicht so weit reichen, daß die Wirtschaftssubjekte die vielschichtige ökonomische Wirklichkeit vollständig durchschauen könnten (beschränkte Rationalität)^{8,9}. Vielmehr liegt dem hier zu entwickelnden Ansatz die Vorstellung zugrunde, daß sich die erwartungsbildenden Wirtschaftssubjekte einem komplexen ökonomischen System gegenübersehen, über dessen Wirkungsweise sie Vermutungen in Form unscharfer Regeln aufstellen, auf die sie sich bei ihren Prognosen stützen. Mit dem Begriff 'unscharfe Regeln' soll zweierlei zum Ausdruck gebracht werden: Zum einen wird davon ausgegangen, daß Wirtschaftssubjekte eine explizite Vorstellung von den vermuteten ökonomischen Abhängigkeiten haben („Wenn x dann y“). Ihre Erwartungsbildung ist also - ähnlich wie im Ansatz rationaler Erwartungstheoriegeleitet (wobei prinzipiell auch modellinkonsistente Hypothesen möglich sind). Zum anderen wird angenommen, daß das Wissen über bestimmte Abhängigkeiten nur qualitativ vorliegt und sich nicht etwa in der Kenntnis exakter mathematischer funktionaler Beziehungen wie „ $y = f(x)$ “ äußert. Das vollständige („wahre“) Modell ist

⁶ Im Rahmen der sogenannten Sunspot-Modelle wird auf die Eigenschaft der Modellkonsistenz verzichtet. Statt dessen werden irrelevante (eingebildete) Zusammenhänge als erwartungsbestimmend zugelassen. Richten sich alle Wirtschaftssubjekte nach diesen vom Modell her irrelevanten Faktoren, so kommt es zu sich selbst erfüllenden Erwartungen. Diese können in einem weiteren Sinne als rational bezeichnet werden, da die Erwartungen der Wirtschaftssubjekte im Ergebnis bestätigt werden (vgl. KROMPHARDT (1993), S. 233). Die Anforderung an die Erkenntnisfähigkeit der Wirtschaftssubjekte schwächt sich bei dieser Sichtweise entsprechend ab.

⁷ Vgl. TICHY (1994), S. 6 f.

⁸ Die Anerkennung der beschränkten menschlichen Informationsverarbeitungsmöglichkeit durch Wirtschaftssubjekte findet sich auch in der Transaktionskostenökonomik wieder und spielt dort mit dem Konzept der „bounded rationality“ eine bedeutende Rolle für die Erklärung der institutionellen Struktur einer Volkswirtschaft. Vgl. WILLIAMSON (1990), S. 50 ff.

⁹ Dies gilt bis zum heutigen Tage selbst für diejenigen, die sich professionell mit Konjunkturerklärung beschäftigen. Vgl. hierzu auch den Kommentar bei TICHY (1995), S. 186, Fußnote 7.

den Wirtschaftssubjekten mithin unbekannt. Eine typische Erwartungsregel könnte beispielsweise lauten:

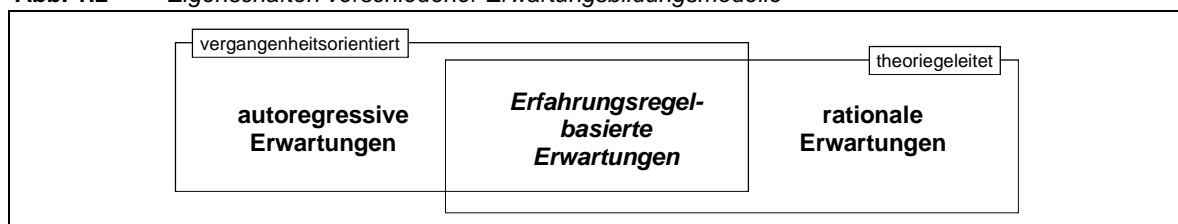
„Bei bislang normaler Geldmengenexpansion wird aufgrund der nunmehr hohen Beschäftigung zukünftig ein etwas stärkerer Preisauftrieb erwartet.“

Diese Regeln müssen anpassungsfähig sein in dem Sinne, daß die unscharfen Begriffe wie ‘normale Geldmengenexpansion’ oder ‘hohe Beschäftigung’ abhängig sind von den im Zeitablauf tatsächlich beobachteten Werten der jeweiligen Größen. So wird etwa in Deutschland heutzutage unter ‘hoher Beschäftigung’ etwas anderes verstanden als noch vor zwanzig Jahren. Die Anpassungsfähigkeit von Erwartungsregeln korrespondiert mit der Annahme lernfähiger Wirtschaftssubjekte.

Der hier beschriebene Ansatz soll als „Erfahrungsregel-basierte Erwartungsbildung“ bezeichnet werden. Seine mittlere Positionierung im Wissensstands-Lernfähigkeits-Raum zeigt Abb. 1.1. Der Entwicklungspfeil soll andeuten, daß es zu Beginn eines Lernprozesses vernünftig ist, mangels besserer Erklärungsmuster zunächst autoregressive Erwartungen zu bilden. Werden im Zuge des Lernprozesses bestimmte Regelmäßigkeiten entdeckt, anhand derer sich die Zukunft besser prognostizieren läßt, so werden sich Wirtschaftssubjekte diese Erfahrung zunutze machen und ihre Erwartungen auf diese Regeln stützen. Die Erlernbarkeit von Regelmäßigkeiten setzt deren Existenz voraus, was wiederum nur dann gilt, wenn sich die Strukturen in einer Volkswirtschaft (z. B. Konsumverhalten) nicht permanent ändern. Ist eine gewisse Strukturkonstanz gegeben, so steigt der Wissensstand über das ökonomische System im Zeitablauf. Die Annahme, dieser könnte allumfassend werden, verbietet sich jedoch vor dem Hintergrund der beschränkten menschlichen Lernfähigkeit.

Die Verbindung des Erfahrungsregel-basierten Ansatzes zur autoregressiven und rationalen Erwartungsbildung verdeutlicht Abb. 1.2. Sie zeigt, daß der regelbasierte Ansatz in der Schnittmenge der realitätsnahen Eigenschaften der herkömmlichen Erwartungsbildungsmodelle liegt.¹⁰

Abb. 1.2 — *Eigenschaften verschiedener Erwartungsbildungsmodelle*



Die so formulierte Erwartungsbildung von Wirtschaftssubjekten läßt sich als kognitionspsychologischer Vorgang menschlicher Informationsverarbeitung interpretieren,

¹⁰ Diese Schnittmengenbildung ist nicht mit dem Ansatz semi-rationaler Erwartungen zu verwechseln, der davon ausgeht, daß Wirtschaftssubjekte nach einer Störung zwar Vorstellungen über das neue langfristige Gleichgewicht haben, mangels Kenntnissen über den Anpassungsprozeß aber dennoch adaptive Erwartungen bilden. Vgl. hierzu LERDO (1983), S. 56 f.

bei dem datenbezogene (Zeitreihenbeobachtung) und vorstellungsgelitete (Hypothesenbildung in Form von Regeln) Prozesse ineinandergreifen.¹¹ Der Versuch, diesen Aspekt menschlichen Verhaltens in ein theoretisches Modell umzusetzen, macht den Rückgriff auf Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) erforderlich. Die Anforderungen an die KI-gestützte Erwartungsmodellierung lassen sich aus der oben formulierten Sichtweise in Form eines Lastenheftes wie folgt zusammenfassen:

- (A-1) explizite, regelbasierte Wissensrepräsentation
(Modellbildung durch Wirtschaftssubjekte)
- (A-2) unscharfe Formulierung
(beschränkte Informationsverarbeitungsfähigkeit der Wirtschaftssubjekte)
- (A-3) Erfahrungsabhängigkeit
(Lernfähigkeit der Wirtschaftssubjekte)

Die Entwicklung eines solchen Ansatzes sowie dessen exemplarische Integration in ein konjunkturtheoretisches Modell ist Gegenstand dieser Arbeit, deren Gliederung nachfolgend erläutert wird.

1.2 Aufbau der Arbeit

Ausgehend von den im vorangegangenen Abschnitt aufgestellten Anforderungen an eine KI-gestützte Modellierung der Erwartungsbildung, werden im nachfolgenden Kapitel zunächst die hierfür ausgewählten KI-Technologien aus Anwendersicht dargestellt. Im Zentrum steht die Verknüpfung von Fuzzy-Logik und Neuronalen Netzen zu einem hybriden Neuro-Fuzzy-Ansatz. Dieser ist universell einsetzbar und damit unabhängig von dem zugrundegelegten konjunkturtheoretischen Modell.

Zur Erprobung Neuro-Fuzzy-generierter Erwartungen ist dennoch ein bestimmtes Konjunkturmodell auszuwählen, da sich Lernprozesse nur anhand eines konkreten Lerngegenstandes analysieren lassen. Zu diesem Zweck wird als Konzept das sogenannte Konsensmodell der „Neuklassischen Synthese“ herangezogen, das im dritten Kapitel dargestellt und in die Entwicklung der Konjunkturtheorie eingeordnet wird. Anschließend wird dieses konjunkturtheoretische Konzept in ein konkretes makroökonomisches Gleichungssystem gegossen, um so ein Berechnungsmodell zu erzeugen, das für die weiteren Simulationsstudien herangezogen werden kann. Hierbei handelt es sich um ein als DAD-DAS-Modell bezeichnetes dynamisches AD-AS-Makromodell, das für den Einsatz als konjunkturtheoretische Modellumgebung hinsichtlich des verwendeten Zeitgerüsts und der zinsbestimmenden Wertpapiermarktformulierung verfeinert wurde. Das diesem Modell zugrundeliegende explizite sektorale Transaktionsschema ermöglicht es, den modellierten Konjunkturprozeß in jedem Zeitabschnitt zu verfolgen und dadurch die realisierten Ergebnisse exakt nachvollziehen zu können.

¹¹ Vgl. FRÖHLICH (1993), S. 235, Stichwort „Kognitionspsychologie, kognitive Psychologie“, und die dort angegebene Literatur.

Ohne Simulationsrechnungen lassen sich Lernprozesse nicht adäquat analysieren. Zu diesem Zweck ist die makroökonomische Analysesoftware MAKROMAT-nfx entwickelt worden, in der sowohl das konjunkturtheoretische Modell als auch die Neuro-Fuzzy-Erwartungsbildung enthalten sind. Hinsichtlich beider Komponenten weist die Software Experimentalcharakter auf, so daß nicht nur ein makroökonomisches Modell bzw. nur eine Ausprägung von Neuro-Fuzzy-Erwartungsbildungen untersucht werden können, sondern verschiedene, die der Anwender selbst bestimmen kann. Die Darstellung des Programms und seine Anwendung anhand von Beispielrechnungen ist Gegenstand des vierten Kapitels. Mittels der Software kann die Konjunkturdynamik mit und ohne Lernprozesse simuliert werden. Dies ermöglicht die Gegenüberstellung der herkömmlichen Erwartungsbildungsmodellierung und dem neu entwickelten Neuro-Fuzzy-Ansatz für Erfahrungsregel-basierte Erwartungen.

Abb. 1.3 — Gliederungsbausteine

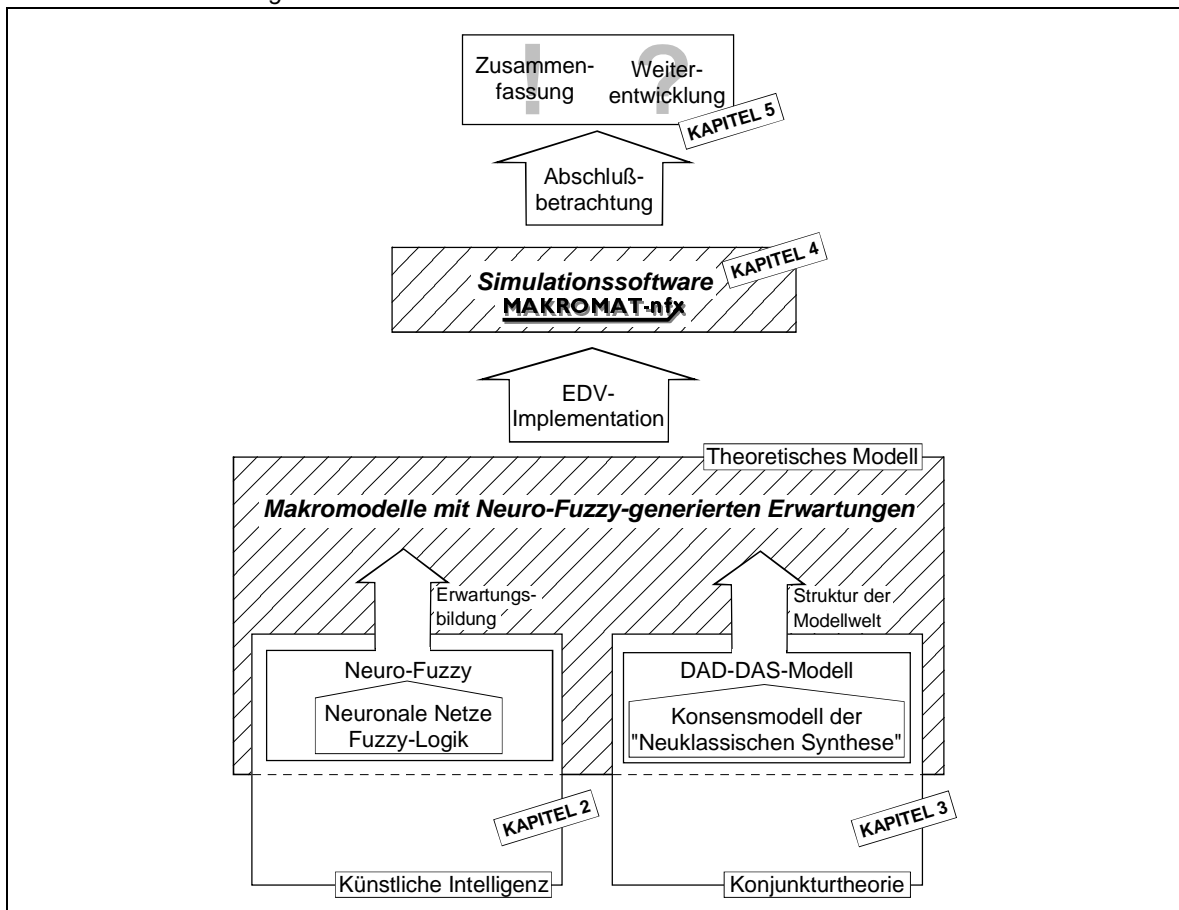


Abb. 1.3 zeigt den Aufbau der Arbeit in Bausteinform und verdeutlicht die zweisäulige, interdisziplinäre Basis des theoretischen Modells, das aus einer konjunkturtheoretischen und einer KI-Komponente besteht und die Grundlage für die Simulationssoftware bildet. Das letzte Kapitel faßt die Ergebnisse dieser Arbeit zusammen und blickt kurz auf die theoretischen Weiterentwicklungsmöglichkeiten sowie auf das empirische Anwendungspotential des vorgestellten Verfahrens.