

**Eine makroökonomische Analyse
der deutschen Wiedervereinigung
– Ein quantifizierter stochastischer
dynamischer Gleichgewichtsansatz –**

von

Joachim Geske

Köln, im Mai 2009

Gutachter: Prof. Dr. Heinz P. Galler
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg

Prof. Dr. Martin Klein
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg

Verteidigung: 11.02.2008

Verfasser: Joachim Geske
www.joachim-geske.de

Wissenschaftliche Betreuung: Prof. Dr. Heinz P. Galler
Lehrstuhl für Ökonometrie
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg

Wissenschaftliche Co-Betreuung: Prof. Dr. Martin Klein
Lehrstuhl für Internationale Wirtschafts-
beziehungen
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg

Betreuung am IWH: Dr. Joachim Ragnitz
ehem. Leiter der Abteilung Strukturökonomik
Institut für Wirtschaftsforschung Halle - IWH

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Juristischen und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 2008.

Vorwort

In dieser Arbeit versuche ich die interdependenten Phänomene der deutschen Wiedervereinigung in einen allgemeinen Gleichgewichtsrahmen einzubetten und empirisch zu qualifizieren. Dabei wird das allgemeine Gleichgewicht in der Definition

„All it does mean is that, in the model the objectives of each agent and the situation he faces are made explicit, that each agent is doing the best he can in light of the actions taken by others and that these actions taken together are technologically feasible.“¹

(Lucas (1987), S. 15-16) verwendet. In diesem Sinne ist das allgemeine Gleichgewicht Basis der modernen makroökonomischen Theorie.

Mir scheint eine Gleichgewichtsanalyse immer wieder ein fruchtbares selbstdisziplinierendes Instrument zu sein, insbesondere zum Verständnis strategischer Interaktion. So bin ich intuitiv häufig geneigt, von mir unverstandenes Verhalten anderer als nicht-rational zu interpretieren. Lehnt man eine solche intuitive Interpretation ab – wie es von der Gleichgewichtsanalyse immer verlangt wird –, so ist man gezwungen, nach Strukturen wie Information oder Motivationen zu suchen, in deren Kontext das beobachtete Verhalten „vernünftig“ ist. Das ist eine Hypothese, die mir im täglichen Leben ex post nur allzu häufig gerechtfertigt erscheint. Um dabei nicht unkausale Gedankenkonstrukte als Erkenntnis fehlzudeuten, bedarf es empirischer Falsifikation der Umstände und der Informationsverarbeitung; u. a. das geschieht in der experimentellen Wirtschaftsforschung.

Insbesondere in der Literatur über die ökonomischen Prozesse, die die deutsche Wiedervereinigung begleiteten, trifft man auf „Erklärungen“, die sich bei näherem Hinsehen aus gleichgewichtsorientierter Sicht eher als symptomatisch denn als ursächlich verstehen lassen. So ist die Erklärung, die Produktivitätsschwäche der ostdeutschen Ökonomie lasse sich durch die besondere sektorale Struktur in Ostdeutschland erklären, nur scheinbar eine Erklärung. Denn es stellt sich die Frage, ob nicht diese Struktur ihrerseits Konsequenz einer Produktivitätsschwäche gegenüber Westdeutschland ist.

¹ Diese ursprüngliche Beschreibung von Lucas bezieht sich auf das Rational Expectations Equilibrium. Dieses ist das Gleichgewichtskonzept, das Real Business Cycle-Modellen zugrunde liegt. Der Begriff Real Business Cycle Modelle umfasst heute nicht mehr allgemein genug die Modelle, die zur Erklärung kurzfristiger ökonomischer Fluktuationen gebraucht werden. Stattdessen wird der allgemeinere Begriff des stochastischen dynamischen Gleichgewichtsmodells benutzt. Der diesen Modellen eigene Gleichgewichtsbegriff ist nun so weit, dass er sich begrifflich (nur) noch durch Lucas' Rational Expectations Equilibrium umfassen lässt. Deshalb deute ich Lucas' Beschreibung als Grundlage des allgemeinen Gleichgewichtsbegriffs in seiner heute akzeptierten Form.

Politische Maßnahmen, die sich aus Scheinerklärungen ableiten, sind naturgemäß nicht geeignet, ihre beabsichtigte Wirkung zu erzielen. Scheinerklärungen zu vermeiden ist eine wichtige vorbereitende Aufgabe für eine normative Wirtschaftspolitik. Aus der Vielzahl wirtschaftspolitischer Beiträge, die nicht vor Scheinerklärungen abgesichert sind, lässt sich ersehen, dass dieses nicht gängige Praxis ist. Um das zu vermeiden, kann ein angewandtes allgemeines Gleichgewichtsmodell formuliert werden, welches in der Lage ist, neben Entscheidungsverhalten auch sektorale Struktur- und Produktivitätsdifferenzen unter Berücksichtigung institutioneller Gegebenheiten so zu erklären, wie sie empirisch zu beobachten sind. Gelingt dies, so stellen die in der Modellierung enthaltenen Motive und Strukturen qualifizierte Kandidaten für die wirklichen Abläufe dar. Die empirische Falsifikation hilft dabei, den Erklärungsraum weiter einzuengen und sich sicherer Erkenntnis zu nähern.

In dieser Arbeit wird dieses Programm zur Erklärung der interdependenten Phänomene der deutschen Wiedervereinigung konsequent umgesetzt.

Zunächst bedanke ich mich bei *Prof. Dr. Heinz P. Galler*, Lehrstuhl für Ökonometrie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, für die wissenschaftliche Betreuung und seine wertvollen didaktischen Hinweise zur Veröffentlichung der Dissertation. Auch die Betreuung und die Anregungen von *Prof. Dr. Martin Klein*, Lehrstuhl für Internationale Wirtschaftsbeziehungen Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, waren ein wesentliche Unterstützung.

Die Arbeit wurde durch das Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH) unter der Leitung von *Prof. Dr. Dr. h. c. Rüdiger Pohl* ermöglicht und unter der Leitung von *Prof. Dr. Dr. h. c. Ulrich Blum* fertiggestellt. Im IWH möchte ich mich bei *Dr. Joachim Ragnitz* für die thematische Orientierung und die einsichtsreiche Zusammenarbeit bedanken.

Sehr förderlich war die Kooperation mit *Jürgen Wiemers*, der mir auch den Einstieg in die Nutzung der verwendeten Software erleichtert hat. Die Diskussion mathematischer Probleme mit *Katja Biermann* vom Institut für Mathematik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg war für mich ebenfalls ein wichtiger Beitrag.

Ganz besonders bedanke ich mich bei *Elvira Wynands* für ihre private Unterstützung. Sie hat es mir ermöglicht, bei meinem unbeirrten Engagement die erforderliche kritische Distanz zu meiner Arbeit zu wahren. Auch die allzeit offenen Türen und Telefonleitungen von *Katharina Henrich*, *Bernhard Hoëcker* und *Elke Saleina* haben zu meiner unverzichtbaren Entspannung beigetragen. Ferner bedanke ich mich für die „unendlich“ motivierende Anteilnahme von *Miriam Klein*. Schließlich hat *Claudia Hochkirchen* entscheidend bei der Veredelung der Arbeit durch die Elimination ihres stochastischen orthographischen und interpunktionellen Cha-

racters beigetragen.

Zu guter Letzt bedanke ich mich bei meinen Eltern *Waltraud* und *Otto-Erich Geske* für ihre Unterstützung und die wichtigen inhaltlichen Diskussionen. Deshalb widme ich diesen Band meinen Eltern.

Köln, im April 2009

Joachim Geske

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Einleitung | 14 |
| 1.1 | Die deutsche Wiedervereinigung in der Literatur | 14 |
| 1.2 | Problemstellung – Offene Fragen der Vereinigung | 17 |
| 1.3 | Methodische Ansätze | 19 |
| 1.3.1 | Der methodische Ansatz zur Beantwortung von Frage A | 19 |
| 1.3.2 | Der methodische Ansatz zur Beantwortung von Fragen B bis D | 20 |
| 1.4 | Aufbau der Arbeit | 21 |
| 2 | Aggregate, Preise und Demographie | 24 |
| 2.1 | Ost-West-Verhältnisse | 24 |
| 2.2 | Transfers und Außenbeitrag | 25 |
| 2.3 | Verschuldung | 28 |
| 2.4 | Investitionssubvention | 28 |
| 2.5 | Datendeskription | 31 |
| 2.6 | Zusammenfassung | 34 |
| 3 | Produktionstechnische Effizienz in Ost und West | 35 |
| 3.1 | Modell | 35 |
| 3.2 | Daten, selbstbestimmte Größen | 39 |
| 3.3 | Schätzung einer Translog-Funktion mit Strukturbruch in Zeittrends und zeitstetigen Grenzprodukten | 41 |
| 3.4 | Numerische Schwierigkeiten bei der Schätzung | 45 |
| 3.5 | Schätzergebnis | 47 |
| 3.5.1 | Eigenschaften der Technologie | 48 |
| 3.5.2 | Ost-West-Differenzen in den lokalen Eigenschaften der Tech- nologie aufgrund unterschiedlicher Faktoreinsätze | 55 |
| 3.5.3 | Die technische Effizienz | 57 |
| 3.6 | Lohnkeil | 57 |
| 3.7 | Zusammenfassung | 60 |
| 4 | Gleichgewichtsmodell | 63 |
| 4.1 | Einführende Überlegungen zu den Fragen B bis D | 63 |
| 4.1.1 | Allgemeine Gleichgewichtstheorie | 63 |
| 4.1.2 | Numerische Methoden in ökonomischen Analysen | 66 |
| 4.1.3 | Angewandte Allgemeine Gleichgewichtsmodelle | 68 |
| 4.1.4 | Kalibrierung/Verifikation – Schätzung/Testen | 71 |
| 4.2 | Definition und Existenz eines stochastischen dynamischen Gleich- gewichts | 74 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4.3 | Zusammenfassung | 81 |
| 5 | Das multiregionale mobile Faktormodell | 82 |
| 5.1 | Einige Vorüberlegungen | 84 |
| 5.1.1 | Das Verhältnis zu Burdas Modell | 84 |
| 5.1.2 | Wanderungen | 86 |
| 5.1.3 | Interregionale Interaktion | 90 |
| 5.2 | Das Modell | 91 |
| 5.3 | Das multiregionale mobile Faktorgleichgewicht | 93 |
| 5.3.1 | Bedingungen erster Ordnung | 95 |
| 5.3.1.1 | Die Repräsentativen Agenten | 95 |
| 5.3.1.2 | Funktionsspezifikationen | 97 |
| 5.3.1.3 | Steady State-Analyse | 98 |
| 5.4 | Simulationen | 101 |
| 5.4.1 | Lösungsverfahren | 101 |
| 5.4.2 | Numerische Spezifikation der Modellparameter | 103 |
| 5.4.2.1 | Die gesetzten Parameter θ_F | 106 |
| 5.4.2.2 | Kalibrierung der Parameter θ_K | 107 |
| 5.4.2.3 | Definition der Verlustfunktion | 108 |
| 5.4.2.4 | Bestimmung der Parameter θ_S | 109 |
| 5.4.2.5 | Standardszenario | 110 |
| 5.4.3 | Arbeitsangebot | 115 |
| 5.4.4 | Simulation des Modells | 121 |
| 5.4.4.1 | Phase I im Osten – Perioden 1 bis 9 | 121 |
| 5.4.4.2 | Phase II im Osten – Perioden 10 bis 70 | 124 |
| 5.4.4.3 | Phase III im Osten – ab Periode 71 | 125 |
| 5.4.4.4 | Phase I und II im Westen – Perioden 1 bis 70 | 125 |
| 5.4.4.5 | Phase III im Westen – ab Periode 71 | 127 |
| 5.4.4.6 | Verschuldungsphasen | 127 |
| 5.4.4.7 | Burda-Graphik | 129 |
| 5.4.5 | Die Wirkung von Kapitalstockdefizit, Produktivitätslücke, Transfers und Subventionen | 131 |
| 5.4.5.1 | Elastizitäten | 132 |
| 5.4.5.2 | Kapitalstockdefizit + | 134 |
| 5.4.5.3 | ... + Produktivitätslücke + | 136 |
| 5.4.5.4 | ... + Transfers + | 138 |
| 5.4.5.5 | ... + Subventionen | 139 |
| 5.4.5.6 | Lastenverteilung | 139 |
| 5.5 | Zusammenfassung | 143 |
| 6 | Die Rolle von Unsicherheiten im Konvergenzprozess – das stochastische multiregionale mobile Faktormodell (sMMFM) | 146 |
| 6.1 | Das Modell | 146 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 6.2 | Simulationen | 149 |
| 6.2.1 | „Blühende Landschaften“ – Der Einfluss von Erwartungen über die Konvergenzgeschwindigkeit | 150 |
| 6.2.1.1 | Modellparameter | 150 |
| 6.2.1.2 | Die Ex-ante-Wirkung von Unsicherheit über die Konvergenzgeschwindigkeit | 152 |
| 6.2.1.3 | Die Ex-post-Wirkung von Unsicherheit über die Konvergenzgeschwindigkeit | 154 |
| 6.2.2 | Der Einfluss von Erwartungen über die Transferentwicklung | 157 |
| 6.2.2.1 | Modellparameter | 159 |
| 6.2.2.2 | Die Ex-ante-Wirkung von Unsicherheit über das Transferszenario | 160 |
| 6.2.2.3 | Die Ex-post-Wirkung von Unsicherheit über das Transferszenario | 161 |
| 6.3 | Zusammenfassung | 166 |
| 7 | Eine Erklärung der Produktivitätsentwicklung – endogenes Wachstum, Humankapital | 168 |
| 7.1 | Überlegungen zur Ursache der Produktivitätslücke | 168 |
| 7.2 | Endogenes Wachstumsmodell mit Humankapital | 173 |
| 7.2.1 | Eine Eigenschaft des Balanced Growth Paths (BGP) | 175 |
| 7.3 | Modelllösung | 176 |
| 7.3.1 | Simulationsparameter | 177 |
| 7.3.2 | Simulationsergebnisse | 179 |
| 7.3.2.1 | Transfers im endogenen Wachstumsmodell | 181 |
| 7.3.2.2 | Subventionen im endogenen Wachstumsmodell | 185 |
| 7.3.2.3 | Komparative Statik | 187 |
| 7.4 | Interpretation der gemessenen Daten durch das Modell | 188 |
| 7.5 | Zusammenfassung | 189 |
| 8 | Zusammenfassung | 190 |
| 8.1 | Frage A | 190 |
| 8.2 | Frage B | 191 |
| 8.3 | Frage C | 193 |
| 8.4 | Frage D | 194 |
| A | Quellcode des sMMFM | 196 |
| B | Quellcode des endogenen Wachstumsmodells | 201 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---------------|---|-----|
| Abbildung 1.1 | Schematischer Aufbau der Arbeit | 23 |
| Abbildung 3.1 | Graph der numerischen Approximation (Mathematica) der Funktion $\Phi(x)$ | 46 |
| Abbildung 3.2 | Graph der Likelihood-Funktion bei einer Wanderung vom OLS-Schätzer ($\lambda = 0$) zum Frontier-Schätzer ($\lambda = 1$) . . . | 47 |
| Abbildung 3.3 | Entwicklung der Wachstumsrate des technischen Fortschritts und der Produktionselastizitäten von Kapital und Arbeit von 1991 bis 2002 im Osten und von 1970 bis 2002 im Westen | 51 |
| Abbildung 3.4 | Entwicklung der Skalenelastizität σ_{Sk} und der Substitutionelastizität von Arbeit und Kapital σ von 1991 bis 2002 im Osten und von 1970 bis 2002 im Westen | 52 |
| Abbildung 3.5 | Iso-Produktions-Kurven und der Graph der Faktorkombinationen | 55 |
| Abbildung 4.1 | Taxonomie angewandter Allgemeiner Gleichgewichtsmodelle bezüglich der Dimensionen Akteure, Zeit und Zustände der Welt | 70 |
| Abbildung 4.2 | Zeitliche Abfolge der Entscheidungen | 75 |
| Abbildung 5.1 | Standard-Simulation Ost-West-Verhältnisse | 113 |
| Abbildung 5.2 | Simulation mit Arbeitsangebot, Ost-West-Verhältnisse . . | 119 |
| Abbildung 5.3 | Standard-Simulation Ost-Daten | 122 |
| Abbildung 5.4 | Standard-Simulation West-Daten | 126 |
| Abbildung 5.5 | Standard-Simulation Verschuldungsphasen | 128 |
| Abbildung 5.6 | Standard-Simulation Burda-Graphik | 129 |
| Abbildung 5.7 | Modellaufbau Ost-Daten | 135 |
| Abbildung 5.8 | Modellaufbau West-Daten | 140 |
| Abbildung 5.9 | Qualitative Zusammenhänge | 144 |
| Abbildung 6.1 | Stochastische Produktivitätsentwicklung Ost-Daten | 153 |
| Abbildung 6.2 | Stochastische Produktivitätsentwicklung Ost-, West-Daten als Ausschnittvergrößerung | 154 |
| Abbildung 6.3 | Stochastische Produktivitätsentwicklung West-Daten . . . | 156 |
| Abbildung 6.4 | Stochastische Produktivitätsentwicklung Verschuldungsphasen | 157 |
| Abbildung 6.5 | Stochastische Produktivitätsentwicklung Burda-Graphik . | 158 |
| Abbildung 6.6 | Stochastische Transferentwicklung Ost-Daten | 162 |

| | | |
|---------------|--|-----|
| Abbildung 6.7 | Stochastische Produktivitätsentwicklung Ost-, West-Daten als Ausschnittvergrößerung | 164 |
| Abbildung 6.8 | Stochastische Transferentwicklung West-Daten | 165 |
| Abbildung 6.9 | Stochastische Transferentwicklung Burda-Graphik | 166 |
| Abbildung 7.1 | Humankapitalakkumulation Ost-Daten | 180 |
| Abbildung 7.2 | Humankapitalakkumulation West-Daten | 184 |
| Abbildung 7.3 | Humankapitalakkumulation Ost-West-Verhältnis | 186 |
| Abbildung 7.4 | Ost-West-Verhältnis der Produktivität 1991 bis 2010 . . . | 187 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|--------------|---|-----|
| Tabelle 1.1 | Kurzfassung der Fragestellungen und angewandter Methoden | 21 |
| Tabelle 2.1 | Preisverhältnisse Ost-West | 27 |
| Tabelle 2.2 | Subventionsvolumen und Investitionsfördersatz Ost 1992 bis 2003 | 30 |
| Tabelle 2.3 | Ost-West-Verhältnis von Preisen und Aggregaten im Zeitablauf | 33 |
| Tabelle 3.1 | Verwendete Daten | 40 |
| Tabelle 3.2 | Abschreibungsrate, Arbeitsstunden und Nettoanlagevermögen | 40 |
| Tabelle 3.3 | Abschreibungsraten nach Bundesländern | 41 |
| Tabelle 3.4 | Likelihood und Summanden (Terme 1 bis 4) der Datensätze, deren Likelihood Indeterminate ergaben | 46 |
| Tabelle 3.5 | OLS-Schätzer nach Elimination einzelner Länder | 48 |
| Tabelle 3.6 | Schätzergebnisse der Translog-Spezifikation der Produktionsfunktion und der Restriktion auf eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion | 49 |
| Tabelle 3.7 | Substitutionselastizität σ , Produktionselastizitäten σ_{Yk}, σ_{Yl} und Skalenelastizität σ_{Sk} der geschätzten Technologie als Durchschnitt der Werte für die West-Länder zu den Zeitpunkten 1970, 1991 und 2002 | 53 |
| Tabelle 3.8 | Zusammenstellung der Schätzergebnisse von Substitutionselastizitäten in Deutschland und deren Implikation für den Zeitpunkt des Erreichens vollständiger technischer Effizienz bei linearer Prognose | 53 |
| Tabelle 3.9 | Ost-West-Verhältnisse der Elastizitäten 1991, 1995 und 2002 | 55 |
| Tabelle 3.10 | Entwicklung der relativen technischen Effizienz (TE Ost/West) | 58 |
| Tabelle 3.11 | Prognosen der zeitlichen Konvergenzdimension von Output pro Kopf zwischen Ost und West | 58 |
| Tabelle 3.12 | Anteil der Arbeitnehmerentgelte an der Bruttowertschöpfung 1991 bis 2004 im Westen, Lohnkeil Ost | 60 |
| Tabelle 5.1 | Mit deutschen Exportanteilen gewichtetes Brutto-sozialprodukt der Welt | 107 |
| Tabelle 5.2 | Werte der Parameter, Kalibrierung und der Verlustfunktion entlang eines Pfads A bis D zum Optimum | 111 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| Tabelle 5.3 | Simulationsparameter | 112 |
| Tabelle 5.4 | Simulationsabweichungen Maximumsmetrik und Korrelationskoeffizient | 114 |
| Tabelle 5.5 | Transfer, der die expansive Wirkung der Produktivitätslücke auf die Arbeitsmenge egalisiert, in Abhängigkeit von σ . . . | 116 |
| Tabelle 5.6 | Simulationsparameter Arbeitsangebot | 118 |
| Tabelle 5.7 | Simulationsparameter des Standard-Modells | 123 |
| Tabelle 5.8 | Elastizitäten | 134 |
| Tabelle 5.9 | Ost-Elastizitäten nach Phasen | 136 |
| Tabelle 5.10 | Simulationsparameter Modellaufbau | 137 |
| Tabelle 5.11 | Verteilung der Friktionskosten im Gegenwartswert des entgangenen Konsums | 142 |
| Tabelle 5.12 | Daten zu den Kosten der Friktionen | 143 |
| Tabelle 6.1 | Simulationsparameter stochastische Produktivität | 151 |
| Tabelle 6.2 | Simulationsparameter stochastisches Förderungsende | 160 |
| Tabelle 6.3 | Modellprognose der Größe der Ost-Bevölkerung (absolut) in Abhängigkeit von Szenarios zu ausgewählten Zeitpunkten | 167 |
| Tabelle 7.1 | Sektorale Bruttowertschöpfung pro geleisteter Arbeitsstunde der Erwerbstätigen 2003 nach Ost und West | 170 |
| Tabelle 7.2 | Simulationsparameter endogenes Wachstum | 181 |

Abkürzungen

| | |
|-------------|---|
| y | Pro-Kopf-Produktion |
| c | Pro-Kopf-Konsum |
| i_j | Pro-Kopf-Investition in den Kapitalstock j |
| k | Pro-Kopf-Realkapitalstock |
| h_j | Pro-Kopf-Humankapitalstock |
| l | Pro-Kopf-Arbeitszeit |
| e | Pro-Kopf-Freizeit |
| T | Pro-Kopf-Umfang des Zeitbudgets |
| s | Pro-Kopf-Außenbeitrag |
| b | Pro-Kopf-Verschuldung |
| R | Preis: internationaler Zins |
| r | Preis: regionaler (Kapital-)Zins |
| w | Preis: Lohn |
| u | Umzüge |
| L | Bevölkerung |
| τ | Steuersatz |
| Tr | Transfer |
| Ts | Subventionen |
| G | öffentlicher Kapitalstock |
| NAV | Nettoanlagevermögen |
| BWS | Bruttowertschöpfung |
| ANE | Arbeitnehmerentgelt |
| BAI | Bruttoanlageinvestitionen |
| AS | Arbeitsstunden |
| U | Funktion: Nutzenfunktion |
| β | Parameter: Diskontrate |
| γ | Parameter: Risikoaversion |
| σ | Parameter: Präferenzparameter |
| D | Gegenwartswert der kompensierenden Variation |
| W | Gegenwartswert des Konsumstroms |
| d | kompensierende Variation |
| f | Funktion: Produktionsfunktion |
| α | Parameter: Kapitalanteil, Technologie |
| z | Parameter: Produktivität |
| δ | Parameter: Abschreibungsrate |
| φ^i | Parameter der Anpassungskostenfunktion des Aggregats i |
| i_{kx} | Parameter der Investitionskostenfunktion für Aggregat x |
| u_k | Parameter der Umzugskostenfunktion |
| b_k | Parameter der Verschuldungskostenfunktion |
| v_x | $\frac{dx}{dt}$ Ableitung der Parameterentwicklung von x nach t |

1 Einleitung

Die deutsche Wiedervereinigung liegt mehr als 15 Jahre zurück. Seitdem ist sie Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen, die sich mit ihrer Beschreibung, Erklärung und politischen Gestaltung auseinandergesetzt haben. Dadurch liegt ein detailliertes deskriptives Bild vor. Es gibt jedoch nur wenige Untersuchungen, die die ihr zugrunde liegenden Prozesse ursächlich miteinander in Beziehung setzen oder Erklärungen der beobachteten Phänomene bieten (Ausnahmen z. B. Canova und Ravn (2005) und Snower und Merkel (2006)) und somit zu einem tieferen Verständnis beitragen.

In der Einleitung wird zunächst eine exemplarische Übersicht der Literatur über den deutschen Wiedervereinigungsprozess aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht geboten. Aus dieser groben Zusammenstellung werden vier offene Fragen abgeleitet, die die Arbeit leiten werden. Die zu ihrer Beantwortung verwendeten Methoden werden im Anschluss daran diskutiert und erklärt. In einem weiteren Abschnitt wird der Aufbau der Arbeit dargestellt und welche methodischen Schritte im Einzelnen erforderlich sind.

1.1 Die deutsche Wiedervereinigung in der Literatur

Seit Beginn der Wiedervereinigung sind eine große Anzahl von Veröffentlichungen über den Wiedervereinigungsprozess erschienen. Exemplarisch wird auf vier methodisch unterschiedliche Ansätze eingegangen.

- In einem makroökonomischen Überblick KfW-Research (2005) über die Ergebnisse von 15 Jahren Vereinigungspolitik wird konstatiert: Seit Beginn der Wiedervereinigung hat sich der Lebensstandard im Osten stark erhöht. Dies wurde produktionsseitig erstens durch die Modernisierung und Erweiterung des Kapitalstocks und zweitens durch die Erhöhung der Produktivität erreicht. Als Problemfaktor der weiteren Entwicklung im Osten werden die immer noch bestehenden Lohnstückkostennachteile gegenüber dem Westen gesehen. Zwar hat sich die Produktivität inzwischen stark erhöht, aber die Arbeitnehmerentgelte sind noch stärker gestiegen, sodass die Probleme im Osten immer noch fortbestehen. Insbesondere zu Beginn der Vereinigung haben die hohen Lohnstückkosten die „erdrückend“ hohe Ost-Arbeitslosigkeit² verursacht.

Allerdings ist die Verteilung der Lohnstückkostennachteile im Osten sektoral heterogen. So sind diese im Bausektor und in einigen Dienstleistungsbe-

² Osten bzw. Ost sei definiert als Ostdeutschland; Westen bzw. West als Westdeutschland.

reichen besonders hoch, während die Lohnstückkosten im Verarbeitenden Gewerbe im Osten sogar niedriger waren als im Westen.

Die gesamtwirtschaftlichen Daten über das Wachstum im Osten werden durch die fortgesetzte kontraktive Entwicklung im Bausektor verdeckt. Rechnet man sie heraus, ergeben sich im Ost-BIP höhere Wachstumsraten als im Westen.

- Der Sachverständigenrat liefert in seinem Gutachten (Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2002, 2004)) für den Osten weitreichendere Erklärungen und zieht Schlüsse über den Einfluss der Ost-Integration auf die gesamtdeutsche Entwicklung.

Explizit werden im Osten zwei Entwicklungsintervalle beschrieben (Ziffern 391 ff.). Während von 1991 bis 1997 die Entwicklung „stürmisch“ verlief, kommt sie seitdem nur „schleppend“ voran. Der Konvergenzprozess ist „ins Stocken geraten“. Der „wesentliche“ Grund dafür ist die Entwicklung im Baugewerbe.

Erklärend für die Entwicklung des Bausektors im Osten wird bemerkt (Ziffer 394):

„Die negative Entwicklung im Baugewerbe übertrug sich auch auf den Dienstleistungsbereich [...] Der derzeitige Schrumpfungsprozess im Baugewerbe ist immer noch ein Reflex auf den insbesondere durch Sonderabschreibungsmöglichkeiten verursachten Aufbau von Überkapazitäten bis zur Mitte der 90er Jahre, die seitdem abgebaut wurden.“

Für Deutschland insgesamt wird konstatiert (Ziffern 613 ff.):

„Der Sachverständigenrat hat in seinem Jahresgutachten 2002 festgestellt, dass die deutsche Wachstumsschwäche seit Mitte der 90er Jahre zu einem beträchtlichen Teil Folge der deutschen Wiedervereinigung ist.“

Als wachstumshemmende Faktoren in Deutschland wurden unter anderem

1. die Krise des Baugewerbes und
2. der durch die West-Ost-Transfers bedingte erhebliche Anstieg der Schuldenstandsquote sowie
3. der gesamtwirtschaftlichen Abgabenquote

seit der Vereinigung identifiziert (JG 2002 Ziffern 338 ff.).

„Diese Ursachen gelten unverändert fort. Die hohe gesamtwirtschaftliche Arbeitslosigkeit, der Rückgang der Erwerbstätigkeit und die nach wie vor im europäischen Vergleich unterdurchschnittliche Zuwachsrate des deutschen Bruttoinlandsprodukts werden weiterhin wesentlich durch die wirtschaftliche Situation in den neuen Bundesländern und den ins Stocken geratenen Aufholprozess mitbestimmt.“

Weiterhin wird auch für 2003 eine „Produktivitätslücke“ von rund 25% (Ziffer 393, Ziffer 397) im Osten festgestellt.

- Auf die Gründe der Produktivitätslücke weist Ragnitz (2004) hin:

„[...] Auch das im Durchschnitt noch immer niedrige Produktivitätsniveau von lediglich 72,5% des West-Vergleichswerts ist vor allem Reflex von strukturellen Besonderheiten der Ost-Wirtschaft, nämlich der nach wie vor bestehenden Dominanz typischerweise wenig produktiver Branchen, der geringen Präsenz von großen Unternehmen und einer vielfach auf nachgelagerte und damit wenig wertschöpfungsintensive Produktionsstufen konzentrierten Industrie. Bereinigt um diese Struktureffekte unterscheiden sich die Produktivitätswerte für West- und Ostdeutschland nur wenig.“
- Internationale Aspekte der Vereinigung stehen in einer Evaluationsstudie frühzeitiger (1990) Prognosen von Mehrländer-Makromodellen (Multimod, MSG2 und MX3) im Vordergrund (Gagnon et al. (1996)).

Die Modelle erreichten in ihrer Vorhersage einen beträchtlichen Konsens. Die Ostintegration würde von einer fiskalischen Expansion begleitet, die Zinssteigerungen zur Folge hätte, die wiederum Kapitalzuflüsse induzieren würden. Die implementierte Zinsparität würde dann zu einer Aufwertung der DM führen und die Leistungsbilanz verschlechtern.

Auch in Bezug auf die Intra-EU-Wirkungen bestand Konsens. Eine Aufwertung würde durch Zinserhöhungen, die zur Aufrechterhaltung der Kursparitäten erforderlich wären, zu Kontraktionen in anderen EU-Ländern führen.

Rückblickend lässt sich beurteilen, dass keines der Modelle 1993 eine Rezession vorhergesagt hatte. Die Produktion im Osten wurde infolge des Kapitalstocks grundsätzlich überschätzt. Gleichzeitig wurden das Transfervolumen und die Lohnentwicklung unterschätzt. Ebenfalls hat keines der Modelle die Dimension der Überschussarbeitslosigkeit³ im Osten und ihre Persistenz richtig vorhergesehen.

Neben diesen qualitativen Prognosefehlern erfolgten die Anpassungsreaktionen um den Faktor vier zu schnell (ein Jahr anstatt vier).

- Einen mehr auf Deutschland zugeschnittenen Erklärungsansatz verfolgen Canova und Ravn (2005) mit einem eleganten Zwei-Personen-Gleichgewichtsmodell. Sie modellieren die Vereinigung als Arbeitsangebotsschock, der durch ein plötzliches Überangebot von niedrigqualifizierten (Ost-)Arbeitern das Qualifikationsgefüge der Arbeit verzerrt. Diese Unausgewogenheit gleicht sich mit exogener Geschwindigkeit innerhalb einer Generation aus.

³ Überschussarbeitslosigkeit sei definiert als der Anteil der Arbeitslosigkeit im Osten, der die durchschnittliche Arbeitslosigkeit im Westen übersteigt.

Die Autoren zeigen ohne direkte regionale Differenzierung die Vereinigungseffekte als aggregierte Produktivitätseinbußen und durchschnittliche Kapitalintensitätsreduktion. Die Hochqualifizierten profitieren von ihrer relativen „Knappheit“ zu Beginn der Vereinigung und erzielen einen positiven Einkommenseffekt wegen ihres Kapitalmonopols. Das führt zunächst zu expansivem Konsum und zu Investitionen und in der Folge wegen der hohen Sozialtransfers zur Kontraktion.

- Snower und Merkel (2006) erklären die ökonomischen Prozesse infolge der deutschen Wiedervereinigung über den Arbeitsmarkt. Die exzessive Lohnpolitik im Osten führt zu Beginn der Vereinigung zu hoher Arbeitslosigkeit, deren Wirkung sich über eine Reihe von „Fallen“ verlängert. So führen Substitutionseffekte infolge der überhöhten Löhne zu einer Ersetzung von Arbeit durch Kapital, einer Überblähung des Sektors nichthandelbarer Güter und niedriger Qualifikation der Beschäftigten.

Mit diesem kalibrierten Modell gelingt eine Erklärung der stagnierenden Beschäftigungsentwicklung im Osten bei fortgesetzt überhöhten Löhnen und Arbeitsmarktfriktionen. Welchen Teil der Produktivitätslücke durch sektorale Spezifikation und Humankapitaldefizite das Modell erklärt, wird nicht explizit ausgewiesen und lässt sich nicht ohne Weiteres abschätzen. Das Modell erklärt jedoch die Ostentwicklung über den Arbeitsmarkt vollständig aus den Post-Vereinigungsumständen ohne die Faktorausstattungen.

1.2 Problemstellung – Offene Fragen der Vereinigung

Von einem integrierten Verständnis der Vorgänge im Osten und ihrer Interaktion mit dem Westen sind diese Arbeitsergebnisse „weit“ entfernt. Um die interaktiven ökonomischen Wirkungen der Friktionen und Politikmaßnahmen aufzuzeigen, konzentriert sich die vorliegende Arbeit auf vier Punkte der bisher vorgestellten Erklärungsversuche, nämlich

1. die methodisch schwache Analyse der Technologie,
2. die Untersuchung des Zusammenwirkens von Kapitalstock, Produktivität, Transfers und Wanderungen,
3. die Erarbeitung und Analyse unsicherer zukünftiger Entwicklungsszenarios und
4. die Erklärung der Stagnation des Konvergenzprozesses.

Im Einzelnen sollen die folgenden Fragen beantwortet werden:

1. Die Untersuchungen über die Ursache und die Größe der Produktivitätslücke ist ohne Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Technologie, des

Arbeitseinsatzes und des Kapitalstocks unvollständig. In allen angeführten Untersuchungen bleibt offen:

Frage A: In welchem quantitativen Verhältnis stehen im Osten Produktivität, Kapitalstock und Arbeitseinsatz und wie hat sich dieses Verhältnis entwickelt?

2. Die im vorigen Kapitel angeführten deskriptiven Untersuchungen konstatieren für den Osten
 - a) eine niedrige Produktivität im Vergleich zum Westen,
 - b) sehr hohe Arbeitslosigkeit im Vergleich zum Westen,
 - c) ein Kapitalstockdefizit im Vergleich zum Westen,
 - d) hohe West-Ost-Transfers und
 - e) Ost-West-Migration.

Diese Modelluntersuchungen betonen verschiedene Einzelaspekte der Vereinigung (Transfers, niedrige Produktivität, Arbeitsmarktfriktionen und Kapitalzuflüsse). Dabei spezialisieren sie sich auf die detaillierte Darstellung einzelner Ausschnitte (beispielsweise auf generative Strukturen oder monetäre Aspekte).

Die folgenden Überlegungen zeigen, dass die Interaktion dieser vier Strukturen wichtig ist:

- Um zu beurteilen, ob in einer Region, wie z. B. dem Osten, ein Kapitalstockdefizit vorliegt, bedarf es der Analyse von Produktivität und Kapitalstock; denn sinkt die Produktivität in einer Region, werden Investitionen dort unattraktiver und es sinkt der optimale Kapitalstock.
- Die regionale Bedeutung von Migration im Vereinigungsprozess – insbesondere für den Westen – wurde nicht behandelt. Aber auch die Migrationen wirken über die Veränderung von Kapitalintensitäten in Ab- und Zuwanderungsregionen.
- Zwar liegen die Migrationsvolumina nur im niedrigen Prozentbereich der Bevölkerungsbestände und scheinen deshalb von geringer Bedeutung zu sein. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sie als Folge substanzieller Transfers entstanden sind und deshalb der Zusammenhang von Transfers und Migrationen nicht offensichtlich ist. Die Transfers könnten also sehr wohl einen großen modulierenden Effekt für die Bevölkerungsbewegungen besessen haben.

In dieser Arbeit wird versucht, das breitere Spektrum an Interaktionen quantifiziert zu entflechten:

Frage B: Wie haben niedrige Produktivität, hohe Arbeitslosigkeit, der Kapitalstock, die West-Ost-Transfers und die Migrationen den Vereinigungsprozess beeinflusst?

3. Die Entwicklung im Osten war und ist stark davon abhängig, wie sich die Produktivität und die Transfers entwickeln. Beide Parameter müssen als unsicher gelten.

Frage C: Welche Szenarios der Produktivitäts- und Transferentwicklung können im Osten in Zukunft entstehen und wie haben sie die Entwicklung bereits beeinflusst?

4. Der Sachverständigenrat teilt die Entwicklung im Osten in eine Phase schnellen und eine langsamen Wachstums ein und erklärt letztere mit sektoralen Strukturen, insbesondere der kontraktiven Entwicklung im Baugewerbe seit Mitte der 90er Jahre. So hätten sich die Sektoren ohne das Baugewerbe mit höherer Geschwindigkeit als im Westen entwickelt.

Frage D: Gibt es eine Argumentation, die ohne sektorale Referenz (Baugewerbe) die Stagnation des Konvergenzprozesses zwischen Ost und West erklärt?

1.3 Methodische Ansätze

1.3.1 Der methodische Ansatz zur Beantwortung von Frage A

Die Messung der Produktivitätsunterschiede zwischen Ost und West wird in den meisten Arbeiten durch den Vergleich der BWS/Arbeitsstunde der Erwerbstätigen vorgenommen. Dieses Konzept misst jedoch nicht die entscheidende angebotsseitige diagnostische Größe einer Ökonomie, nämlich wie effizient die eingesetzten Faktoren unabhängig von ihrer Einsatzmenge zu einem Output verknüpft werden. Letztere Größe wird als technische Effizienz einer Ökonomie bezeichnet. Das Problem wird deutlich, wenn man die Produktivitäten gemessen als BWS/Arbeitsstunde zwischen Ost und West vergleicht. Ein Unterschied beider Größen misst implizit die Differenzen des Kapitalstocks mit, die aber nicht Teil des Unterschieds der technischen Effizienzen sind.

Die Lösung besteht darin, eine Produktionstechnologie für Ost und West zu bestimmen, die den jeweiligen Einsatz der Faktoren berücksichtigt. Um dies zu erreichen, wird in den folgenden Abschnitten davon ausgegangen, dass das vereinigte Deutschland – zumindest seit dem Ende der Transitionsphase 1993 (möglicherweise schon früher, vgl. Mallok und Fritsch (1994), S. 613) – ein homogener technologischer Raum ist. Das bedeutet, dass es möglich ist, im Osten mit dem gleichen technischen Wissen zu produzieren wie im Westen.

Die für West und Ost homogene Produktionstechnologie und die technische Effizienz lässt sich ökonometrisch für die Bundesländer im jeweiligen Gebietsstand

der Bundesrepublik für den Zeitraum von 1970 bis 2003 mit der Technik der stochastischen Production Frontier schätzen. Aus dem Vergleich der technischen Effizienzen von Westländern und Ostländern lässt sich bestimmen, welche Größenordnung die Differenz einer technologischen Effizienz besitzt und wie sie sich entwickelt.

Mit der geschätzten Technologie wird es auch möglich, Verzerrungen auf den Arbeitsmärkten einzuschätzen.

1.3.2 Der methodische Ansatz zur Beantwortung von Fragen B bis D

Die Fragen B bis D werden im Rahmen angewandter Allgemeiner Gleichgewichtsmodelle behandelt. Dazu wird für Frage B zuerst ein dynamisches Modell entwickelt. Dieses ist als hochaggregiertes Makromodell konzipiert. Der Modellaufbau erfolgt in enger Anlehnung an die Ergebnisse einer deskriptiven Datenanalyse zur Identifikation von Friktionen und Politikmaßnahmen, die den Vereinigungsprozess bislang begleitet haben. Das daraus abgeleitete Modell steht in einem engen Verhältnis zum Modell von Burda (2003).

Inhaltlich besteht Burdas Modell aus einer Ein-Gut-Zwei-Personen-Ökonomie, in der ein sozialer Planer die Faktorallokation wohlfahrtsmaximierend vornimmt. Die ökonomische Integration wird dort als zeitlich parallel ablaufender Faktorallokationsprozess für Arbeit und Kapital interpretiert. Ausgehend von unterschiedlichen Faktorausstattungen entstehen Preisdifferenzen, die ausgleichende Faktorbewegungen verursachen. Die langfristige Faktorallokation wird maßgeblich von der relativen Geschwindigkeit der Prozesse bestimmt, die auch von Faktor-Anpassungskosten abhängt. Burda zeigt, dass ein sozialer Planer im Optimum Wanderungen initiiert, also Politikeingriffe zur Verhinderung von Wanderungen nicht unbedingt zu einer Wohlfahrtsvergrößerung führen.⁴

Zur Beantwortung der Frage B wird das hier entwickelte Modell u. a. mit Parametern, die aus der Beantwortung von Frage A und der Literatur stammen, quantifiziert und numerisch gelöst. Nachdem die Lösung einem Verifikationstest unterzogen wurde, ist es möglich, Friktionen und Politikparameter einzeln „an- und auszuschalten“ und mit diesen künstlichen Parameterszenarios das Modell zu simulieren. Man erhält so einen detaillierten Einblick in die Wirkungszusammenhänge und Quantitäten. Außerdem lassen sich so Lasten, die von einzelnen Friktionen verursacht wurden, quantifizieren und ihre Verteilungswirkungen bestimmen.

Die Frage C ist weitgehend eine nach Prognosen über die zu erwartende Entwicklung des Vereinigungsprozesses. Um sie zu beantworten, müssen zunächst

⁴ Offen bleibt jedoch, inwieweit sich das Modell als dezentralisiert interpretieren lässt und damit nicht nur einen normativen, sondern auch einen positiven Inhalt trägt. Um das verständlich zu machen, ist ein Exkurs in Kapitel 5.1.1 erforderlich.

Tabelle 1.1:
Kurzfassung der Fragestellungen und angewandter Methoden

| Frage | Methode |
|--|---|
| A. Quantitatives Verhältnis von Produktivität, Kapitalstock und Arbeitseinsatz im Osten | Schätzung einer stochastischen Production Frontier |
| B. Produktivität, Arbeitslosigkeit, Kapitalstock, Transfers und Migration im Vereinigungsprozess | Simulation eines multiregionalen, dynamischen Gleichgewichtsmodells mit Faktormobilität |
| C. Szenarios zukünftiger Produktivitäts- und Transferentwicklung im Osten | Simulation eines mehrregionalen, stochastischen, dynamischen Gleichgewichtsmodells |
| D. Erklärung der Stagnation des Konvergenzprozesses | Simulation eines endogenen Wachstumsmodells mit Humankapital |

Quelle: Eigene Festlegung.

plausible Parameterentwicklungs- und Politikszenarios erstellt werden. Das zur Beantwortung der Frage B benutzte Modell wird dann weiterentwickelt, numerisch gelöst und seine Modellreaktion auf diese Parameterszenarios dargestellt. Die Verifikation tritt hierbei in den Hintergrund, allerdings „erbt“ das Modell die Verifikationsergebnisse des zuvor benutzten Modells. Die Stärke dieses Ansatzes ist es, rationale, konsistente und quantifizierte Hypothesen für die künftige Entwicklung in Abhängigkeit von Entwicklungsszenarios geben zu können.

Zur Beantwortung der Frage D wird ein plausibles Modell entworfen, dass in der Lage ist, bis dahin als exogen angenommene Parameterentwicklungen in einer Form zu endogenisieren, die realen Beobachtungen dieser Parameter qualitativ „ähnelt“ und sie somit erklärt.

Die Leitfragen A bis D und die angewandten Methoden sind in Tabelle 1.3.2 zusammengetragen. Im nächsten Abschnitt wird das methodische Vorgehen in einzelne Arbeitsschritte zerlegt und dargestellt.

1.4 Aufbau der Arbeit

In den Kapiteln 2 bis 3 werden die ökonomischen und demographischen Daten mit verschiedenen Methoden analysiert. Diese Vorarbeiten erleichtern die Beantwortung der Frage A nach den quantitativen Produktionszusammenhängen im Osten. Außerdem werden die Modellanalysen zur Beantwortung der Fragen B bis D vorbereitet.

In Kapitel 2 werden die wichtigsten Aggregate, Preise und demographischen Daten im Ost-West-Vergleich dargestellt. Dies dient der Identifikation relevanter Modellkomponenten und Friktionen ebenso wie der Spezifikation des Güterraums für die in den späteren Kapiteln folgenden Modellanalysen.

Die ausführliche Untersuchung der Produktionstechnologie erfolgt in Kapitel 3. Dort werden eine stochastische Production Frontier auf Basis der Daten für die Bundesländer von 1970 bis 2003 geschätzt und Ost-West-Unterschiede herausgestellt.

Die geschätzte Produktionstechnologie und Subventionsdaten erlauben es dann, die Faktormärkte auf Eingriffe zu untersuchen. Dies geschieht in den Kapiteln 2.4 und 3.6. Dort werden Lohnkeile und Investitionszuschläge bestimmt, die als Friktionen den Vereinigungsprozess substantiell beeinflusst haben und deshalb auch für die Modellbildung relevant sind.

Damit ist der datenanalytische Teil abgeschlossen und es werden in Kapitel 3.7 die quantitativ identifizierten Friktionen und Strukturen, die die Modellbildung der Kapitel 4 bis 7 leiten, zusammengefasst.

Vorbereitend dazu wird in Kapitel 4 ein Autarkie-Modell vorgestellt und ein Gleichgewicht definiert. Dieses einführende Modell erlaubt es bereits, die nur den Osten betreffenden Friktionen Kapitalstockdefizit, Produktivitätslücke und Subventionen zu behandeln.

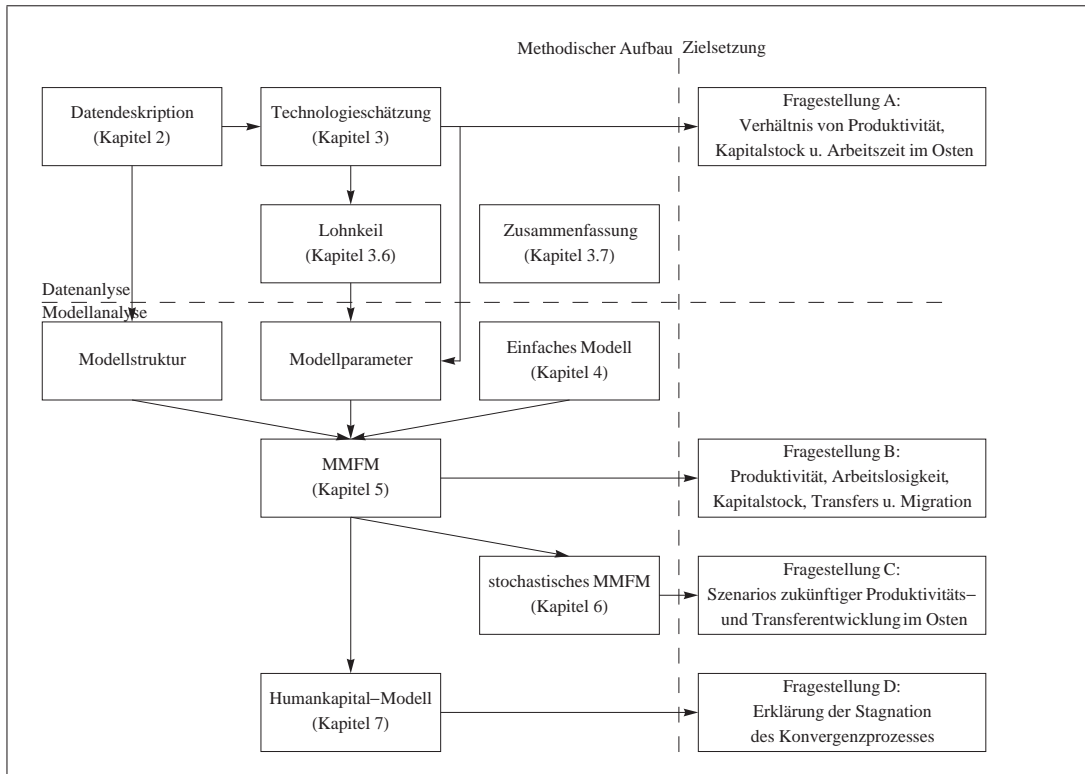
Im anschließenden Abschnitt 5 erfolgt zunächst die theoretische Einbettung dieses Modells in einen interregionalen Kontext mit den in Kapitel 2 identifizierten Strukturen Bevölkerungsbewegungen, Transfers und externe Verschuldung.

Nach der Kalibrierung der Parameter, die zum Teil aus der Literatur übernommen sind, zum Teil aus der Schätzung in Kapitel 3 sowie aus der deskriptiven Datenanalyse des Kapitels 2 und einer Anpassungsprozedur stammen, werden dann Simulationen vorgenommen. Im Rahmen des erforderlichen Verifikationsschrittes werden diese Simulationsdaten mit gemessenen Daten aus Kapitel 2 verglichen. Für die meisten Aggregate wird eine befriedigende Erklärungsgüte erreicht. Mit dem so verifizierten Modell werden dann einzelne Friktionen (Produktivitätslücke, Kapitalstockdefizit, Transfers und Subventionen) zuverlässig und gezielt auf ihre Wirkungen, ihre Interaktion und die entstehenden Lastenverteilungen untersucht. Damit kann Frage B beantwortet werden.

Ausgehend von diesem im weitesten Sinne geschätzten Modell wird in Kapitel 6 eine stochastische Formulierung des Modells entwickelt, die die Grundlage zur Beantwortung der Frage C nach dem Einfluss von Unsicherheiten und den zu erwartenden Wirkungen verschiedener Szenarios auf den Vereinigungsprozess bietet.

Der zentrale exogene Parameter aller vorausgegangenen Modelluntersuchungen ist die in Kapitel 3 gemessene Produktivitätsentwicklung. Die Erklärung der Pro-

Abbildung 1.1:
Schematischer Aufbau der Arbeit



Quelle: Eigene Darstellung.

duktivitätslücke in einem endogenen Wachstumsmodell mit Humankapital erfolgt in Kapitel 7. Diese Erkenntnisse ermöglichen die Beantwortung der Frage D.

Im abschließenden Kapitel 8 werden die Fragen A bis D aus der Einleitung noch einmal aufgegriffen und diskutiert, inwieweit es gelungen ist, Antworten zu finden, welchen Beschränkungen diese unterliegen und welche erkenntnisvertiefenden Arbeiten folgen könnten.

Der Aufbau der Arbeit ist schematisch in Abbildung 1.1 wiedergegeben.

2 Aggregate, Preise und Demographie

In diesem Kapitel werden die makroökonomischen Daten des deutschen Wiedervereinigungsprozesses dargestellt. Dazu sind zunächst methodische Erklärungen über die Fokussierung auf Ost-West-Relationen, die Messung monetärer Transfers, die Messung der Ost-Verschuldung und der Subventionen erforderlich. Anschließend erfolgt eine umfassende Darstellung der Aggregate, Preise und demographischen Veränderungen im Zeitablauf, die es schließlich möglich machen, die Grundstrukturen und Parameter für die Modellierung herauszustellen.

2.1 Ost-West-Verhältnisse

Um die Entwicklung von Aggregaten und Preisen während des wirtschaftlichen Vereinigungsprozesses im Osten und Westen zu analysieren, werden für die Aggregate X_{it} fast ausschließlich die Verhältnisse der Pro-Kopf-Größen⁵ x_{ot}/x_{wt} betrachtet und für die Preise die Preisrelationen Ost-West p_{ot}/p_{wt} . Dieses Vorgehen ist besonders praktikabel, da sich die Einflüsse nicht bekannter linearer, bundesweit homogener Faktoren wie das Preisniveau p_t , der Steuersatz τ_t und der konjunkturelle Einfluss z_t aus dem regionalen Verhältnis x_{ot}/x_{wt} herauskürzen.

$$X_{it} = (1 - \tau_t)p_t z_t x_{it} L_{it} \quad i = o, w \quad (2.1)$$

$$\frac{x_{ot}}{x_{wt}} = \frac{X_{ot}}{X_{wt}} \frac{L_{wt}}{L_{ot}} \quad (2.2)$$

Die reduzierende Verhältnisbetrachtung ermöglicht

1. Einsichten in Niveauunterschiede zwischen Ost und West und
2. Einsichten in den Fortschritt eines möglichen Konvergenzprozesses, sofern die betrachtete Größe im Steady State (=: x_{ss}) regional unabhängig eindeutig definiert ist und die West-Werte x_{wt} aufgrund der relativen Größe des Westens von den Anpassungsreaktionen im Osten unberührt bleiben.

$$x_{wt} \approx x_{ss}$$

Dann kann man aus dem Ost-West-Verhältnis auf das Verhältnis der Ostwerte zu ihrem Steady State schließen

$$\frac{x_{ot}}{x_{wt}} \approx \frac{x_{ot}}{x_{ss}}$$

⁵ Pro-Kopf-Größen werden durchweg in kleinen Buchstaben angegeben, Aggregate in großen.

Dabei ist wichtig, ob der Skalierungsfaktor L_{ot}/L_{wt} das Bevölkerungs-, das Erwerbstätigen- oder das geleistete Arbeitsmengenverhältnis beschreiben soll. Insbesondere zur Identifikation der die Vereinigung begleitenden Friktionen und zum Vergleich des Modelloutputs wird vom jeweiligen Kontext angemessenen Verhältnis Gebrauch gemacht:

Auf der Angebotsseite interessieren die technologischen Verknüpfungen. Zu deren Vergleich wird der tatsächliche Arbeitsinput gemessen in Arbeitsstunden der Erwerbstätigen als Vergleichsbasis bevorzugt. Auf der Verwendungsseite ergeben die Verhältnisse pro Einwohner ein originäres Bild der Güterausstattung. Deshalb werden auf der Verwendungsseite Pro-Bevölkerungs-Quoten verglichen.

2.2 Transfers und Außenbeitrag

Zur Bestimmung des ökonomischen Verhältnisses von Ost- und Westdeutschland sind die Güterströme zwischen Ost und West von wesentlicher Bedeutung. Es ist sinnvoll, diese Güterströme in entgeltlich geleistete und unentgeltlich geleistete zu unterscheiden. Entgeltlich geleistete Güterbewegungen werden als Lieferungen interpretiert, deren Finanzierung auf einem Zahlungsverprechen für die Zukunft – also einer Verschuldung/Forderung – aufbaut. Unentgeltliche Güterbewegungen dagegen stellen eine Enteignung in einer Region dar und eine Schenkung in der anderen.

Der Begriff der Güterbewegung durch auferlegte Veränderung der Eigentumsrechte führt unmittelbar auf staatliche Maßnahmen. Konsequenterweise werden deshalb Transfers als Güterlieferung verstanden, die durch staatliche Intervention zustande gekommen sind. Eine derartige Begriffsbildung legen auch DIW, IAB, IWW, IWH und ZEW (2002) zugrunde.⁶ Die Autoren bestimmen die Nettotransfers aus regionalen Salden einer Vielzahl öffentlicher Budgets. Aus den Nettotransfers Tr lassen sich die entgeltlichen Güterlieferungen S in den Osten als Differenz

$$S + Tr = (C + I) - Y \quad (2.3)$$

aus dem lokalen Bruttoinlandsprodukt Y und der lokalen Absorption $C + I$ zuzüglich der Transfers Tr berechnen.⁷

Bei der Erhebungsmethode handelt es sich um eine Budgetanalyse, die ihrem Wesen nach rein monetäre Tatbestände erfasst. Monetäre Transfers müssen nicht

⁶ Anders bestimmt Jansen (2004) die Transfers aus der VGR als die um die Auslandsbeziehungen bereinigte Differenz zwischen lokalem BIP und Absorption. Eine derartige Interpretation der Transfers dehnt den Begriff auf alle innerdeutschen Wirtschaftsbeziehungen bis zur Inhaltsleere aus.

⁷ Der Außenbeitrag wird in der VGR als „Differenz zwischen der Ein- und Ausfuhr von Waren, Dienst- und Faktorleistungen“ definiert. Dann ist der Außenbeitrag

$$S := \text{Einfuhren}_{\text{entgeltlich}} - \text{Ausfuhren}_{\text{entgeltlich}} \quad (2.4)$$

zwangsläufig reale Wirkungen entfalten, wenn die Preise flexibel reagieren. Es stellt sich folglich zunächst die Frage: Welche realen Wirkungen können von derartigen monetären Transfers ausgehen und welche sind tatsächlich von ihnen ausgegangen?

Um sich der Antwort auf die erste Frage zu nähern, stelle man sich zwei isolierte Ökonomien vor. Von der einen wird ein monetärer Transfer in die andere geleistet. Dabei lassen sich die möglichen Anpassungen bezüglich der Preisreaktion innerhalb der Ökonomien gliedern. Die extremen Positionen sind vollständige Preisflexibilität und vollständige Preisstarre. Bei vollständiger Preisflexibilität passen sich die Preise in beiden Ökonomien sofort an. Es herrscht vollständige Neutralität gegenüber dem Transfer. Bei vollständiger Preisstarre wirkt der monetäre Impuls vollständig real, also in der einen Ökonomie als Güterlieferung, die das Angebot reduziert, und in der anderen als Güterlieferung, die das Angebot erhöht. Zwischen diesen beiden extremen Positionen liegen sämtliche denkbaren monetären Preisanpassungsdynamiken, die je nach Transmissionskanal unterschiedliche reale Wirkungen entfalten. Das zugrunde gelegte Preisanpassungskonzept wird relevant zur Messung der Verschuldung im Osten und zur Modellierung der Transfers. Um zu entscheiden, welche der beiden extremen Varianten angemessener ist, wird folgendermaßen vorgegangen: Ausgehend von der Annahme vollständiger Preisflexibilität wird modelliert, welche Preisreaktionen im Osten und im Westen hätten erfolgen müssen, um einen monetären Impuls der Höhe Tr der Transfers in Bezug auf seine Einkommenswirkung zu neutralisieren. Die so bestimmten erwarteten Preisreaktionen lassen sich mit den gemessenen Daten der Preisbewegung vergleichen und entscheiden, welche der beiden Alternativen den Daten besser gerecht wird. Wenn die übrigen realen Einkommenskomponenten y_t konstant sind, müssen die Realkassen vor und nach dem Transfer bei vollständiger Neutralität des Transfers gleich hoch sein. Sie bleiben also von dem Transfer unberührt, solange gilt

$$y + \frac{M_t}{p_t} = y + \frac{M_{t+1} + Tr_t}{p_{t+1}}.$$

Mit $M_t = \alpha y_t$ erhält man für die transferneutralisierende Preissteigerung

$$\frac{p_{t+1}}{p_t} = \frac{\alpha + \frac{Tr_t}{y_t}}{\alpha}$$

und die Transfers entsprechend

$$Tr := \text{Einfuhren}_{\text{entgeltlich}} - \text{Ausfuhren}_{\text{entgeltlich}}. \quad (2.5)$$

Das Einsetzen dieser Definitionen in die volkswirtschaftliche Ressourcenbeschränkung ergibt die Beziehung (2.3).

Tabelle 2.1:
Preisverhältnisse Ost-West

| Jahr | Verbraucherpreise | Absatzpreise | Vorleistungspreise |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | $\frac{p_{ot}}{p_{wt}}$ | $\frac{p_{ot}}{p_{wt}}$ | $\frac{p_{ot}}{p_{wt}}$ |
| 1991 | 76,3 | 84,2 | 84,1 |
| 1992 | 85,7 | 86,1 | 89,1 |
| 1993 | 90,3 | 88,2 | 91,3 |
| 1994 | 90,9 | 89,1 | 91,6 |
| 1995 | 91,1 | 89,0 | 91,5 |
| 1996 | 91,6 | 89,1 | 91,6 |
| 1997 | 92,0 | 89,0 | 91,9 |
| 1998 | 92,3 | 87,6 | 90,9 |
| 1999 | 92,0 | | |
| 2000 | 91,7 | | |
| 2001 | 91,3 | | |
| 2002 | 91,7 | | |

Quelle: ifo Dresden 2/2001, Strukturbericht.

und im Ost-West-Verhältnis mit $Tr_{ot} = -Tr_{wt}$

$$\frac{\frac{p_{ot+1}}{p_{wt+1}}}{\frac{p_{ot}}{p_{wt}}} = \frac{\alpha + \frac{Tr_t}{y_{ot}}}{\underbrace{\alpha - \frac{Tr_t}{y_{wt}}}_{\approx 0}} = 1 + \frac{Tr_t}{\alpha y_{ot}}$$

Unter der Annahme, dass y_{wt} sehr groß im Verhältnis zum Transfer ist, wird $Tr_t/y_{wt} \approx 0$. Die Abschätzung ergibt mit der Geldmenge M3 2000 Mrd. DM (Statistisches Bundesamt (1996)) und BIP 1800 Mrd. Euro (1995), $\alpha \approx 0,5$. Bei einem Transfer von 66 Mrd. Euro (Daten IWH) und 200 Mrd. Euro BIP Ost (VGR der Länder, AK Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder (2005)) erforderte das

$$\frac{Tr_{1995}}{\alpha_{1995} y_{o1995}} = \frac{66}{\frac{1}{2}200} = 66\%$$

eine Veränderung der Preisrelation Ost-West von 66% pro Jahr. Aus Tabelle 2.1 ergibt sich, dass sich diese zwischen 1993 und 2002 um lediglich 1,55% vergrößert hat. Der Transfer hat also fast keine Preisadjustierungen verursacht. Deshalb wird das Szenario vollständiger Preisstarre als das realistische angesehen. Das bedeutet, dass monetäre Transfers bedenkenlos als reale Güterlieferung interpretiert werden können.

2.3 Verschuldung

Mit Hilfe der Beziehung (2.3) und den Transfers lassen sich also die entgeltlichen Güterlieferungen S bestimmen. Es wird angenommen, dass sie sich zu einer zins-tragenden (R_t) Forderung B_t des Ostens gegenüber dem Westen und dem Rest der Welt aufbauen.

$$B_{ot+1} = (1 + R_t) B_{ot} + S_{ot} \quad (2.6)$$

Diese Forderung ist hypothetischer Natur, da nicht bestimmt werden kann, ob entgeltliche Leistungen von West nach Ost als Fehlinvestitionen abgeschrieben sind und ihnen so der Status eines freiwillig geleisteten Transfers zukommt. Allerdings bleibt dann die Frage danach zu stellen, warum derartige Fehlinvestitionen von privaten Einheiten unternommen worden sind und warum sie abgeschrieben worden sein sollten.

In Ermangelung anderer Indikatoren wird die mit Gleichung (2.3) und (2.6) bestimmte Forderung (mit $R_t = 0,05$) der weiterführenden Analyse zugrunde gelegt.

2.4 Investitionssubvention

In der einführenden Literaturdarstellung wurden Sonderabschreibungsmöglichkeiten (siehe Zitat Sachverständigenrat S. 15) als Problemfaktor der Entwicklung im Osten bezeichnet.

Im folgenden Abschnitt geht es darum, allgemein Eingriffe auf den Faktormarkt für Kapital – also auch die Sonderabschreibungen – in Größe und Entwicklung zu beschreiben und das Problempotenzial für die weitere Entwicklung abzuschätzen. Alle diese Eingriffe werden als Subventionen bezeichnet. Subventionen sind demnach kapitalbezogene staatliche Mittel, die an Unternehmen ausgeschüttet werden und damit die Kapitalverzinsung erhöhen.

Zur Unterscheidung von Subventionen und Transfers ist zu bemerken, dass Subventionen als regional ausgeschüttete Mittel aufgefasst werden, deren Finanzierung der gleichen Region zugeschrieben wird. So können die Subventionsmittel beispielsweise aus der die Region betreffenden Besteuerung oder den für die Region bestimmten Transfers stammen. Transfers dagegen bezeichnen in der hier getroffenen Abgrenzung die staatliche Übertragung von Mitteln aus einer Region in eine andere. Das bedeutet, dass Subventionen im Osten, auch wenn sie aus EU-Mitteln stammen, als Auszahlung im Osten zu betrachten sind, zu deren Deckung ein Transfer der EU in diese Region anzusetzen ist. Subventionen sind

eine regionale staatliche Maßnahme, während Transfers als interregionaler Eingriff anzusehen sind.⁸

Staatliche Eingriffe auf den Faktormärkten sind durch unterschiedliche Konzepte identifizierbar:

1. lassen sich die beim Kauf eines Faktors ausgeschütteten verzerrenden Mittel direkt messen. Falls diese Daten erhältlich sind, kann man den zugrunde liegenden Faktorpreis ermitteln.
2. lässt sich ein theoretischer Preis bestimmen, wie er ohne staatliche Eingriffe zustande gekommen sein sollte. Die Differenz zwischen dem gemessenen und dem theoretisch bestimmten Preis enthält die Information über die Größe des staatlichen Eingriffs.
3. lassen sich Überschussnachfragen auf nicht geräumten Gütermärkten als Indikator für Eingriffe in das Faktorpreisgefüge heranziehen.

Die Kapitalmärkte arbeiten weitgehend unter flexibler Wettbewerbspreisbildung. Staatliche Eingriffe erfolgen deshalb nur über ausgewiesene Positionen in staatlichen Budgets. Dies ermöglicht die Anwendung des Konzepts 1. Zahlen über die direkt ausgeschütteten Fördermittel zu Subventionen von a-Förderregionen lagen von der EU (European Commission (2004)) vor. Diese a-Regionen sind identisch mit den Ost-Ländern (ohne Berlin). Die Subventionsmittel im Westen waren im gleichen Zeitraum vernachlässigbar gering. Zur Mittelverwendung bemerkt Ragnitz (2003), dass vom gesamten Subventionsvolumen im Osten 2000 1,6 Mrd. Euro als Investitionszuschüsse ausgezahlt wurden. Das sind 61% der von der EU für jenes Jahr ausgewiesenen Subventionen im Osten. Approximativ werden deshalb alle Subventionen wie Investitionszuschüsse behandelt.

Durch Investitionszuschüsse wird der Kaufpreis einer Einheit Kapital gesenkt. Aus der Subventionssumme und den Investitionen kann man einen Investitionsfördersatz $\tau_i = \frac{subv}{i-subv}$ ermitteln, der angibt, um wie viel der Kaufpreis eines Kapitalguts durch die Subvention pro Investitionseinheit (gemindert um den Subventionsbetrag) reduziert wurde.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2.2 dargestellt. Der Investitionsfördersatz betrug zu Beginn der Vereinigung (1992) bis zu 25% der Ost-Investitionen. Er sank bis 2003 auf fast null.

Zwar ist eine Methode beschrieben, die Subventionen aus den Daten ableitet, aber es bleibt die Frage offen, ob die Subventionen wirklich auf dem Faktormarkt wirksam geworden sind und die Kapitalverzinsung erhöht haben oder ob die Unternehmen sie auf die Gütermärkte überwältigt haben. In diesem Fall hätten sie

⁸ Diese Interpretation von Subventionen und Transfers steht völlig im Einklang mit der Methode der Bestimmung der Transfers als Summe regionaler öffentlicher Budgetsalden, wie sie den hier benutzten Daten zugrunde liegt.

Tabelle 2.2:
Subventionsvolumen und Investitionsfördersatz Ost 1992 bis 2003

| Jahr | Fördervolumen a-Regionen [Mio. Euro] | Investitionsfördersatz $\tau_i = \frac{Subv}{i-Subv} [\%]$ |
|------|---|---|
| 1991 | | |
| 1992 | 12 406 | 0,19 |
| 1993 | 18 147 | 0,23 |
| 1994 | 19 140 | 0,24 |
| 1995 | 14 074 | 0,18 |
| 1996 | 11 138 | 0,14 |
| 1997 | 8 977 | 0,12 |
| 1998 | 7 953 | 0,11 |
| 1999 | 5 131 | 0,07 |
| 2000 | 2 652 | 0,04 |
| 2001 | 2 562 | 0,04 |
| 2002 | 2 027 | 0,03 |
| 2003 | 1 003 | |

Quellen: European Commission (2004); eigene Berechnung.

die Güter im Osten relativ zu den Westgütern verbilligt. Falls eine Überwälzung in relevanter Größenordnung stattgefunden hätte, wäre zu erwarten, dass sich die Güterpreise im Osten relativ zu den westlichen verbilligen. Diese Preisbewegung sollte im Vergleich der Ost-West-Preisverhältnisse auffallen – die Frage ist nur, in welcher Größenordnung. 1994 erreichten die Subventionen ihr Maximum mit einem Volumen von rund 20 Mrd. Wäre der Preis der im Osten produzierten Güter ($BWS_{o,1994}$ 200 Mrd.) um diesen Betrag gesenkt worden, dann wäre zu erwarten, dass sich das Preisniveau im Osten um rund 10% senkt. Tatsächlich liegt das Preisverhältnis 1994 im Osten 10% unter dem Westniveau, allerdings sind die Subventionen von 1994 bis 2002 auf null gesunken, wogegen sich das Preisverhältnis in dieser Zeit praktisch nicht verändert hat (Tabelle 2.1).

Die Preisbewegungen lassen sich also dadurch erklären, dass zunächst in vollem Umfang eine Überwälzung stattgefunden hat, die nach Auslaufen der Subventionen nicht revidiert wurde und somit wie der Entzug von 10% der Verkaufserlöse im Osten bei unveränderten Kosten gewirkt haben sollte. Dann wäre ab 1994 eine deutliche kontraktive Wirkung im Osten zu erwarten gewesen, die sich aber nicht offensichtlich in den Daten der VGR (Tabelle 2.3) darstellt.

Plausibler erscheint die These, dass die Subventionen überwiegend zu einer erhöhten Kapitalverzinsung geführt und zu einem Investitionsboom beigetragen haben. Diesen Effekt hält auch der Sachverständigenrat für maßgeblich, als er feststellt, dass Sonderabschreibungen zu Überkapazitäten (im Bausektor) geführt haben

(Kapitel 1.1). Deshalb wird im Folgenden davon ausgegangen, dass es keine güterpreislichen Überwälzungsreaktionen gegeben hat.

Ob und welche Wirkungen die Investitionsförderung entfaltet hat, lässt sich nicht ohne vollständige Modellformulierung abschätzen, da sie den Kapitalakkumulationspfad direkt beeinflusst.

2.5 Datendeskription

Als Datengrundlage aller Aggregate, außer den Transfers Tr , für die die Daten aus DIW, IAB, IWW, IWH und ZEW (2002) benutzt werden, und den Subventionen, die aus European Commission (2004) entnommen sind, dient die VGR der Länder (AK Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder (2005)).

Der Lohn w wird berechnet als das Arbeitnehmerentgelt pro Arbeitnehmer (ANE). Leider stehen die Daten über die geleisteten Arbeitsstunden (AS) der Arbeitnehmer nur von 1998 bis 2002 zur Verfügung; deshalb wurde auf die wünschenswerte Stundenbasis verzichtet. Ein Vergleich im Zeitraum, zu dem sowohl Arbeitsstunden der Arbeitnehmer wie auch die Arbeitnehmerzahlen vorhanden sind, zeigt, dass das Lohnverhältnis Ost-West um 5% bis 7% durch die Messung der Arbeitsmenge durch die Arbeitnehmerzahlen überschätzt wird.

Als regionaler Zins r_{it} wird die in Region i nicht als Arbeitnehmerentgelt ANE_{it} ausgezahlte Bruttowertschöpfung BWS_{it} pro eingesetzter Kapitaleinheit K_{it} definiert

$$r_{it} := \frac{BWS_{it} - ANE_{it}}{K_{it}}.$$

In diesem Ausdruck sind noch Steuern und Subventionen enthalten. Geht man von bundeseinheitlichen Subventions- und Steuersätzen aus, so kürzen sich diese bei der Bildung des Zinsverhältnisses heraus.

Die Ausgangslage 1991 charakterisierte sich im Osten im Vergleich zum Westen mit einer Kapitalintensität (pro Arbeitsstunde), die bei 40% der des Westens lag. Mit dem zugrunde liegenden Kapitalstock wurden lediglich 36% des Westpro-Kopf-BIPs erreicht. Investitionen, Konsum wie auch Staatskonsum lagen zu diesem Zeitpunkt bei rund zwei Dritteln der Pro-Kopf-West-Werte.

Von 1991 bis 1995 stiegen nun die Pro-Kopf-Investitionen im Osten kontinuierlich auf 220% ihres Ausgangsniveaus. Der Kapitalstock und das BIP pro Arbeitsstunde vergrößerten sich um 27% bzw. 66% im Vergleich zu den Westniveaus. Die Pro-Kopf-Investitionen erreichten 1995 ihren höchsten Wert. Sie lagen 54% höher als im Westen. Der Anteil der Investitionen am BIP lag mit 41% rund doppelt so hoch wie im Westen. Die expansive Investitionsphase erreichte 1995 ihren Höhepunkt. Dieser bildete eine natürliche Zäsur, die sich als Ende der „expansiven“ Wachstumsphase darstellt.

Die Entwicklung wurde getragen von einem hohen Außenbeitrag, der sich in diesem Zeitraum von –30 Mrd. Euro um 33% auf –40 Mrd. Euro erhöhte und ebenfalls 1995 seinen Gipfel erreicht hatte. Die Nettotransfers aus dem Westen überstiegen die negativen Außenbeiträge.

Von 1996 bis 2002 verlief die Entwicklung mit einer niedrigeren Geschwindigkeit. Die Investitionen sanken bis 2002 auf das Pro-Kopf-Westniveau, die Kapitalintensität (pro Arbeitsstunde) stieg um weitere 48%, dagegen erhöhte sich das BIP (pro Arbeitsstunde) nur um 13%. In dieser Phase sank der Anteil der Investitionen am BIP auf Westniveau. Das Investitionsvolumen im Osten entwickelte sich zurück. Dieser strukturelle Wandel vollzog sich parallel zu einem kontinuierlichen Rückgang des Außenbeitrags auf null. Die Transfers blieben nahezu konstant. Der Anteil des Fremdkapitals am Kapitalstock erreichte 2002 einen Wert von rund 1/3.

Anhand dieser Daten lässt sich der Vereinigungsprozess in zwei Abschnitte gliedern: 1. schnelles Wachstum (1991 bis 1995), 2. Restrukturierung, produktionsseitige Autarkie (1996 bis 2002).

Die Entwicklung der Faktorpreise vollzog sich in ähnlicher Verlaufsstruktur. Lagen die Löhne 1991 bei 50% der Westlöhne, so erhöhten sie sich bis 1995 auf 75% der Westlöhne. Das entspräche bei konstanten Westlöhnen einer Steigerung um 50% in vier Jahren. Danach blieb das Lohnverhältnis zum Westen konstant. Eine ebenso rasante Entwicklung nahmen die Zinsen. Sie lagen 1991 bei 30% des Westniveaus, erreichten 1995 86% und fielen dann auf 78%. Diese Entwicklung war maßgeblich durch die Subventionen getragen. Die Investitionskosten wurden 1995 um 18% durch staatliche Eingriffe reduziert. Diese Eingriffe sind 2002 ausgelaufen.

Die Verbraucher-, Vorleistungs- und Absatzpreise entwickelten sich weniger schnell. Das Verbraucherpreisverhältnis stieg von 75% 1991 um 20% auf 90% 1995 bis 2002, die Vorleistungs- und Absatzpreise stiegen von 84% des Westniveaus (1991) auf 89% (1995).

Die Entwicklung der Arbeitszeit pro Erwerbstätigen und der Anteil der Erwerbstätigen an der Bevölkerung nahmen einen entgegengesetzten Verlauf. Während sich die Arbeitszeit pro Erwerbstätigen ausgehend vom Westniveau um 9% bis 7% erhöhte, reduzierte sich der Anteil der Erwerbstätigen an der Bevölkerung um 8% bis 12% des Westniveaus. Zusammen ergab sich daraus eine Beschäftigung in Arbeitsstunden pro Bevölkerung, die mit Schwankungen zwischen 7% und 0% unterhalb des Westens lag.

Die demographische Entwicklung der Ost-Bevölkerung war geprägt durch Veränderungen der Geburtenraten und große Wanderungsbewegungen. So verlor der Osten gemessen durch die kumulierten Geburtenüberschüsse bis 2002 4% von der Bevölkerungszahl 1991. Weitere 5% betrugten die kumulierten Nettoabwanderungen in

Tabelle 2.3:

Ost-West-Verhältnis von Preisen und Aggregaten im Zeitablauf

| | Größe | Definition | Einheit | 1991 | 1995 | 2002 |
|---------------|------------------------|---|-----------|-------|------|-------|
| Angebot | Produktion | $\frac{Y_o}{Y_w} \frac{AS_w}{AS_o}$ | % | 36 | 59 | 67 |
| | Kapital | $\frac{K_o}{K_w} \frac{AS_w}{AS_o}$ | % | 40 | 51 | 75 |
| Beschäftigung | Arbeitszeit | $\frac{AS_o/Erw_o}{AS_w/Erw_w}$ | % | 98 | 109 | 107 |
| | Erwerbsbeteiligung | $\frac{Erw_o/Bev_o}{Erw_w/Bev_w}$ | % | 96 | 92 | 88 |
| | Arbeitsstunden | $\frac{AS_o/Bev_o}{AS_w/Bev_w}$ | % | 93 | 100 | 94 |
| | Arbeitslose | $\frac{Al_o}{Erw_o} - \frac{Al_w}{Erw_w}$ | % | 6 | 6 | 10 |
| Nachfrage | Konsum | $\frac{C_o}{C_w} \frac{Bev_o}{Bev_w}$ | % | 60 | 78 | 83 |
| | Staatskonsum | $\frac{G_o}{G_w} \frac{Bev_o}{Bev_w}$ | % | 71 | 104 | 100 |
| | Investitionen | $\frac{I_o}{I_w} \frac{Bev_o}{Bev_w}$ | % | 67 | 155 | 95 |
| | Außenbeitrag | | Mrd. Euro | -30 | -40 | -3 |
| | Transfers | Tr | Mrd. Euro | -52 | -66 | -65 |
| | Subventionen | | | o. A. | 0,18 | 0,03 |
| | Verschuldung (Zins 5%) | $\frac{b_o}{k_o}$ | % | -5 | -21 | -35 |
| Preise | Lohn | $\frac{w_o}{w_w}$ | % | 49 | 75 | 78 |
| | Zins | $\frac{r_o}{r_w}$ | % | 30 | 86 | 78 |
| | Verbraucherpreise | $\frac{p_o}{p_w}$ | % | 76 | 91 | 91 |
| | Absatzpreise | $\frac{p_o}{p_w}$ | % | 84 | 89 | o. A. |
| | Vorleistungspreise | $\frac{p_o}{p_w}$ | % | 84 | 91 | o. A. |
| Demographie | Wanderung West-Ost | $\frac{\sum_{t=1991}^{T_i} w_{wot}}{Bev_{o1991}}$ | % | -1 | -3 | -5 |
| | Geburtenüberschuss | $\frac{\sum_{t=1991}^{T_i} g_{ot}}{Bev_{o1991}}$ | % | -1 | -2 | -4 |
| | Wanderungen Welt-Ost | $\frac{\sum_{t=1991}^{T_i} w_{Wot}}{Bev_{o1991}}$ | % | 1 | 2 | 3 |

Quellen: IWH; eigene Berechnungen.

den Westen im gleichen Zeitraum. Ein entgegengesetzter Trend ergab sich lediglich durch die kumulierten Zuwanderungen aus dem Ausland in Höhe von 3%.

2.6 Zusammenfassung

Aus der bislang betriebenen Datendeskription lässt sich bezüglich der Struktur des Vereinigungsprozesses ablesen, dass im Osten

1. zu Beginn der Vereinigung ein **Kapitalstockdefizit** vorgelegen hat,
2. dem ein **Kapitalakkumulationsprozess** folgte,
3. dieser Prozess von **hohen Außenbeiträgen** und
4. hohen **Nettotransfers** und **Subventionen** begleitet wurde,
5. substanzielle **Nettowanderungsverluste** und negative **Geburtenüberschüsse** die Ost-Bevölkerung vermindert haben,
6. eine hohe Ost-(Überschuss-) **Arbeitslosigkeit** bestand und
7. 1995 die **Entwicklungsgeschwindigkeit** gesunken ist.

Dagegen haben sich die Preisniveaus zwischen Ost und West nur sehr wenig bewegt. Diese Feststellung ist sehr bedeutsam für die Modellierung, da sie doch darauf hindeutet, dass relative Preisniveaubewegungen, die für Handels- und Kapitalströme ursächlich sein könnten, keine entscheidende Rolle spielen. Das bedeutet, dass Ein-Gut-Modelle (wie das Burda-Modell) ohne Handel für die Modellierung angemessen sind.

Bislang lässt sich nicht beantworten, ob die Produktionslücke gegenüber dem Westen durch das Kapitalstockdefizit und die geleistete Arbeitszeit erklärt wird bzw. wie sich die produktionstechnische Effizienz im Osten seit der Vereinigung entwickelt hat. Dieser Frage wird eingehend in Kapitel 3 durch die Schätzung einer Produktionstechnologie nachgegangen.

3 Produktionstechnische Effizienz in Ost und West

Im bislang skizzierten Szenario der Vereinigung von Ost und West ist nicht zu entscheiden, inwieweit die in Ost und West unterschiedliche Faktorausstattung eine Ursache der wirtschaftlichen Unterschiede in Ost und West ist. So ist das Kapitalstockdefizit sicherlich ein Teil der Ausgangsbedingungen der Vereinigung im Osten. Allerdings ist beispielsweise bei einer niedrigen technischen Effizienz der Investitionsanreiz reduziert, und somit wird die Faktorausstattung zumindest zum Teil das Resultat einer niedrigen technischen Effizienz. In diesem Kapitel werden diese Zusammenhänge quantifiziert, und es wird damit dazu beigetragen, die Prozesse kausal zu entflechten.

Dieser Ansatz setzt die Arbeit von Funke und Rahn (2002) dynamisch auf Länderebene fort. Die Autoren schätzen eine sektoral disaggregierte Production Frontier aus einem Unternehmensdatensatz für den Zeitraum 1994 bis 1998. Der Frontier-Ansatz besteht darin, die Produktion in einen durch den Faktoreinsatz erklärbaren Teil und einen Ineffizienzteil zu zerlegen. Damit wird es unter der Annahme technologischer Ost-West-Homogenität möglich, ein differenziertes Bild der Entwicklung der technischen Effizienz im Osten und im Westen zu erhalten und Hypothesen zu deren Größe und Entwicklung zu testen. Dabei stellen die Autoren fest, dass im Osten die technische Effizienz in verschiedenen Sektoren von 62% bis 65% 1994 auf 73% bis 89% 1998 gestiegen ist.

In diesem Kapitel wird für die Länder, die jeweils im Zeitraum von 1970 bis 2002 zum Bundesgebiet gehörten, eine einheitliche stochastische Production Frontier geschätzt. Die geschätzte technische Effizienzentwicklung wird dabei zur Quantifikation des Modells beitragen.

3.1 Modell

Die Grundidee der stochastischen Frontier-Schätzung ist die Existenz einer (effizienten) Produktionsfunktion f , die das Verhältnis von Produktionsfaktoren x und Produktion y beschreibt.

$$y = f(x)$$

Es gilt nun, f als parametrisierte Funktion zu bestimmen. Überlagert wird das effiziente Verhältnis in messbaren Daten durch zwei Arten von zufällig auftretenden Störungen. Das ist

- die Unfähigkeit eines Unternehmens, zu einem bestimmten Zeitpunkt die Faktoren voll effizient einzusetzen; das kann man sich als organisatorische Fehler

oder Unfähigkeit vorstellen, für ein Produkt den Preis der Konkurrenz zu erreichen. Die Größe dieses Fehlers ist immer positiv, da man nur ineffizienter arbeiten kann als bei effizienter Produktion.

- ein Messfehler oder eine lokale Störung, die die Messung – auch der effizienten Produktion – behindert.

Der Existenz beider Störterme wird durch das Stochastic Frontier Model von Battese und Coelli (1993) Rechnung getragen:

$$y_{i(t)} = \beta x_{(i)t} + \varepsilon_{i(t)} \quad t = 1..T, \quad i(t) = 1..N(t) \quad (3.1)$$

$$\varepsilon_{i(t)} = v_{i(t)} - u_{i(t)} \quad (3.2)$$

$$v_{i(t)} \sim N(0, \sigma_v^2) \quad (3.3)$$

$$u_{i(t)} \sim N_+(\mu_{i(t)}, \sigma_u^2) \quad (3.4)$$

$$\mu_{i(t)} = \delta z_{i(t)}. \quad (3.5)$$

y_{it} ist der Vektor der Produktion des i -ten Unternehmens in Periode t . x_{it} ist ein $k \times 1$ Vektor der von Unternehmen i in Periode t eingesetzten Faktoren. β ist der Vektor der unbekanntem Technologieparameter. v_{it} ist ein normalverteilter Störterm, der unabhängig von u_{it} ist. u_{it} ist die nicht negative Zufallsvariable, die die technische Ineffizienz der Produktion beschreibt. Sie ist trunziert normalverteilt mit Mittelwert μ_{it} . Der Mittelwert der Ineffizienz wird seinerseits linear bestimmt aus δ , einem $l \times 1$ Vektor von Ineffizienzparametern und den Variablen z_{it} . Eine Variable kann die Produktion y als Produktionsfaktor **und** als Ineffizienzvariable beeinflussen. Das Modell ist ein Panelmodell, das schwerwiegenden Annahmen der zeitlichen Unabhängigkeit der Störterme und der Unabhängigkeit von v und u unterworfen ist.

Das beschriebene Modell kann mit Maximum-Likelihood-Technik geschätzt werden. Die Konstruktion der Likelihood-Funktion wird im Folgenden kurz dargestellt.⁹ Unter den beschriebenen Voraussetzungen ist die Dichtefunktion der Zufallsvariablen v_{it} und u_{it}

$$f_v(v) = \frac{e^{-\frac{1}{2} \frac{v^2}{\sigma_v^2}}}{\sqrt{2\pi\sigma_v}}, \quad -\infty < v < \infty, \quad (3.6)$$

$$f_u(u) = \frac{e^{-\frac{1}{2} \frac{(\delta z - u)^2}{\sigma_u^2}}}{\sqrt{2\pi\sigma_u} \Phi\left(\frac{\delta z}{\sigma_u}\right)}, \quad 0 < u < \infty. \quad (3.7)$$

Dabei ist Φ die kumulierte Verteilungsfunktion der Standard-Normalverteilung. Aufgrund der Unabhängigkeit von v und u ergibt sich die gemeinsame Dichte

$$f_{uv}(u, v) = f_v(v) f_u(u) = \frac{e^{-\frac{1}{2} \frac{v^2}{\sigma_v^2} - \frac{1}{2} \frac{(\delta z - u)^2}{\sigma_u^2}}}{2\pi\sigma_u\sigma_v \Phi\left(\frac{\delta z}{\sigma_u}\right)}.$$

⁹ Details im Anhang von Battese und Coelli (1993).

Für die Maximum-Likelihood-Schätzung wird die Dichte von ε_{it} benötigt. Man erhält sie durch Elimination von v durch Beziehung (3.2)

$$f_{\varepsilon u}(\varepsilon, u) = \frac{e^{-\frac{1}{2} \frac{(u+\varepsilon)^2}{\sigma_v^2} - \frac{1}{2} \frac{(\delta z - u)^2}{\sigma_u^2}}}{2\pi\sigma_u\sigma_v\Phi\left(\frac{\delta z}{\sigma_u}\right)}.$$

Hieraus lässt sich die Dichte von ε durch Integration über u ermitteln

$$f_{\varepsilon}(\varepsilon) = \int_0^{\infty} f_{\varepsilon u}(\varepsilon, u) du. \quad (3.8)$$

Nach Ausmultiplizieren der Summe der Quadrate und geeigneter Zusammenfassung mit den Ausdrücken

$$\mu^* = \frac{\sigma_v^2 z \delta - \sigma_u^2 \varepsilon}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2} \quad (3.9)$$

$$\sigma^{*2} = \frac{\sigma_u^2 \sigma_v^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2} \quad (3.10)$$

$$\frac{\mu^*}{\sigma^*} = \frac{\sigma_v z \delta - \frac{\sigma_u}{\sigma_v} \varepsilon}{\sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}} \quad (3.11)$$

lässt sich (3.8) schreiben als

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_u\sigma_v\Phi\left(\frac{\delta z}{\sigma_u}\right)} \int_0^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \frac{(u-\mu^*)^2}{\sigma^{*2}} + \frac{1}{2} \frac{\mu^{*2}}{\sigma^{*2}} - \frac{1}{2} \frac{\delta^2 z^2}{\sigma_u^2} - \frac{1}{2} \frac{\varepsilon^2}{\sigma_v^2}} du \\ &= \frac{e^{-\frac{1}{2} \frac{\varepsilon^2}{\sigma_v^2} - \frac{1}{2} \frac{\delta^2 z^2}{\sigma_u^2} + \frac{1}{2} \frac{\mu^{*2}}{\sigma^{*2}}}}{\sqrt{2\pi}\sigma_u\sigma_v\Phi\left(\frac{\delta z}{\sigma_u}\right)} \int_0^{\infty} \frac{e^{-\frac{1}{2} \frac{(u-\mu^*)^2}{\sigma^{*2}}}}{\sqrt{2\pi}} du \\ &= \frac{e^{-\frac{1}{2} \frac{\varepsilon^2}{\sigma_v^2} - \frac{1}{2} \frac{\delta^2 z^2}{\sigma_u^2} + \frac{1}{2} \frac{\mu^{*2}}{\sigma^{*2}}}}{\sqrt{2\pi}(\sigma_v^2 + \sigma_u^2)^{1/2}} \frac{\Phi\left(\frac{\mu^*}{\sigma^*}\right)}{\Phi\left(\frac{\delta z}{\sigma_u}\right)} \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$\Phi\left(\frac{\mu^*}{\sigma^*}\right) = \int_0^{\infty} \frac{e^{-\frac{1}{2} \frac{(u-\mu^*)^2}{\sigma^{*2}}}}{\sqrt{2\pi}\sigma^*} du. \quad (3.13)$$

Mit Hilfe der Variablentransformation $(\sigma_u, \sigma_v) \leftrightarrow (\sigma, \gamma)$

$$\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2 \quad (3.14)$$

$$\gamma = \frac{\sigma_u}{\sigma^2} \quad (3.15)$$

lassen sich σ_u und σ_v ausdrücken als

$$\sigma_v^2 = (1 - \gamma) \sigma^2 \quad (3.16)$$

$$\sigma_u^2 = \gamma \sigma^2. \quad (3.17)$$

Damit wiederum erhält man μ^* und σ^* als

$$\mu^* = (1 - \gamma) z\delta - \gamma\varepsilon \quad (3.18)$$

$$\sigma^{*2} = \gamma(1 - \gamma) \sigma^2 \quad (3.19)$$

$$\frac{\mu^*}{\sigma^*} = \frac{(1 - \gamma) z\delta - \gamma\varepsilon}{\sqrt{\gamma(1 - \gamma)}\sigma}. \quad (3.20)$$

Somit lässt sich schließlich (3.12) umschreiben zu

$$= \frac{e^{-\frac{1}{2} \frac{\varepsilon^2}{\sigma_v^2} - \frac{1}{2} \frac{\delta^2 z^2}{\sigma_u^2} + \frac{1}{2} \frac{\mu^{*2}}{\sigma^{*2}}} \Phi\left(\frac{\mu^*}{\sigma^*}\right)}{\sqrt{2\pi} (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)^{1/2} \Phi\left(\frac{\delta z}{\sigma_u}\right)} \quad (3.21)$$

$$= \frac{e^{-\frac{1}{2} \frac{(z\delta + \varepsilon)^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}} \Phi\left(\frac{\mu^*}{\sigma^*}\right)}{\sqrt{2\pi} (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)^{1/2} \Phi\left(\frac{\delta z}{\sigma_u}\right)} \quad (3.22)$$

$$= \frac{e^{-\frac{1}{2} \frac{(z\delta + \varepsilon)^2}{\sigma^2}} \Phi\left(\frac{(1 - \gamma) z\delta - \gamma\varepsilon}{\sqrt{\gamma(1 - \gamma)}\sigma}\right)}{\sqrt{2\pi}\sigma \Phi\left(\frac{\delta z}{\sqrt{\gamma}\sigma}\right)}. \quad (3.23)$$

Aus diesem Ausdruck ergibt sich die logarithmierte Likelihood-Funktion in den Parametern $\theta = (\beta, \sigma, \gamma, \delta)$ und den Beobachtungen y, x

$$L(\theta; y, x) = - \sum_{t,i} \left(\ln(2\pi)^{\frac{1}{2}} + \ln \sigma \right) \quad (3.24)$$

$$- \frac{1}{2} \sum_{t,i} \frac{(y_{it} - x_{it}\beta + z_{it}\delta)^2}{\sigma^2}$$

$$- \sum_{t,i} \left(\ln \Phi\left(\frac{(1 - \gamma) z_{it}\delta - \gamma(y_{it} - x_{it}\beta)}{\sqrt{\gamma(1 - \gamma)}\sigma}\right) - \ln \Phi\left(\frac{z_{it}\delta}{\sqrt{\gamma}\sigma}\right) \right).$$

Der Maximum-Likelihood-Schätzer θ_{ML} erfüllt dann

$$\frac{\partial L(\theta_{ML}; y, x)}{\partial \theta} = 0. \quad (3.25)$$

Parametertests können mit Hilfe eines Likelihood-Ratio-Tests durchgeführt werden. Die Likelihood-Ratio-Test Statistik wird berechnet als

$$\lambda = -2 (\log L(H_0) - \log L(H_1)) \quad (3.26)$$

$$\sim \chi^2(n). \quad (3.27)$$

Dabei ist n die Anzahl der restringierten Parameter.

Es sei nochmal betont, dass eine Größe die Produktion als Produktionsfaktor x und als Parameter der technischen Ineffizienz z beeinflussen kann. Die Unterscheidung des Einflusses von z und x wird erst durch die Verteilungsannahmen möglich. Dies ist eine wertvolle Eigenschaft des Verfahrens, die es z. B. von Fixed-Effects-Schätzungen der Produktion unterscheidet. Man erkaufte diese Möglichkeit allerdings mit den Verteilungsannahmen.

Die Untersuchung Green (2000) zeigt, dass die Schätzparameter von den Verteilungsannahmen beeinflusst werden. Allerdings blieb die Effizienz-Ordnung der untersuchten Einheiten von den Verteilungsannahmen weitgehend unberührt. Insofern ist dies ein Hinweis darauf, dass zumindest die Schätzung der Effizienzordnung eine gewisse Robustheit gegenüber Verteilungsannahmen besitzt.

3.2 Daten, selbstbestimmte Größen

Die stochastische Production Frontier wird als Panelmodell für Daten der jeweils zur Bundesrepublik gehörenden Bundesländer über einen Zeitraum von 1970 bis 2003 geschätzt. Damit wird es möglich, die Wachstumsraten des technischen Fortschritts vor und nach der Vereinigung separat zu erfassen.

Die Produktion wird durch das Bruttoinlandsprodukt in konstanten Preisen von 1995 gemessen. Problematisch dabei ist, dass weder für den Kapitalstock gemessen im Nettoanlagevermögen zu konstanten Preisen von 1995 noch für die Arbeitsstunden der Erwerbstätigen, die den Faktor Arbeit quantifizieren, geschlossene Datensätze in Ländergliederung vorhanden sind. Um diese Zeitreihen zu erzeugen, sind in den fehlenden Perioden der Kapitalstock mittels der Bruttoanlageinvestitionen unter der Annahme konstanter Abschreibungsraten und die Arbeitsstunden unter der Annahme konstanter Arbeitszeit pro Erwerbstätigen konstruiert.

Im Detail wurden als Datenquellen für die Schätzung die VGR der Länder (AK Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder (2005)), Zahlen des Statistischen Bundesamts und die Daten des IWH benutzt. Verwandt wurden Zeitreihen der einzelnen Bundesländer über Arbeitsstunden (AS), Erwerbstätigenzahlen, das Nettoanlagevermögen (NAV), die Bruttoanlageinvestitionen (BAI) und das Bruttoinlandsprodukt (BIP). Da für den Schätzzeitraum 1970 bis 2003 keine geschlossenen Datensätze für das NAV und die AS in Ländergliederung vorlagen, mussten unter mehreren Hypothesen die Lücken geschlossen werden. Die verwendeten Methoden sind in Tabelle 3.2 zusammengestellt.

Die VGR der Länder weist für die Westländer einen kontinuierlichen Datensatz für das BIP, Bruttoanlageinvestitionen und Erwerbstätigenzahl aus. Das Kapital wird wie in ähnlichen Studien zur Schätzung einer Produktionsfunktion für

Tabelle 3.1:
Verwendete Daten

| Daten | Zeitraum | Gliederung | Preis |
|---|---------------|------------------|----------|
| Arbeitsstunden $\frac{Arbeitsstunden}{Erwerbstätigen}$ | 1998 bis 2003 | Länder, Sektoren | |
| | 1991 bis 1997 | O/W | |
| | 1970 bis 2003 | D | |
| Erwerbstätige | 1970 bis 2003 | Länder | |
| NAV | 1991 bis 2003 | Länder, Sektoren | p_{95} |
| BAI | 1970 bis 2003 | Länder, Sektoren | p_{95} |
| BIP | 1970 bis 2004 | Länder, Sektoren | p_{95} |

Quellen: AK Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder (2005); IWH.

Tabelle 3.2:
Abschreibungsrate, Arbeitsstunden und Nettoanlagevermögen

| Datum | Zeitraum | Länder | Methode |
|----------------|---------------|--------|--|
| Arbeitsstunden | 1991 bis 1997 | alle | $AS_{i,t} = \left(\frac{AS}{Erw}\right)_{(o,w),t} Erw_{i,t}$ |
| | 1970 bis 1991 | West | $AS_{i(w),t} = AS_{w,t} \frac{Erw_{i(w),t}}{\sum_i Erw_{i(w),t}}$ |
| δ | 1991 bis 2002 | West | $1 - \delta_{i(w)} = \frac{1}{11} \sum_{t=1991}^{2002} \frac{NAV_{i(w),t+1} - BAI_{i(w),t}}{NAV_{i(w),t}}$ |
| NAV | 1970 bis 1991 | West | $NAV_{i(w),t} = \frac{NAV_{i(w),t+1} - I_{i(w),t}}{1 - \delta_{i(w)}}$ |
| | 1991 bis 1994 | Ost | $NAV_{i(o),t-1} = NAV_{o,t} \frac{NAV_{i(o),95}}{\sum_{i(o)} NAV_{i(w),95}}$ |

Quelle: Eigene Berechnungen.

Deutschland (Dreger und Schumacher (2000)) durch das Nettoanlagevermögen approximiert. Da dieses im Westen nicht für den Zeitraum von 1970 bis 1991 zur Verfügung steht, wurde das folgende Verfahren gewählt: Für den Zeitraum 1991 bis 2003 liegen NAV und Bruttoanlageinvestitionen vor. Unter der Annahme der Gültigkeit der Kapitalakkumulationsgleichung

$$k_{it+1} = (1 - \delta_i)k_{it} + i_{it}, \quad (3.28)$$

lassen sich die Abschreibungsraten δ_{it} bestimmen (Tabelle 3.3). Der Durchschnittswert beträgt $\delta = \sum_{i,t=1991}^{2002} \delta_{it} = 0,0493 \approx 5\%$. Dieser Wert wird in den späteren Simulationen zugrunde gelegt.

Mit diesen Abschreibungsraten wurden unter Kenntnis der Bruttoanlageinvestitionen die NAV-Daten von 1991 bis 1970 zurückgerechnet

$$k_{it} = \frac{k_{it+1} - i_{it}}{1 - \delta_i}. \quad (3.29)$$

Für die Neuen Bundesländer wurde der Kapitalstock erst ab 1995 separat erhoben, von 1991 bis 1994 ist nur der gesamte Ost-Kapitalstock NAV_{ot} ausgewiesen.

Tabelle 3.3:
Abschreibungsraten nach Bundesländern

| | BW | Bay | B | HB | HH | HE | Nds | NRW | RP | SL | SH |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1991 | 0,045 | 0,043 | 0,043 | 0,054 | 0,057 | 0,046 | 0,046 | 0,048 | 0,043 | 0,045 | 0,044 |
| 1992 | 0,045 | 0,044 | 0,044 | 0,054 | 0,059 | 0,047 | 0,047 | 0,050 | 0,044 | 0,046 | 0,045 |
| 1993 | 0,046 | 0,044 | 0,045 | 0,055 | 0,059 | 0,048 | 0,048 | 0,050 | 0,044 | 0,046 | 0,045 |
| 1994 | 0,046 | 0,045 | 0,046 | 0,054 | 0,060 | 0,048 | 0,048 | 0,051 | 0,044 | 0,047 | 0,046 |
| 1995 | 0,046 | 0,045 | 0,047 | 0,055 | 0,060 | 0,048 | 0,048 | 0,051 | 0,044 | 0,047 | 0,046 |
| 1996 | 0,046 | 0,045 | 0,047 | 0,055 | 0,060 | 0,049 | 0,048 | 0,051 | 0,044 | 0,047 | 0,046 |
| 1997 | 0,046 | 0,045 | 0,046 | 0,056 | 0,061 | 0,049 | 0,049 | 0,051 | 0,045 | 0,048 | 0,046 |
| 1998 | 0,047 | 0,045 | 0,046 | 0,057 | 0,062 | 0,050 | 0,049 | 0,051 | 0,045 | 0,049 | 0,046 |
| 1999 | 0,047 | 0,045 | 0,047 | 0,058 | 0,063 | 0,050 | 0,050 | 0,052 | 0,045 | 0,049 | 0,047 |
| 2000 | 0,048 | 0,046 | 0,047 | 0,060 | 0,064 | 0,051 | 0,050 | 0,052 | 0,045 | 0,050 | 0,047 |
| 2001 | 0,048 | 0,046 | 0,047 | 0,060 | 0,065 | 0,052 | 0,050 | 0,052 | 0,045 | 0,050 | 0,047 |
| 2002 | 0,049 | 0,047 | 0,048 | 0,061 | 0,066 | 0,052 | 0,050 | 0,053 | 0,046 | 0,051 | 0,047 |
| δ_i | 0,047 | 0,045 | 0,046 | 0,057 | 0,061 | 0,049 | 0,049 | 0,051 | 0,044 | 0,048 | 0,046 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

Da sich der Anteil des Kapitalstocks der einzelnen Ostländer an seiner Summe kaum änderte, wurde entsprechend der Vorschrift

$$NAV_{oit} = \frac{NAV_{oi1995}}{\sum_i NAV_{oi1995}} * NAV_{ot}, \quad t \in [1991, 1994] \quad (3.30)$$

der nur als Summe ausgewiesene Ost-Kapitalstock zu NAV_{oit} regionalisiert.

Die Arbeitszeit wird erst seit 1998 in Ländergliederung erfasst. Als Länder-schlüssel für die Zeit vor 1991 dienten die Erwerbstätigenzahlen im Westen und für die Zeit von 1991 bis 1998 die im Osten (bzw. im Westen) geleisteten Arbeitsstunden (Daten des IWH).

3.3 Schätzung einer Translog-Funktion mit Strukturbruch in Zeittrends und zeitstetigen Grenzprodukten

Die Maximum-Likelihood-Schätzung des Modells erfolgt mit dem Programm Frontier 4.2 (Coelli (1996)). Es ist ein Programmmodul, das die erforderlichen Optimierungsroutinen implementiert hat.¹⁰

Als Schätzansatz für die Produktionsfunktion wird eine Transcendental Logarithmic Function (Translog-Funktion, Christensen et al. (1971)) gewählt. Ihre

¹⁰ Keines der Softwarepakete (Limdep, Stata, Gauss) verfügt standardmäßig über ein überlegenes Schätzmodell.

allgemeine Form lautet

$$\ln Y = \beta_0 + \sum_i \beta_i \ln X_i + \sum_i \sum_{j \leq i} \beta_{ij} \ln X_i \ln X_j. \quad (3.31)$$

Dabei ist Y die Produktion und X ein Vektor von Faktoren. Die Translog-Funktion ist interpretierbar als Second Order Taylorapproximation um den Punkt $X_0 = (1, 1, \dots, 1)$ an eine (logarithmierte) Produktionsfunktion, deren Argumente ebenfalls logarithmiert sind.

Der Translogansatz ermöglicht eine flexible funktionale Form, die

1. variierende Skalenerträge,
2. variierende Substitutionselastizitäten zulässt und
3. eine lineare Form besitzt.

Man erhält somit die Möglichkeit, Hypothesen über Skalenerträge und Substitutionselastizitäten zu testen. Die Translog-Funktion beinhaltet die Cobb-Douglas-Produktionstechnologie (CD-Technologie) als Spezialfall unter der Bedingung $\beta_{ij} = 0$. Sie kann, wie z. B. in Bende-Nabende et al. (2002), um eine Zeitkomponente erweitert werden, deren Einfluss wie der eines weiteren Faktors aufgenommen wird. Die Schätzungen von Dreger und Schumacher (1999) zeigen in einer gesamtdeutschen Zeitreihe signifikante Unterschiede in den Zeittrends vor und nach der Vereinigung. Um diesen Strukturbruch berücksichtigen zu können, wird die Zeitkomponente so modelliert, dass der zeitliche Trend vor der Vereinigung andere Werte annehmen darf als nach der Vereinigung. Dies lässt sich illustrieren am Beispiel einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion mit den logarithmierten Faktoren Arbeit und Kapital,¹¹ mit einem Zeittrend $\beta_3 t$, der zum Zeitpunkt t^* endet, und einem Zeittrend $\beta_4 t + r$, der nach t^* beginnt. Dabei ist r irgendeine Zahl.

$$y(t) = \beta_0 + \beta_1 k + \beta_2 l + \begin{cases} \beta_3 t & t \leq t^* \\ \beta_4 t + r & t > t^* \end{cases} \quad (3.32)$$

Diese Produktionsfunktion ist für beliebige Werte von r unstetig in t^* . Eine solche Unstetigkeit der Produktionsfunktion im Zeittrend ist unplausibel, da sich das gesamtdeutsch-technische Produktionspotenzial durch das Hinzukommen eines technologisch inferioren Landesteils nicht sprunghaft ändern sollte.¹² Mit der gleichen Überlegung sollte die Stetigkeitshypothese auch für die Grenzprodukte gelten.

¹¹ Kleine Buchstaben außer der Zeit t und der Parameter β indizieren logarithmierte Werte.

¹² Eine fundierte empirische Analyse dieser Stetigkeitshypothesen ist wünschenswert. Allerdings wurde in diesem Rahmen darauf verzichtet.

Nur für bestimmte Werte von r wird (3.32) zu einer stetigen Funktion in t . Das wird deutlich bei der Betrachtung von $\lim_{t(>t^*) \rightarrow t^*} y(t)$ und $\lim_{t(<t^*) \rightarrow t^*} y(t)$. Falls die Funktionen stetig in t^* sind, müssen beide Grenzwerte übereinstimmen:

$$\beta_3 t^* = \beta_4 t^* + r^*.$$

Mit Hilfe der Dummyvariablen D_v und D_n definiert als

$$D_v := \begin{cases} 1 & t \leq t^* \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (3.33)$$

$$D_n := \begin{cases} 0 & t \leq t^* \\ 1 & \text{sonst} \end{cases} \quad (3.34)$$

lässt sich (3.32) in einer Schätzgleichung zusammenfassend mit r^* schreiben als

$$y = \beta_0 + \beta_1 k + \beta_2 l + \beta_3 (D_v t + D_n t^*) + \beta_4 D_n (t - t^*).$$

Das ergibt mit den Zeittrends t_v, t_n definiert als

$$t_v := D_v t + D_n t^* = \left\{ 1, 2, \dots, \underbrace{t^*}_{\text{Stelle } t^*}, t^*, t^*, \dots \right\} \quad (3.35)$$

$$t_n := D_n (t - t^*) = \left\{ 0, 0, \dots, \underbrace{0}_{\text{Stelle } t^*}, 1, 2, \dots \right\} \quad (3.36)$$

die in t^* stetige Schätzgleichung

$$f(k, l, t) = \beta_0 + \beta_1 k + \beta_2 l + \beta_3 t_v + \beta_4 t_n. \quad (3.37)$$

Dieses Vorgehen führt mit den gleichen Zeittrends t_v, t_n auch bei der Translog-Funktion zu einer einfachen Schätzgleichung, die sogar stetig in den Grenzprodukten von Kapital und Arbeit ist. Allerdings muss hierzu auf einen quadratischen Term in der Zeit verzichtet werden, was wegen der gebrochen linearen Trendfunktion die Anpassungsfähigkeit der Funktion aber kaum einschränkt.

Die Ableitung der Produktionsfunktion nach t muss dagegen nicht stetig sein, da im Allgemeinen die Trends vor und nach der Vereinigung in ihrer Höhe auseinanderfallen. Die Stetigkeitshypothesen führen mit der Translog-Funktion

$$y = \underbrace{\beta_0 + \beta_k k + \beta_l l + \beta_{kk} k^2 + \beta_{ll} l^2 + \beta_{kl} kl}_{=:A} \quad (3.38)$$

$$+ \begin{cases} \beta_t^v t + \beta_{kt}^v kt + \beta_{lt}^v lt & t \leq t^* \\ (\beta_t^n t + r) + (\beta_{tk}^n t + r_k) k + (\beta_{tl}^n t + r_l) l & t > t^* \end{cases}$$

nach Bildung des Quotienten des rechts- und linksseitigen Grenzwerts der Ableitung nach dem Faktor k im Zeitpunkt t^* zum Ausdruck

$$\frac{\lim_{t(>t^*) \rightarrow t^*} f_k(k, l, t)}{\lim_{t(<t^*) \rightarrow t^*} f_k(k, l, t)} = e^{-r+(\beta_t^v - \beta_t^n)t^*} k^{-r_k+(\beta_{tk}^v - \beta_{tk}^n)t^*} l^{-r_l+(\beta_{tl}^v - \beta_{tl}^n)t^*} \quad (3.39)$$

$$\frac{\beta_k + \beta_{tk}^v t^* + 2\beta_{kk} k + \beta_{kl} l}{\beta_k + r_k + \beta_{tk}^n t^* + 2\beta_{kk} k + \beta_{kl} l}. \quad (3.40)$$

Sein Wert ist eins, wenn die Funktion stetig in t^* ist. Es ist leicht zu sehen, dass diese Bedingung für alle möglichen Faktorkombinationen nur dann erfüllt ist, wenn die r -Terme die folgenden Gleichungen erfüllen

$$r = (\beta_t^v - \beta_t^n) t^* \quad (3.41)$$

$$r_k = (\beta_{tk}^v - \beta_{tk}^n) t^* \quad (3.42)$$

$$r_l = (\beta_{tl}^v - \beta_{tl}^n) t^*. \quad (3.43)$$

Aus Gründen der Symmetrie gewährleisten diese Werte von r auch die Stetigkeit in der Ableitung nach l . Das Einsetzen der Terme in die Gleichung (3.38) führt schließlich zu der Schätzgleichung

$$y = A + t_v (\beta_t^v + \beta_{kt}^v k + \beta_{lt}^v l) + t_n (\beta_t^n + \beta_{tk}^n k + \beta_{tl}^n l) \quad (3.44)$$

$$t_v = D_v t + D_n t^* \quad (3.45)$$

$$t_n = D_n (t - t^*). \quad (3.46)$$

Der Parameter μ_{it} der technischen Ineffizienz wird für Ost und West jeweils durch eine Konstante und einen Zeittrend bestimmt. So nimmt die Variable $\delta_{o1}(\delta_{w1})$ den Wert eins für alle Ost(West)-Länder an. Sonst ist ihr Wert null. $\delta_{ot}(\delta_{wt})$ nimmt die Werte $t = 1, 2, 3 \dots$ für alle Ost(West)-Länder an und ist sonst null. Damit erfasst δ_{ot} den Einfluss des Zeittrends der Entwicklung der technischen Ineffizienz im Osten¹³

$$\mu_{it} = \delta_{w1} D_{w1}(i, t) + \delta_{o1} D_{o1}(i, t) + \delta_{wt} D_{wt}(i, t) + \delta_{ot} D_{ot}(i, t) \quad (3.47)$$

mit

$$D_{o1}(i) := \begin{cases} 1 & i \in ost \\ 0 & i \in west \end{cases} \quad (3.48)$$

$$D_{w1}(i) := \begin{cases} 0 & i \in ost \\ 1 & i \in west \end{cases} \quad (3.49)$$

$$D_{ot}(i, t) := \begin{cases} t & i \in ost \\ 0 & i \in west \end{cases} \quad (3.50)$$

$$D_{wt}(i, t) := \begin{cases} 0 & i \in ost \\ t & i \in west. \end{cases} \quad (3.51)$$

¹³ Die Spezifikation der Ineffizienzen als reine Zeittrends erfolgte in Ermangelung von Daten zu Hypothesen über deren Erklärung.

3.4 Numerische Schwierigkeiten bei der Schätzung

Die Maximum-Likelihood-Schätzung (ML-Schätzung) des Modells mit vollständigem Datensatz führt zu Schwierigkeiten. Diese zeigen sich erst bei der Schätzung restringierter Modelle, deren Likelihood-Werte die der unrestringierten Schätzung übertreffen. Eine numerische Evaluation der Likelihood-Funktion am Schätzer $\hat{\theta}_{Front}$ im Programmpaket Mathematica erfordert die Berechnung $\ln 0$. Verantwortlich dafür sind die Likelihood-Werte der Datensätze der Länder Bremen 2001 bis 2002 und Hamburg 1997 bis 2002. Die Werte der Likelihood-Funktion $L(\hat{\theta}_{Front}; y_{i,t}, x_{i,t})$ für den Datensatz (i, t) und die Werte ihrer Summanden (Terme 1 bis 4)

$$L(\theta; y_{i,t}, x_{i,t}) = - \underbrace{\left(\ln(2\pi)^{\frac{1}{2}} + \ln \sigma \right)}_{=: \text{Term 1}} - \frac{1}{2} \underbrace{\frac{(y_{it} - x_{it}\beta + z_{it}\delta)^2}{\sigma^2}}_{=: \text{Term 2}} \quad (3.52)$$

$$- \ln \Phi \left(\underbrace{\frac{(1 - \gamma) z_{it}\delta - \gamma (y_{it} - x_{it}\beta)}{\sqrt{\gamma(1 - \gamma)}\sigma}}_{=: \text{Term 3}} \right) \quad (3.53)$$

$$+ \ln \Phi \left(\underbrace{\frac{z_{it}\delta}{\sqrt{\gamma}\sigma}}_{=: \text{Term 4}} \right) \quad (3.54)$$

sind in Tabelle 3.4 für den Schätzer $\hat{\theta}_{Front}$ zusammengestellt. Term 3 nimmt

$$\frac{(1 - \gamma) z_{it}\delta - \gamma (y_{it} - x_{it}\beta)}{\sqrt{\gamma(1 - \gamma)}\sigma}$$

einen Wert von weniger als $-5,9$ an. Das passiert insbesondere dann, wenn $z_{it}\delta$ besonders klein ist, also die technische Effizienz der Beobachtungseinheit zu diesem Zeitpunkt besonders hoch ist. Die Schwierigkeiten entstehen nun durch die Transformation $\ln \Phi$. Werte der Funktion $\Phi(x)$ werden für $x < -5,9$ mit null approximiert, sodass $\ln \Phi(x)$ unbestimmt ist. Für Werte $x > -5,9$ wird $\ln \Phi(x)$ durch eine Treppenfunktion approximiert (Abbildung 3.1). Dabei sind insbesondere die letzten Stufen beträchtlich hoch. Man sieht leicht, dass aufgrund der Treppenstruktur von Term 3 die Differenz zu einer stetigen Funktion (Term 4), wie sie in der Likelihood-Funktion vorkommt, einem unregelmäßigen Sägezahn-Muster ähnelt. Dieses Muster überlagert sich nun für jeden Datensatz in der Likelihood-Funktion mit datensatzabhängiger Phasenverschiebung. Man kann sich vorstellen, dass deshalb die Likelihood-Funktion ungenau ist und bei der Optimierung erhebliche Schwierigkeiten bereiten kann. Es ist nicht nachvollziehbar, welche numerischen Algorithmen das Frontier-Programm benutzt und welche Fehler diese verursachen, allerdings sind ähnliche Komplikationen wahrscheinlich. Das heißt,

Tabelle 3.4:

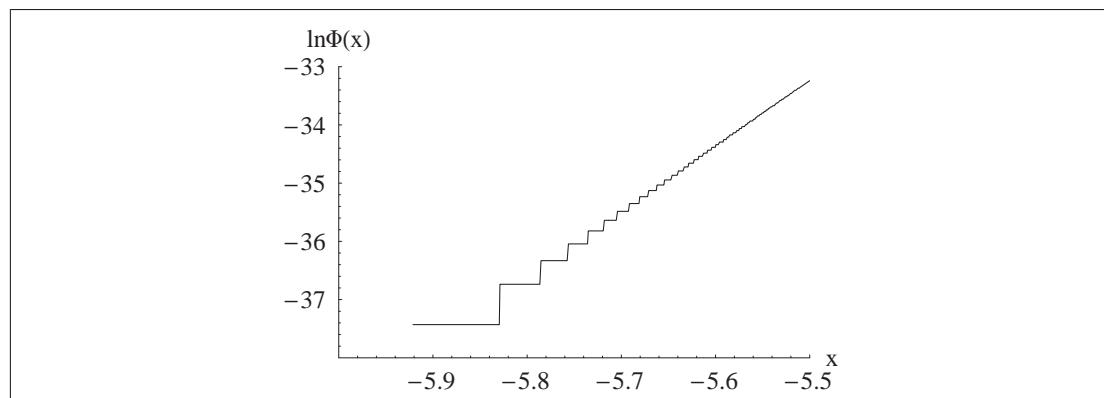
Likelihood und Summanden (Terme 1 bis 4) der Datensätze, deren Likelihood Indeterminate ergaben

| Land | Zeitpunkt | LLF _{i,t} = | Term1 | +Term2 | +Term3 | +Term4 |
|---------|-----------|----------------------|-------|--------|------------------|--------|
| Bremen | 2001 | Indt. | 1,25 | -0,42 | ln $\Phi(-5,92)$ | 36,73 |
| Bremen | 2002 | Indt. | 1,25 | -0,54 | ln $\Phi(-5,93)$ | 37,43 |
| Hamburg | 1995 | Indt. | 1,25 | -0,01 | ln $\Phi(-5,96)$ | 34,29 |
| Hamburg | 1996 | Indt. | 1,25 | -0,04 | ln $\Phi(-6,03)$ | 34,72 |
| Hamburg | 1997 | Indt. | 1,25 | -0,04 | ln $\Phi(-6,06)$ | 35,13 |
| Hamburg | 1998 | Indt. | 1,25 | -0,02 | ln $\Phi(-6,08)$ | 35,64 |
| Hamburg | 1999 | Indt. | 1,25 | -0,05 | ln $\Phi(-6,15)$ | 36,04 |
| Hamburg | 2000 | Indt. | 1,25 | -0,06 | ln $\Phi(-6,19)$ | 36,33 |
| Hamburg | 2001 | Indt. | 1,25 | -0,07 | ln $\Phi(-6,24)$ | 36,73 |
| Hamburg | 2002 | Indt. | 1,25 | -0,02 | ln $\Phi(-6,24)$ | 37,43 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

Abbildung 3.1:

Graph der numerischen Approximation (Mathematica) der Funktion $\Phi(x)$ im Intervall $[-6, -5]$



Quelle: Eigene Darstellung.

dass der Wert des Schätzers und der Wert der Likelihood-Funktion am Optimum nicht per se zuverlässig sind.

Dies kann die Verletzung der Monotonie-Eigenschaft der Likelihood des Schätzers bei Restriktionen verursachen. Die Elimination der Datensätze von Hamburg führt an der Stelle des Frontier-Schätzers in Mathematica zum Verschwinden des Rundungsproblems. Auch die Restriktion $\beta_{ij} = 0$ des Modells lässt sich mit dem Frontier-Programm monoton realisieren. Die Likelihood L bei einem „Marsch“ entlang eines linearen Pfads von den Parametern des OLS-Schätzers

$\theta_{OLS} = (\beta_{OLS}, \sigma_{OLS}, \varepsilon \approx 0, 0)$ zum Frontier-Schätzer

$$\theta_{Front} = (\beta_{Front}, \sigma_{Front}, \gamma_{Front}, \delta_{Front})$$

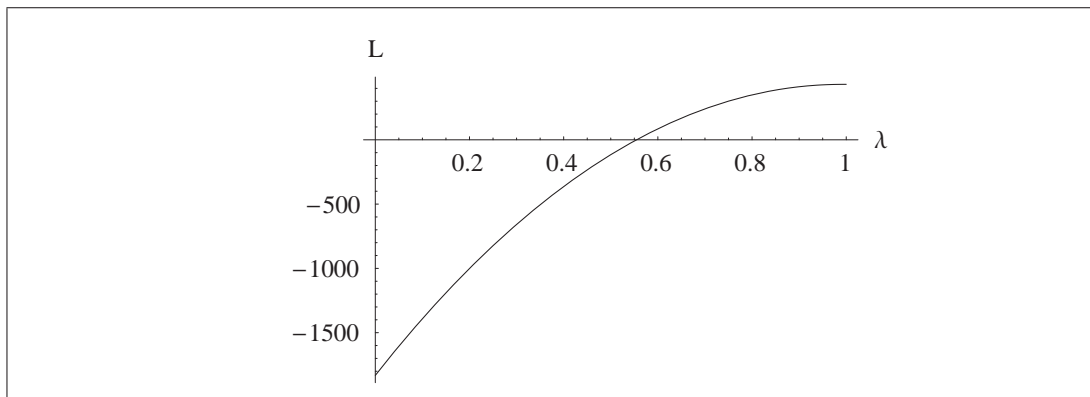
parametrisiert durch den Skalar λ

$$g(\lambda) = L(\lambda\theta_{OLS} + (1 - \lambda)\theta_{Front}; y, x) \quad \lambda \in [0, 1]$$

ist in Abbildung 3.2 dargestellt. Sie erbringt keinen Hinweis auf die Suboptimalität des Frontier-Schätzers. Diese Indizien lassen das Ergebnis der Schätzung mit dem reduzierten Datensatz verlässlich erscheinen.

Abbildung 3.2:

Graph der Likelihood-Funktion bei einer Wanderung vom OLS-Schätzer ($\lambda = 0$) zum Frontier-Schätzer ($\lambda = 1$)



Quelle: Eigene Darstellung.

Um die Auswirkungen dieser Anpassung des Datensatzes einzuschätzen, werden die OLS-Schätzer mit und ohne Hamburg verglichen. Dabei ergibt sich, dass der Datensatz von Hamburg die Ergebnisse stark beeinflusst. Die Elimination ist deshalb nicht bedeutungslos. Allerdings treibt Hamburg die Ergebnisse sehr stark, sodass eine Ausreißerinterpretation des Datensatzes möglich ist (siehe Tabelle 3.5). Die sichere Anwendung der Technik erfordert jedoch die Elimination der Datensätze. Alle folgenden Schätzungen erfolgten deshalb zur Vermeidung numerischer Schwierigkeiten mit dem reduzierten Datensatz.

3.5 Schätzergebnis

Das Schätzergebnis des unrestringierten Translog-Modells ist in Tabelle 3.6 aufgeführt.

Tabelle 3.5:

OLS-Schätzer nach Elimination einzelner Länder

| | β_0 | β_k | β_l | β_{vt} | β_{nt} | β_{ll} | β_{vtk} | β_{vtl} | β_{ntk} | β_{ntl} | β_{kl} | β_{kk} | σ |
|------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|----------|
| BW | -6,67 | 0,03 | -0,29 | 4,893 | -4,30 | -0,54 | -0,53 | 1,09 | -0,001 | 0,000 | 0,057 | -0,054 | 0,015 |
| Bay | -6,91 | 0,03 | -0,29 | 4,973 | -4,36 | -0,54 | -0,53 | 1,10 | -0,001 | 0,001 | 0,058 | -0,055 | 0,016 |
| B | -4,12 | 0,03 | -0,27 | 4,186 | -3,87 | -0,50 | -0,53 | 1,06 | 0,001 | -0,002 | 0,055 | -0,052 | 0,015 |
| Bb | -12,39 | -0,01 | -0,51 | 7,859 | -7,14 | -0,95 | -0,95 | 1,91 | 0,011 | -0,010 | 0,109 | -0,106 | 0,014 |
| HB | -7,31 | 0,03 | -0,28 | 5,099 | -4,46 | -0,56 | -0,55 | 1,13 | -0,001 | 0,001 | 0,057 | -0,054 | 0,015 |
| HH | -16,73 | 0,06 | -0,45 | 7,144 | -5,23 | -0,63 | -0,47 | 1,10 | -0,009 | 0,009 | 0,080 | -0,068 | 0,014 |
| HE | 3,58 | 0,01 | -0,13 | 1,301 | -1,45 | -0,16 | -0,17 | 0,38 | 0,004 | -0,006 | 0,025 | -0,022 | 0,007 |
| MV | -5,93 | 0,04 | -0,27 | 4,738 | -4,26 | -0,52 | -0,51 | 1,06 | -0,002 | 0,001 | 0,054 | -0,051 | 0,015 |
| Nds | -4,75 | 0,05 | -0,27 | 4,411 | -4,06 | -0,53 | -0,58 | 1,14 | -0,002 | 0,001 | 0,057 | -0,056 | 0,014 |
| NRW | -6,48 | 0,03 | -0,29 | 4,796 | -4,21 | -0,55 | -0,56 | 1,13 | -0,001 | -0,001 | 0,059 | -0,056 | 0,015 |
| Rp | -3,89 | 0,03 | -0,27 | 3,781 | -3,27 | -0,50 | -0,62 | 1,12 | 0,001 | -0,002 | 0,059 | -0,057 | 0,015 |
| SL | -6,63 | 0,03 | -0,29 | 4,815 | -4,18 | -0,53 | -0,52 | 1,08 | 0,000 | -0,001 | 0,059 | -0,055 | 0,016 |
| Sa | -10,52 | 0,01 | -0,32 | 6,118 | -5,17 | -0,51 | -0,30 | 0,87 | -0,002 | 0,005 | 0,058 | -0,051 | 0,014 |
| SH | -7,82 | 0,03 | -0,26 | 5,400 | -4,80 | -0,60 | -0,60 | 1,23 | 0,000 | -0,001 | 0,052 | -0,047 | 0,014 |
| SchH | -7,45 | 0,03 | -0,28 | 5,142 | -4,49 | -0,56 | -0,55 | 1,14 | -0,001 | 0,001 | 0,056 | -0,053 | 0,014 |
| Th | -7,37 | 0,03 | -0,30 | 5,035 | -4,33 | -0,55 | -0,53 | 1,10 | 0,000 | -0,001 | 0,058 | -0,054 | 0,016 |

Quelle: Eigene Schätzung.

Zunächst wird dieses Modell darauf getestet, ob technische Ineffizienzeffekte vorhanden sind. Die Teststatistik der Hypothese

$$H_0 : \gamma = \delta_{o1} = \delta_{ot} = \delta_{w1} = \delta_{wt} = 0 \quad (3.55)$$

hat eine mixed χ^2 Verteilung (für Details siehe z. B. Battese und Coelli (1993)). Der Wert der Likelihood-Ratio-Statistik zum Test dieser Hypothese beträgt 220,87. Dieser Wert ist signifikant (auf 5%-Niveau), da er den Wert von 10,371 übersteigt, der nach Kodde und Palm (1986) der kritische Wert für fünf Freiheitsgrade ist. Die 0-Hypothese, keine technische Ineffizienz anzutreffen, wird also verworfen.

Die Translog-Funktion kann durch die Hypothese

$$H_0 : \beta_l = 1 - \beta_k, \beta_{kt} = \beta_{lt} = \beta_{kk} = \beta_{ll} = 0 \quad (3.56)$$

auf eine Cobb-Douglas-Funktion restringiert werden. Ein Likelihood-Ratio-Test¹⁴ mit dem kritischen Wert 11,07 auf 5%-Niveau ergibt, dass H_0 ebenfalls verworfen werden muss. Deshalb wird im Folgenden mit der geschätzten Translog-Funktion argumentiert.

3.5.1 Eigenschaften der Technologie

Die Eigenschaften einer geschätzten Translog-Funktion, wie z. B. Elastizitäten, lassen sich nicht ohne Weiteres aus den geschätzten Parametern ablesen. Deshalb werden die deskriptiven Größen Skalanelastizität, Substitutionselastizität und Produktionselastizitäten kurz definiert und diskutiert. Die Eigenschaften der Translog-Funktion verstehen sich dabei als lokal in Bezug auf die Faktorkombination.

¹⁴ Zur Überprüfung der Relevanz einzelner Parameter ist ein asymptotischer t -Test anwendbar.

Tabelle 3.6:

Schätzergebnisse der Translog-Spezifikation der Produktionsfunktion und der Restriktion auf eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion

| Modell Parameter | Translog | | Cobb-Douglas | |
|---------------------|----------|--------|--------------|--------|
| | Wert | t-Wert | Wert | t-Wert |
| β_0 | 3,434 | 3,761 | 0,372 | 0,495 |
| β_{vt} | 0,102 | 4,575 | 0,018 | 1,151 |
| β_{nt} | 0,028 | 0,729 | 0,006 | 1,260 |
| β_k | 0,993 | 2,706 | 0,583 | 3,776 |
| β_l | -0,993 | -2,575 | | |
| β_{kk} | -0,149 | -3,896 | | |
| β_{ll} | -0,209 | -6,800 | | |
| β_{kl} | 0,396 | 5,524 | | |
| β_{kvt} | -0,011 | -2,317 | | |
| β_{lvt} | 0,007 | 1,499 | | |
| β_{knt} | -0,009 | -1,152 | | |
| β_{lnt} | 0,012 | 1,526 | | |
| δ_{w0} | -0,190 | -2,725 | -0,067 | -0,104 |
| δ_{o0} | 0,816 | 4,662 | 0,009 | 0,431 |
| δ_{wTrend} | -0,006 | -2,261 | -0,174 | -0,174 |
| δ_{oTrend} | -0,016 | -3,730 | -0,001 | -0,035 |
| σ | 0,007 | 50,590 | 0,010 | 2,239 |
| γ | 0,327 | 8,461 | 0,070 | 2,254 |
| <i>Likelihood</i> | 542,01 | | 415,86 | |
| <i>Lones</i> | 220,87 | | 168,92 | |

Quelle: Eigene Schätzung.

- Die Produktionselastizität ε_{yx}

$$\varepsilon_{yx} := \frac{\frac{df(X)}{f(X)}}{\frac{dX}{X}} \quad (3.57)$$

beschreibt, um welchen Faktor sich die Produktion $f(X)$ ändert, wenn sich der Faktor X um ein marginales Prozent ändert.

- Die Skalanelastizität

$$\varepsilon_{Sk} := \left. \frac{\frac{df(\lambda k, \lambda l)}{f(k, l)}}{\frac{d\lambda}{\lambda}} \right|_{\lambda=1} \quad (3.58)$$

gibt an, um welchen Faktor sich die Produktion $f(k, l)$ bei einer gleichwertigen Erhöhung aller Faktoren um ein marginales Prozent ändert.

- Die Substitutionselastizität

$$\sigma := -\frac{\frac{dK}{K}}{\frac{dL}{L}} \quad (3.59)$$

ist ein Indikator dafür, um welchen Faktor sich der Einsatz des einen Faktors ändern muss, wenn sich der zweite Faktor um ein marginales Prozent ändert unter der Bedingung, dass die gleiche Produktionsmenge mit der neuen Faktorkombination produzierbar sein soll. Die Substitutionselastizität ermöglicht es, die Beziehung einer Technologie zur Leontief-Technologie (limitationale Produktionstechnologie) und zu einer linearen Technologie einzuschätzen. Bei einer Leontief-Technologie lassen sich die Faktoren nicht produktionsneutral substituieren. Die Substitutionselastizität σ ist dann null. Bei einer linearen Technologie dagegen lassen sich die Faktoren vollständig produktionsneutral substituieren. Sie hat eine Substitutionselastizität von $\sigma = \infty$; ihre Iso-Produktions-Kurven sind nicht gekrümmt.

Die Substitutionselastizität der CD-Technologie ist $\sigma = 1$. Mit der Substitutionselastizität lässt sich also einordnen, inwieweit eine Technologie aus der Betrachtung der Substituierbarkeit einer Leontief-, einer CD- oder einer linearen Technologie ähnelt.

- Die Wachstumsrate der Produktion $\frac{dy}{y}$

$$\frac{dy}{y} = \begin{cases} \beta_{vt} + \beta_{vtk}k + \beta_{vtl}l & t < t^* \\ \beta_{nt} + \beta_{ntk}k + \beta_{ntl}l & t \geq t^* \end{cases} \quad (3.60)$$

setzt sich bei der Produktionsfunktion (3.38) zusammen aus

1. den konstanten Trendkomponenten β_{vt} vor bzw. β_{nt} nach der Vereinigung und
2. den Trendkomponenten β_{vtk} und β_{vtl} bzw. β_{ntk} und β_{ntl} , die eine zeitliche Veränderung der Grenzproduktivität der Faktoren erfassen.

Eine Veränderung der Wachstumsrate kann faktorneutral als technischer Fortschritt über den Zeittrend oder jeweils separat über die Grenzprodukte der Faktoren erfolgen. Indirekt beeinflussen diese wiederum die Wachstumsrate der Produktion.

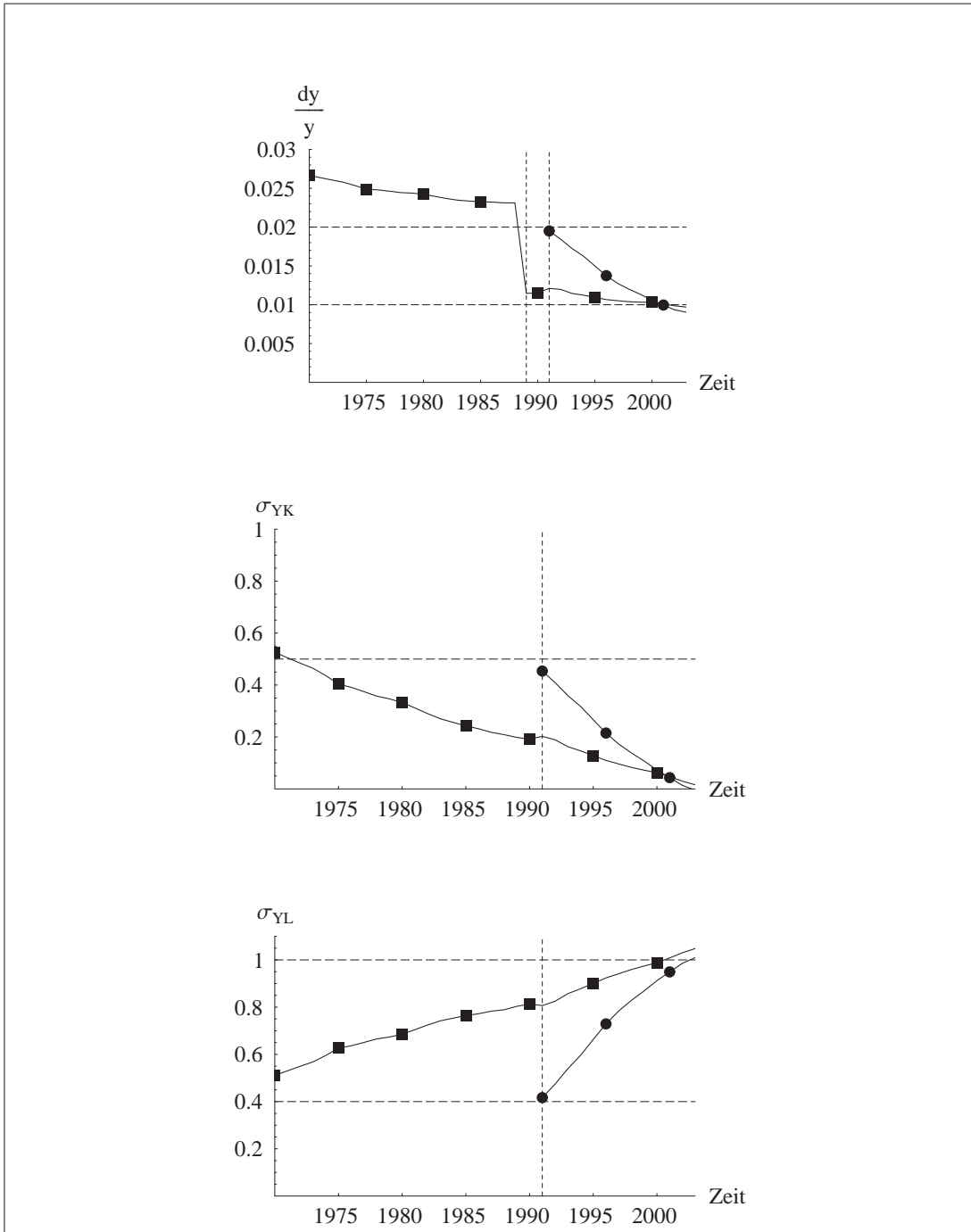
Die Eigenschaften der geschätzten Technologie sind in den Abbildungen 3.3 und 3.4 als Zeitreihe und in Tabelle 3.7 als Durchschnittswerte der Elastizitäten

$$\sigma_t^w := \frac{1}{\#West} \sum_{i \in West} \sigma_{it}(K_{it}, L_{it}) \quad (3.61)$$

für die West-Länder in einer Zeitreihe für den Schätzzeitraum von 1970 bis 2002 dargestellt, um sie anschließend mit der Entwicklung im Osten zu vergleichen. Die Substitutionselastizität σ liegt im West-Länder-Durchschnitt von 1970 bis 1991 mit einem Wert von über 0,3 unter dem Bereich von Referenzstudien, deren Schätzungen in Tabelle 3.8 zusammengestellt sind (Deutsche Bundesbank (2002),

Abbildung 3.3:

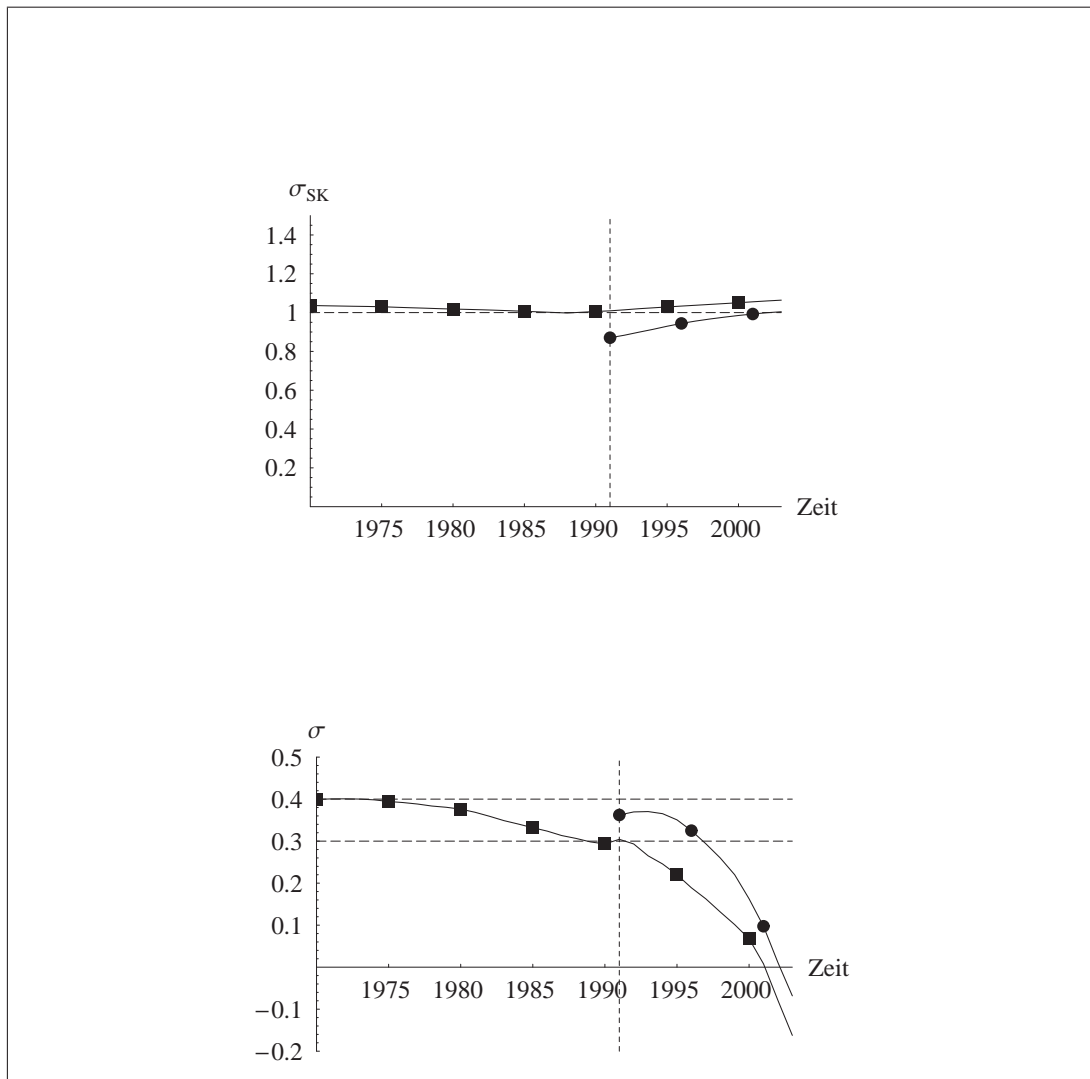
Entwicklung der Wachstumsrate des technischen Fortschritts dy/y und der Produktionselastizitäten von Kapital (σ_{YK}) und Arbeit (σ_{YL}) von 1991 bis 2002 im Osten und von 1970 bis 2002 im Westen (beachte Strukturbruch West 1989, Ostdaten ab 1991)



Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 3.4:

Entwicklung der Skalenelelastizität σ_{SK} und der Substitutionselelastizität von Arbeit und Kapital σ von 1991 bis 2002 im Osten und von 1970 bis 2002 im Westen



Quelle: Eigene Darstellung.

Dreger und Schumacher (1999), Eckey et al. (2004)). Das bedeutet, dass eine einprozentige Reduzierung des Arbeitseinsatzes durch eine 0,3-prozentige Erhöhung des Kapitaleinsatzes produktionsneutral kompensiert werden kann. Von 1991 bis 2002 sinkt die Substitutionselelastizität tendenziell auf null (und darunter) (Abbildung 3.4). Das heißt, dass zu diesem Zeitpunkt eine Substitution von Arbeit und Kapital nicht ohne Wirkung auf die Produktion möglich war. Dies lässt sich gut in Abbildung 3.5 erkennen. Dort sind die Iso-Produktions-Kurven der geschätzten Produktionsfunktion in einem Faktordiagramm aufgetragen. Außerdem ist

Tabelle 3.7:

Substitutionselastizität σ , Produktionselastizitäten σ_{YK} , σ_{YL} und Skalanelastizität σ_{SK} der geschätzten Technologie als Durchschnitt der Werte für die West-Länder zu den Zeitpunkten 1970, 1991 und 2002

| West | 1970 | 1991 | 2002 |
|---------------|------|------|-------|
| σ | 0,40 | 0,30 | -0,16 |
| σ_{YK} | 0,52 | 0,20 | 0,01 |
| σ_{YL} | 0,51 | 0,80 | 1,05 |
| σ_{SK} | 1,04 | 1,01 | 1,06 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle 3.8:

Zusammenstellung der Schätzergebnisse von Substitutionselastizitäten in Deutschland und deren Implikation für den Zeitpunkt des Erreichens vollständiger technischer Effizienz bei linearer Prognose

| Autoren | $\hat{\sigma}$ |
|------------|----------------|
| Bundesbank | 0,46 |
| Dreger | 0,98 |
| Eckey | <1,5 |

Quellen: Deutsche Bundesbank (2002), Dreger und Schumacher (1999), Eckey et al. (2004).

der Ort aller Faktorkombinationen mit der durchschnittlichen westlichen Kapitalintensität durch eine Ursprungsgerade (Westkapitalintensitätsgerade G) gekennzeichnet. Die eingetragenen Datenpunkte (West-Länder: \square (ohne Hamburg), Ost-Länder: \circ) entsprechen den Faktorkombinationen, mit denen 2002 in den einzelnen Bundesländern produziert wurde. Es fällt auf, dass die Datenpunkte nahezu auf der Westkapitalintensitätsgerade G liegen, das heißt, dass alle Bundesländer mit einer ähnlichen Kapitalintensität produzieren.

Man sieht weiter, dass die Datenpunkte der Ost-Länder unterhalb der Westkapitalintensitätsgerade liegen. Die Ost-Länder produzieren also mit einer niedrigeren Kapitalintensität als die West-Länder. Außerdem zeigt sich, dass insbesondere die Iso-Produktions-Kurven der Länder mit niedrigen Faktoreinsätzen den Kanten limitationaler Produktionsfunktionen ähneln. Diese Struktur ist bei größeren Faktoreinsätzen weniger ausgeprägt. Außerdem sieht man, dass ebenfalls bei Ländern mit niedrigem Faktoreinsatz die Iso-Produktions-Kurven nicht senkrecht verlaufen, sondern mit leicht positiver Tangentensteigung. An den Punkten, an denen produziert wird, führt folglich ein vergrößerter Kapitaleinsatz nicht zu einer größeren, sondern zu einer niedrigeren Produktion. Dagegen vergrößert der Arbeitseinsatz die Produktion grundsätzlich.

Aus Abbildung 3.5 lässt sich also ablesen, dass der Arbeitseinsatz der begrenzende Produktionsfaktor ist. Dies zeigt sich auch am Verlauf der Produktionselastizitäten von Arbeit σ_{Yl} und Kapital σ_{Yk} in Abbildung 3.3. Werte von weniger als eins entsprechen abnehmenden Grenzerträgen. In der Schätzung liegen die Werte der Produktionselastizitäten des Kapitals und die der Arbeit bis auf den aktuellen Rand bei weniger als eins. Beide Elastizitäten zeigen einen Trend. So fällt die Produktionselastizität des Kapitals von 1970 bis 2002 auf null. Eine Erhöhung des Kapitalstocks hätte 2002 keinen zusätzlichen Produktionseffekt. Demgegenüber ist die Produktionselastizität der Arbeit linear auf einen Wert von nahe eins gestiegen. Beide Werte passen am aktuellen Rand zu der Substitutionselastizität nahe null von Arbeit und Kapital, wenn Arbeit limitierender Faktor ist.

Die Skalenelastizität σ_{Sk} liegt während des gesamten Betrachtungszeitraums zwischen 1,01 und höchstens 1,06 (Tabelle 3.7), sodass man von einer annähernd trendfreien linearen Homogenität der Produktionsfunktion sprechen kann.

Die Wachstumsrate der Produktion dy/y liegt von 1970 bis 1989 etwa konstant bei über 2%. Dies liegt leicht über den Angaben von Funke und Strulik (2000), die die mittlere Wachstumsrate in den 80ern mit 1,75% angeben. Nach der Vereinigung sinkt die Wachstumsrate der Produktion auf insignifikante 1,2%. Damit ist die Wachstumsrate etwa halbiert.

Die Trennung der Entwicklung der Wachstumsrate in faktorneutralen technischen Fortschritt und faktorspezifischen durch die Beziehung (3.60) zeigt, welche Komponenten den negativen Wachstumssprung verursacht haben:

1. Der faktorneutrale Parameter ist von $\beta_{vt} = 0,102$ auf $\beta_{nt} = 0,02$ gesunken.
2. Der Trendparameter der Grenzproduktivität des Kapitals ist gestiegen ($\beta_{kvt} = -0,011$, $\beta_{knt} = -0,009$) und hat die Wachstumsrate erhöht.
3. Auch der Trendparameter der Grenzproduktivität der Arbeit ist gewachsen ($\beta_{vtl} = 0,007$, $\beta_{ntl} = 0,012$) und hat die Wachstumsrate angehoben.

Der Einfluss der Entwicklung der Grenzproduktivitäten wird der Größenordnung nach (Mittelwerte der West-Länder: $\log k = 13$, $\log l = 8$) überlagert durch den relativ großen negativen Sprung des faktorhomogenen technischen Fortschritts.

Die Schätzergebnisse der Translog-Funktion sind, beurteilt durch ihre Substitutions- und Elastizitäts-Eigenschaften, insgesamt nicht unplausibel. Allerdings ist die Entwicklung der Substitutionselastizität am aktuellen Rand nicht völlig nachvollziehbar.

Tabelle 3.9:

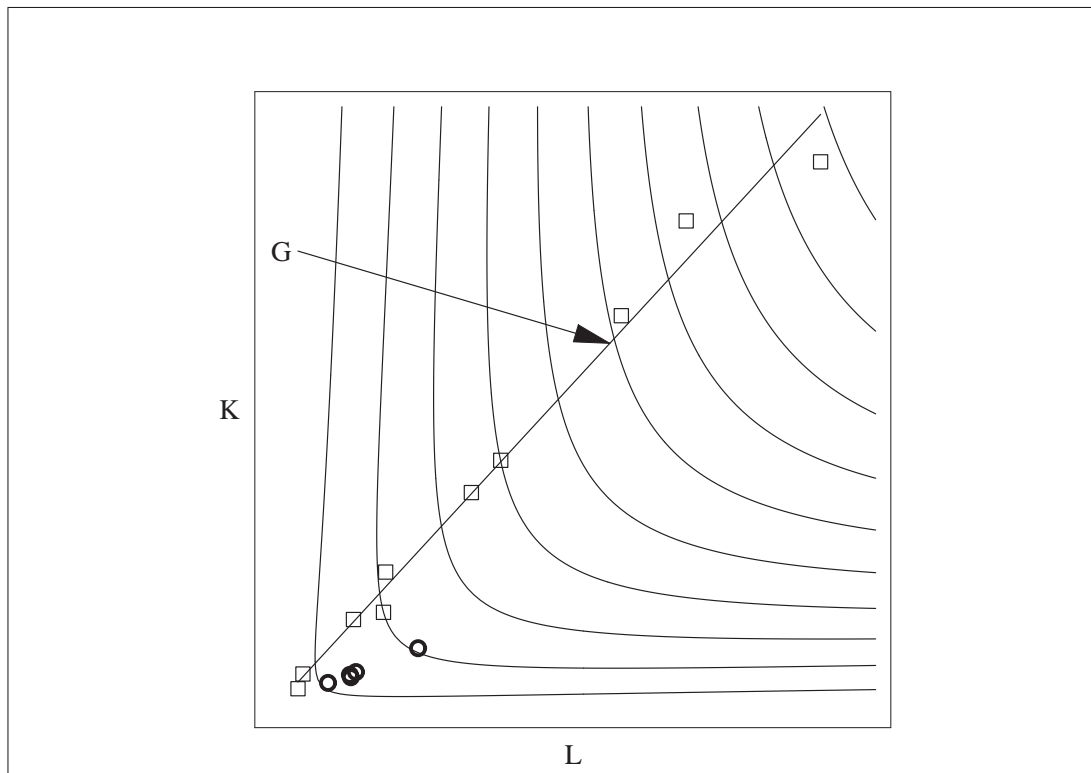
Ost-West-Verhältnisse der Elastizitäten 1991, 1995 und 2002

| Elastizitäten | Einheit | 1991 | 1995 | 2002 |
|---------------------------------------|---------|------|------|------|
| $\sigma_{Sko}/\sigma_{Skw}$ | % | 87 | 91 | 94 |
| σ_o/σ_w | % | 126 | 172 | 42 |
| $\frac{dY_o}{Y_o} / \frac{dY_w}{Y_w}$ | % | 154 | 129 | 93 |
| $\sigma_{YKo}/\sigma_{YKw}$ | % | 216 | 196 | -33 |
| $\sigma_{YLo}/\sigma_{YLw}$ | % | 58 | 79 | 97 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

Abbildung 3.5:

Faktorkombinationen (L, K) der Bundesländer (ohne Hamburg) 2002 (West-Länder \square , Ost-Länder \circ), Iso-Produktions-Kurven der geschätzten Technologie und der Graph der Faktorkombinationen mit durchschnittlicher Kapitalintensität West G



Quelle: Eigene Darstellung.

3.5.2 Ost-West-Differenzen in den lokalen Eigenschaften der Technologie aufgrund unterschiedlicher Faktoreinsätze

Nachdem einige Eigenschaften der Produktionsfunktion im Bereich der Faktorkombinationen im Westen diskutiert worden sind, lassen sich diese Eigenschaften auch für die Faktorkombinationen im Osten bestimmen.

Ergebnisse des Ost-West-Vergleichs:

- Die Wachstumsraten der Produktion dy/y werden durch Zeittrends und durch Faktorakkumulation getrieben. Da die Zeittrends regional homogen sind, sind Differenzen zwischen Ost und West nur auf unterschiedliche Faktoreinsätze zurückzuführen. Der Vergleich der Wachstumsraten (Tabelle 3.9, Abbildung 3.3) zeigt, dass die Wachstumsraten im Ost-West-Vergleich kontinuierlich von 150% 1991 auf 93% 2002 gefallen sind. Bei Wachstumsraten-Verhältnissen von über 100% wächst der Osten schneller als der Westen. Es hat also eine Ost-West-Konvergenz stattgefunden, die überwiegend von dem im Osten steigenden Kapitaleinsatz getrieben wurde.
- Die Produktionselastizität des Kapitals σ_{Yk} (Tabelle 3.9, Abbildung 3.3) ist im Osten von 1991 bis 2002 kontinuierlich von 216% auf unter 100% (−33%) gesunken. Der Wert von −33% ist auf eine leichte Unterschreitung zurückzuführen, die in absoluten Größen, wie sie in der Abbildung dargestellt sind, gering ausfallen. Der hohe Wert der Elastizität reflektiert die hohen Grenzproduktivitäten des Kapitals aufgrund des Kapitalstockdefizits zu Beginn der Vereinigung. Ihr Sinken lässt sich durch abnehmende Grenzerträge des Kapitals bei steigendem Kapitalstock erklären. 2002 reagiert die Produktion im Osten nahezu gleich auf eine Veränderung des Kapitalstocks wie der Westen.
- Ein ähnliches Bild zeigt der Ost-West-Vergleich der Produktionselastizität des Faktors Arbeit σ_{Yl} (Tabelle 3.9, Abbildung 3.3). Sie steigt von 58% auf 97% der West-Werte 2002. Ihr Anstieg spiegelt ebenfalls hauptsächlich die Kapitalakkumulation im Osten wieder.
- Die Skalenelastizität σ_{Sk} ist im Osten < 1 . Damit liegt sie unterhalb der West-Werte (Abbildung 3.4). Sie hat sich von 90% bis 1995 auf 94% 2002 erhöht. Das bedeutet, dass durch eine Vergrößerung des Faktoreinsatzes im Osten um *ein* marginales Prozent die Produktion nur um 0,94 marginale Prozent wächst. Diese Eigenschaft lässt sich beispielsweise dadurch erklären, dass ein unberücksichtigter limitierender Faktor im Osten wirksam ist, dessen Knappheit die Produktionsexpansion behindert.
- Die Substitutionselastizität σ war von 1991 bis 2002 im Osten größer als die im Westen (Abbildung 3.4). Sie vollzog mit einer Verzögerung die Entwicklung der Substitutionselastizität im Westen seit 1991 nach. Das heißt, dass der Faktor Arbeit im Osten im Vergleich zum Westen durch eine geringere Erhöhung des Kapitaleinsatzes produktionsneutral zu kompensieren war.

Der Ost-West-Vergleich zeigt also:

1. auch im Zeitraum 1995 bis 2002 hat mit unverminderter Geschwindigkeit eine Ost-West-Konvergenz der Produktionselastizitäten und der Substitutionselastizität stattgefunden – ohne dass sich dies in entsprechendem Um-

fang in der Entwicklung der Aggregate (Kapitel 2) widerspiegelt. Mit diesem Hintergrund kann man die Phase 1995 bis 2002 als eine technologische Konvergenzphase bezeichnen.

2. die Differenzen der Faktoreinsätze (insbesondere der Kapitalausstattung) haben weitreichende dynamische Differenzen der Produktionselastizitäten und der Faktor-Substituierbarkeit hervorgerufen. Die Produktionsbedingungen im Osten waren dynamisch und entsprachen nicht den westlichen.
3. wegen der limitationalen Struktur der Produktionsfunktion und der Knappheit des Faktors Arbeit ist durch eine weitere Erhöhung der Kapitalintensitäten im Osten keine weitere Vergrößerung der Produktion zu erwarten.

Der Vergleich der Elastizitäten hat gezeigt, dass die West-Verhältnisse 2002 weitgehend erreicht sind. Überlagert wird diese Phase von der Entwicklung der technischen Effizienz im Osten, deren Entwicklung nun untersucht wird.

3.5.3 Die technische Effizienz

Die technische Effizienz TE_{it} der i -ten Produktionseinheit zum Zeitpunkt t ist definiert als

$$TE_{it} := e^{-u_{it}}.$$

Ihre Werte werden vom Programm Frontier 4.2 ausgegeben. Die Durchschnittswerte für die Ostländer (TE Ost) sind in Tabelle 3.10 zusammengefasst. Im Länderdurchschnitt ergibt sich ein linearer Trend δ_{ot} von 63% 1991 bis 76% 2003. Im Osten und im Westen hat die technische Effizienz zugenommen. Im Westen beträgt sie in allen Ländern zu allen Zeitpunkten mindestens 98,7%. Im Vergleich mit den sektoral differenzierten Ergebnissen von Funke und Rahn (2002) – ebenfalls in Tabelle 3.10 dargestellt – zeigt sich, dass das Ost-West-Verhältnis der technischen Effizienz 1994 etwa genauso hoch eingeschätzt wird wie in der eigenen Schätzung. Allerdings liegt die Konvergenzgeschwindigkeit der Sektoren Mechanical Engineering und Utilities deutlich über den Werten der eigenen Schätzung. Insgesamt bestätigt aber die Schätzung von Funke die in dieser Arbeit gefundenen Werte. Extrapoliert man diese Entwicklung, dann ist die technische Effizienz im Osten nach 36 Jahren erreicht. Vergleicht man diesen Zeitraum mit den Prognosen mehrerer Autoren zu einem frühen Zeitpunkt des Vereinigungsprozesses (siehe Tabelle 3.11), dann liegt dieser Wert im Bereich der Prognose von *Hallet and Ma*, die einen Konvergenzintervall von 30 bis 40 Jahren vorhersagen.

3.6 Lohnkeil

Neben den Sonderabschreibungsmöglichkeiten wurde in der einführenden Literaturdarstellung eine exzessive, nicht an die Produktivitätsentwicklung angepasste

Tabelle 3.10:

Entwicklung der relativen technischen Effizienz (TE Ost/West)
- in % -

| Jahr | eigene Schätzung | Funke | | |
|------|------------------|-------------------|-----------|-----------|
| | | Mech. Engineering | Chemicals | Utilities |
| 1991 | 63 | | | |
| 1992 | 64 | | | |
| 1993 | 66 | | | |
| 1994 | 68 | 62 | 66 | 65 |
| 1995 | 68 | 66 | 73 | 70 |
| 1996 | 69 | 70 | 71 | 72 |
| 1997 | 70 | 79 | 73 | 74 |
| 1998 | 71 | 89 | 73 | 78 |
| 1999 | 72 | | | |
| 2000 | 73 | | | |
| 2001 | 74 | | | |
| 2002 | 75 | | | |
| 2003 | 76 | | | |

Quellen: Eigene Schätzung; Funke und Rahn (2002).

Tabelle 3.11:

Prognosen der zeitlichen Konvergenzdimension von Output pro Kopf zwischen Ost und West

| Autoren | Veröffentlichungsdatum | Konvergenz [Jahre] |
|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| Mayer | 1992 | 10 |
| Sinn und Sinn | 1992 (p 142) | > 20 |
| Hallet und Ma | 1994 (p 1735) | 30 – 40 |
| Dornbush und Wolf | aus Burda Funke (1993) p 6-7 | 50 (80% West) |
| Barro und Sala-i-Martin | aus Burda Funke (1993) p 6-7 | 84 (80% West) |

Quelle: Lange und Pugh (1998).

Lohnpolitik (siehe S. 17) als Problemfaktor der Entwicklung im Osten bezeichnet. In diesem Abschnitt wird es darum gehen, diesen Eingriff auf dem Faktormarkt in seiner Größe zu erfassen. Dazu wird die zuvor geschätzte Technologie genutzt.

Eingriffe auf dem Arbeitsmarkt erfolgen überwiegend durch lohnpolitische Maßnahmen, die sich als Lohnzuschüsse beschreiben lassen. Ein positiver (oder negativer) Lohnzuschuss ist ein exogen bestimmter Preiskeil, der den Lohnsatz über (oder unter) das Wettbewerbsniveau hebt (oder senkt).

Da die Löhne einem Preissetzungsverfahren unterliegen, ist bei Abweichungen des Lohnniveaus vom Wettbewerbsniveau keine Zuschusssumme in einem Budget

ausgewiesen. Zur Beurteilung der Löhne wird deshalb das Konzept 2 (siehe S. 29) gewählt.

Der Lohnkeil ist das Verhältnis des gemessenen Lohns zum Wettbewerbslohn. Mit Hilfe der geschätzten Technologie, der geschätzten technischen Effizienz, den Faktoreinsatzverhältnissen und der Gewinnmaximierungs- und Mengenanpassungshypothese für Unternehmen lässt sich das Wettbewerbslohnverhältnis Ost-West theoretisch bestimmen.

Per Definition (Kapitel 2.5) besteht die Bruttowertschöpfung (BWS) aus den Lohnzahlungen und den Kapitalerträgen. Die Lohnsumme gemessenen im Arbeitnehmerentgelt enthält auch den Zuschuss $\tau_w f_l L$, der über die Grenzproduktivität des Faktors Arbeit f_l hinausgeht

$$BWS = \underbrace{\underbrace{f_l L}_{\text{Wettbewerbslohnsumme}} + \underbrace{\tau_w f_l L}_{\text{Lohnzuschuss}}}_{\text{ANE}} + \text{Kapitalertrag}.$$

Misst man wie in Kapitel 2.5 den Lohn w^g , so bestimmt man als Faktorpreisverhältnis Ost-West

$$\frac{w_o^g}{w_w^g} = \frac{1 + \tau_{wo} f_{lo}}{1 + \tau_{ww} f_{lw}} \quad (3.62)$$

auch das Verhältnis der Lohnzuschüsse $\frac{1+\tau_{wo}}{1+\tau_{ww}}$ mit.

Das Verhältnis $\frac{f_{lo}}{f_{lw}}$ ließe sich aus den Grenzprodukten der geschätzten Technologien, den Faktoreinsätzen und der geschätzten technischen Effizienz bestimmen. Allerdings ergibt dieses Vorgehen ökonomisch unplausible Werte. Deshalb wird an dieser Stelle mit einer Cobb-Douglas-Technologie gearbeitet, obgleich diese Restriktion bei der Schätzung verworfen wurde. Es ist jedoch sinnvoll, mit dieser Annahme zu arbeiten, da die Faktoranteile sich in den gemessenen Daten sehr konstant erweisen. Als Schätzer des Technologieparameters α kann der Zeitdurchschnitt des Faktoranteils der Arbeit $(1 - \alpha)$ an der Bruttowertschöpfung dienen. Er ist in Tabelle 3.12 aufgeführt.

So erhält man für das Verhältnis der Grenzproduktivitäten Ost-West

$$\frac{f_{lo}}{f_{lw}} = z_o \left(\frac{k_o}{k_w} \right)^\alpha \quad (3.63)$$

Dabei ist z_o die technische Effizienz des Ostens, k_o/k_w das Verhältnis der Kapitalintensitäten und $\alpha = 0,43$ der geschätzte Technologieparameter. Das Einsetzen der Gleichung (3.63) in (3.62) ergibt für τ_{wo} unter der Annahme $\tau_{ww} = 0$ die in Tabelle 3.12 dargestellten Faktorpreiskeile τ_{wo} im Osten. Man sieht, dass unter den getroffenen Annahmen die Löhne bereits 1991 15% über den Wettbewerbslöhnen lagen. Sie sind bis 1995 auf 48% über ihr Wettbewerbsniveau gestiegen. Danach

Tabelle 3.12:

Anteil der Arbeitnehmerentgelte an der Bruttowertschöpfung 1991 bis 2004 im Westen, Lohnkeil Ost

| Jahr | $ANE_w/BWS_w = 1 - \alpha$ | Lohnkeil Ost |
|------------|----------------------------|--------------|
| 1991 | 0,58 | 0,15 |
| 1992 | 0,59 | 0,38 |
| 1993 | 0,59 | 0,47 |
| 1994 | 0,58 | 0,47 |
| 1995 | 0,58 | 0,48 |
| 1996 | 0,57 | 0,42 |
| 1997 | 0,56 | 0,37 |
| 1998 | 0,56 | 0,32 |
| 1999 | 0,56 | 0,28 |
| 2000 | 0,58 | 0,23 |
| 2001 | 0,58 | 0,19 |
| 2002 | 0,57 | 0,17 |
| 2003 | 0,57 | |
| 2004 | 0,55 | |
| Mittelwert | 0,57 | |

Quellen: Eigene Berechnungen; AK Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder (2005).

haben sie sich dem Wettbewerbsniveau 2002 bis auf einen Aufschlag von 15% angenähert.

Qualitativ entspricht τ_l der ökonomischen Intuition eines künstlich erhöhten Lohnsatzes über Wettbewerbsniveau, der eine erhebliche Einschränkung der Arbeitsnachfrage nach sich zieht, wie sie auch in den Daten nachzuweisen ist (siehe Tabelle 2.3).

3.7 Zusammenfassung

Die Schätzung einer stochastischen Frontier-Produktionsfunktion hat ergeben, dass die technische Effizienz im Osten von 63% 1991 bis 76% 2003 gestiegen ist. Damit zeigt sich, dass das Verhältnis der Arbeitsproduktivitäten in BWS/Arbeitsstunde die relative technische Effizienz im Osten um 10 bis 20% unterschätzt.

Im Zeitraum von 1995 bis 2002 zeigte die Schätzung eine konvergente Entwicklung der Faktoreinsätze, der Produktions- und Substitutionselastizitäten. Die Schätzung legt deshalb die Bezeichnung dieser Periode als technologische Konvergenzphase nahe.

Außerdem lässt sich mit der geschätzten Produktionsfunktion prognostizieren, dass wegen ihrer limitationalen Struktur und der Knappheit des Faktors Arbeit

eine weitere Erhöhung der Kapitalintensitäten im Osten eine weitere Vergrößerung der Produktion nicht zulassen wird.

Die geschätzte technische Effizienz wird nun angewandt, um indirekt die Höhe von Eingriffen auf den Faktormärkten zu identifizieren.

Bevor in den nächsten Kapiteln eine durch Modelle weiter vertiefte Analyse der Vorgänge in den Neuen Ländern beginnt, lässt sich an dieser Stelle ein erstes Bild der Abläufe zeichnen, das in dieser Schärfe erst mit der geschätzten Technologie möglich wird.

Zu Beginn der deutschen Wiedervereinigung lag im Osten ein hohes Kapitalstockdefizit ($40\% [k_o/k_w]$) vor. Dieses war so hoch, dass die Grenzproduktivitäten trotz einer nur zu 63% effizienten Produktion die hypothetischen Wettbewerbszinsen 6% über das West-Niveau hoben und damit einen Kapitalakkumulationsprozess in Gang setzten. Dieser Prozess wurde durch substanzielle staatliche Subventionen (bis zu 20 Mrd. Euro/Jahr) der Ost-Wirtschaft verstärkt. Die Subventionen erhöhten die Investitionsanreize durch die Senkung der Investitionsgüterpreise um bis zu 20% weiter. Die hohen Zinsen führten zu hohen negativen Ost-Außenbeiträgen (20% BIP) und hohen Ost-Investitionen (pro Kopf 50% über Westniveau). Problemfaktoren dieser Entwicklung waren die niedrige Produktivität im Osten und die diese Produktivität damals um bis zu 48% übersteigenden Lohnsätze, die zu einer erheblichen Arbeitslosigkeit (6% bis 10% über Westniveau) führten. Teilweise kompensiert wird der durch Arbeitslosigkeit reduzierte Arbeitseinsatz durch höhere Arbeitszeiten (7% bis 9%) im Osten.

Diese Faktoren behindern bis heute die Fähigkeit der Ost-Ökonomie zur Einkommenserzielung und begrenzen damit die Möglichkeiten des weiteren Aufschlusses zum Westen. Die trotz dieser Probleme relativ dichte Annäherung des Pro-Kopf-Konsumniveaus (80%) lässt sich aus den massiven Nettotransfers (knapp 30% BIP Ost) aus dem Westen erklären. Wegen der bestehenden und erwarteten Differenz im Lebensstandard beträgt der Bevölkerungsverlust durch Wanderungen in den Westen netto rund 50 000 Personen pro Jahr. Ebenso hoch ist der negative Geburtenüberschuss im Osten.

Bis zum Jahr 2002 hat eine Konsolidierung stattgefunden. So sind die Subventionen und der Außenbeitrag auf null gesunken. Die Kapitalakkumulation muss seitdem in stärkerem Maß grenzproduktivitätsorientiert und autark vorgenommen werden. Dagegen überstieg das Lohnniveau das Wettbewerbsniveau 2002 weiter um 17% . Die Produktivität erhöht sich weiter mit durchschnittlich einem Prozentpunkt pro Jahr.

Die Analyse unterscheidet sich inhaltlich nur wenig von denen in Kapitel 1.1, quantifiziert sie aber detaillierter und verschärft die Aussagen dadurch.

Die entscheidenden Friktionen, die die ökonomische Vereinigung begleiten und im Modellrahmen untersucht werden müssen, sind

-
1. das Kapitalstockdefizit zu Beginn des Vereinigungsprozesses,
 2. die Produktivitätslücke im Osten und ihre Persistenz,
 3. die hohen Subventionen zu Beginn des Vereinigungsprozesses,
 4. die hohen West-Ost-Transfers,
 5. die hohe Fremdkapitalaufnahme, vermittelt durch hohe negative Außenbeiträge des Ostens,
 6. die demographischen Veränderungen (Ost-West-Wanderungen und der niedrige Geburtenüberschuss) und
 7. die hohe Überschussarbeitslosigkeit im Osten.

Die Interaktion der beschriebenen Probleme und Eingriffe wird in Kapitel 4 und 5 mittels eines Modells untersucht und unter Berücksichtigung ihrer verteilungspolitischen Konsequenzen bewertet. In Kapitel 6 wird der Frage nachgegangen, in welchem Umfang Erwartungen das Ergebnis beeinflusst haben könnten. Dem Rätsel der niedrigen Produktivität wird in Kapitel 7 in einem endogenen Wachstumsmodell mit Humankapital nachgegangen.

Um diese Friktionen zu modellieren, wird zunächst ein Autarkie-Modell formuliert, das in Kapitel 5 zu einem Mehr-Regionen-Modell erweitert wird.

4 Gleichgewichtsmodell

In diesem Abschnitt wird

1. eine einfache Ökonomie definiert,
2. eine detaillierte Darstellung der technischen Annahmen vorgenommen,
3. ein Gleichgewicht definiert und
4. auf dessen Existenz näher eingegangen.

Dabei wird eine Repräsentative-Agenten-Darstellung mit individuellem Optimierungsverhalten gewählt. So wird es möglich, steuerliche Preisverzerrungen und externe Effekte zu modellieren, die die Gültigkeit der Wohlfahrtssätze aufheben und die durch sie gerechtfertigte Soziale-Planer-Darstellung einer dezentralisierten Ökonomie unmöglich machen.

Der Abschnitt bietet einen Einstieg in die Gleichgewichtsmodelle, die in den folgenden Kapiteln 5, 6 und 7 numerisch gelöst werden.

4.1 Einführende Überlegungen zu den Fragen B bis D

Die Fragen B bis D über die die Vereinigung begleitenden ökonomischen Prozesse werden mit Hilfe von angewandten Allgemeinen Gleichgewichtsmodellen analysiert.

Um die Begriffe, Methoden und Praktiken in dieser Forschungsrichtung zu erläutern, wird zunächst die Allgemeine Gleichgewichtstheorie und ihr Forschungskonzept dargestellt und darauf aufbauend ihre moderne Interpretation und praktische Nutzung als angewandte Allgemeine Gleichgewichtsmodelle.

4.1.1 Allgemeine Gleichgewichtstheorie

Ein wichtiges Thema der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie ist das der Dezentralisation einer Allokation durch Preise (Hildenbrand und Kirman (1988), S. 6):

Definition 1 (Dezentralisationsproblem) *„Ist es möglich, dass die Individuen ihre (optimalen) ökonomischen Entscheidungen lediglich an gegebenen Gleichgewichtspreisen (Marktpreisen) und ihren Grundausstattungen orientieren und dass dabei alle technischen Restriktionen erfüllt bleiben?“*

Ein Mechanismus, der dieses Problem löst, bietet eine enorme Vereinfachung gegenüber der planwirtschaftlichen Idee, innerhalb derer die Gesamtheit der individuellen Entscheidungen innerhalb einer Ökonomie bestimmt werden müsste, um Güter zu alloziieren.

Die Allgemeine Gleichgewichtstheorie entwickelte in den 50er Jahren einen begrifflichen Rahmen und ein mathematisches Instrumentarium, um die Widerspruchsfreiheit dieser Vision zu beweisen.

Die Fundierung eines Allgemeinen Gleichgewichts aus dem beschriebenen individualistischen (Bottom up-) Ansatz erlaubt in den Wohlfahrtssätzen (Mas-Colell et al. (1995), S. 549 ff.) zusammengefasste normative Aussagen über seine Eigenschaften:

Satz 1 (The 1st Fundamental Theorem of Welfare Economics) *Jede Allgemeine Gleichgewichtsallokation ist pareto-optimal (es kann kein Individuum besser gestellt werden, ohne zumindest ein Individuum schlechter zu stellen).*

Satz 2 (The 2nd Fundamental Theorem of Welfare Economics) *Jede pareto-optimale Allokation lässt sich als Gleichgewichtsallokation unter einer geeigneten Lump-Sum-Umverteilung interpretieren.*

Die weiteren Untersuchungen Allgemeiner Gleichgewichte auf Eindeutigkeit, Stabilität und empirisch testbare Eigenschaften verliefen jedoch in einer großen Enttäuschung. In den 70er Jahren bewiesen *Debreu, Mantel und Sonnenschein*, dass nahezu jede beliebige Funktion aggregierte Überschussnachfragefunktion einer Ökonomie sein kann, mit anderen Worten, dass man zu jeder aggregierten Überschussnachfragefunktion eine Ökonomie mit Präferenzen und Erstaussstattungen finden kann, die diese durch die Variation der Preise erzeugt. Das bedeutet natürlich, dass Gleichgewichte im Allgemeinen beliebige Eigenschaften besitzen. Der Grund dafür liegt auf der Konsumentenseite. Durch Preisbewegungen können Erstaussstattungen in nahezu beliebiger Weise das entstehende Gleichgewicht beeinflussen.

Man könnte erwarten, dass dieses Ergebnis durch die Generalität der betrachteten Ökonomien zustande gekommen ist. Das trifft aber nicht zu. Es gilt sogar in dem Fall, dass alle Individuen die gleichen Präferenzen besitzen und preisunabhängige, proportionale Erstaussstattungen vorliegen (siehe Hildenbrand und Kirman (1988), S. 208).

Es gibt verschiedene Interpretationen dieser Erkenntnis:

1. Die Allgemeine Gleichgewichtstheorie liefert keine überprüfaren Hypothesen und ist deshalb empirisch irrelevant.

-
2. Da sie empirisch schwer widerlegbar ist, stellt sie einen attraktiven Apparat zur Verarbeitung und Interpretation von Daten dar (Lucas, Robert E.; Sargent, Thomas J.; zitiert nach Hansen und Heckman (1996), S. 87).
 3. Der Versuch der Fundierung des Allgemeinen Gleichgewichts als rein individualistisch (bottom up) ist gescheitert (Hildenbrand und Kirman (1988), S. 212).

Die Erwartung, Allgemeine Gleichgewichte hätten aus ihrer Definition heraus verwertbare allgemeine Eigenschaften, ist somit zwar widerlegt. Dies ist natürlich gleichzeitig der Beweis für die Unmöglichkeit eines strukturellen allokativen ökonomischen Theorems innerhalb eines Gleichgewichtsmodells, denn es ist immer wieder möglich, eine Ökonomie zu konstruieren, in der dieses Gesetz nicht gültig ist. Wenn also mit dem klassischen Gleichgewichtsbegriff gearbeitet wird, muss akzeptiert werden, dass man Theoreme nur für explizit bestimmte Ökonomien ableiten kann. Diese Erkenntnis erteilt einem Universalismus ökonomischer Sätze zugunsten eines bestenfalls ausgedehnten Exemplarismus eine unumstößliche Absage. Auch diese Erkenntnis hat sicher dem Einfluss numerischer Methoden in der ökonomischen Forschung Vorschub geleistet.

Sie hat allerdings den Erfolg der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie kaum behindert. So erklären (Hansen und Heckman (1996), S. 87):

„General Equilibrium Theory provides the intellectual underpinnings for modern macroeconomics, finance, urban economics public finance and numerous other fields.“

Diese Aussage spricht klar dafür, dass die zweite Interpretation die wissenschaftlich dominierende geworden ist. Offensichtlich sind damit Fragen nach Eindeutigkeit, Stabilität und sonstigen Eigenschaften und auch nach dem Dezentralisationsproblem in den Hintergrund gerückt. Das manifestiert sich beispielsweise in der Definition von Lucas zum Wesen der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie (Lucas (1987), p. 16):

Definition 2 (Allgemeines Gleichgewichtsmodell (Lucas)) *Alles, was Allgemeines Gleichgewicht bedeuten soll, ist „in the model, the objectives of each agent and the situation he faces are made explicit, that each agent is doing the best he can in light of the actions taken by others and that these actions taken together are technologically feasible“.*

Die Lucas-Definition ist eigentlich die Definition eines spieltheoretischen Gleichgewichts, dessen Ergebnisse zusammengenommen technologisch möglich sein müssen. Diese Definition hat nicht mehr viel mit der klassischen Frage nach der Informationsverarbeitung durch Märkte zu tun. Das ist einerseits eine erhebliche Ausdehnung des Begriffs, andererseits keine, die einen Verlust von Eigenschaften

(also Aussagen) befürchten ließe, da die Existenz eines spieltheoretischen Gleichgewichts bei technisch restringierten Strategiemengen gesichert ist. Allerdings leiten sich die Wohlfahrtssätze nun nicht mehr unmittelbar ab. Normative Sätze müssen so explizit geprüft werden.

Der Reiz der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie beruht unter anderem auf der Allgemeinheit der Formulierung der Güterräume und der Möglichkeit, eine Vielzahl von Unternehmen und Konsumenten zu berücksichtigen. Der Güterraum lässt die Interpretation von Gütern durch die Dimensionen ihrer Qualität, Zeit, Raum und Zustand der Welt in stochastischen Kontexten zu und bietet so einen großen Anwendungsspielraum.

4.1.2 Numerische Methoden in ökonomischen Analysen

In einer interessanten Einleitung (Judd (1998), S. 3-13) beschreibt Judd losgelöst von konkreten Modellen, welche methodischen Möglichkeiten die numerische Lösung von Modellen eröffnet. Drei Punkte, die das Verhältnis von theoretischer Aussage und numerischer Modelllösung wesentlich präziser umreißen, als es beispielsweise die Diskussionen infolge der Real-Business-Cycle-Innovation (RBC-Modelle) geschafft haben, sind dabei besonders hervorzuheben:

1. Angenommen, es gibt keinen theoretisch abgeleiteten Satz (oder er ist zu kompliziert, um ihn bislang zu finden):

Judd beschreibt das mögliche Vorgehen als „Theory ohne Theoreme“. Für diesen Fall gibt Judd ein Beispiel an, wie für verschiedene Marktformen – also der Veränderung wesentlicher Strukturelemente eines Modells – mit numerischer Lösung trotzdem eine für die untersuchten Fälle „allgemeingültige“ Aussage ableitbar ist.

2. Angenommen, es gibt einen theoretisch abgeleiteten Satz,
 - a) aber er ist aus „übermäßiger“ Reduktion zustande gekommen (Deductive gegen Numerische Analyse einer Theorie):

„[...] we are often unable to prove general results and instead turn to tractable special cases. These special cases are just examples of the general theory. [...] It is at this point that computation has much to offer, for it can provide approximate solutions to a much broader range of examples of a general theory than can special cases with tractable solutions.“

Eine Theorie sollte so einfach sein wie möglich, aber nicht einfacher. Ökonomen beschäftigen sich oft mit komplexen Fragestellungen, doch sind Aussagen angewandter ökonomischer Theorie oft das Ergebnis entstellend simplifizierender Annahmen. Dass dies ein sehr unbefriedigendes Spannungsverhältnis ist, lässt sich an einem meteorologischen

Vergleich zeigen, in dem die Wettervorhersage lediglich auf Basis der Sonnenerwärmung beruht. Realistischere Modelle, die nur noch numerisch lösbar sind und für Parameterbereiche einen Satz erfüllen, bieten demgegenüber einen echten Erkenntnis-Fortschritt.

- b) und der Satz ist qualitativer Natur (Quantitative und Qualitative Analyse):

Das typische Ergebnis einer theoretischen Analyse ist eine qualitative Aussage, wie z. B. der Satz, eine Allokation oder ein Gleichgewicht ist ineffizient. Dieser Satz ist allerdings von geringem praktischen Wert, da nur das Ausmaß der Ineffizienz entscheidend für die Beurteilung ist. An einem Beispiel beschreibt Judd, wie eine qualitative Aussage irreführend sein kann. Er zitiert eine theoretische Modellanalyse, die qualitativ einen positiven Effekt von Inflation auf das Wachstum vorhersagt („Flucht in die Sachwerte“). Eine numerische Analyse für eine Vielzahl plausibler Parameterwerte zeigte, dass eine Erhöhung der Inflationsrate von 0% auf 100% dazu führt, dass die Investitionen um lediglich 0,1% steigen.

Man kann daraus zwei Schlussfolgerungen ziehen. Erstens ist die Aussage, die Inflationsrate habe in diesem Modell keinen Einfluss auf die Investitionen, eine „bessere“ Beschreibung, als dass sie eine positive Wirkung habe. Zweitens kann man im Fall einer empirisch signifikanten positiven Reaktion der Investitionen auf die Inflation schließen, dass dies nicht mit dem Wirkungsmechanismus des Modells zusammenhängt. Eine quantitative Analyse verbessert also zumindest die Verlässlichkeit theoretischer Aussagen.

Mit diesen Bemerkungen steckt Judd ein eindimensionales Feld ab, aus dem ökonomische Aussagen gewonnen werden können. Das eine Extrem ist das voll spezifizierte Modell, dessen Eigenschaften direkten Satzcharakter haben. Das andere ist eine Art Intervallanalyse, die daraus besteht, alle Modelle bezüglich der Satzeigenschaft zu untersuchen und so die Aussage über das einzelne Modell hinaus zu erheben. Damit werden auch ganze Modellstrukturen quasi parametrisierbar. Diese Methode geht über die einer reinen Sensitivitätsanalyse hinaus.

Nachdem diese methodischen Aspekte skizziert worden sind, wird nun auf die Geschichte der exemplarischen Gleichgewichtstheorie, also der Geschichte der angewandten Allgemeinen Gleichgewichtsmodellierung (auch: Applied General Equilibrium Models (AGE) oder Computable General Equilibrium Models (CGE)) eingegangen.

4.1.3 Angewandte Allgemeine Gleichgewichtsmodelle

Definition 3 (Angewandte Allgemeine Gleichgewichtsmodelle) *sind Beispielökonomien, die durch Spezifikation*

- *des Güterraums,*
- *der Technologie,*
- *der Marktformen,*
- *der Informationsstruktur und*
- *der Nutzenfunktionen*

aus der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie hervorgegangen sind.

Die Vorhersage eines solchen Modells ist eine Gleichgewichtsallokation (Gleichgewicht). Da die allgemein akzeptierten Annahmen zu Gleichgewichten führen, die nur durch nichtlineare Gleichungssysteme beschrieben werden können, sind meist nur numerische Approximationen der Gleichgewichte bestimmbar.

Die ersten numerisch gelösten ökonomischen Modelle waren Input-Output-Modelle. Sie zeichneten sich durch eine lineare sektorale produktionsseitige technologische Verknüpfung aus. Da in den frühen Formen auf die Modellierung der Nachfrage verzichtet wurde, lieferten die Analysen Einsichten, wie sich sektoral differenzierte politische Eingriffe unter der Annahme fixer Preise durch die Sektoren über Vorleistungsnachfrageveränderungen fortpflanzen. Die restriktiven Annahmen fixer Preise und die fehlende Nachfragemodellierung ergab in der Regel zur Politikanalyse einen einfachen Wirkmechanismus der Art: „good news“ für einen Sektor bedeutet „good news“ für alle Sektoren. Die Analysen überschätzten folglich wirtschaftspolitisch induzierte Beschäftigungseffekte systematisch, da Preisanpassungen und Einkommenswirkungen über die Nachfrage unberücksichtigt blieben.

Ökonometrische Modelle ab den 50er Jahren befreiten sich von diesen restriktiven Annahmen. Mit Hilfe historischer Datensätze wurden durch ökonometrische Verfahren große sektorale Makromodelle geschätzt. Dabei ergab sich das Problem, dass wegen des Verfahrens der Schätzung die Länge der Datensätze die Auflösungsgenauigkeit der Modelle bestimmte. Angewandte Allgemeine Gleichgewichtsmodelle entstanden während der gleichen Zeit. Sie waren zunächst statisch und lediglich um die Nachfrage erweiterte Input-Output-Modelle. Ihre numerische Spezifikation erfolgte nicht durch Schätzung, sondern durch Kalibrierung. Kalibrierung bedeutet die Festlegung von Parametern in einer Weise, dass ein simuliertes Gleichgewicht exakt den Datensatz eines Basisjahres repliziert. Zu den Vorteilen hinsichtlich der Robustheit dieses Vorgehens gegenüber der Schätzung von ökonometrischen Modellen, die insbesondere die ökonomischen Reaktionen der Ölpreisschocks unterschätzt hatten, bemerkt Dixon (1994):

„under this approach [Kalibrierung] plausible values are assigned to coefficients for which the historical record cannot reveal values. Although the historical record may not have contained direct information on the effects of oil prices, it did contain information on the effects of other cost increases. Consequently, it is unlikely that an AGE model would have generated the forecast that a sharp increase in the price of oil would be a matter of little importance.“

Das einer Schätzung als überlegen propagierte Vorgehen Dixons lässt sich allerdings leicht als Auferlegen von Elastizitätsrestriktionen bei einer Schätzung interpretieren. Nach Dixon sollten verschiedene isolierte Faktorpreisveränderungen die Angebotsmenge in ähnlicher Weise beeinflussen. Dies ließe sich bei einer Schätzung dadurch berücksichtigen, dass die Preiselastizitäten des Angebots bezüglich aller Faktoren gleich sein müssen. Das sind schwerwiegende Annahmen über die Substitutionsbeziehungen von Faktoren. Eine Diskussion, ob diese Restriktionen nicht statistischen Tests unterzogen werden sollten oder in welchen Fristen die Restriktionen zu verwertbaren Ergebnissen führen, ist lediglich eine ökonometrisch technische über die Quantifikation von Modellen. Ob diese Anforderungen nun zur Quantifikation der Parameter eines Allgemeinen Gleichgewichtsmodells oder eines Input-Output-Modells dienen, ist irrelevant. Das angeführte Argument ist also nicht geeignet zu begründen, dass Allgemeine Gleichgewichtsmodellierung gegenüber Makromodellen zu bevorzugen ist.

Wie bereits angesprochen, bietet die Allgemeine Gleichgewichtstheorie einen begrifflichen Rahmen zur Interpretation von Daten. Dieser Apparat eignet sich aber auch, um die Entwicklung der angewandten Gleichgewichtsmodelle durch die Struktur des Güterraums und die der Agenten (Unternehmen und Konsumenten) zu taxonomieren. Es lässt sich so ein dreidimensionales Gerüst aus dem Güterraum ableiten, das hinsichtlich der Achsen

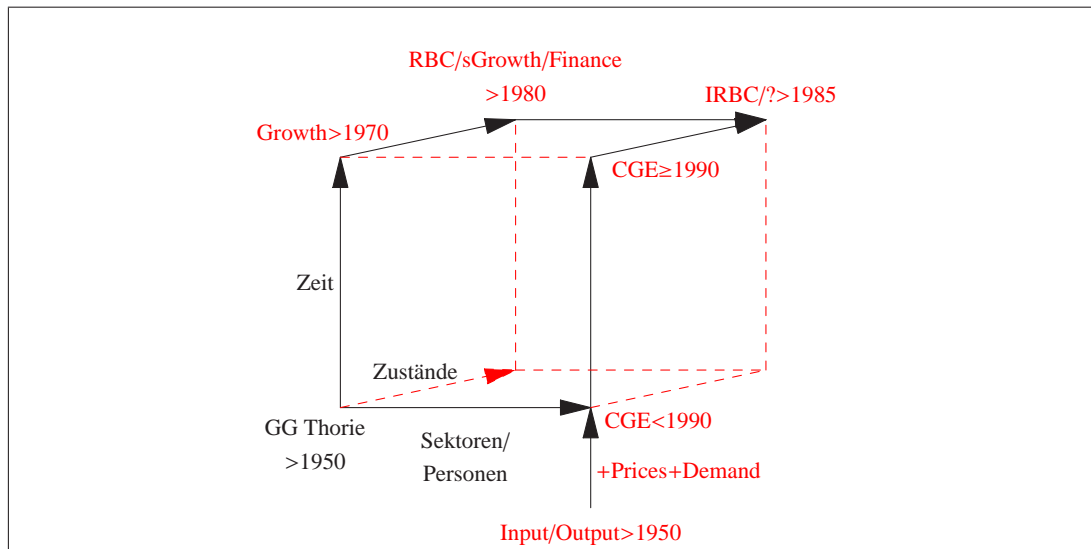
- Zeit,
- Zustände der Welt (die ein stochastisches Modell ermöglichen) und
- des Aggregationsniveaus

konstruiert ist. Das Aggregationsniveau repräsentiert die Anzahl der Konsumenten und über die Anzahl der – meist sektoral spezialisierten – Unternehmen die der physisch unterscheidbaren Güter. Bezüglich der drei Achsen Zeit, Zustände der Welt und Aggregationsniveau sind in Abbildung 4.1 die angewandten Modelle als Punkte mit zeitlichem Bezug eingeordnet. Die Entwicklung angewandter Gleichgewichtsmodelle lässt sich innerhalb des Kubus durch die Verbindung der Punkte zu zwei Pfaden darstellen. Ausgehend von der unteren linken Ecke des Kubus (*GGTheorie* > 1950), der die Allgemeine Gleichgewichtstheorie bezeichnen soll, verlaufen diese Pfade

1. in Richtung zunehmend disaggregierter Modelle (*CGE* < 1990), die direkt aus den um die Nachfrage und die Preisdynamik erweiterten Input-Output-

Abbildung 4.1:

Taxonomie angewandter Allgemeiner Gleichgewichtsmodelle bezüglich der Dimensionen Akteure, Zeit und Zustände der Welt



Quelle: Eigene Darstellung.

Modellen hervorgegangen sind. Diese Modelle wurden nach 1950 in statischer Prägung zur Untersuchung von interpersonellen und intersektoralen Verteilungswirkungen politischer Maßnahmen eingesetzt.

Mit steigender Rechnerleistung wurde die Vergrößerung des Güterraums möglich und es ließen sich zeitliche Phänomene berücksichtigen ($CGE \geq 1990$). Die Einbeziehung der Zeit in die disaggregierten Modelle fand gegen Mitte der 90er Jahre statt (z. B. Dixon's Orani Model der Australischen Ökonomie).

Eingesetzt wurden die Modelle insbesondere in Bereichen, in denen Prognosen über die Wirkung substanzieller staatlicher Eingriffe wie Handelsliberalisierungen, Umweltfragen und Besteuerungswirkungen usw. abzugeben waren. Da nur wenige Evaluationen dieser Prognosen stattfanden, ist der Fortschritt der Modellierungstechnik begrenzt geblieben (Kehoe (2003), S. 3). Eine Ausnahme stellt Dixon (1994) S. 6 dar, der die schlechten Prognoseergebnisse seines Modells der mangelhaften Vorhersage des makroökonomischen Umfelds zuschrieb. Die neueste Entwicklung erlaubt die Erweiterung der Modelle zur Berücksichtigung stochastischer Phänomene (siehe Meeraus und Rutherford (2005)).

Die Erfahrungen von Dixon legen es nahe, dass eine disaggregierte Betrachtung eine belastbare makroökonomische Modellierung voraussetzt. Dies ist ein entscheidender Grund, aus dem hier die Analyse der deutschen Wieder-

vereinigung in einem makroökonomischen Drei-Regionen-Modell begonnen wird.

2. Einen anderen Pfad der Nutzung Allgemeiner Gleichgewichtsmodelle schlug Lucas mit seinem 1977 aufgelegten Forschungsprogramm zur Analyse von Konjunkturzyklen im Rahmen von Gleichgewichtsmodellen vor. 1982 gelang Kydland und Prescott der Durchbruch in diesem Bereich. Real Business Cycle Modelle (RBC-Modelle) erlauben die Erklärung des Zusammenhangs makroökonomischer Aggregate infolge nichterwarteter Produktivitätsschwankungen mit erstaunlichem Erfolg. Diese Modellrichtung ist zu Mehr-Personen-, multiregionalen, multisektoralen und endogenen Wachstums-Modellen erweitert worden.

Wie auf dem Würfel angedeutet ist, kann erwartet werden, dass sich beide Forschungspfade im oberen rechten Eck des Würfels treffen.

Bei der Einfachheit der Taxonomierung soll nicht übersehen bleiben, dass die Modelle je nach Anwendungsbezug mit unterschiedlichen Strukturen ausgestattet worden sind. Dazu gehören zum Beispiel ein endogener Wachstumsmechanismus, die Modellierung von Handel mit Präferenzen für Vielfalt und unterschiedliche Marktformen wie monopolistischer Wettbewerb. Weitere Entwicklungen seit den 80er Jahren betreffen die Einführung von generativen Strukturen durch OLG-Modelle (Overlapping Generations Models), die die Möglichkeit bieten, die Reform sozialer Sicherungssysteme zu simulieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass angewandte Allgemeine Gleichgewichtsmodelle seit den 80er Jahren zur Prognose über die disaggregierte Wirkung von unterschiedlichen Politikänderungen eingesetzt worden sind. Unter der Berücksichtigung der Dixon-Anleitung „erst makroökonomische Modellierung, dann disaggregierte“ erscheint der Ansatz, den Wiedervereinigungsprozess mittels eines angewandten Allgemeinen Gleichgewichtsmodells zunächst in makroökonomischen Dimensionen zu analysieren, geeignet.

4.1.4 Kalibrierung/Verifikation – Schätzung/Testen

Wie bereits beschrieben, stellt die Allgemeine Gleichgewichtstheorie einen Modellrahmen dar, der zur konkreten Anwendung – der Berechnung eines Gleichgewichts – konkretisiert werden muss. Dazu verfährt man nach der Definition der Akteure und des Güterraums üblicherweise in zwei Schritten. Das ist erstens die Spezifikation von parametrisierten Funktionen wie Nutzen-, Produktions- und Anpassungskostenfunktionen und zweitens die Wahl von Parametern, die diese Funktionen eindeutig bestimmen.

Der Unterschied zwischen der Funktions- und Parameterspezifikation ist künstlich, da es möglich ist, eine „große“ Menge von Funktionen durch Polynome zu

approximieren. Somit kann man selbst die Funktionsspezifikation als eine Parameterspezifikation von Polynomen interpretieren.

Das Problem der Spezifikation der Parameter umfasst dabei zwei methodische Anforderungen. Einerseits müssen empirische Werte gefunden werden, die die realen Ökonomien möglichst gut beschreiben, andererseits muss eingeschätzt werden, ob das Modell überhaupt geeignet ist, Vorhersagen zu treffen. Diesen empirischen Dualismus aus Schätzung/Kalibrierung und (Parameter) Testen betonen Hansen und Heckman (1996) (S. 92) für alle – auch naturwissenschaftliche – Modelle:

„In earth sciences, the modeler is commonly faced with the inverse problem: The distribution of the dependent variable [...] is the most well known aspect of the system; the distribution of the independent variable is the least well known. The process of tuning the model - that is the manipulation of the independent variables to obtain a match between the observed and the simulated distribution or distributions of a dependent variable or variables is known as calibration.

Some hydrologists have suggested a two-step calibration scheme in which the available dependent data set is divided into two parts. In the first step the independent parameters of the model are adjusted to reproduce the first part of the data. Then in the second step the model is run and the results are compared with second part of the data. In this scheme the first step is called calibration and the second step is labelled verification.“

Becker und Hansen interpretieren die Begriffe Kalibrierung und Verifikation in einer ökonometrischen Nomenklatur als Schätzung und Testen. Der Unterschied ist aber oft verwischt:

„„Model testing serves as a barometer for measuring whether a given parametric structure captures the essential features of the data.“

Die etablierte Praxis der Kalibrierung statischer angewandter Allgemeiner Gleichgewichtsmodelle ist es, die Parameter so zu wählen, dass eine exakte Replikation des Datensatzes eines Basisjahres erfolgen kann. Dass dies überhaupt möglich ist, liegt unter anderem daran, dass man die Funktionsspezifikation so vornimmt, dass einige Parameter exogen – z. B. aus ökonometrischer Literatur – vorgegeben werden (Ginsburgh und Keyzer (1997), S. 120) und sich die freien Parameter dann eindeutig durch den Datensatz bestimmen lassen. Dies ist natürlich der Willkür der Funktionsspezifikation geschuldet und somit als Spezialfall zu interpretieren, in dem – denkt man an Polynome – eine große Zahl von Parametern eines Polynoms ad hoc gewählt wurden. Der exakte Fit der Modellvorhersage mit dem Datensatz macht den Verifikationsschritt überflüssig.

Bei dynamischen Modellen erübrigt sich der Verifikationsschritt nicht, wenn man davon ausgeht, dass wesentliche Bestandteile von Funktionen in dynamischen Modellen zeitinvariant sind. Da deshalb mehr Datensätze zur Kalibrierung zur Verfügung stehen, gerät man üblicherweise in eine Situation, in der die Parameter nicht mehr mit vollständigem Fit bestimmt werden können. Eine Möglichkeit

zur Bestimmung der Parameter in diesem Fall ist die Minimierung einer Verlustfunktion („Lossfunction“), also ein Schätzproblem. Dessen Ergebnis erfordert die Verifikationsstufe.

Das Schätzproblem bei nichtlinearen Gleichungssystemen zu lösen, ist zumindest theoretisch möglich, allerdings bereitet es bei dynamischen Modellen mit unendlichem Zeithorizont Schwierigkeiten. Es ist aber möglich, das Modell vollständig zu simulieren und anschließend den „Loss“ zu minimieren. Dieses Vorgehen ist aber sehr zeitintensiv und stark dimensionssensibel und eignet sich deshalb nur für wenige Parameter mit bekannten Startwerten.

Die gängige Praxis der Parameterspezifikation dynamischer Modelle wird deshalb von Ginsburgh und Keyzer (1997) (S. 264) beschrieben:

„[...] Modelers who construct T-period models will usually calibrate a selected number of critical variables in benchmark years, [...]“

Auch wenn eine Schätzung von Parametern möglich ist, führen Simulationen mit diesen nicht selten zu unrealistischen Modellreaktionen. Um dies zu vermeiden, werden in der Praxis einige Parameter so gewählt, dass derartige Reaktionen nicht eintreten:

„[...] in practice modelers fine-tune coefficients until the model reproduces selected benchmark values.“

In dieser Arbeit werden mehrere Modelle zu jeweils verschiedenen Zwecken angewandt. In dem Modell, in dem es darum geht, die strukturellen Bestandteile des Vereinigungsprozesses zu identifizieren und zu entflechten, ist es zur Einschätzung der Verlässlichkeit der Analyse und der Prognosen zweckmäßig, das Modell einer Kalibrierungs- und Verifikations-Prozedur nach Hansen und Becker zu unterziehen.

Für die Kalibrierung wird deshalb das folgende Vorgehen gewählt: Da es sich bei den Modellen jeweils um dynamische Modelle handelt, die den Vereinigungsprozess beschreiben, und die meisten Parameter der gängigen Praxis folgend zeitinvariant sein sollen, wird es zur Bestimmung der Parameter unumgänglich, das Modell den Daten so gut wie möglich anzupassen. Um dieses Schätzproblem einzuschränken, werden für die Nutzenfunktionen Parameterwerte aus der Literatur eingesetzt und eine Feineinstellung der Parameter für Anpassungs- und Bestandskosten vorgenommen, sodass für den letzten zur Verfügung stehenden Datensatz die betroffenen Bestände möglichst gut erreicht werden. Die übrigen Parameter wie die Entwicklung der Produktivität, Technologieparameter und Politikszenarios werden in vorangegangenen Partialanalysen bestimmt. Die Konsistenz dieser Parameter wird dann durch den Erklärungsgehalt – bewertet durch die Lossfunktion – gegenüber wenigen Alternativen geprüft. Die Parameter, die am besten geeignet sind, die gemessenen Daten zu replizieren, werden den Simulationen zugrunde gelegt.

Nach den von Becker und Hansen beschriebenen dualistischen Verfahren erfolgt so – entgegen der gepflegten Praxis – in der zweiten Stufe eine Verifikationsphase.

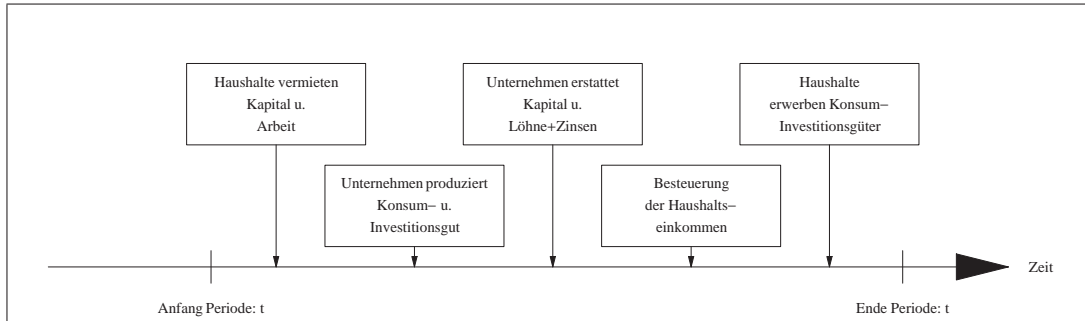
In anderen Abschnitten der Arbeit stehen die theoretische Modellanalyse und die auf ihr aufbauende Modellprognose im Vordergrund. Das heißt, dass in einem mehr qualitativen Sinn der Einfluss von Parameteränderungen auf die Simulationsergebnisse untersucht wird. Eine Verifikation ist in diesen Teilen der Arbeit folglich entbehrlich. Es liegt jedoch nahe, für diese Modelle dieselben Parameterwerte zugrunde zu legen wie in ersterem, solange die Modelldynamik nicht unrealistisch wird.

4.2 Definition und Existenz eines stochastischen dynamischen Gleichgewichts

Die Darstellung folgt Danthine und Donaldson (1995). Eine Ökonomie besteht aus einer großen Anzahl von Konsumenten-Investoren-Haushalten, die durch $\gamma \in [0, 1]$ indiziert werden, und zweitens einem Unternehmen. Beide – Haushalte und Unternehmen – agieren als Preisnehmer. Die Zeit verläuft diskret. Zu Beginn einer jeden Periode (vgl. Abbildung 4.2) vermieten die Haushalte ihre Kapitalgüter und ihre unelastisch angebotene Arbeit an das Unternehmen. Das Unternehmen nutzt die beiden gemieteten Faktoren Arbeit und Kapital mittels einer konstanten Skalenertragstechnologie (CRS-Technologie), um identische Kapital- und Konsumgüter zu produzieren. Am Ende der Periode, nachdem die Produktion stattgefunden hat, gibt das Unternehmen den nicht abgeschriebenen Teil des Faktors Kapital zurück und bezahlt Löhne und Zinsen. Die Haushaltseinkommen werden mit einer Steuer τ belegt, die zeitlich variabel ist. Diese Steuereinnahmen werden als Fixbetrag pro Kopf π zurückerstattet. Da jeder einzelne Haushalt „sehr klein“ (Maß 0) im Verhältnis zur gesamten Ökonomie ist, wird angenommen, dass er die Identität zwischen den Steuereinnahmen und der Rückverteilung nicht erkennt. Schließlich benutzen die Haushalte ihr Nachsteuereinkommen, um Kapital- und Konsumgüter vom Unternehmen zu kaufen. Das nicht abgeschriebene Kapital und die Investitionen werden dann in die nächste Periode transferiert, wieder an das Unternehmen vermietet und so fort. Die Beschreibung der Abläufe wird nun formaler und kompakter vorgenommen. Die Superscripte (x^s) s und (x^d) d unterscheiden Angebots- (s) bzw. Nachfrage-Mengen (d). Das Kapital der Haushalte zu Beginn von Periode t sei K_t . Es setzt sich zusammen aus $K_t = \int_0^1 k_t(\gamma) d\gamma$. Dabei bedeutet $k_t(\gamma)$ das Kapital, das Haushalt γ in Periode t hält. Unter diesen Bedingungen löst das Unternehmen eine Serie von statischen Optimierungsproblemen. w und r sind die Faktorpreise für Arbeit und Kapital.

In dieser Darstellung sind die Haushalte – außer durch ihre Indizierung γ – nicht unterscheidbar. Das bringt den stark vereinfachenden Vorteil, dass ihr Verhalten symmetrisch ist. Es ist deshalb auch möglich, die Masse nicht unterscheidbarer

Abbildung 4.2:
Zeitliche Abfolge der Entscheidungen



Quelle: Eigene Darstellung.

Haushalte in einem hypothetischen Haushalt zusammenzufassen. Dieser wird als Repräsentativer Agent bezeichnet.

Die eingeführte Ökonomie besitzt eine minimale Menge von Variablen, die ihren Zustand vollständig beschreiben (Zustandsvariablen, ähnlich der Basis-Vektoren eines Raums) und die Ableitung anderer endogener Variablen ermöglichen. Deshalb werden die endogenen Variablen als Funktionen der Zustandsvariablen notiert; z. B. sind in der vorliegenden Ökonomie die Größen K und z Zustandsvariablen. z ist der Produktivitätsfaktor der CRS-Technologie. Er folgt einem exogenen stochastischen Prozess. Die Faktorpreise w , r , die Transferfunktion Π und die aggregierten Investitionen I werden als Funktionen der Zustandsvariablen (K, z) interpretiert. Dadurch verschwindet die Zeit aus der Notation und es wird möglich, funktionalanalytische Methoden anzuwenden.

Als Vorhersage für die Verwendung von Gütern und somit ihrer Verteilung bezüglich der Zeit dient eine Gleichgewichtsallokation. Für die beschriebene Ökonomie ist ein Gleichgewicht definiert durch:

Definition 4 (Gleichgewicht) *Ein Gleichgewicht besteht aus*

1. stetigen Faktorpreisfunktionen $r(K, z)$ und $w(K, z)$,
2. einer für die aggregierten Investitionen gültigen stetigen Funktion $I(K, z)$ und
3. einer stetigen aggregierten Transferfunktion $\Pi(K, z)$,

die die folgenden Bedingungen erfüllen:

1. Ein Repräsentativer Haushalt (Agent) löst als Preisnehmer das Problem, seinen erwarteten intertemporalen Nutzen aus seinem Konsumpfad $\{c_t^d\}$ zu

maximieren

$$\max_{\{c_t^d\}, \{i_t^s\}} E \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(c_t^d)$$

unter Berücksichtigung der Budgetbedingung,

$$s.t.: (1 - \tau(K, z)) (w(K, z) l_t^s + r(K, z) k_t^s) = i_t^s + c_t^d + \pi(K, z) \quad (4.1)$$

der Bewegungsgleichung des Kapitals auf individueller und aggregierter Ebene

$$s.t.: k_{t+1}^s = (1 - \delta) k_t^s + i_t^s \quad (4.2)$$

$$s.t.: K_{t+1} = (1 - \delta) K_t + I(K, z). \quad (4.3)$$

Die Kenntnis der aggregierten Investitionen ermöglicht es, den Zustand der Ökonomie (K) in $t+1$ ohne aus der Aggregation der individuellen Entscheidungen entstehende Unsicherheiten vorhersagen zu können.

2. Das Unternehmen maximiert den Gewinn in jeder Periode über die Arbeits- und Kapitalnachfrage

$$\max_{k_t^d, l_t^d} z f(k_t^d, l_t^d) - w(K, z) l_t^d - r(K, z) k_t^d. \quad (4.4)$$

3. Alle Märkte sind geräumt. Das heißt, dass die Aggregate der individuellen Nachfragen den Angebotsmengen entsprechen

$$k_t^d = \int_0^1 k_t^s d\gamma = K_t \quad (4.5)$$

$$c_t^s = \int_0^1 c_t^d d\gamma = C_t \quad (4.6)$$

$$l_t^d = \int_0^1 l_t^s d\gamma = L_t = 1 \quad (4.7)$$

$$i_t^d = \int_0^1 i_t^s d\gamma = I_t. \quad (4.8)$$

4. Die Summe der Steuereinnahmen aller Haushalte entspricht der Steuerrück-
erstattung

$$\int_0^1 \pi(K, z) d\gamma = \Pi(K, z) = \tau(K, z) f(K_t, 1) z_t. \quad (4.9)$$

-
5. Die von den Agenten angenommenen aggregierten Investitionen sind konsistent mit den aggregierten individuellen Investitionen

$$I(K, z) = I_t. \quad (4.10)$$

Diese Bedingung sichert die Übereinstimmung der individuellen Investitionspläne mit dem im Konsumentenkalkül angenommenen aggregierten Plan.

Unter geeigneten Regularitätsannahmen an den stochastischen Prozess z_t , die Nutzenfunktion U und die Technologie f (Details: Danthine und Donaldson (1995)) existiert eine Lösung des Konsumentenkalküls (Stokey et al. (1989)), das sich als Integralgleichung interpretieren lässt.

Das Problem der Existenz eines Gleichgewichts lässt sich dann als Problem der Existenz der Lösung einer Integralgleichung in der stetigen Funktion $X(s, z)$ umschreiben. Der Existenzbeweis kann so erfolgen, dass eine kontrahierende Abbildung $T: C \rightarrow C$ vom Raum der stetigen und beschränkten Funktionen auf sich selbst beschrieben wird, die X als Fixpunkt enthält. Mit dem geeigneten Existenzsatz für Fixpunkte von kontrahierenden Selbstabbildungen ist dann die Existenz des Gleichgewichts gezeigt.¹⁵

Mit dem vorläufigen Verzicht auf die stochastische Formulierung lautet die Lagrangefunktion des Optimierungsproblems der Haushalte

$$\mathcal{L} = \sum_{t=1}^{\infty} \beta^{t-1} U(c_t) \quad (4.11)$$

$$+ \sum_{t=1}^{\infty} \beta^{t-1} \lambda_t^b (w_t + r_t k_t - c_t - i_t) \quad (4.12)$$

$$+ \sum_{t=1}^{\infty} \beta^{t-1} \lambda_t^k (k_{t+1} - (1 - \delta) k_t - i_t) \quad (4.13)$$

und die Bedingungen erster Ordnung des Haushaltsproblems

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial c_t} = U'(c_t) - \lambda_t^b \quad (4.14)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial i_t} = \beta \lambda_{t+1}^k + \lambda_t^b \quad (4.15)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial k_t} = \lambda_t^k - \beta(1 - \delta) \lambda_{t+1}^k + \lambda_t^b (1 - \tau_t) r_t \quad (4.16)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_{bt}} = w_t l_t + r_t k_t - (i_t + c_t + \tau). \quad (4.17)$$

¹⁵ „No Ponzi“ Bedingungen lassen sich durch die geeignete Wahl des Definitions- und Bildbereichs von T auferlegen; z. B. kann man T für den Raum der stetigen und beschränkten Funktionen definieren.

Die Gleichungen (4.14) bis (4.16) lassen sich kompakt nach Elimination der Lagrange-Multiplikatoren λ_t^b und λ_t^k in der Euler-Gleichung zusammenfassen

$$U'(c_t) = \beta((1 - \tau_t)r_{t+1} + 1 - \delta) U'(c_{t+1}). \quad (4.18)$$

Diese Gleichung lässt sich gut interpretieren. Sie beschreibt die Entwicklung des optimalen Konsumpfads und somit die optimale Aufteilung der Produktion in Investition und Konsum.

Die Investitionshöhe ist dann optimal, wenn ihre weitere Vergrößerung keinen Nutzengewinn mehr erbringt. Der Grenznutzen einer Einheit Konsum beträgt $U'(c_t)$. Alternativ kann diese Konsumeinheit investiert werden. Sie erbringt dann eine – nach Steuer – Verzinsung von $(1 - \tau_t)r_{t+1}$. Allerdings verliert die Investition durch Abschreibung δ an Wert. Anschließend wird das Investitionsgut verkauft und in das Konsumgut „umgewandelt“. Aus dem Konsum der marginalen Einheit entsteht in $t + 1$ ein Grenznutzen von $U'(c_{t+1})$, der zum Vergleich mit dem Nutzen in t abdiskontiert werden muss. Im Optimum ist der Repräsentative Agent indifferent zwischen beiden Alternativen.

Komparativ statisch ist zu sehen, dass sich bei Erhöhung des Zinssatzes diese Kosten-Nutzen-Gleichheit nur aufrechterhalten lässt, wenn bei fixem Zukunftskonsum c_{t+1} der Gegenwartskonsum c_t eingeschränkt wird. Dies ist natürlich nur eine Partialbetrachtung. Ob sich der Konsum morgen nicht erhöhen würde oder welche Zinsreaktionen zu erwarten sind, kann nur die vollständige Gleichgewichtslösung zeigen.

Die Bedingungen erster Ordnung des Gewinnmaximierungsproblems lauten

$$f_k(k_t^d, l_t^d) z_t = r(K, z) \quad (4.19)$$

$$f_l(k_t^d, l_t^d) z_t = w(K, z). \quad (4.20)$$

Mit ihrer Hilfe lassen sich die Faktorpreise aus der Euler-Gleichung und der Budgetbedingung eliminieren. Nach Einsetzen der staatlichen Budgetrestriktion (4.9) in das Haushaltsbudget (4.1) zeigt sich die Identität der Budgetbedingung und der Ressourcenbeschränkung. Die Bedingungen erster Ordnung, die Budgetgleichung und die Kapitalakkumulationsgleichung beschreiben das Gleichgewicht vollständig und lauten

$$U'(C_t) = \beta((1 - \tau_t) f_k(K_{t+1}, L_{t+1}) + 1 - \delta) U'(C_{t+1}) \quad (4.21)$$

$$K_{t+1} = (1 - \delta) K_t + I_t \quad (4.22)$$

$$f(K_t, L_t) = I_t + C_t. \quad (4.23)$$

Diese drei Gleichungen sind ein nichtlineares Gleichungssystem $F(x_t, x_{t+1})$ in den Variablen $x = (C, I, K)$. Auf die Möglichkeiten der numerischen Lösung dieses Problems wird in Kapitel 5 vertieft eingegangen.

Dieses dynamische System $F(x_t, x_{t+1}) = 0$ definiert einen Steady State x_{ss} als

$$F(x_{ss}, x_{ss}) = 0.$$

Ein Steady State ist ein Zustand, in dem alle Variablen im Zeitablauf konstante Werte annehmen. Für den einfachen Fall $\tau = 0$, der sich dadurch rechtfertigt, dass Steuerpolitik nur transitorisch aktiv sein soll, in die Gleichungen (4.21) bis (4.23) eingesetzt, ist er bestimmt durch die Gleichungen

$$f_k(k_{ss}) = r_{ss} = \frac{1}{\beta} + 1 - \delta \quad (4.24)$$

$$i_{ss} = \delta k_{ss} \quad (4.25)$$

$$f(k_{ss}) = \delta k_{ss} + c_{ss}. \quad (4.26)$$

Die Lösung für die Variablen i_{ss}, c_{ss}, k_{ss} enthält folgende Intuition: Um in einen Zustand zu kommen, in dem die Euler-Gleichung erfüllt ist, also der Konsum heute gleich dem Konsum morgen ist, muss ein aus den Parametern der Nutzenfunktion und der Abschreibungsrate fest definierter Zins r_{ss} vorliegen. Dieser Zinssatz lässt sich bei der angegebenen Technologie lediglich durch eine bestimmte Kapitalintensität k_{ss} realisieren. Mit dieser Kapitalintensität ist das Güterangebot, also auch das Einkommen, bestimmt. Das Konsumniveau c_{ss} schließlich ergibt sich aus dem Saldo der Produktion und der zur Unterhaltung des Kapitalstocks erforderlichen Ersatzinvestitionen $i_{ss} = \delta k_{ss}$.

Weitere wichtige Aspekte, die insbesondere die Interpretation der Reaktion stochastischer Modellvarianten erleichtern, werden im Folgenden durch die im Spezialfall $\delta = 1$ und $U(c) = \log c$ bzw. $U'(c) = c^{-1}$ mögliche analytische Lösung offenbar (Variante von Mas-Colell et al. (1995), S. 746). Unter diesen Bedingungen lautet die Euler-Gleichung (4.18)

$$\lambda_t^b = \beta r_{t+1} \lambda_{t+1}^b \quad (4.27)$$

$$U'(c_t) = \lambda_t^b. \quad (4.28)$$

Für das Intervall $[0, T]$ gilt deshalb

$$\lambda_T^b = \frac{\lambda_0^b}{\beta^T} \prod_{t=0}^T \frac{1}{r_t} = \frac{1}{c_T}.$$

Dieser Ausdruck erlaubt die Isolation von

$$\frac{c_T}{\prod_{t=0}^T r_t}.$$

Sie ermöglicht mit Hilfe der Summenbeziehung für geometrische Reihen

$$\sum_{t=t_0}^T \beta^t = \frac{\beta^{t_0} - \beta^{T+1}}{1 - \beta}$$

die Ableitung der gut interpretierbaren Beziehung

$$\frac{\frac{c_T}{\prod_{t=0}^T r_t}}{\sum_{t \geq T} \frac{c_t}{\prod_{t'=0}^t r_{t'}}} = \frac{\frac{\beta^T}{\lambda_0^b}}{\sum_{t \geq T} \frac{\beta^t}{\lambda_0^b}} = 1 - \beta. \quad (4.29)$$

Das heißt, dass der Konsum einer Periode T ein konstanter Anteil $1 - \beta$ des abdiskontierten Konsums ab der Periode T ist. Der Anteil β wird also investiert

$$\frac{i_T}{\prod_{t=0}^T r_t} = \beta \sum_{t \geq T} \frac{c_t}{\prod_{t'=0}^t r_{t'}}.$$

Da bei $\delta = 1$ die Kapitalakkumulationsbeziehung (4.2) in $i_t = k_{t+1}$ übergeht, erhält man

$$\frac{k_{T+1}}{\prod_{t=0}^T r_t} = \beta \sum_{t \geq T} \frac{c_t}{\prod_{t=0}^t r_t} \quad (4.30)$$

$$= \frac{\beta}{1 - \beta} \frac{c_T}{\prod_{t=0}^T r_t} \quad (4.31)$$

und mit der Ressourcenbeschränkung $c_t + i_{it} = f(k_t)$

$$k_{T+1} = \frac{\beta}{1 - \beta} c_T \quad (4.32)$$

$$= \frac{\beta}{1 - \beta} (f(k_T) - k_{T+1}) \quad (4.33)$$

$$k_{T+1} = \beta f(k_T). \quad (4.34)$$

Dies ist die einfache Beziehung, die die Entwicklung der Zustandsvariable k vollständig beschreibt. Die endogenen Variablen lassen sich von ihr ableiten. Man sieht auch, dass die in f enthaltene Produktivität z bei einer CD-Technologie einen sehr ähnlichen Einfluss auf den Pfad der Zustandsvariable k hat wie der Diskontfaktor β . Beide erhöhen die Kapitalakkumulation.

Die tragende Rolle des abdiskontierten (erwarteten) Konsums und damit des Vermögens $\sum_{t \geq T} \frac{c_t}{\prod_{t=0}^t r_t}$ für den Gegenwartskonsum wird durch Gleichung (4.29) offenbar. Aus ihr erklären sich die Effekte von erwarteten Produktivitätsänderungen als Vermögensvergrößerungen. Solche zukünftigen Vermögensveränderungen wirken unmittelbar expansiv. Auch für ein stochastisches Szenario ersieht man, dass nach der Offenbarung von Information und dem Abweichen von

$$E \sum_{t \geq T} \frac{c_t}{\prod_{t=0}^t r_t}$$

von dem realisierten Pfad

$$\sum_{t \geq T} \frac{c_t}{\prod_{t=0}^t r_t}$$

spontane Anpassungsreaktionen auftreten. Diese theoretische Analyse wird später die Interpretation der Simulationsergebnisse in Kapitel 6 ermöglichen.

4.3 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde ein Autarkie-Modell vorgestellt und ein Gleichgewicht definiert. Die Herleitungen der Euler-Gleichungen, des Steady States und der analytischen Lösung des vereinfachten Modells zielten darauf ab, das Verständnis der Modellstruktur und seiner zu erwartenden Reaktionen zu verbessern.

Mit dem einfachen Modell lässt sich bereits prognostizieren, wie Kapitalakkumulation unter einem exogenen Pfad für die Produktivitätsentwicklung abläuft. Man kann damit die Interaktion dieser beiden Vereinigungs-Friktionen innerhalb eines Modells untersuchen.

Im nächsten Schritt wird das Modell in einen interregionalen Kontext eingebettet. Damit sind alle Friktionen aus Kapitel 3.7 enthalten. Das Modell wird dann quantifiziert und mit gemessenen Daten verglichen. Da dieser Vergleich positiv ausfällt, kann anschließend die Analyse der einzelnen Friktionen Produktivitätslücke und Kapitalstockdefizit erfolgen.

5 Das multiregionale mobile Faktormodell

In Kapitel 4 wurde ein einführendes Ein-Gut-Ein-Personen-Gleichgewichtsmodell vorgestellt. Dieses Modell erlaubte bereits, eine autarke Ökonomie mit den in Kapitel 3.7 identifizierten Friktionen Kapitalstockdefizit und Produktivitätslücke darzustellen.

In diesem Kapitel wird die Frage 2 nach der Interaktion von Produktivität, Transfers, Kapitalakkumulation und Migration behandelt.

Dazu wird in den Abschnitten 5.1 und 5.3 das Modell aus dem vorigen Kapitel um ein interregionales Beziehungsgeflecht aus zwischenstaatlichen Transfers, privaten Gütertransaktionen und Bevölkerungsbewegungen erweitert. Dieses Modell wird als das multiregionale mobile Faktormodell (MMFM) bezeichnet.

Damit sind dann bis auf den Arbeitsmarkt alle relevanten Strukturen und Friktionen modellierbar.

Da eine analytische Lösung dieses Mehr-Personen-Modells außer in Spezialfällen nicht möglich ist, muss man sich mit „exemplarisch“ gewonnenen Aussagen über die dynamischen Anpassungspfade aus numerisch approximativen Lösungen begnügen.

Der methodische Ansatz der Real Business Cycle-Forschungsrichtung besteht darin, Modelle für kalibrierte Parameter zu simulieren und die Simulationsergebnisse mit gemessenen Daten zu vergleichen,¹⁶ um Einsichten in die Modellzusammenhänge zu erhalten.

Diese Methode wird auch hier aufgegriffen. Die numerische Modelllösung, die in Kapitel 5.4.1 ausführlich dargestellt wird, soll für einige bekannte Datenpunkte an reale Daten angepasst und die vorhergesagten Daten sollen mit gemessenen verglichen werden (Kapitel 5.4.2). Ist eine hinreichende Erklärungsgüte erreicht, gelten die realen ökonomischen Zusammenhänge als verstanden und es lassen sich Einzelfaktoren des Vereinigungsprozesses (Kapitel 5.4.4) und die durch sie hervorgerufene Lastenverteilung isoliert analysieren (Kapitel 5.4.5).

Die interregionale Integration der Ökonomie über die Einführung eines Gütermarkts und die interregionalen Bevölkerungsbewegungen erfordern die Aufnahme von Anpassungs- und Bestandskosten und die Annahme technologischer und „politischer“ Homogenität der unterschiedlichen Regionen im Steady State. Dadurch wird erstens die Existenz eines Gleichgewichts mit positiver Bevölkerung im Steady State gesichert und zweitens werden realistische Anpassungsreaktionen modelliert.

¹⁶ Für die stochastischen Real Business Cycle-Modelle werden in erster Linie simulierte Momente mit aus Daten gemessenen verglichen.

Die Einführung eines interregionalen Gütermarkts macht es möglich, dass ein Land auf ein Gut gegen eine spätere Zinszahlung verzichtet und ein anderes Land dieses Gut beispielsweise zum Aufbau von Produktionsmöglichkeiten nutzt. Diese Güterlieferung stellt sich im („liefernden“) Land als positiver und im „empfangenden“ Land als negativer Außenbeitrag dar. Sie ermöglicht es beispielsweise einem (regionalen) Agenten, durch Außenbeiträge ein Kapitalstockdefizit innerhalb einer Periode aufzufüllen (Barro und i Martin (1999), S. 174). Eine zeitliche „Drosselung“ dieses Prozesses und damit eine realistische Modellierung kann durch die Einführung von Investitionskosten beim Aufbau des Kapitalstocks erreicht werden (siehe auch Burda (2003), S. 13).

Für Wanderungen gilt ebenfalls, dass sie ohne Kosten unrealistisch schnell ablaufen würden (siehe auch Burda (2003), S. 13). Außerdem stellt die Existenz eines Steady States mit positiver Bevölkerung in allen Regionen bei Wanderungen zwei Bedingungen an die Technologie und an die politischen Parameter im Steady State.

1. Es wird sich zeigen, dass die Wanderungen, so wie sie modelliert sind, durch Differenzen der Konsumniveaus motiviert werden. Wären bei sonst gleichen Produktionsfunktionen die Produktivitäten im Steady State nicht gleich, dann ergäbe sich ein Wanderungsmotiv, sodass sich eine Region ohne weitere Stabilisierung im Steady State entleeren würde. Um dem vorzubeugen, wird angenommen, dass im Steady State die Produktivitäten in Ländern, zwischen denen gewandert werden kann, identisch sind.
2. Gleiche Überlegung gilt für die politischen Parameter. Eine asymmetrische politische Beeinflussung der Regionen würde im Steady State zu Bevölkerungsbewegungen führen. Um dies auszuschließen, werden politische Maßnahmen als rein transitorisch angenommen. Ziel einer politischen Maßnahme soll es demnach nicht sein, den Steady State zu beeinflussen, sondern lediglich den Pfad dorthin.

Die Modelldynamik lässt sich als zeitlich parallel ablaufender Faktor Anpassungsprozess interpretieren, dessen Ergebnis in Bezug auf Arbeit und Kapital durch das Verhältnis der jeweiligen Anpassungs- und Bestandskosten sowie der Technologie- und Politikparameter mitbestimmt wird.

Wichtig bleibt zu bemerken, dass diese zusätzlichen Annahmen nicht verhindern, dass sich eine Region bereits vor Erreichen des Steady States „entleert“. Dieses Problem bereitet hier keine Schwierigkeiten, da in keinem Szenario mit den kalibrierten Parametern derartig große Bevölkerungsbewegungen auftreten.

Unberücksichtigt bleiben zunächst die den Arbeitsmarkt betreffenden Strukturen: Dazu zählen das individuelle Arbeitsangebot, der nicht markträumende Lohnsatz und die daraus entstandene „Überschussarbeitslosigkeit“ Ost von 10% (2002). Die Datenanalyse in Kapitel 2 zeigte, dass durch die gleichzeitige Ausdehnung des in-

dividuellen Arbeitsangebots um rund 7% (2002) im Aggregat „keine“ Beschäftigungseffekte in Arbeitsstunden pro Bevölkerung zu messen waren. Da elastisches Arbeitsangebot erst in Kapitel 5.4.3 eingeführt wird, ergäbe sich durch die isolierte Berücksichtigung von Arbeitslosigkeit ein zu stark kontraktiver Effekt für die Produktion. Um diese Reaktion zu vermeiden, wird an dieser Stelle sowohl auf die Modellierung des Arbeitsangebots wie auch auf die Darstellung von Arbeitslosigkeit verzichtet. Der Einfluss des Arbeitsmarkts wird in Kapitel 5.4.3 eingehender untersucht.

Bei dem MMFM handelt es sich um ein deterministisches Konvergenzmodell. Fragen, warum diese Konvergenz eintritt, lassen sich in seinem Rahmen nicht beantworten. Realistischerweise muss man davon ausgehen, dass die Konvergenzgeschwindigkeit und die Förderungsdauer unsicher sind. Ob und wenn ja, welche Effekte diese Unsicherheiten und ihre Realisationen haben, wird Gegenstand der Untersuchung von Kapitel 6 sein.

Die Exogenität der Produktivitätsentwicklung wird in Kapitel 7 aufgegeben. Dieses Kapitel befasst sich mit der Erklärung der Produktivitätslücke und nicht mit ihren Wirkungen.

5.1 Einige Vorüberlegungen

5.1.1 Das Verhältnis zu Burdas Modell

Wie angekündigt besitzt das Modell Burda (2003) die wichtigsten Strukturen, die auch im Fall der ökonomischen Integration Ostdeutschlands eine tragende Rolle spielen und Elemente des MMFM sind. Die Beschreibung des Verhältnisses des MMFM zum Modell von Burda erfordert einige Anmerkungen. Die Wohlfahrtssätze (Satz 1 und Satz 2) ermöglichen dazu den wichtigen Darstellungssatz:

Satz 3 (Mas-Colell et al. (1995), S. 767) *Jedes walrasianische Gleichgewicht einer Ökonomie mit mehreren Konsumenten lässt sich interpretieren als das Ergebnis des Optimierungskalküls eines sozialen Planers mit der Wohlfahrtsfunktion $\sum_t u(c_t)$ über den Marktnachfragemengen und dem aggregierten Angebot unter den technologischen Restriktionen für einen bestimmten Satz an Gewichten λ_i . Dabei ist $u(c_t)$ die Lösung des Problems $\max \sum_i \lambda_i u_i(c_{it}) \sum_i c_{it} \leq c_t$.*

Der praktische Wert dieses Satzes besteht darin, dass ein dezentralisiertes walrasianisches Gleichgewicht mit einer Vielzahl von Konsumenten unter der Kenntnis der Gewichte λ_i bezüglich der Marktaggregate einem einfachen Optimierungsproblem äquivalent ist. Allerdings entspricht jedes Gleichgewicht dieser Ökonomie (mindestens) einem Gewichtssatz.

Für den Fall gleicher Ausstattungen und Nutzenfunktionen wird $\lambda_i = \lambda \forall i$. Das ermöglicht die Interpretation einer sozialen-Planer-Lösung (siehe Jose Victor Rios-Rull S. 99 in Cooley (1995)) als dezentralisiertes Marktergebnis einer homogenen Bevölkerung und umgekehrt. Dieser Ansatz liegt weiten Teilen der RBC-Analyse in der Form zugrunde, dass in der Literatur (für die Version für stochastische dynamische Gleichgewichtsmodelle siehe Prescott und Mehra (1980)) verkürzend lediglich das Soziale-Planer-Problem formuliert wird.

Im Fall der regionalisierten Betrachtung liegt aber in Ost und West eine ungleiche Verteilung der Erstaussstattungen (Kapitalstock) vor. Der Satz (3) ist deshalb nicht anwendbar, weil die Gewichte λ_i unbekannt sind.

Burda schreibt (S. 7):

„Because the economy I consider fulfills the conditions of the First and Second Welfare Theorems, a convenient short cut to characterizing the market equilibrium is simply to find the allocation chosen by a hypothetical social planner. The task is to choose migration and investment policies in the east and west to maximize the present discounted value of output (net of migration and investment costs)⁸....

⁸ Here output is equated with utility. It would be straightforward to model the problem in terms of utility maximization, requiring an arbitrary weighting of Eastern and Western citizens utility. As long as production and consumption decisions are separable and the world interest rate is given, there is no loss of generality by focusing on the production side.“

Anschließend formuliert er das Soziale-Planer-Problem als

$$\max \sum_{t,i} \frac{1}{r^t} (F(k_{it}, l_{it}) - i_{it} \dots) \quad (5.1)$$

$$s.t.: \dots \quad (5.2)$$

Doch bieten diese Erklärungen die Rechtfertigung dafür, das Soziale-Planer-Problem bei unterschiedlichen Gewichten – da unterschiedlichen Erstaussstattungen – als dezentralisierbar zu betrachten? Diese Argumentation überzeugt nicht.

Deshalb ist es unausweichlich, eine per se dezentralisierte Formulierung des ökonomischen Problems als ein Mehr-Personen-Gleichgewichtsmodell vorzunehmen. Dies bietet außerdem die Möglichkeit, externe Effekte durch Wanderungen und Störungen durch Investitionsförderung zu berücksichtigen, ohne Satz (3) zu benötigen (wie z. B. Kapitel 3 in Cooley (1995)).

Abgesehen vom normativen Gehalt von Burdas Analyse erfolgt sie qualitativ analytisch. Das Ziel dieser Arbeit ist es jedoch, die Prozesse quantitativ zu erfassen. Das Modell wird deshalb systematisch aus der deskriptiven Datenanalyse über die Spezifikation des Güterraums, der beteiligten Agenten und Technologien entwickelt (bottom up) und wird als angewandtes Allgemeines Gleichgewichtsmodell

simuliert und untersucht. Dazu sind Restriktionen für Technologien und Präferenzen aufzuerlegen. Welche Anforderungen und Praktiken es dazu gibt, wird im nächsten Kapitel dargestellt.

5.1.2 Wanderungen

Wanderungen werden inspiriert von Barro (Barro und i Martin (1999), S. 303, in Form eines Verweises auf Braun (1993)) modelliert. Braun leitet aus einem Optimierungskalkül unter geeigneten Annahmen die diskontierten Lohndifferenzen E_t^{ij} zwischen den Regionen i und j ab. Sobald E_t^{ij} zu jedem Zeitpunkt den Umzugskosten entsprechen, verschwindet das Umzugsmotiv. Entscheidend ist dabei, dass die Umzugskosten des marginalen Migranten mit der Menge der Migranten steigt. Diese Beziehung würde sich beispielsweise dann ergeben, wenn es heterogene fixe Umzugskosten innerhalb der Bevölkerung gäbe. Die Personen mit niedrigeren Umzugskosten würden eher wandern und die durchschnittlichen Umzugskosten würden deshalb mit der Menge der Migranten M wachsen. $M_{it} < 0$ bezeichnet die Menge an Migranten, die von einer Region i nach j wechselt. Im Folgenden werden nur Wanderungen zwischen zwei Regionen (Ost und West) betrachtet, sodass $M_{it} = -M_{jt}$. Die Umzugskosten betragen $\varphi^u(M_{it})$. Für sie gelte $\varphi^u(0) = 0$, sodass im Steady State keine Umzüge stattfinden und $\varphi^{u'} > 0, \varphi^{u''} \geq 0$.

Diese Grundidee, für die einzelnen Haushalte eine Gleichgewichtsbedingung zu formulieren, ist sehr attraktiv, allerdings wird hier das Kalkül als reines Haushaltsproblem formuliert: In einem Umzugsgleichgewicht gibt es zu keinem Zeitpunkt einen Anreiz für einen Haushalt umzuziehen. Der letzte Haushalt in Region i , der bei steigenden Umzugskosten $\varphi^u(M_{it})$ zum Zeitpunkt t umzugswillig ist, ist indifferent zwischen Wanderung und Verbleib. Wandert er, dann trägt sein Nutzen $U_i(c_{it} - \varphi^u(M_{it})) + \sum_{t_k=t+1}^{\infty} \beta^{t_k-t} U_i(c_{jt_k})$ aus dem Konsum in Region i und dem zukünftigen Konsumstrom in Region j . Wandert er nicht, fallen keine Umzugskosten an und er konsumiert in Region i . Für den marginalen Haushalt gilt dann die Beziehung

$$U_i(c_{it}) - U_i(c_{it} - \varphi^u(M_{it})) + \sum_{t_k=t+1}^{\infty} \beta^{t_k-t} (U_i(c_{it_k}) - U_i(c_{jt_k})) = 0.$$

Angenommen, der umzugsindifferente Haushalt lebt in i , dann ist $M_{it} < 0$ und es ist aus Sicht eines Haushalts in i der diskontierte summierte Nutzen in j größer als in i .¹⁷ Das bedeutet mit

¹⁷ Um die Vorzeichenwahl beurteilen zu können, muss berücksichtigt werden, dass U den gängigen Konventionen folgend so parametrisiert wird, dass gilt $U_x(c_{xt}) < 0$.

$$U_x(c_{xt}) = \frac{c_{xt}^{1-\gamma}}{1-\gamma} \tag{5.3}$$

$$\gamma = 2. \tag{5.4}$$

$$E_{ijt} := \sum_{t_k=t+1}^{\infty} \beta^{t_k-t} (U_i(c_{it_k}) - U_i(c_{jt_k})),$$

dass gilt $E_{ijt} < 0$. Approximativ lässt sich schreiben

$$U_i(c_{it}) - U_i(c_{it} - \varphi^u(M_{it})) \approx U_i(c_{it}) - (U_i(c_{it}) - U'_i(c_{it}) \varphi^u(M_{it})) \quad (5.5)$$

$$= U'_i(c_{it}) \varphi^u(M_{it}). \quad (5.6)$$

In einem Umzugsgleichgewicht muss also gelten

$$-U'_i(c_{it}) \varphi^u(M_{it}) = -E_{ijt} \quad M_{it} < 0 \quad (5.7)$$

$$-U'_j(c_{jt}) \varphi^u(M_{jt}) = -E_{jit} \quad M_{jt} < 0 \quad (5.8)$$

Diese Formulierung berücksichtigt auch das positive Vorzeichen der Umzugskosten. Die Aussage des Abschnitts lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Angenommen, es gilt

1. Nutzendifferenzvergleichbarkeit

$$U_i(c_i) - U_i(c_j) = -(U_j(c_j) - U_j(c_i)) \quad (5.9)$$

2. Zuzüge entsprechen Wegzügen

$$M_{it} = -M_{jt}, \quad (5.10)$$

dann folgt mit $\varphi^u(M_{it}) = u_k M_{it}$, $u_k, U'_i > 0$ aus (5.7) und (5.8):

$$M_{it} = \frac{E_{ijt}}{u_k} \cdot \begin{cases} U'_i(c_{it})^{-1} & E_{ijt} < 0 \\ U'_j(c_{jt})^{-1} & \text{sonst} \end{cases}. \quad (5.11)$$

Begründung:

Aus der Nutzendifferenzvergleichbarkeit folgt $E_{ijt} = -E_{jit}$, denn

$$E_{ijt} = \sum_{t_k=t+1}^{\infty} \beta^{t_k-t} (U_i(c_{it_k}) - U_i(c_{jt_k})) \quad (5.12)$$

$$= - \sum_{t_k=t+1}^{\infty} \beta^{t_k-t} (U_j(c_{jt_k}) - U_j(c_{it_k})) \quad (5.13)$$

$$= -E_{jit}. \quad (5.14)$$

Dann sieht man beispielsweise: $U_i(c_{it}) = -3 < U_i(c_{jt}) = -2$. Dann ist $U_i(c_{it}) - U_i(c_{jt}) = -3 - (-2) = -1$.

Wegen (5.7):

$$M_{it} = \frac{E_{ijt}}{u_k U'(c_{it})}$$

ist $M_{it} < 0$ gleichbedeutend mit $E_{ijt} < 0$. Außerdem ist $M_{jt} < 0$, falls $E_{jit} < 0$. Einsetzen dieser Beziehungen von $E_{ijt} = -E_{jit}$ und $M_{it} = -M_{jt}$ in (5.7) und (5.8) ergibt die Bedingungen

$$U'_i(c_{it}) M_{it} u_k = E_{ijt} \quad E_{ijt} < 0 \quad (5.15)$$

$$-U'_j(c_{jt}) M_{it} u_k = -E_{ijt} \quad E_{ijt} > 0. \quad (5.16)$$

Das heißt, eine der Bedingungen ist immer erfüllt. In diesem Sinne folgt die Entscheidbarkeitsbedingung aus den Bedingungen (5.7) und (5.8). Zusammengefasst erhält man die Behauptung.

In dieser Beziehung kommt auch der Einfluss der Wohlstandssituation im Wegzugsland zur Geltung. Je höher das Konsumniveau, umso geringer die Rolle der Umzugskosten und umso höher die Abwanderungen. Gleichung (5.11) lässt sich einfacher schreiben als „No-Movement“-Bedingung:

$$M_{ot} = \frac{1}{u_k} \left(\frac{E_{owt} - |E_{owt}|}{2U'(c_{ot})} + \frac{E_{owt} + |E_{owt}|}{2U'(c_{wt})} \right). \quad (5.17)$$

In den Modellsimulationen ergibt sich eine Paradoxie. Die Kalibrierung der Umzüge auf die in Kapitel 2 gemessenen 50 000 Migranten pro Jahr erfordert derart hohe Umzugskostenparameter, dass sie hohe Anteile des Ost BIPs ausmachen. Das scheint sehr unplausibel, wenn man die Umzugskosten als rein monetär interpretiert.

Anders ausgedrückt: Um die volkswirtschaftlichen Wanderungskosten einzuschätzen, sei angenommen, dass für einen umgezogenen Haushalt die Hälfte seines Jahreseinkommens Y als Umzugskosten anfallt. Falls M_t Haushalte migrieren, beträgt das Durchschnittseinkommen der migrierenden und nicht migrierenden Haushalte Y_u

$$Y_u = \left[\frac{M_{ot}}{L_{ot}} 0,5 + \frac{L_{ot} - M_{ot}}{L_{ot}} 1 \right] Y \quad (5.18)$$

$$\frac{Y_u}{Y} = 1 - 0,5 \frac{M_{ot}}{L_{ot}}. \quad (5.19)$$

Bei einer jährlichen Wanderung $M_{ot}/L_{ot} = 50\,000/20\,000\,000$, wie in Kapitel 2 gemessen, fallen im Durchschnittseinkommen des Repräsentativen Agenten nur 0,125% des Einkommens für Umzugskosten an. Man kann das so interpretieren, dass das Bewegungsmotiv bei weitem nicht nur den budgetierten Durchschnittskosten entspricht. Vereinfachend wird deshalb angenommen, dass in den

Agenten-Budgets keine Wanderungskosten anfallen. Die Wanderungskosten wirken nur innerhalb der Umzugsgleichung auf die einzelnen Haushalte.

Ein weiteres Problem ist der Umgang mit Bestandsgütern, wie zum Beispiel mit Realkapital und regionalgebundenen Anleihen. Dabei handelt es sich nicht, wie man denken könnte, um öffentliches Kapital, sondern um regional gebundene private Kapitalgüter. Ein Problem bei der Modellierung ist es, die Zinserträge und die Kapitalbewegung den „migrierenden Anteilen“ der jeweiligen Repräsentativen Agenten zuzuordnen. Um dieses Problem zu lösen, wird die besonders einfache Variante der Totalenteignung gewählt

$$L_{t+1}k_{t+1} = L_t((1 - \delta)k_t + i_t).$$

Totalenteignung bedeutet, dass der Realkapitalbestand $L_t k_t$ unabhängig von der Größe L_t der Ökonomie konstant bleibt. Nach dem Verlassen einer Region wird der Kapitalbesitz des Wegziehenden enteignet und an die verbliebene Bevölkerung umverteilt. Im Zuzugsland sinkt der Kapitalstock pro Kopf, da der dort vorhandene Kapitalstock sich im Schnitt auf eine größere Basis verteilt. Diese Modellierung wurde der Einfachheit halber sowohl für den Kapitalstock als auch für die Anleihen gewählt.¹⁸

Diese Variante ist zumindest für den Realkapitalstock trotz ihrer Einfachheit nicht unplausibel, da die humankapitalreichen und realkapitalarmen Bevölkerungsteile eine hohe Mobilität aufweisen. Diese These wird von Schneider und Lutz (2005) bestätigt, die festgestellt haben, dass Ost-West-Wanderer mit überdurchschnittlich hohem Humankapital ausgestattet sind.

Unter diesen Bedingungen lassen sich die erwarteten Wirkungen der Bevölkerungsbewegungen in einem Kapitalakkumulationsprozess skizzieren. Annahm gemäß sind sowohl Kapitalstock als auch Verschuldung als aggregierte Größe ortsgebunden. Das führt dazu, dass bei zunehmender (abnehmender) Bevölkerung die Kapitalintensität und die Pro-Kopf-Verschuldung abnimmt (zunimmt).

In kapitalakkumulierenden Regionen sind wegen des Kapitalstockdefizits die Produktions- und Konsummöglichkeiten niedriger als im Steady State. Dort erhöht die Abwanderung die Kapitalintensität und damit auch den Pro-Kopf-Konsum.

Im Zielland kommt es zu dem gegenteiligen Effekt. Die Wanderungen, die durch die Konsumdifferenz motiviert sind, reduzieren diese Differenz und wirken so stabilisierend. Gebremst wird diese Wirkung, wenn eine kapitalakkumulierende Region eine Außenschuld aufbaut. Diese reduziert die Konsummöglichkeiten durch Zins- und Rückzahlung. Durch die Wanderungen erhöht sich also die Pro-Kopf-Verschuldung, was wiederum den Pro-Kopf-Konsum reduziert. Das ist eine destabilisierende Wirkung der Wanderungen.

¹⁸ Wählte man den vollständigen Kapitalabfluss, dann würde die Bewegungsgleichung des Kapitals in Pro-Kopf-Größen nicht differenzierbar im Steady State.

5.1.3 Interregionale Interaktion

Wie beschrieben erhalten die Repräsentativen Agenten die Möglichkeit, untereinander private Anleihen b_t zu tauschen. Auf jede Anleihe wird nach einer Periode ein Zins R_t gezahlt. Die Anleihen wirken direkt auf das Güterangebot, und zwar so, dass eine positive (negative) Anleihe die zu Konsum und Investition zur Verfügung stehende Gütermenge vergrößert (verkleinert). Die Grundelemente des Anleihentauschs sind in der folgenden Budgetbedingung festgehalten

$$y_t + \frac{L_{t-1}}{L_t} R_{t-1} b_{t-1} = c_t + i_t + b_t. \quad (5.20)$$

Wie sich diese Anleihe interpretieren lässt, kann an einem Beispiel verdeutlicht werden. Dazu sei angenommen, dass sich die Bevölkerungszahl nicht verändert und $R_t = 1$ ist. Der inländische Gütersaldo $y - c - i$ beträgt dann $y_t - c_t - i_t = b_t - b_{t-1}$. Da der Gütersaldo definitionsgemäß (Gleichung 2.3) dem Außenbeitrag entspricht, sieht man, dass der Außenbeitrag einer Veränderung der Auslandsschuld gleichkommt.

Neben dem Realkapital steht den Repräsentativen Agenten somit eine zweite „Speichertechnologie“ zur Verfügung, mit der Konsummöglichkeiten zeitlich verschoben werden können. Güter können beispielsweise über positive Außenbeiträge anderen Nutzern zur Verfügung gestellt werden. Dafür erhält man in der Folgeperiode diese verzinste Gütermenge zurück, beispielsweise zu Konsumzwecken. Zwischen den Regionen müssen sich alle Außenbeiträge ausgleichen

$$\sum_i L_{it} b_{it} = 0.$$

Dem Zins R_t kommt die Aufgabe zu, das Anleihenangebot und die Anleihennachfrage auszugleichen.

Die letzte Gleichung erlaubt einen alternativen Blickwinkel auf das Modell. Sie ermöglicht es, über b die regionalen Ressourcenbeschränkungen zu einer einzigen zusammenzufassen. Hierbei tritt deutlich der Ein-Gut-Charakter des Modells zu Tage.

Eine derartig konsequent integrierte Darstellung erlaubt die Interpretation des multiregionalen Modells als eine Ein-Region-Mehrpersonen (Agenten und Unternehmen)-Ökonomie mit einer einzigen Ressourcenbeschränkung. Innerhalb dieser Ökonomie wird das Problem gelöst, wie die Allokation von Ressourcen zwischen den Besitzern der jeweiligen Unternehmen stattfindet. Von dieser Darstellung wurde aber abgesehen, da sie die Anleihekosten schwer erkennen lässt und deshalb nicht praktikabel ist.

5.2 Das Modell

Das MMFM ist ein dynamisches Gleichgewichtsmodell. Es besteht aus $i = 1, \dots, N$ Regionen. In jeder Region gibt es einen Repräsentativen Agenten und ein Unternehmen. Ein Agent in Region i repräsentiert – nicht wie in Kapitel (4) Maß 1 Haushalte, sondern – $L_{it} = \int_0^{L_{it}} d\gamma$, $\gamma \in [0, L_{it}]$ Haushalte γ . Insgesamt gibt es über die Länder verteilt

$$\sum_{i=1}^N L_{it} = L, \quad L_{it} > 0 \quad (5.21)$$

konstant viele Haushalte. Ein Repräsentativer Agent in Region i wird auch ein Haushalt des Typs i genannt. Er maximiert seinen intertemporalen Nutzen U_i

$$U_i = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(c_{it}^d) \quad (5.22)$$

unter Berücksichtigung seiner regionalen Budgetbeschränkung

$$c_{it}^d + (1 - \tau_{it}^i) i_{it}^s + b_{it}^d + \varphi_{it} = w_{it} l_{it}^s + r_{it} k_{it}^s + \frac{L_{it-1}}{L_{it}} R_{t-1} b_{it-1}^d + \pi_{it}$$

und der regionalen Kapitalakkumulationsgleichung

$$L_{it+1} k_{it+1}^s = L_{it} ((1 - \delta) k_{it}^s + i_{it}^s). \quad (5.23)$$

Alle Haushalte haben dieselbe Periodennutzenfunktion U . Jeder Haushalt trifft für jede Periode eine Konsumententscheidung c_{it}^d , durch die seine Investitionsentscheidung i_{it}^s und damit der Kapitalstock k_{it+1}^s bestimmt ist. Mit diesem Kapitalstock produziert das Unternehmen in seiner Region die Gütermenge y_{it}^s . Die Haushalte haben die Möglichkeit, sich gegenseitig Anleihen b_{it}^d zu gewähren, die in der Folgeperiode mit dem „internationalen“ Zinssatz R_{t-1} verzinst werden. Die Repräsentativen Agenten agieren regional separat, es sei denn, zwischen den Regionen finden Güterlieferungen in Form des Anleihetauschs statt. Damit wird es den Agenten möglich, sich „schneller“ und unter Umständen „billiger“ Kapital zu beschaffen als in einem autarken Zustand, in dem Kapital aus Konsumverzicht gebildet werden müsste.

Jeder Haushalt besitzt drei Einnahmequellen. Erstens das mit dem lokalen Lohnsatz w_{it} vergütete Arbeitsangebot der Einheit eins, l_{it}^s , zweitens die mit dem lokalen Zinssatz r_{it} verzinsten Einnahmen aus dem an das Unternehmen vermieteten Kapitalstock k_{it}^s und drittens die mit dem „Weltmarktzins“ verzinsten Anleihen

$$b_{it-1}^d R_{t-1}.$$

Auf der Kostenseite entstehen die Investitionskosten $\varphi^i(i_{it}, k_{it})$ und die Anleihekostungen $\varphi^b(b_{it})$.

$$\varphi_{it} = \varphi(i_{it}^s, k_{it}^s, b_{it}^d) = \varphi^i(i_{it}^s, k_{it}^s) + \varphi^b(b_{it}^d)$$

Politische Eingriffe bestehen erstens aus einer Investitionssubvention $\tau_{it}^i i_{it}^s$, die *lump sum* durch die Steuer π_{it} innerhalb jeder Region aufgebracht wird. Sie wird wie im Kapitel (4) von den einzelnen Haushalten wahrgenommen, obwohl sie im Aggregat aufgrund ihrer Finanzierungsbedingung die Budgetbedingung nicht berührt. Zweitens wirkt ein exogen in seiner Höhe bestimmter Transfer tr_{it} auf das Einkommen

$$\pi_{it} = tr_{it} - \tau_{it}^i i_{it}^s. \quad (5.24)$$

Für ihn muss die interregionale Finanzierungsbedingung

$$\sum_i \int_0^{L_{it}} tr_{it} d\gamma = 0 \quad (5.25)$$

erfüllt sein.

In jeder Region produziert ein regionales Unternehmen gewinnmaximierend

$$\max_{k_{it}^d, l_{it}^d} f(k_{it}^d, l_{it}^d) - w_{it} l_{it}^d - r_t k_{it}^d \quad (5.26)$$

mit der konstanten Skalenertrags-Produktionsfunktion f , dem von allen Haushalten in Region i angemieteten Kapital K_{it}

$$\int_0^{L_{it}} k_{it}^s d\gamma = L_{it} k_{it} = K_{it} = k_{it}^d \quad (5.27)$$

und dem aggregierten Arbeitsangebot L_{it}

$$\int_0^{L_{it}} l_{it}^s d\gamma = L_{it} = l_{it}^d. \quad (5.28)$$

Interregional soll darüber hinaus keine Nettoschuld entstehen

$$\sum_{i=1}^N \int_0^{L_{it}} b_{it}^d d\gamma = 0. \quad (5.29)$$

Die „Verteilung“ der Haushalte auf die Länder ist dynamisch und entspringt der „No-Movement“-Bedingung

$$M_{ot} = \frac{1}{u_k} \left(\frac{E_{owt} - |E_{owt}|}{2U'(c_{ot})} + \frac{E_{owt} + |E_{owt}|}{2U'(c_{wt})} \right) \quad (5.30)$$

$$E_{owt} := \sum_{t_k=t+1}^{\infty} \beta^{t_k-t} (U(c_{ot_k}) - U(c_{wt_k})). \quad (5.31)$$

Dabei ist die Gesamtbevölkerung konstant

$$\sum_i L_{it} = L \quad (5.32)$$

und die Umzüge wirken über

$$L_{it+1} = L_{it} + M_{it} \quad (5.33)$$

auf die Bevölkerungsgrößen.

Damit sind alle Verhaltensannahmen erklärt und die technologischen Restriktionen beschrieben. Es kann nun ein Gleichgewicht definiert werden.

5.3 Das multiregionale mobile Faktorgleichgewicht

Definition 5 (Wettbewerbsgleichgewicht (MMFGG)) *Ein Wettbewerbsgleichgewicht ist eine Folge von Preisen, Transfers und den aggregierten Entscheidungen über Umzüge und Investitionen*

$$(w_{it}, r_{it}, R_t, Tr_{it}, M_{it}, I_{it})_{t=1, \dots, \infty},$$

so, dass

1. die Haushalte die Nutzenmaximierungsprobleme

$$\max_{c_{it}, k_{it}, b_{it}} \sum_t \beta^t U(c_{it}^d) \quad (5.34)$$

$$s.t.: c_{it}^d + (1 - \tau_{it}^i) i_{it}^s + b_{it}^d + \varphi_{it} = \quad (5.35)$$

$$w_{it} l_{it}^s + r_t k_{it}^s + \frac{L_{it-1}}{L_{it}} R_{t-1} b_{it-1}^d + \pi_{it} \quad (5.36)$$

$$s.t.: \varphi_{it} = \varphi^i(i_{it}^s, k_{it}^s) + \varphi^b(b_{it}^d) \quad (5.37)$$

$$s.t.: L_{it+1} k_{it+1}^s = L_{it} ((1 - \delta) k_{it}^s + i_{it}^s) \quad (5.38)$$

lösen. Außerdem müssen sie die aggregierten Größen U_i und I_i kennen, um über die Entwicklungsgesetze die Zustandsvariablen K_i und L_i vorhersagen zu können.

2. Ressourcenbeschränkungen und Markträumungsbedingungen eingehalten sind.

a) In jeder Region i wird die regionale Ressourcenbeschränkung erfüllt

$$y_{it}^s + \frac{L_{it-1}}{L_{it}} R_{t-1} b_{it-1}^d + \pi_{it} = c_{it}^d + (1 - \tau_{it}^i) i_{it}^s + b_{it}^d + \varphi_{it} \quad (5.39)$$

$$\varphi_{it} = \varphi^i(i_{it}^s, k_{it}^s) + \varphi^b(b_{it}^d) \quad (5.40)$$

$$\pi_{it} = tr_{it} - \tau_{it}^i i_{it}^s \quad (5.41)$$

$$y_{it}^s = f(k_{it}^d, l_{it}^d). \quad (5.42)$$

b) Die regionalen Arbeits- und Kapitalmärkte sind geräumt

$$\int_0^{L_{it}} l_{it}^s d\gamma = L_{it} = l_{it}^d \quad (5.43)$$

$$\int_0^{L_{it}} k_{it}^s d\gamma = L_{it} k_{it} = K_{it} = k_{it}^d. \quad (5.44)$$

c) Der interregionale Markt für Anleihen ist geräumt

$$\sum_{i=1}^N \int_0^{L_{it}} b_{it}^d d\gamma = 0. \quad (5.45)$$

d) Die interregionale Summenbedingung für Transfers lautet

$$\sum_i \int_0^{L_{it}} tr_{it} d\gamma = 0. \quad (5.46)$$

e) Für die Bevölkerungsbewegungen gelten die Beschränkungen

$$L_{it+1} = L_{it} + M_{it} \quad (5.47)$$

$$L = \sum_i L_{it}. \quad (5.48)$$

3. die Unternehmen in jeder Region i ihren Gewinn maximieren.

$$\max_{k_{it}^d, l_{it}^d} f(k_{it}^d, l_{it}^d) - w_{it} l_{it}^d - r_{it} k_{it}^d. \quad (5.49)$$

4. die Umzugsentscheidungen der Individuen so erfolgen, dass die „No Movement“-Bedingung erfüllt ist.

$$M_{ot} = \frac{1}{u_k} \left(\frac{E_{owt} - |E_{owt}|}{2U'(c_{ot})} + \frac{E_{owt} + |E_{owt}|}{2U'(c_{wt})} \right) \quad (5.50)$$

$$E_{owt} := \sum_{t_k=t+1}^{\infty} \beta^{t_k-t} (U_o(c_{ot_k}) - U_o(c_{wt_k})). \quad (5.51)$$

5. die von den Individuen zur Lösung des Nutzenmaximierungsproblems unterstellten aggregierten Investitionen I_{it} mit den Haushaltsentscheidungen i_{it} konsistent sind.

5.3.1 Bedingungen erster Ordnung

Die Gleichgewichtsbedingungen lassen sich aus den Bedingungen erster Ordnung der Optimierungskalküle, den Marktträumungsbedingungen, der Gleichgewichtsbedingung und den exogenen Beschränkungen ableiten. Dazu werden zunächst die Bedingungen erster Ordnung und die zugehörigen Euler-Gleichungen hergeleitet.

5.3.1.1 Die Repräsentativen Agenten

Die Bedingungen erster Ordnung des Konsumenten-Kalküls lauten

$$0 = \frac{\partial \mathcal{L}_i}{\partial c_{it}} = U'(c_{it}) - \lambda_{it}^b \quad (5.52)$$

$$0 = \frac{\partial \mathcal{L}_i}{\partial i_{it}} = \beta L_{it} \lambda_{it+1}^k + \lambda_{it}^b (1 + \varphi_1^i(i_{it}, k_{it}) - (1 + \tau_{it})) \quad (5.53)$$

$$0 = \frac{\partial \mathcal{L}_i}{\partial k_{it}} = \lambda_{it}^b (r_{it} + \varphi_2^i(i_{it}, k_{it})) + L_{it} (\beta (1 - \delta) \lambda_{it+1}^k - \lambda_{it}^k) \quad (5.54)$$

$$0 = \frac{\partial \mathcal{L}_i}{\partial b_{it}} = L_{it+1} \lambda_{it}^b (1 + \varphi_1^b(b_{it})) - \beta L_{it} \lambda_{it+1}^b R_t \quad (5.55)$$

$$0 = \frac{\partial \mathcal{L}_i}{\partial \lambda_{it}^b} = y_{it} + \frac{L_{it-1}}{L_{it}} R_{t-1} b_{it-1} + tr_{it} - (c_{it} + i_{it} + b_{it} + \varphi_{it}) \quad (5.56)$$

$$0 = \frac{\partial \mathcal{L}_i}{\partial \lambda_{it}^k} = L_{it+1} k_{it+1} - L_{it} ((1 - \delta) k_{it} + i_{it}). \quad (5.57)$$

Elimination der Lagrange-Multiplikatoren aus den Gleichungen (5.52 bis 5.55) ergibt mit

$$\varphi_{x(+)}^i := \frac{\partial \varphi^i(i_{it(+1)}, k_{it(+1)})}{\partial x_{it(+1)}} \quad x = i, k;$$

$$\varphi_1^b := \frac{\partial \varphi^b(b_{it})}{\partial b_{it}}$$

die Euler-Gleichungen

$$U'(c_{it}) = \beta U'(c_{it+1}) \frac{L_{it}}{L_{it+1}} \frac{r_{it+1} - \varphi_{k+}^i + (1 - \delta)(1 + \varphi_{i+}^i)}{1 + \varphi_i^i} \quad (5.58)$$

$$U'(c_{it}) = \beta U'(c_{it+1}) \frac{L_{it}}{L_{it+1}} \frac{R_t}{1 + \varphi_1^b}. \quad (5.59)$$

Um die Gleichung (5.58) zu interpretieren, sei $\tau_{it} = \varphi_k^i = 0$, $L_{it} = L_{it+1}$

$$U'(c_{it}) = \beta U'(c_{it+1}) \frac{r'_{it+1} + (1 - \delta)(1 + \varphi_{i+}^i)}{1 + \varphi_i^i}.$$

Der Verzicht auf eine marginale Einheit Konsum heute $U'(c_{it})$ muss im Optimum dem diskontierten Grenznutzen entsprechen, der aus dem Konsumverzicht in der Folgeperiode entsteht. In der ersten Euler-Gleichung wird der Konsumverzicht dazu genutzt, ein Investitionsgut zu erwerben und in der Folgeperiode zu verkaufen. Um abzuschätzen, in welchem Verhältnis die Aufwendungen und Erträge daraus stehen, betrachten wir diese einzeln. Zum Erwerb einer marginalen ε Einheit des Investitionsguts ist die Aufgabe einer Konsumeinheit ε erforderlich. Außerdem fallen beim Erwerb Investitionskosten in Höhe von $\varepsilon \varphi_i^i > 0$ an. In der Folgeperiode stellen sich die Erträge ein. Erstens wird die Investition mit dem Zinssatz r_{t+1} verzinst. Bei der Nutzung schrumpft sie allerdings wegen der Abschreibungen auf $(1 - \delta)\varepsilon$. Der Rest des Investitionsguts $(1 - \delta)\varepsilon$ muss nun desinvestiert werden, um ihn in ein Konsumgut „zurückzuverwandeln“. Dabei fallen erneut Investitionskosten in Höhe von $\varphi^i(-(1 - \delta)\varepsilon) \approx (1 - \delta)\varepsilon \varphi_{i+}^i > 0$ an. Außerdem wird der Kaufpreis von eins zurückerstattet. Das ergibt ein Verhältnis von Erträgen und Aufwand von

$$\frac{E}{A} = \frac{r_{it+1}\varepsilon + (1 - \delta)\varepsilon + (1 - \delta)\varepsilon \varphi_{i+}^i}{\varepsilon + \varphi_i^i \varepsilon} \quad (5.60)$$

$$= \frac{r + (1 - \delta)(1 + \varphi_{i+}^i)}{1 + \varphi_i^i}. \quad (5.61)$$

Dieses Verhältnis gibt einen Konsumverzichts-Multiplikator an. Er quantifiziert die Menge an Gütern, die durch den Verzicht auf eine Einheit Konsum in der Gegenwart in der Zukunft erworben werden kann. Um abzuschätzen, ob die Agenten indifferent zwischen Konsum heute und Konsum morgen sind, muss die Einheit Konsum noch mit ihrem Grenznutzen und die durch den Multiplikator in die Zukunft transferierte Einheit Konsum mit ihrem abdiskontierten Grenznutzen bewertet werden. Im Optimum besteht für das Individuum kein Anreiz, auf mehr Konsum zu verzichten, als dies bereits der Fall ist.

Der Einfluss der Investitionskosten ist offensichtlich. Solange die Grenzkosten der Investition > 0 sind, reduzieren sie den Wert des Multiplikators erstens dadurch,

dass weniger von dem Investitionsgut gekauft wird, und zweitens dadurch, dass für die Desinvestition ebenfalls Kosten anfallen und diese das Umtauschergebnis in der Folgeperiode weiter schmälern. Je geringer der Multiplikator ausfällt, umso uninteressanter wird der Konsumverzicht. „Einige“ Investitionen, die ohne Investitionskosten erfolgt wären, bleiben also aus. Die Investitionskosten dämpfen so beispielsweise die Geschwindigkeit von Kapitalakkumulationsprozessen.

Eine entsprechende Überlegung gilt für die zweite Euler-Gleichung (5.59), die alternativ „prüft“ ob es sich lohnt, auf Konsum zugunsten eines Anleihekaufs zu verzichten. Der Quotient der Gleichungen (5.58) und (5.59) stellt eine Zinsarbitrage-Bedingung dar.

Das vollständige Modell lautet also ($8N + 2$ Gleichungen):

$$U'(c_{it}) = \beta U'(c_{it+1}) \frac{L_{it}(r_{it+1} - \varphi_{k+}^i + (1 - \delta)(1 + \varphi_{i+}^i - \tau_{i+}^i))}{L_{it+1}(1 + \varphi_i^i - \tau_i^i)} \quad (5.62)$$

$$U'(c_{it}) = \beta U'(c_{it+1}) \frac{L_{it}}{L_{it+1}} \frac{R_t}{1 + \varphi_1^b} \quad (5.63)$$

$$r_{it} = f'(k_{it}) \quad (5.64)$$

$$L_{it+1}k_{it+1} = L_{it}((1 - \delta)k_{it} + i_{it}) \quad (5.65)$$

$$L_{it+1} = L_{it} + M_{it} \quad (5.66)$$

$$0 = f(k_{it}) + \frac{L_{it-1}}{L_{it}} R_{t-1} b_{it-1} + tr_{it} - (c_{it} + i_{it} + b_{it} + \varphi_{it}) \quad (5.67)$$

$$0 = \sum_i L_{it} b_{it} \quad (5.68)$$

$$L = \sum_i L_{it} \quad (5.69)$$

$$M_{ot} = \frac{1}{u_k} \left(\frac{E_{owt} - |E_{owt}|}{2U'(c_{ot})} + \frac{E_{owt} + |E_{owt}|}{2U'(c_{wt})} \right) \quad (5.70)$$

$$E_{owt} := \sum_{t_k=t+1}^{\infty} \beta^{t_k-t} (U_o(c_{ot_k}) - U_o(c_{wt_k})). \quad (5.71)$$

5.3.1.2 Funktionsspezifikationen

Es wird angenommen, dass die Repräsentativen Agenten in allen drei Regionen die gleiche Nutzenfunktion mit konstanter relativer Risikoaversion (CRRA, Constant Relative Risk Aversion) haben (siehe z. B. Barro und i Martin (1999), S. 64).

$$U(c) = \frac{c^{1-\gamma}}{1-\gamma} \quad (5.72)$$

$$U'(c) = c^{-\gamma}. \quad (5.73)$$

Sie besitzt die Eigenschaft konstanter intertemporaler Substitutionselastizität. Dies hat den Vorteil, dass in Wachstumsmodellen im Steady State der Zins r konstant ist und der Konsum c_t mit konstanter Rate wächst.

Für die Produktionsfunktion gelte Cobb-Douglas-Spezifikation (CD). Sie lautet im Argument Kapitalintensität mit ihrer Ableitung ebenfalls in allen Regionen einheitlich

$$f(k) = zk^\alpha \quad (5.74)$$

$$f_k = \alpha zk^{\alpha-1}. \quad (5.75)$$

Die Investitionskosten werden wie in Kim und Kim (2002) spezifiziert

$$\varphi^i(i, k) = \frac{i_k i^2}{2 k}.$$

Ihre Ableitungen lauten

$$\varphi_i^i(i, k) = i_k \frac{i}{k} \quad (5.76)$$

$$\varphi_k^i(i, k) = -\frac{i_k i^2}{2 k^2}. \quad (5.77)$$

Diese Funktionsform beschreibt den Zusammenhang, dass die gleichen Investitionen bei einem kleineren Kapitalstock größere Investitionskosten verursachen als bei einem größeren. Dahinter steht die Idee, dass die Integration des neuen Kapitals umso mehr Aufwand erfordert, je größer der Anteil des neuen Kapitals am vorhandenen ist. Die Spezifikation beeinflusst die Kapitalintensität im Steady State.¹⁹ Ebenfalls wie in Kim und Kim (2002) lautet die Kostenfunktion für den Bestand an Verschuldung

$$\varphi^b(b) = \frac{1}{2} b_k b^2$$

und ihre Ableitung

$$\varphi_b^b(b) = b_k b.$$

5.3.1.3 Steady State-Analyse

Als Steady State wird ein Fixpunkt des MMFGGs bezeichnet. Seine Analyse offenbart einige Eigenschaften des Modells.

¹⁹ Nicht aber die regionale Unabhängigkeit des Steady State-Zinsniveaus, solange die Individuen die gleichen Nutzenfunktionen und Kapitalakkumulationsgleichungen (einschließlich der Abschreibungsrate δ) besitzen.

Im Steady State sollen alle Politikmaßnahmen inaktiv sein. Ihre Motivation ist rein transitorisch. Die Kapitalakkumulationsgleichung und die Bevölkerungsbeziehungsgleichung ergeben dann sofort

$$i_{iss} = \delta k_{iss} \quad (5.78)$$

$$M_{iss} = 0. \quad (5.79)$$

Unter der Bedingung $\varphi^u(0) = 0$ folgt aus der „No-Movement“-Bedingung zwischen Region i und j Konsumausgleich $c_{iss} = c_{jss}$ im Steady State, wenn zwischen i und j gewandert wird.

Aus den Euler-Gleichungen (5.58 und 5.59) folgt im Steady State nach Einsetzen der Kostenfunktionen

$$\frac{1 + i_k \delta}{\beta} = r_{iss} + \frac{i_k}{2} \delta^2 + (1 - \delta)(1 + i_k \delta) \quad (5.80)$$

$$R_{ss} = \frac{1 + b_k b_{iss}}{\beta}. \quad (5.81)$$

Gleichung (5.80) zeigt die wichtigste Eigenschaft des Modells.

$$r_{iss} = r_{ss}, \quad i = 1, \dots, N.$$

Sie ist ohne Investitionskosten erfüllt und ist es auch mit dieser speziellen Investitionskostendefinition. Dies führt wegen

$$f_k(z_{iss}, k_{iss}) = r_{iss} = \alpha k_{iss}^{\alpha-1}$$

mit $z_{iss} = 1$ dazu, dass auch die Kapitalintensitäten in allen Regionen gleich hoch sind. k bestimmt sich deshalb als

$$k_{ss} = \left(\frac{r_{ss}}{\alpha} \right)^{1/(\alpha-1)}.$$

Die Budgetbedingung ergibt im Steady State nach Einsetzen der Kostenfunktionen und der bereits bekannten Beziehungen

$$\delta k_{ss} \left(1 - \frac{i_k \delta}{2} \right) - k_{ss}^\alpha = \left(\frac{1 + b_k b_{iss}}{\beta} - 1 \right) b_{iss} - \frac{1}{2} b_k b_{iss}^2 - c_{ss}. \quad (5.82)$$

Deren Differenz zwischen den Regionen i und j , zwischen denen migriert werden kann, ist

$$0 = (b_{iss} - b_{jss}) \left[\frac{1}{\beta} + \left(\frac{1}{\beta} - \frac{1}{2} \right) b_k (b_{iss} + b_{jss}) - 1 \right].$$

Eine Lösung ist folglich $b_{iss} - b_{jss} = 0$. Wegen der Neutralität der Nettoverschuldung gilt, falls zwischen allen Regionen gewandert werden kann, $b_{iss} = b_{ss}$, $i = 1, \dots, N$

$$b_{ss} \sum_i L_{it} = b_{ss} L = 0.$$

b_{ss} ist also null.²⁰

Wenn nicht zwischen allen Regionen gewandert werden kann, bietet $b_{iss} = 0$ weiterhin eine Lösung. Es kommen aber nun Lösungen hinzu, da die Konsumniveaus in Regionen, zwischen denen nicht gewandert werden kann, im Steady State nicht ausgeglichen sein müssen und deshalb mit Verschuldungsniveaus $\neq 0$ verträglich sind.

Der eindeutige symmetrische Steady State mit Wanderungsbewegungen zwischen allen Regionen lautet

$$\begin{aligned}
 b_{iss} &= M_{iss} = 0 \\
 i_{ss} &= \delta k_{ss} \\
 R_{ss} &= \frac{1}{\beta} \\
 r_{ss} &= \frac{1 + i_k \delta}{\beta} - \frac{i_k}{2} \delta^2 - (1 - \delta)(1 + i_k \delta) \\
 k_{ss} &= \left(\frac{r_{ss}}{\alpha} \right)^{1/(\alpha-1)} \\
 c_{ss} &= k_{ss}^\alpha - \delta k_{ss} \left(1 - \frac{i_k \delta}{2} \right) \\
 L &= \sum_i L_{iss}.
 \end{aligned} \tag{5.83}$$

Die Bevölkerungsverteilung im Steady State ist nicht festgelegt. Das entspricht der Intuition, dass die Pro-Kopf-Werte beliebiger Ökonomien im Steady State gleich groß sind, nicht aber die absolute Größe der Aggregate. Sehr wohl jedoch ist die Größe der Ökonomien durch den Zeitablauf im Steady State determiniert.

Es besteht also ein Unterschied zwischen der dynamischen Bestimmung des Steady States als

Definition 6 (dynamischer Steady State)

$$SS_{dyn} = \left\{ \lim_{t \rightarrow \infty} x_t, G(x_t, x_{t+1}) = 0, x_0 \right\}$$

und der direkten Steady State-Analyse

Definition 7 (direkter Steady State)

$$SS_{direkt} = \{x_{ss} | G(x_{ss}, x_{ss}) = 0\}.$$

²⁰ Falls zwischen allen Regionen gewandert werden kann, ist der einzige Steady State $b_i = 0 \forall i$.

Es gilt sicher $SS_{dyn} \subseteq SS_{direkt}$.

Während die dynamische Analyse für einen Ausgangswert x_0 bei einem eindeutigen Lösungspfad immer einen eindeutigen Steady State liefert, muss dies bei der direkten Steady State-Analyse – wie gesehen – nicht der Fall sein.

Das liegt daran, dass die direkte Steady State-Analyse das Modell seiner eindeutigen Historie und Anpassungsdynamik „beraubt“. Das Modell wird statisch. Das macht solange keinen Unterschied zwischen der direkten Steady State-Analyse und der dynamischen, solange SS_{direkt} nur aus einem Element besteht. Das ist aber – wie gesehen – hier nicht der Fall. SS_{dyn} ist also nicht durch die Abkürzung über die Beziehung $SS_{dyn} = SS_{direkt}$ zu bestimmen.

Das lässt sich auch so interpretieren, dass sobald $SS_{dyn} \neq SS_{direkt}$, temporäre Einflüsse einen „Abdruck“ im Steady State hinterlassen. Das Verhältnis von statischer Steady State-Analyse zu dynamischer lässt sich an einem weiteren Beispiel illustrieren:

In dynamischen Mehr-Personen-Wachstumsmodellen ist die Vermögensverteilung (k) durch die Dynamik endogenisiert und damit eindeutig zu jedem Zeitpunkt festgelegt. Entfernt man durch eine statische Steady State-Analyse das Zeitmoment, dann wird das Modell zu einer statischen N -Personen-Tauschökonomie. In ihr lässt sich für jede nicht auszuschließende Vermögensverteilung, die der Verteilung von Erstausstattungen entspricht, ein statisches Gleichgewicht bestimmen.

5.4 Simulationen

5.4.1 Lösungsverfahren

Um die Zeitpfade der Aggregate und Preise abzuleiten, die durch die Modellgleichungen definiert sind, muss das Gleichungssystem 5.62 bis 5.71 gelöst werden. Das MMFM stellt mit seinen Anfangsbedingungen in seiner stochastischen Erweiterung²¹ drei Anforderungen an ein numerisches Lösungsverfahren:

1. Da der Kapitalstock zu Beginn im Osten weit abseits seines Steady State-Niveaus liegt, muss das Lösungsverfahren auch dort eine hohe Lösungsgenauigkeit besitzen. Lokal approximative Verfahren, wie sie zur Lösung von Real Business Cycle-Modellen benutzt werden (Linearisierungsverfahren, quadratische Approximation, Perturbation, Polynomielle Verfahren, siehe z. B. Judd (1998)), erreichen die erforderliche Lösungsgenauigkeit nicht.

²¹ Auch wenn die stochastische Erweiterung erst Gegenstand des Kapitels 6 ist, werden die daraus entstehenden Anforderungen an das Lösungsverfahren schon hier berücksichtigt, da die Skalenerträge der sich wiederholenden Ausführung die Kosten der jeweiligen Herleitung übersteigen.

-
2. Außerdem ist die Berücksichtigung einer sequentiellen Verarbeitung von Information für die Formulierung von Unsicherheit erforderlich.
 3. Eine dritte Schwierigkeit bereitet die unendliche Reihenstruktur der „No-Movement“-Bedingung. Sie greift zu jedem Zeitpunkt auf Konsumdaten der Lösung zu allen späteren Zeitpunkten vor. Eine rekursive Darstellung, wie sie für eine Reihe numerischer Lösungsverfahren erforderlich ist, ist deshalb nicht möglich.

Trunkierende Methoden, die von einem unendlichen Gleichungssystem „irrelevante letzte“ Gleichungen abschneiden, erfüllen diese Anforderungen. Weil sie weit verbreitet (Lau et al. (2002)) und robust sind, werden sie hier zur Lösung der Modellgleichungen angewendet. Als Softwareplattform zur Lösung des endlichen nichtlinearen Gleichungssystems dient die Standardsoftware GAMS.

Das zu lösende Gleichungssystem ist unendlich. Um es einer Software, die Gleichungssysteme löst, zuzuführen, wird bei trunkierenden Verfahren der Zeithorizont begrenzt. Es ist deshalb ein Zeitpunkt T erforderlich, zu dem Gleichungen abgeschnitten werden. Dieses Vorgehen erfordert trotz der Begrenzung des Zeithorizonts im Allgemeinen die Kenntnis der Lösungswerte von Variablen nach T (im MMFM die Multiplikatoren λ_{T+1}^k und λ_{T+1}^b).

Existiert ein Steady State, ist er bekannt und wird T groß genug gewählt, kann er als Approximation benutzt werden: $\lambda_{T+1}^b = \lambda_{ss}^b$. Aber auch falls der Steady State unbekannt ist, weil er dynamisch spezifiziert ist, gibt es eine Reihe von Möglichkeiten, diese $T + 1$ -Werte zu approximieren.

1. Geht man davon aus, dass sich die Modellvariablen zum Zeitpunkt T nach einer bekannten Vorschrift g

$$x_{t+1} = g(x_t)$$

bewegen, kann man diese dazu nutzen, um die Variablen x_{T+1} auszudrücken als $x_{T+1} = g(x_T)$. Eine solche Vorschrift kann im Steady State lauten $x_{T+1} = x_T$; in einem endogenen Wachstumsmodell mit BGP (Balanced Growth Path), in dem die Aggregate mit konstanter Rate wachsen,

$$x_{T+1} = \lambda x_T.$$

2. Alternativ kann man zur Bestimmung einer Variable x_{T+1} eine Gleichung einfügen, die im Steady State erfüllt ist, wie z. B.: Im MMFM wurde angenommen, dass im Steady State keine Bevölkerungsbewegungen M_{it} stattfinden; das bedeutet: $M_{iss} = 0$. Diese zusätzliche Gleichung, die im Steady State gültig ist, kann zur Identifikation irgendeiner noch nicht einmal mit der Bevölkerungsbewegung in Zusammenhang stehenden Variable y_{iT+1} dienen. Dabei ist die Kenntnis der Bevölkerungsverteilung im Steady State L_{ss} , die dynamisch spezifiziert ist, nicht erforderlich.

Zur Lösung des MMFM werden hier als identifizierende Gleichungen g

$$b_{iT} = 0 \quad (5.84)$$

$$i_{iT} = i_{ss} \quad (5.85)$$

für die Multiplikatoren λ_{iT+1}^k und λ_{iT+1}^b benutzt. Alternativ sind auch

$$\lambda_{iT+1}^k = \lambda_{iT}^k \quad (5.86)$$

$$\lambda_{iT+1}^b = \lambda_{iT}^b \quad (5.87)$$

oder ähnliche Bedingungen möglich. Die Alternative besitzt den Vorteil, dass der Steady State-Wert b_{ss} nicht bekannt sein muss. An der Stabilität des konvergenten Lösungspfads änderte die Auswahl von g nichts. Dies weist auf die Bedeutungslosigkeit der Steady States hin, für die nicht $b_{iss} = 0$ gilt.

Da es sich bei der mit trunkierenden Verfahren gefundenen Lösung um eine Approximation handelt, ist eine Einschätzung des Approximationsfehlers unerlässlich. Eine einfache Möglichkeit, diesen Fehler zu bestimmen, wäre es, die Lösungswerte zum Zeitpunkt T mit den Steady State-Werten zu vergleichen. Allerdings macht die dynamische Spezifikation des Steady States dieses Vorgehen unmöglich, da für die Bevölkerung ex ante kein Steady State-Wert eindeutig definiert ist. Es lässt sich aber heuristisch prüfen, ob eine Vergrößerung der Simulationslänge die Lösung zu einem bestimmten festen Zeitpunkt beeinflusst. Wenn T groß genug gewählt ist, dann sollten sich durch seine Variation die Lösungen nur geringfügig unterscheiden. Um das Maß dieser Beeinflussung zu beurteilen, kann das Maß $Fehler_{T_1, T_2}$ herangezogen werden

$$Fehler_{T_1, T_2} = \max_{x \in \{k, b, L, c, i, y, M, w, r, R\}} \left| \frac{x_{o150}^{T_1}}{x_{o150}^{T_2}} - 1 \right|.$$

Für einen typischen Simulationslauf ergibt ein Vergleich der Lösungen x_{ot}^T der Variablen x zum Zeitpunkt t nach einer Simulationslänge T im Standardszenario die Werte $Fehler_{150, 300} = 8,69E-01$ und $Fehler_{300, 400} = 3,41E-08$. Die Ausdehnung des Simulationszeitraums von 300 auf 400 Perioden verändert die Größe der Variablen zum Zeitpunkt 150 sehr wenig. Deshalb wurde ein Simulationszeitraum von 300 Perioden zugrunde gelegt.

5.4.2 Numerische Spezifikation der Modellparameter

Die Simulationen finden für $N = 3$ Regionen statt. Das sind der Osten (Bezeichnung in den Tabellen der Simulationsparameter als O), der Westen (W) und der „Rest“ der Welt (W1). Um das MMFM simulieren zu können, ist noch die Quantifikation der Parameter erforderlich. Diese wird in diesem Abschnitt vorgenommen. Um die Entwicklung der Zeitpfade der Entwicklung der technischen Effizienz und der West-Ost-Transfers mit wenigen Parametern erfassen zu können, erfolgen vorab einige Festlegungen:

-
1. Der Produktivitätsfaktor der Technologie z_{wt} im Westen beträgt als technische Effizienz geschätzt eins. Dasselbe wird für den Rest der Welt angenommen. Ein linearer Trend der technischen Effizienz, wie er der Schätzung in Kapitel 3 unterliegt, lässt sich mit der Beziehung

$$z_{ot} = 1 - \text{Max} [0, (1 - z_0) - z_m (t - 1)]$$

für den Produktivitätsfaktor z_{ot} der Produktionsfunktion im Osten durch das Parameter Dupel (z_0, z_m) ausweisen.

2. Für die West-Ost-Transfers wurde im Kapitel 2 dargestellt, dass sie 2002 rund 25% des privaten Ost-Konsums ausmachten. Da dies die Größenordnung der technischen Ineffizienz im Osten zu Beginn des Vereinigungsprozesses und es ein sinnvolles Konvergenzscenario ist, wird angenommen, dass Gleichheit zwischen der Höhe der technischen Ineffizienz und des Verhältnisses der Transfers zum Konsum gelte. Das ist unter anderem eine Annahme über politische Entscheidungen in Bezug auf die Transferentwicklung, die in Kapitel 6 gelockert wird. Aus Gründen der Vereinfachung wurde der Zeitpfad für den Anteil der Transfers am Konsum im Osten $\frac{Tr_{ot}}{c_{ot}}$ und der technischen Ineffizienz $1 - z_{ot}$ im Osten definiert durch

$$\frac{Tr_{ot}}{c_{ot}} = 1 - z_{ot}. \quad (5.88)$$

Deshalb wird zur Modellierung der Transfers kein weiterer Parameter erforderlich.

Um das Modell vollständig numerisch zu spezifizieren, werden nun also

- die Startwerte L_0, k_0 ,
- die Verhaltensparameter β, γ ,
- die technologischen Parameter α, δ ,
- die Kostenparameter b_k, u_k, i_k und
- die Entwicklungsszenarios für Produktivität (z_0, z_m) und
- Investitionsförderung τ_{ot}^i

benötigt. Die zu bestimmenden Parameter θ lauten

$$\theta = (\alpha, \beta, \delta, \gamma, L_0, k_0, b_k, u_k, i_k, (z_0, z_m), \tau_{it}^i).$$

Um diesen Parametervektor zu bestimmen, sind grundsätzlich eine begründete Setzung, eine Kalibrierung und eine Schätzung denkbar.

Die Kalibrierung der Investitions- (i_k), Wanderungs- (u_k) und der Anleihehaltungskosten (b_k) betreffen dynamische Anpassungsreaktionen des Modells. Sie sind folglich nicht aus einer statischen Kalibrierung im Sinne der Replikation der Daten eines Basisjahres abzuleiten. Dynamische Kalibrierungsverfahren (z.B. Wendner (1999)) sind umfangreich und erlauben weniger diagnostische Erkenntnisse die Spezifikation des Modells betreffend als Schätzverfahren. Da dieses Vorgehen einen erheblichen numerischen Aufwand erfordert, wird es nicht weiter verfolgt.

Ein weiterer direkter Weg, θ zu bestimmen, ist die Schätzung. Diese kann mit Maximum-Likelihood- und Moment-Schätzverfahren erfolgen (für methodische Übersichten siehe z. B. Gong und Semmler (2006) und Ruge-Murcia (2003)). Dabei bereiten zwei Punkte Schwierigkeiten:

1. Da eine analytische Modelllösung nicht möglich ist, muss bei der Optimierung zur Auswertung der Zielfunktion jeweils eine vollständige Modelllösung erfolgen. Die dazu erforderliche Rechenzeit kann beträchtlich ausfallen. So nimmt eine Moment-Schätzung eines RBC-Modells mit vier Parametern auf einem Pentium III bereits acht Stunden und die ML-Schätzung vier Stunden in Anspruch (Gong und Semmler (2006), S. 84).
2. Außerdem zeigt sich, dass bei der Schätzung von Verhaltensparametern multiple lokale Optima die globale Optimierung erschweren. Lokale Optimierungsalgorithmen erweisen sich deshalb zur Schätzung als ungeeignet. Stattdessen muss auf globale Optimierungsalgorithmen zurückgegriffen werden.

Eine Schätzung des MMFM erscheint wegen seiner Größe unter den gegebenen Rechnerleistungen angesichts der beschriebenen Schwierigkeiten zu ambitiös.²²

Um trotzdem Parameter zu wählen, die die Modellpfade und die gemessenen Daten möglichst gut zur Deckung bringen, wird das Optimierungsproblem in einer Weise in seiner Komplexität verkleinert, die hoffen lässt, dass der Schätzer des restringierten Problems näherungsweise mit dem des unrestringierten Problems zusammenfällt. Dazu werden die Parameter in Klassen aufgeteilt, die Parameter enthalten, die entweder fixiert sind θ_F , kalibriert θ_K oder geschätzt werden θ_S .

Als zu fixierend werden die Parameter $\theta_F = \{\gamma, \beta, \delta, L_i, k_0, i_k\}$ gewählt, da sie eigener empirischer Arbeit oder empirischen Studien entnommen werden können.

Die Parameter $\theta_K = \{b_k, u_k\}$ werden – gegeben die Parameter θ_F und θ_S – so gewählt, dass die Lösung des nun vollständig spezifizierten und numerisch lösbaren Modells die Bedingungen $L_{o12}/L_{w12} = 0,95$ und $b_{o12}/k_{o12} = 0,35$ erfüllt. Diese Bedingungen können in der Form $G(\theta_F, \theta_K, \theta_S) = 0$ zusammengefasst werden.

²² Diese Lücke soll in weiterführenden Untersuchungen geschlossen werden.

Dazu wird eine Verlustfunktion $Loss$ definiert, sodass folgender Schätzer θ_S^* über einem Lösungsraum Θ_S definiert werden kann

$$\theta_S^* \in \arg \min_{\theta_S \in \Theta_S} Loss(\theta_F, \theta_K^*, \theta_S) \quad (5.89)$$

$$s.t.: \theta_F = const. \quad (5.90)$$

$$s.t.: \theta_K^* : G(\theta_F, \theta_K, \theta_S) = 0. \quad (5.91)$$

Der Lösungsraum Θ_S wird dabei nur aus wenigen diskreten Alternativen bestehen. Das Verfahren erlaubt es, über den Wert einer gegebenenfalls gut interpretierbaren Verlustfunktion die Qualität des Schätzers $\theta^* = (\theta_S^*, \theta_K^*, \theta_F)$ zu beurteilen.

Es wird nun erklärt und begründet, welche Parameter θ_F gesetzt werden, welche Verlustfunktion mit welchen Startwerten der Parameter θ_S benutzt und welcher Lösungsraum Θ_S zugelassen wird.

5.4.2.1 Die gesetzten Parameter θ_F

Um den Parameterraum klein zu halten und so die Parameter auf solide empirische Untersuchungen zu stützen, wurden einige Parameter aus der Literatur übernommen und die Pfade aus den in Kapitel 2 und 3 beschriebenen und analysierten Daten abgeleitet.

Die relative Risikoaversion der Repräsentativen Agenten $\gamma = 2$ wurde dabei ebenso der Literatur (z. B. Kim und Kim (2002) oder einer aktuellen empirischen Arbeit: Lioui und Malka (2004)) entnommen wie der Diskontierungsparameter $\beta = 0,95$ für Modelle mit Jahresperiode (z. B. Kim und Kim (2002)) und die Investitionskosten $i_k = 1$. Die Abschreibungsrate $\delta = 0,05$ wurde in Kapitel 3.2 bestimmt.

Als Anfangswerte für die Simulation waren die initialen Kapitalintensitäten erforderlich. In der Simulation wird davon ausgegangen, dass sich der Westen und der Rest der Welt zu Beginn im Steady State befinden. Es wird deshalb lediglich die Anfangskapitalintensität aus Kapitel 2 von $k_{o1991}/k_{w1991} = 38\%$ für den Osten benötigt. Das Größenverhältnis Ost-West mit 1 : 3 rechtfertigt sich durch die grobe Approximation der Bevölkerungszahlen 20 Mio. : 60 Mio. Das Verhältnis der Bevölkerung Deutschlands zum Rest der Welt wurde durch das Verhältnis des BSPs Deutschlands zu dem mit den Exportverhältnissen gewichteten Durchschnitts-Bruttosozialprodukt des Rests der Welt

$$\frac{Y_{Welt}}{Y_D} = \frac{\sum_i Y_i \frac{Ex_{Di}}{Ex_D}}{Y_D}$$

abgeschätzt. Mit den Daten aus Statistisches Bundesamt (1996) für 1995, insbesondere dem BSP Deutschlands, 2 075 Mrd. US-Dollar, ergab sich für das Verhältnis $Y_{Welt}/Y_D = 3,27$ (Tabelle 5.1).

Tabelle 5.1:

Mit deutschen Exportanteilen gewichtetes Bruttosozialprodukt der Welt

| Kontinent i | BSP Y_i Mrd. US\$ | Exporte $Ex_{D,i}$ Mrd. DM | Exportanteile ¹ $\frac{Ex_{D,i}}{\sum_i Ex_{D,i}}$ % | $\frac{Ex_{D,i}}{\sum_i Ex_{D,i}} Y_i$ | $\frac{Ex_{D,i}}{\sum_i Ex_{D,i}} \frac{Y_i}{Y_D}$ |
|------------------|---------------------------|----------------------------------|---|--|--|
| Europa | 6,797 ² | 532 | 0,73 | 4,980 | 2,40 |
| Amerika | 8,810 | 77 | 0,11 | 939 | 0,45 |
| Asien | 6,656 | 94 | 0,13 | 864 | 0,42 |
| Afrika | 0,387 | 15 | 0,02 | 8 | 0,00 |
| Australien | 0,375 | 6 | 0,01 | 3 | 0,00 |
| Summe | 23,027 | 726 | 1,00 | 6,796 | 3,27 |

¹ Benutzte man an Stelle der Exporte die Summe aus Exporten und Importen, änderte sich bis auf 1% nichts. –² Ohne Deutschland

Quellen: Statistisches Bundesamt (1996); eigene Berechnungen.

Der Einfachheit wegen wird mit dem Verhältnis $L_D : L_{Welt} = 1 : 5$ gearbeitet, sodass sich die Verhältnisse

$$L_{ost} : L_{west} : L_{Welt} = 1 : 3 : 20$$

ergeben.

Der Investitionsfördersatz τ_{it}^i ist Tabelle 2.2 entnommen.

5.4.2.2 Kalibrierung der Parameter θ_K

In den Simulationen werden lediglich Wanderungen zwischen Ost und West modelliert. Es gibt also keine Wanderungen zwischen dem Rest der Welt und West bzw. Ost. Sowohl die Umzugs- als auch die Anleihehaltungskosten wurden durch den Vergleich der direkt mit ihnen verbundenen Aggregate bestimmt. Das sind erstens für die Umzugskosten die Bevölkerungsentwicklung, die ausschließlich aufgrund der Ost-West-Migration entstanden ist, gemessen in $L_{o2002}/L_{o1991} = 0,95$, und zweitens für die Anleihehaltungskosten die Verschuldung im Osten, gemessen in $b_{o2002}/k_{o2002} = -0,35$ (siehe Kapitel 2).

Diese Parameter boten sich zur Kalibrierung an, da sie die übrigen endogenen Variablen nur schwach beeinflussten, also die Verschuldung und die Bevölkerungsentwicklung separabel erschienen und monoton auf die Parameterveränderungen reagierten, sodass eine manuelle Justierung mühelos war.

Wichtig ist zu betonen, dass dieser Kalibrierungsschritt jeweils neu für einen gegebenen Parameter θ_S ausgeführt werden muss.

5.4.2.3 Definition der Verlustfunktion

Um die Simulationsgüte objektiv zu beurteilen, wird ein Maß definiert, das es erlaubt, die Differenz der Datenreihen innerhalb des betrachteten Intervalls einzuschätzen. Dazu werden die Datenreihen der Simulation $x_t(\theta)$ und der gemessenen Daten $x_{t,gemessen}$ mit der

Definition 8 (Maximumsmetrik)

$$D_{x,a}(\theta) = \max_{t \geq a} \left| \frac{x_t(\theta) - x_{t,gemessen}}{x_{t,gemessen}} \right|$$

und durch den Korrelationskoeffizienten

Definition 9 (Korrelationskoeffizient)

$$Kor_{x,a}(\theta) = \rho((x_a(\theta), \dots, x_{2002}(\theta)), (x_{a,gemessen}, \dots, x_{2002,gemessen}))$$

für das Intervall $[a, 2002]$ gemessen. Während mit der Maximumsmetrik der absolute Abstand zweier Datenreihen bestimmt wird, misst der Korrelationskoeffizient die Ähnlichkeit der Bewegungen der beiden Datenreihen. Um die Güte des Modells einzuschätzen, werden diese Daten für die wichtigsten acht endogenen und bereits gemessenen Variablen-Zeitreihen

$$X = \left\{ \frac{k_{ot}}{k_{wt}}, \frac{b_{ot}}{k_{ot}}, \frac{L_{ot}}{L_{ol}}, \frac{y_{ot}}{y_{wt}}, \frac{c_{ot}}{c_{wt}}, \frac{i_{ot}}{i_{wt}}, \frac{w_{ot}}{w_{ot}}, \frac{r_{ot}}{r_{wt}} \right\}$$

berechnet und addiert. Um außerdem sowohl die Gleichheit der Bewegungsrichtung als auch die Gleichheit des Werts zu erfassen, werden die Metriken zu einer Maßzahl aggregiert, die es im Folgenden zu maximieren gilt

$$S_{Da}^{b_D}(\theta) = \sum_{x \in X} (1 | D_{x,a}(\theta) < b_D) \quad (5.92)$$

$$S_{Ka}^{b_K}(\theta) = \sum_{x \in X} (1 | Kor_{x,a}(\theta) > b_K) \quad (5.93)$$

$$S_a^{b_D, b_K}(\theta) = S_{Da}^{b_D}(\theta) + S_{Ka}^{b_K}(\theta). \quad (5.94)$$

$S_a^{b_D, b_K}(\theta)$ misst also, wie viele simulierte Variablen im Sinne der Metrik $D_{x,a}(\theta)$ einen geringeren Abstand von den gemessenen Variablen haben als b_D und wie viele eine höheren Korrelationskoeffizienten haben als b_K . Um diese unstetige Bewertung transparenter zu machen, wird $S_a^{b_D, b_K}(\theta)$ für jeweils zwei Anspruchsniveaus $b_D = \{0,1;0,2\}$ und $b_K = \{0,9;0,8\}$ bestimmt, also $S_a^{0,1;0,9}(\theta)$ und $S_a^{0,2;0,8}(\theta)$. Natürlich gilt $S_a^{0,1;0,9}(\theta) < S_a^{0,2;0,8}(\theta)$.

Als Zeitpunkt a , ab dem die Verlustfunktion aus den Daten abgeleitet wird, wird 1994 gewählt, um nicht modellierten Transitionseffekten der ersten drei Vereinigungsjahre, wie Eigentumsunsicherheiten und technologischen Anpassungen (siehe z. B. Mallok und Fritsch (1994)), kein Gewicht bei der Beurteilung der Simulationsgüte zukommen zu lassen.

5.4.2.4 Bestimmung der Parameter θ_S

Wie bereits angedeutet, wird der Suchraum Θ_S aus wenigen diskreten Alternativen zusammengesetzt. Sei T die Menge der alternativen Zeitpfade, die die Investitionsförderung im Osten beschreiben

$$T = \{\tau_{ot}^i, 0\}. \quad (5.95)$$

Es wird also nur der Zeitpfad mit der in Kapitel 3.6 bestimmten Investitionsförderung und ohne jegliche Investitionsförderung zugelassen. Weiter sei die Menge A zusammengesetzt aus den in Betracht gezogenen α .

$$A = \{0,43; 0,33\}. \quad (5.96)$$

Die für α zulässigen Werte umfassen den in Kapitel 3.6 aus dem Faktoranteil bestimmten Wert $\alpha = 0,43$ und den in der RBC-Literatur benutzten Wert $\alpha = 0,33$. Schließlich ist Z die Menge der Dupel, die die lineare Entwicklung der technischen Effizienz beschreiben

$$Z = \{(0,63; 0,01), (0,75; 0,0036)\}.$$

Hierfür seien der aus der Schätzung in Kapitel 3 entnommene Entwicklungspfad der technischen Effizienz und ein Dupel mit einer höheren initialen technischen Effizienz und einem langsameren Konvergenzpfad, der so gewählt ist, dass die vollständige technische Effizienz genau nach der doppelten Zeit erreicht wird wie im geschätzten Fall, zugrunde gelegt.

Die Zusammensetzung des Suchraums erfolgt ad hoc. Ob dies zu einer Einschränkung der Qualität des Schätzers führt, ist nicht zu abzusehen. Allerdings kann durch die Verlustfunktion direkt beurteilt werden, welche Qualität die Prognose besitzt. Der Suchraum Θ_S soll dann lauten

$$\Theta_S = T \times Z \times A.$$

Nachdem nun die Setzung der Parameter θ_F und die Konstruktion des Suchraums Θ_S erklärt wurden, wird der Pfad zum Optimum exemplarisch erläutert (Tabelle 5.2). Als Startwerte θ_S dieses Pfads werden die Werte $\theta_S = (\tau_{ot}^i, (0,37; 0,01); 0,43)$ aus den Partialanalysen gewählt.

Mit diesen Startwerten werden nun in Schritt A u_k und b_k kalibriert. Man erhält $b_k = 3,5/1000$ und $u_k = 2000$. Die sich für diese Parameterspezifikation ergebende Anpassungsgüte zeigt, dass nur zwei Variablen weniger als 10% von den gemessenen Werten abweichen. Die übrigen Variablen weichen sogar um mehr als mindestens 20% ab. Der Korrelationskoeffizient zeigt nur für drei Variablen einen Wert von über 0,9. Eine weitere besitzt einen Korrelationskoeffizienten zwischen 0,9 und 0,8.

Ausgehend von diesem Referenzszenario wurde der Erklärungsgehalt der Investitionsförderung überprüft (Schritt B). Mit dem Parameterpfad $\tau_{ot}^i = 0$ verbesserte sich der Wert der Korrelationskoeffizienten um zwei Variablen auf über 0,9. Sogar vier weitere Variablen erreichten mehr als 0,8. Weniger deutlich verbesserten sich die Werte der Maximumsmetrik. So fiel die Anzahl der Variablen, die maximal um weniger als 0,1 von den gemessenen abweichen, um eine Variable, aber vier wichen maximal um weniger als 0,2 ab. Ohne Investitionsförderung als erklärende Variable lieferte das Modell also eine deutlich höhere Übereinstimmung der simulierten Daten mit den gemessenen.

In Schritt C wurde die Entwicklung der technischen Effizienz variiert. Dazu wurde der Pfad mit einer höheren Ausgangseffizienz und einer niedrigeren Konvergenzgeschwindigkeit gewählt. Dies hatte zur Folge, dass eine Variable mehr um weniger als 10% von den gemessenen Werten in der Maximumsmetrik abwich und die Anzahl der Variablen innerhalb der 20%-Grenze konstant blieb. Auch vergrößerte sich die Anzahl der Variablen, die eine Korrelation von mindestens 0,9 und mindestens 0,8 aufwies, um jeweils zwei. Auch die Einführung dieses Pfads der technischen Effizienz vergrößerte also die Übereinstimmung der Modellvorhersage mit den gemessenen Daten.

Im Schritt D wurde schließlich der Technologieparameter α auf 0,33 gesenkt. Dadurch verschlechterte sich die Anzahl der Variablen, die eine hohe Korrelation aufwiesen, um jeweils eine; dies wurde aber durch eine in der Maximumsmetrik um drei vergrößerte Anzahl von Variablen mehr als kompensiert.

Die Intuition ist, dass das Weglassen der Investitionsförderung und die Wahl eines initial langsameren, aber höheren technischen Effizienzpfads zusammen mit einem niedrigeren Technologieparameter der CD-Funktion die gemessenen Daten am besten beschreibt. Somit ist das Verfahren im weitesten Sinne als eine Schätzung zu verstehen.

Es ist möglich, dass das Modell fehlspezifiziert ist. Allerdings bietet das Modell die Möglichkeit einer konsistenten Schätzung der Parameter an und nutzt somit mehr Information über die ökonomischen Zusammenhänge, um eine bessere Schätzung zu ermöglichen.

Mit den so quantifizierten Parametern ist nun ein Szenario definiert, das als Grundlage der weiteren Arbeit dient. Es wird zunächst detaillierter darauf eingegangen, welche Variablen welche Differenzen zu den gemessenen Werten aufweisen. Anschließend wird mit den Parametern eine Prognosesimulation erfolgen, die ökonomisch in einzelne funktionelle Phasen gegliedert wird.

5.4.2.5 Standardszenario

Die in diesem Kapitel erörterten Verhaltens-, Technologie- und Kostenparameter sowie Anfangswerte, Politik- und Friktionsszenarios für alle betrachteten Regio-

Tabelle 5.2:

Werte der Parameter, Kalibrierung und der Verlustfunktion entlang eines Pfads A bis D zum Optimum

| Parameter-Quantifikation | | | | |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Schritte | A | B | C | D |
| 1. gesetzte Parameter | | | | |
| α | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,33 |
| z_0 | 0,63 | 0,63 | | |
| z_m | 0,01 | 0,01 | | |
| τ_i | j | 0 | 0 | 0 |
| 2. Kalibrierung | | | | |
| 2.1 Zielwerte endogener Variablen | | | | |
| b_{12o}/k_{12o} | 0,35 | | | |
| L_{12o}/L_{1o} | 0,95 | | | |
| 2.2 kalibrierte Parameterwerte | | | | |
| z_0 | | | 0,75 | 0,75 |
| z_m | | | $\frac{0,36}{100}$ | $\frac{0,36}{100}$ |
| b_k | $\frac{3,5}{1000}$ | $\frac{0,7}{1000}$ | $\frac{1}{1000}$ | $\frac{18}{1000}$ |
| u_k | 2000 | 2600 | 2600 | 800 |
| 3. Bewertungsmaßzahlen | | | | |
| $S_{D1994}^{0,1}(S_{D1994}^{0,2})$ | 2 ₍₂₎ | 1 ₍₄₎ | 2 ₍₄₎ | 4 ₍₅₎ |
| $S_{K1994}^{0,9}(S_{K1994}^{0,8})$ | 3 ₍₄₎ | 4 ₍₆₎ | 6 ₍₈₎ | 5 ₍₇₎ |
| $S_{1994}^{0,1,0,9}(S_{1994}^{0,2,0,8})$ | 5 ₍₆₎ | 5 ₍₁₀₎ | 8 ₍₁₂₎ | 9 ₍₁₂₎ |

Quelle: Eigene Berechnungen.

nen sind in Tabelle 5.3 zusammengefasst. Die Simulationen mit diesem Parametersatz werden als das Standardszenario (Bezeichnung in den Abbildungen als „Stand“) bezeichnet. Mit den Parametern des Standardszenarios kann eine Lösung des Modells vorgenommen werden. Dadurch wird es möglich, das Verhält-

Tabelle 5.3:
Simulationsparameter

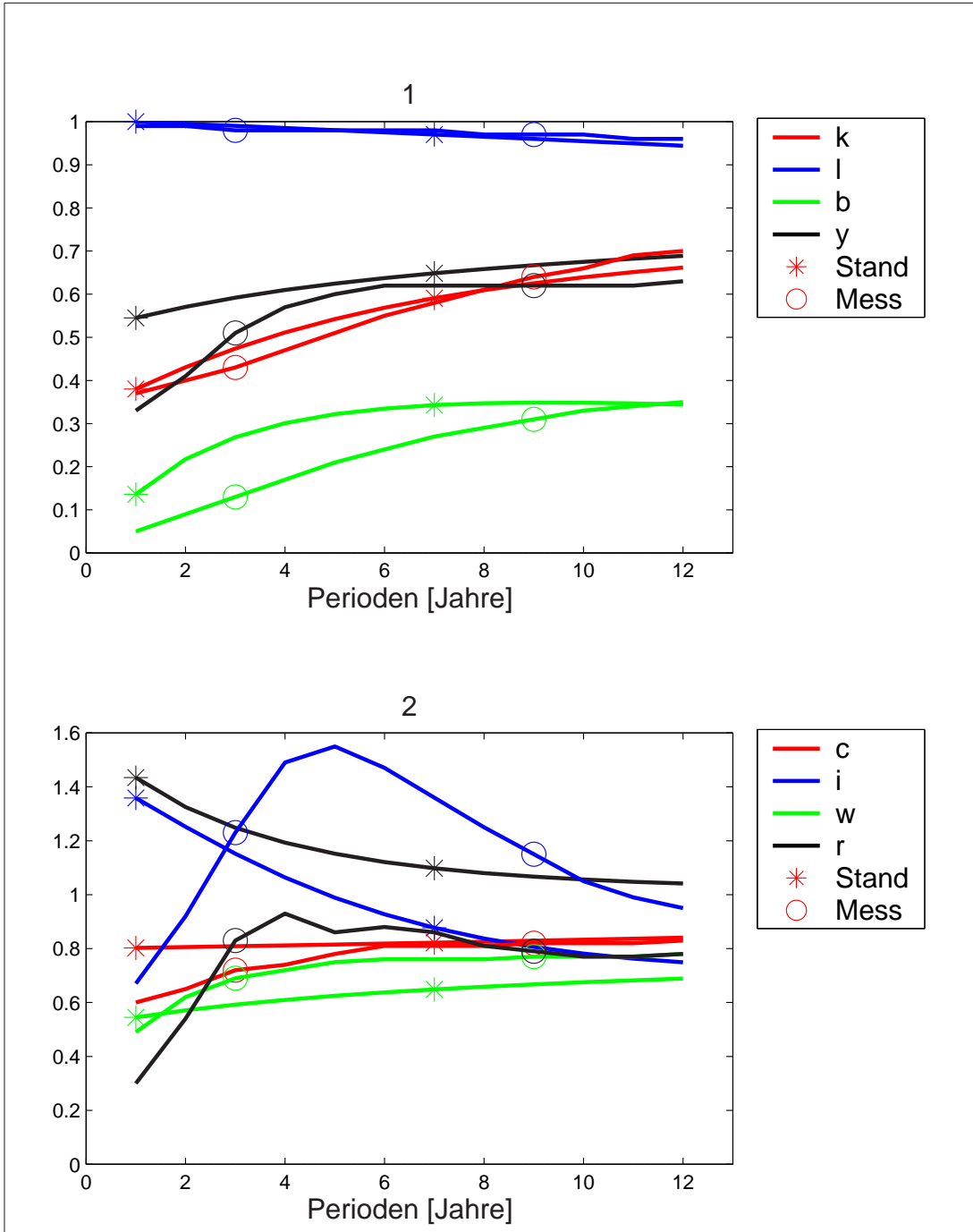
| Parameter | Ost | West | Welt |
|--------------------------------------|--|----------|----------|
| Verhaltens- und Technologieparameter | | | |
| α | 0,33 | 0,33 | 0,33 |
| β | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| δ | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| γ | 2 | 2 | 2 |
| Kostenparameter | | | |
| u_k | 800 | 800 | \ |
| i_k | 1 | 1 | 1 |
| b_k | 0,0018 | 0,0018 | 0,0018 |
| Anfangswerte | | | |
| k_0 | $0,38k_{ss}$ | k_{ss} | k_{ss} |
| L_0 | 1 | 3 | 20 |
| Politik-, Friktionsszenario | | | |
| z^{TFP} | $1 - \left[\frac{1}{4} - \frac{0,36(t-1)}{100} \right]^+$ | 1 | 1 |
| z^L | 1 | 1 | 1 |
| tr | $1 - z_{to}^{TFP}$ | 0 | 0 |
| td | siehe Text | 0 | 0 |

Quelle: Eigene Setzung.

nis von Simulation und real beobachteten Daten zu untersuchen. Dazu werden die Ost-West-Verhältnisse von Aggregaten und Preisen verglichen. Diese sind in den Abbildungen 5.1.1 und 5.1.2 während der ersten elf Jahre des Wiedervereinigungsprozesses dargestellt. Die Kurven der gemessenen Datenreihen, die der deskriptiven Analyse in Kapitel 2 zugrunde liegen, sind mit „Mess“ beschriftet, die des Standardszenarios mit „Stand“. Es zeigt sich, dass die gemessenen und simulierten Kurven von Bevölkerung (L , Abbildung 5.1.1) und Kapitalstock (k , Abbildung 5.1.1) nahe beieinander liegen, von dem Modell also gut erklärt werden. Dagegen weichen die Kurven von Investitionen (i , Abbildung 5.1.2) und Zinsen (r , Abbildung 5.1.2) beträchtlich voneinander ab.

Für den Zeitraum 1994 bis 2002 ergeben sich die in Tabelle 5.4 dargestellten Werte. Geht man von einem Anspruchsniveau von maximal 10% Abweichung im Betrag des Verhältnisses der Simulationsdaten zu den gemessenen Daten und einem Korrelationskoeffizienten zwischen ihnen von 0,9 aus, so werden die Daten für die Ost-West-Verhältnisse von Kapitalstock und die Bevölkerung „gut“ in-

Abbildung 5.1:
Standard-Simulation Ost-West-Verhältnisse



Verschuldung b (Legende) als Verhältnis b_{ot}/k_{ot} und Bevölkerung l (Legende) als Verhältnis L_{ot}/L_{0t} eingetragen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 5.4:

Simulationsabweichungen Maximumsmetrik und Korrelationskoeffizient

| Norm | k | b | L | y | c | i | r | w |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $D_{x,1994}(\theta^*)$ | 0,09 | 0,77 | 0,02 | 0,10 | 0,10 | 0,37 | 0,37 | 0,17 |
| $Kor_{x,1994}(\theta^*)$ | 1,00 | 0,57 | 0,93 | 0,82 | 0,82 | 0,93 | 0,95 | 0,91 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

nerhalb des Zeitraums 1994 bis 2002 erklärt. Die Produktion und der Konsum erfüllen die Niveau-Abstandsbedingungen, weisen jedoch nur eine Korrelation von über 0,8 aus. Die Faktorpreise und die Investitionen erreichen eine Korrelation von mehr als 0,9 und liegen im Niveau um mehr als 17 Prozentpunkte abseits der gemessenen Daten.

Das Lohnverhältnis verfehlt das Anspruchsniveau von 10% um lediglich sieben Prozentpunkte. Somit wird für fünf der acht Datenreihen eine „befriedigende“ Simulationsgüte in den Niveaus erzielt und für sieben der Variablen sogar eine „befriedigende“ Korrelation mit den gemessenen Daten von mehr als 0,8. Dieses Ergebnis rechtfertigt die Nutzung des Modells als Erklärungsinstrument in den weiteren Kapiteln.

Dennoch ergeben sich bei drei von acht Aggregaten und Faktorpreisen substantielle Differenzen in den Verschuldungs-, Investitions- und Zinsverhältnissen im Niveau.

Die simulierten Investitionen erreichen quantitativ zwar die Größenordnung der gemessenen Werte, allerdings zu einem rund fünf Jahre früheren Zeitpunkt. Wie auch bei der Produktion könnten nicht modellierte transitionsbedingte Effekte einen „Investitionsboom“ verzögert haben. Im Zusammenhang damit könnte auch das langsamere Ansteigen der gemessenen Ost-Verschuldung auf das kalibrierte Verhältnis 35% [b_{o2002}/k_{o2002}] Verschuldung pro Kapitalstock 2002 stehen. Der Mittelbedarf fällt in der Simulation aufgrund des früheren Einsetzens der Investitionen zu Beginn der Vereinigung größer aus und führt deshalb zu den beobachteten Abweichungen.

Die Simulation erfolgt ohne die Berücksichtigung der gerade zu Beginn der Vereinigung hohen Subventionen, die 1993 bis zu 25% der Investitionen ausmachten. Erst dadurch ergibt sich die Simulationsgüte. So wäre mit der Berücksichtigung der Subventionen 1994 die Kapitalintensität im Vergleich zum Westen 24% höher als in der Simulation ohne Subventionen, die die gemessenen Daten für fünf der acht beobachteten Datenreihen „befriedigend“ im Niveau erklärt. Die Berücksichtigung der Subventionen verschlechtert die Erklärungsgüte des Modells also erheblich.

5.4.3 Arbeitsangebot

Bislang wurde eine detaillierte Analyse des Arbeitsmarkts mit Arbeitsangebot und Friktionen des Arbeitsmarkts zurückgestellt. Wie bereits im Kapitel 2 festgestellt, liegt die Arbeitszeit (gemessen in Arbeitsstunden pro Erwerbstätigen) im Osten 1995 um 9%, bis 2002 7% über dem Westniveau. Gleichzeitig ist die Arbeitslosenquote im Osten um rund 10% höher als im Westen. Um die individuelle Arbeitszeit zu modellieren, wird das Modell um je ein Gut lokaler Arbeit erweitert. Dieses Gut Arbeit wird in die Periodennutzenfunktion aufgenommen, sodass das individuelle Optimierungsproblem auch das individuelle Arbeitsangebot enthält. Daraus ergibt sich die zusätzliche Optimalitätsbedingung mit der Variablen e für Freizeit

$$\frac{U_e(c, e)}{U_c(c, e)} = -\frac{1}{w} \quad (5.97)$$

mit der Zeit-Ressourcen-Beschränkung $1 = e + l$. Im Modell wirken zwei Friktionen auf das individuelle Arbeitsangebot. Das ist erstens der Transfer und zweitens die niedrige Produktivität.

Um eine Intuition über die gemeinsame Wirkung auf die Arbeitsmenge l^* zu bekommen, die sich jetzt auch aus dem individuellen Arbeitsangebot bestimmt, betrachte man das statische Zwei-Güter Modell.

$$\max_{c, e} U(c, e) \quad (5.98)$$

$$s.t.: c = wl + tr \quad (5.99)$$

$$s.t.: e + l = 1 \quad (5.100)$$

$$f(z, l) = zl^{1-\alpha}. \quad (5.101)$$

Das Individuum maximiere seine Nutzenfunktion U , in die positiv die Freizeit e und das Konsumniveau c eingehen, unter den Nebenbedingungen, dass die Freizeit substitutiv zur Arbeitszeit l ist. Zum Konsum steht die Produktion $f(z, l)$ und ein exogener Transfer tr zur Verfügung. Produziert wird ausschließlich mit dem Faktor Arbeit. z bezeichnet den Produktivitätsfaktor.

Die Funktionen U und f gehorchen den üblichen Regularitätsbedingungen für Nutzen- und Produktionsfunktionen, die die Existenz eines eindeutigen Gleichgewichts gewährleisten. Mit der speziellen Form der Nutzenfunktion

$$U(c, e) = \frac{(ce^\sigma)^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$

führt das zur Gleichgewichtsbedingung in der endogenen Variablen l^*

$$\frac{\sigma (zl^{*1-\alpha} + tr)}{1 - l^*} = \frac{l^{*\alpha}}{(1 - \alpha) z}.$$

Tabelle 5.5:

Transfer, der die expansive Wirkung der Produktivitätslücke auf die Arbeitsmenge egalisiert, in Abhängigkeit von σ

| σ | l_{ss} | $tr_{breakeven}$ | $\frac{tr}{y} \Big _{breakeven}$ |
|----------|----------|------------------|----------------------------------|
| 4,00 | 0,04 | 0,07 | 0,780 |
| 2,00 | 0,21 | 0,20 | 0,781 |
| 1,07 | 0,45 | 0,43 | 0,778 |
| 0,50 | 0,70 | 0,46 | 0,780 |
| 0,20 | 0,87 | 0,53 | 0,872 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

$l^*(z, \sigma, tr)$ bezeichne die Gleichgewichtslösung mit $\alpha = 0,33$ und l_{ss}^* und l^* die spezielle Lösung im Steady State $(1, \sigma, 0)$. Die numerische Lösung zeigt dann, dass eine Einschränkung der Produktivität auf $z = 0,75$ die Arbeitsmenge erhöht $l^*(1, \sigma, 0) < l^*(0,75, \sigma, 0)$. Ein zusätzlich eingeführter Transfer reduziert die Arbeitsmenge. Oberhalb eines „Break Even“-Transfers

$$tr_{breakeven} := (tr : l^*(1, \sigma, 0) = l^*(0,75, \sigma, tr_{breakeven})) \quad (5.102)$$

sinkt die Arbeitsmenge sogar unter $l^*(1, \sigma, 0)$. Tabelle 5.5 zeigt, dass das Verhältnis Break Even-Transfer zu Produktion ($f(l^*(0,75; \sigma; tr_{breakeven}))$) annähernd konstant im Parameter σ ist. Das heißt, dass der Parameter σ keinen nennenswerten Einfluss darauf hat, oberhalb welcher Transferhöhe die Arbeitsmenge für eine gegebene Produktivitätslücke negativ auf einen Transfer reagiert. Es ist eine nichtparameterabhängige Eigenschaft dieser Nutzenfunktion. Diese Unabhängigkeitseigenschaft zeigt sich auch in den Simulationen des um das Arbeitsangebot erweiterten Standard-Modells.

Grundsätzlich ist es über eine Ausdehnung des Arbeitsangebots möglich, den Konsum zu erhöhen. Im Optimum entspricht der Grenznutzen aus einer zusätzlich geleisteten Arbeitseinheit dem Grenzertrag, also dem Lohn.

Zur vollständigen Modellierung des Arbeitsmarkts wird außerdem ein Aggregationsverfahren eingeführt, das einen nicht geräumten Arbeitsmarkt erlaubt. Dabei soll die Ursache der Nichträumung keine Rolle spielen. Entscheidend ist nur, dass im Osten nicht die volle Arbeitskraft aus individuellem Arbeitsangebot l_o^s und der gesamten Bevölkerung L_o eingesetzt werden kann. Dies senkt die Produktivität bezogen auf die Bevölkerungsgröße (weiter). Es wird angenommen, dass die Arbeit so verteilt wird, dass die Individuen ihr individuelles Arbeitsangebot voll umsetzen können, sodass sich die Beschäftigung B_o aus der Arbeitsnachfrage der Unternehmen L_o^d und dem individuellen Arbeitsangebot l_o^s zu einem gegebenen,

den Wettbewerbslohn übersteigenden Lohn bestimmt zu

$$L_o > B_o = \frac{L_o^d}{l_o^s}.$$

Ein Individuum kann also entweder sein Arbeitsangebot voll durchsetzen oder es wird arbeitslos. Mit dieser Vorstellung entfaltet die Unterbeschäftigung lediglich einen Produktivitätseffekt. Von idiosynkratischen Risiken wird abgesehen. Die Größe des Produktivitätseffekts durch die Unterbeschäftigung bei einer Arbeitslosenquote von $u = 1 - \frac{B_o}{L_o}$ entspricht dann $(1 - u)^{1-\alpha}$ wegen der Beziehung

$$f(k, (1 - u) l_o^s L_o) = (1 - u)^{1-\alpha} f(k, L_o l_o^s).$$

Die Rückentwicklung dieser Friktion soll zeitlich parallel zur Rückentwicklung der Produktivitätslücke erfolgen. Zu Beginn der Simulation betrage die Überschussarbeitslosigkeit Ost 10%. Sie reduziert sich linear bis zum Verschwinden der Produktivitätslücke nach 71 Perioden auf null. Als Produktivitätsfaktor ergibt sich unter diesen Bedingungen

$$z_{ot}^{unemp} = \left(1 - \left[\frac{1}{10} + \frac{0,1(t-1)}{72} \right]^+ \right)^{1-\alpha}.$$

Die Produktionstechnologie im Osten ist dann

$$y_{ot} = z_{ot} z_{ot}^{unemp} k_{ot}^\alpha l_{ot}^{1-\alpha}.$$

Das Modell mit flexiblem Arbeitsangebot unterscheidet sich im Arbeitsvolumen von den bisher untersuchten Modellen. Um die Modelle trotzdem zu vergleichen,

1. mussten die Kostenparameter für Umzugs- und Verschuldungskosten neu kalibriert werden. Dazu wurden die Anleihehaltungskosten so gewählt, dass im Osten das Verhältnis Verschuldung zu Kapitalstock $\frac{b_{o11}}{k_{o11}}$ in Periode elf 35% beträgt. In der zweiten Stufe wurden dann die Umzugskosten so eingestellt, dass die Abwanderung ebenfalls in Periode elf 5% der ursprünglichen Ost-Bevölkerung beträgt.
2. war es erforderlich, die Darstellung auf Ost-West-Verhältnisse zu beschränken, da die Niveauvergleiche nicht aussagekräftig sind. Für die numerischen Vergleiche der Modellreaktionen genügen die Verhältnisse zu den jeweiligen Steady States.

Da es in diesem Abschnitt vorrangig darum geht, die Auswirkungen eines nicht geräumten Arbeitsmarkts und des individuellen Arbeitsangebots in Abgrenzung zum quantifizierten MMFM aufzuzeigen, werden die Parameter des MMFM nicht vollständig neu quantifiziert, sondern, außer den kalibrierten Parametern Wanderungskosten und Verschuldungskosten, übernommen.

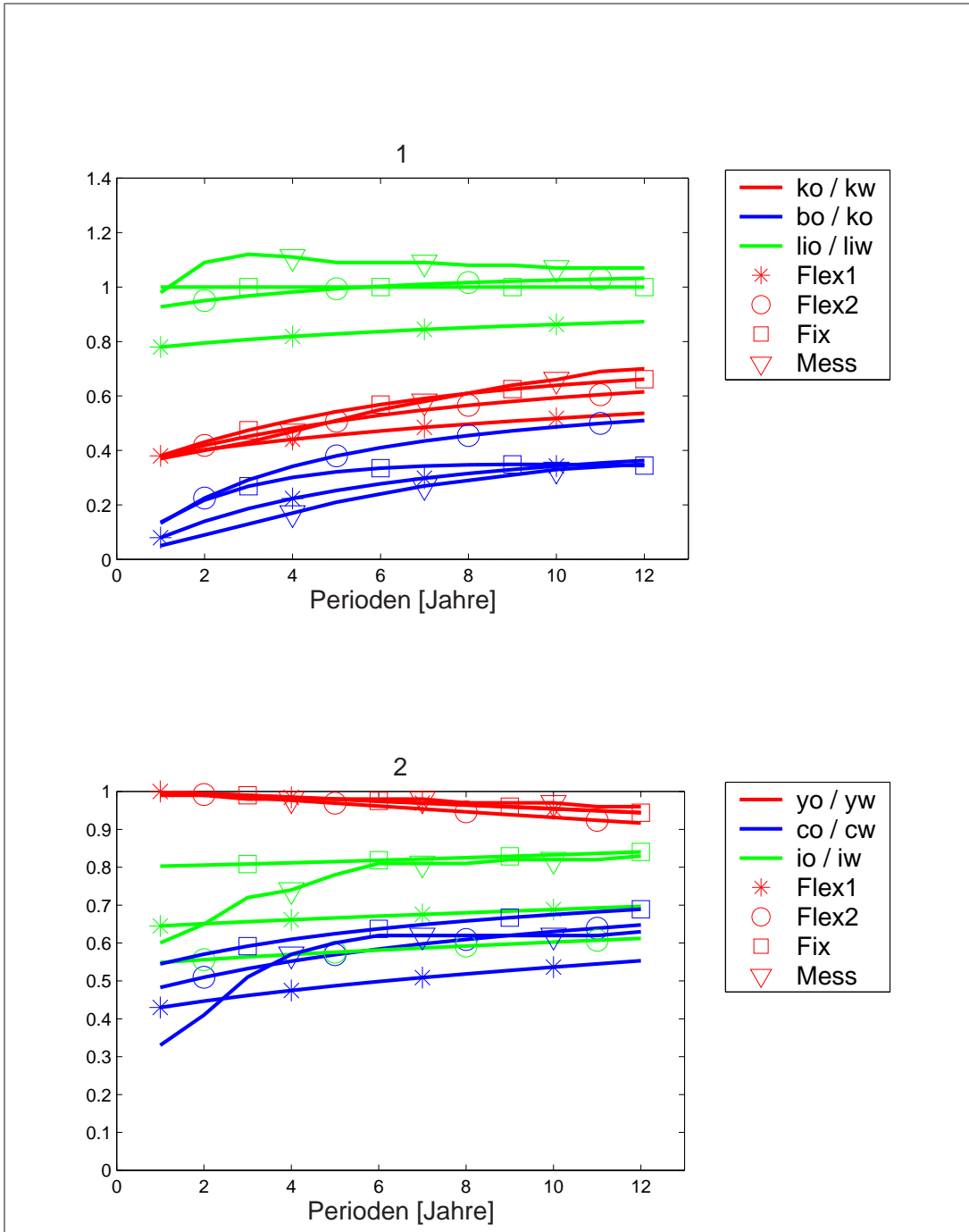
Tabelle 5.6:
Simulationsparameter Arbeitsangebot

| Symbol | ★ | ○ | □ |
|--|----------|----------|----------|
| Arbeitsangebot | Flex1 | Flex2 | Fix |
| TFP Prozess η | + | + | + |
| $z_{ot} = \left[\frac{3}{4} + \frac{0,36(t-1)}{100} \right]^+$ | | | |
| TFP Arbeitslosigkeitsdefizit | + | + | + |
| $z_{ot}^{unemp} = \left(1 - \left[\frac{1}{10} + \frac{0,1(t-1)}{70} \right]^+ \right)^{1-\alpha}$ | | | |
| Transfer | + | - | + |
| $\frac{Tr_{ot}}{c_{ot}} = 1 - z_{ot}$ | | | |
| Subvention | - | - | - |
| uk | 290 | 290 | 800 |
| bk | 0,005 | 0,005 | 0,0018 |
| σ | 1,07 | 1,07 | 0 |
| Region | O | W | Welt |
| L_0 | 1 | 3 | 20 |
| $k_0[k_{ss}]$ | 0,38 | 1 | 1 |
| Parameter | α | β | γ |
| | 0,33 | 0,95 | -2 |
| | ik | δ | b_0 |
| | 1 | 0,05 | 0 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

Mit den kalibrierten Parametern wurden drei Simulationen (Abbildung 5.2) durchgeführt, zuerst eine Simulation (★) mit Transfers, Produktivitätslücke und Arbeitsmarktfriktion. Zum Vergleich wurde dann der Transfer weggelassen (○). Beide Simulationsergebnisse wurden dann mit den gemessenen Daten (▽) und den Daten der Simulation ohne flexibles Arbeitsangebot (der Standard-Simulation, □) verglichen. Dies stellt die Wirkungen des flexiblen Arbeitsangebots heraus und gibt Hinweise darauf, ob sich die Erklärungsgüte des Modells verändert. In der Simulation mit flexiblem Arbeitsangebot sinkt die Arbeitszeit (li_t^\star , Abbildung 5.2.1) in den ersten elf Perioden um durchschnittlich 16,8% im Ost-West-Verhältnis gegenüber dem Steady State. Dabei geht sie im Osten im Vergleich zum

Abbildung 5.2:
Simulation mit Arbeitsangebot Ost-West-Verhältnisse



Verschuldung b (Legende) als Verhältnis b_{ot}/k_{ot} eingetragen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Steady State um 14,7% zurück, während sie im Westen um 2,45% stieg.²³ Dies entspricht nicht einmal qualitativ der gemessenen Ausdehnung der individuellen Arbeitszeit um 9% bis 7% im Osten (li_t^∇ , Abbildung 5.2.1, (∇) bezeichnet das in der Realität gemessene Verhältnis der Arbeitszeit in Ost und West). Aufschluss über die Ursache bietet die Simulation ohne Transfers (\circ). Dabei erhöht sich die Arbeitszeit von Periode sechs bis 115 um maximal 8,3% im Osten, während im Westen keine Änderung stattfindet. Dies schlägt sich auch im Verhältnis der Ost-West-Arbeitszeiten nieder (li_t° , Abbildung 5.2.1). Die Transfers verursachen also wie im statischen Modell im Osten einen großen positiven Einkommenseffekt, der zu einer Senkung des Arbeitsangebots führt.

Der Beschäftigungsrückgang und die durch Arbeitslosigkeit verursachte Produktivitätslücke reduzieren Produktion und die daraus entstehenden Konsum- und Investitionsmöglichkeiten (c_t^\star, i_t^\star , Abbildung 5.2.2). Dies führt wiederum zu einer niedrigeren Kapitalakkumulation (k_t^\star , Abbildung 5.2.1).

Für die Verschuldung (b_t^\star jeweils gemessen und dargestellt im Verhältnis b_{ot}/k_{ot} , Abbildung 5.2.1) ergibt sich bei flexiblem Arbeitsangebot zwar ein zu Beginn flacherer Verlauf als bei fixem Arbeitsangebot (b_t^\square , Abbildung 5.2.1), der besser zu den gemessenen Daten passt. Allerdings weichen die Kapital-, die Konsum- und die Produktionskurve wesentlich stärker ab. Die Vorhersagegüte wird durch flexibles Arbeitsangebot auch für die im Modell mit fixem Arbeitsangebot untersuchten Aggregate und Faktorpreise bis auf die Verschuldung stark verschlechtert.

Die Reaktion des Arbeitsangebots auf den Transfer ließ sich ebenfalls wie im statischen Modell nicht durch die Wahl des Parameters σ verändern. Für die Arbeitszeit bedeutet das, dass sie mit der vorliegenden Nutzenfunktion nicht erklärt werden kann. Um Fehler, die aus dieser qualitativ falschen Modellreaktion des Arbeitsangebots hervorgehen, aus der Analyse zu eliminieren, wird auf die Modellierung des Arbeitsangebots ganz verzichtet. Dies scheint quantitativ für die Modellierung der Produktion deshalb wenig problematisch, weil sich – wie oben beschrieben – die Erhöhung des individuellen Arbeitsangebots und der Arbeitslosigkeit für die gesamte Arbeitsmenge zum Teil neutralisieren.

Ein weiterer Aspekt, der graphisch nicht dargestellt ist, verdient Beachtung. Im Vergleich mit dem Modell mit fixem Arbeitsangebot, in dem die West-Produktion leicht kontrahiert (0,3% in den ersten 15 Perioden), expandiert sie durch das ausgedehnte Arbeitsangebot in den ersten 15 Perioden um durchschnittlich 0,5% über das Steady State-Niveau. Man kann also daraus schließen, dass innerhalb des Modells mit flexiblem Arbeitsangebot in jeder Periode rund 0,8% der West-Produktion vereinigungsbedingt sind.

²³ Die Daten zu den regionalen Arbeitsangeboten sind aus den Simulationsergebnissen abgelesen und nicht aus den Abbildungen abzuleiten.

5.4.4 Simulation des Modells

Nachdem im vorletzten Kapitel das Standard-(Parameter-)szenario begründet wurde, enthält das Modell mit diesen Parametern quantifiziert eine konkrete Prognose. Diese lässt sich als Lösung des Modells bestimmen.

Im vorigen Abschnitt wurde zunächst geprüft, wie nahe die Modellprognose der Periode 1994 bis 2002 an die in der Realität gemessenen Daten heranreicht – das heißt, ob und inwieweit mit der zugrunde liegenden Theorie, dem Modell und den vereinfachenden Annahmen über die Parameter und ihre Entwicklung die gemessenen Daten erklärt werden können.

Nachdem die Simulationsgüte befriedigend ausfällt, werden in den weiteren Abschnitten aus den Lösungspfaden der Aggregate und Preise für den Osten und den Westen Phasen des Vereinigungsprozesses identifiziert und daraus erste Einsichten in die Abläufe gewonnen.

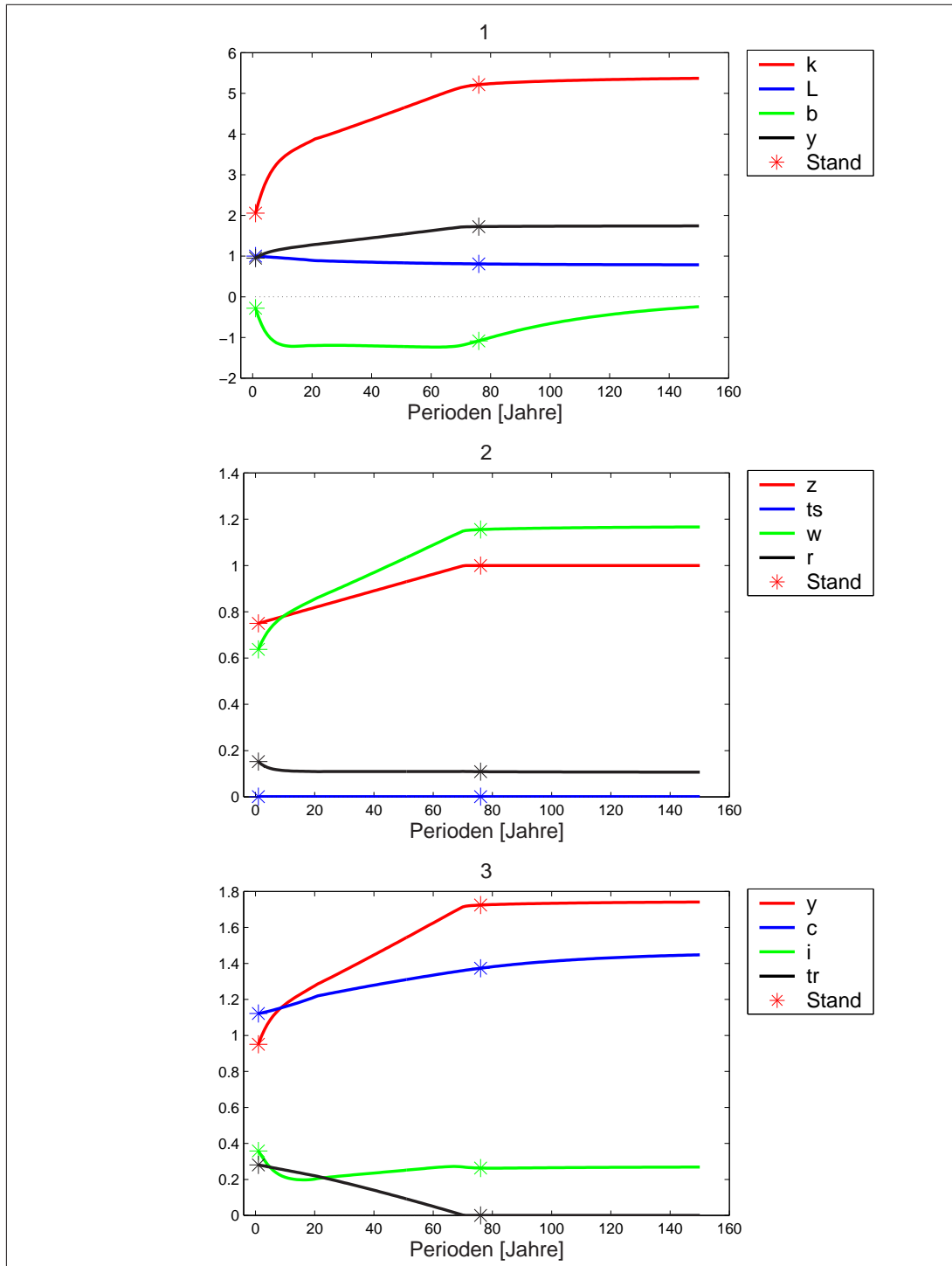
5.4.4.1 Phase I im Osten – Perioden 1 bis 9

Abbildung 5.3 beschreibt die zeitliche Entwicklung der Lösungspfade aller Aggregate, Faktorpreise und Simulationsparameter im Osten im Einzelnen. Da sich alle Kurven zum Ende der Simulationen auf ihren Steady State zubewegen, ist dessen jeweiliger Wert implizit in den Abbildungen als zeitlich letzter Wert abzulesen. Der Verlauf der Kapitalakkumulationskurve im Osten lässt erkennen, dass sich der Prozess zum Steady State im Osten in drei Phasen gliedern lässt. Zu Beginn der Simulation 1991 besteht im Osten ein Kapitalstock (k_{ot} , Abbildung 5.3.1) von 38% des Pro-Kopf-Steady State-Werts (Simulationsparameter). Bei diesem relativ zum Rest der Welt und zum Westen niedrigen Kapitalstock ist die Grenzproduktivität des Kapitals hoch.

Diese Kapitalknappheit äußert sich in einem Kapitalzins (r_{ot} , Abbildung 5.3.2), der 43% über dem Steady State-Niveau liegt. Dieser hohe Kapitalzins macht eine Verschiebung des Konsums (c_{ot} , Abbildung 5.3.3) in die Zukunft attraktiv, und die Agenten im Osten erhöhen ihre Investitionen (i_{ot} , Abbildung 5.3.3). Dieser Effekt wird durch einen Vergleich auf Basis der Investitionshöhe relativ zum Kapitalstock noch deutlicher. So erhöht sich das Verhältnis i_{ot}/k_{ot} auf das 3,48fache des Steady State-Werts. Außerdem ist das zur Verfügung stehende Güterangebot (y_{ot} , Abbildung 5.3.1) durch die Transfers (tr_{ot} , Abbildung 5.3.3) (in Höhe von zunächst 25% des Pro-Kopf-Konsums im Osten) und den Außenbeitrag²⁴ (ent-

²⁴ Im Text wird auf Außenbeitrag und Wanderungen verwiesen, obwohl diese in den Abbildungen nicht dargestellt sind. Dies geschieht mit der Absicht, den Umfang der Darstellung zu begrenzen, ohne darauf zu verzichten, die Daten zu benennen. Außerdem stellen sich die Stromgrößen Außenbeitrag und Wanderungen annähernd als zeitliche Differenzen der Bestandsgrößen Verschuldung und Bevölkerung dar und sind somit mit einer Redundanz behaftet.

Abbildung 5.3:
Standard-Simulation Ost-Daten



Mengen in Gütereinheiten, Preise in 1/Gütereinheiten.

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 5.7:
Simulationsparameter des Standard-Modells

| | | | | |
|---|----------|---------|----------|----------|
| Symbol | ★ | | | |
| Szenario | Stand | | | |
| Arbeitslosigkeit | - | | | |
| Subvention | - | | | |
| TFP Prozess | + | | | |
| $z_{ot} = 1 - \left[\frac{1}{4} - \frac{0,36(t-1)}{100} \right]^+$ | | | | |
| Transfer | + | | | |
| $\frac{Tr_{ot}}{c_{ot}} = 1 - z_{ot}$ | | | | |
| Region | O | W | W1 | |
| L_0 | 1 | 3 | 20 | |
| $k_0[\%k_{ss}]$ | 0,38 | 1 | 1 | |
| Parameter | α | β | γ | δ |
| | 0,33 | 0,95 | -2 | 0,05 |
| | ik | uk | bk | b_0 |
| | 1 | 800 | 0,0018 | 0 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

spricht der Veränderung von b_{ot} , Abbildung 5.3.1) (zunächst 29% der Produktion, schnell sinkend) vergrößert. Der Außenbeitrag ermöglicht es, Güter aus dem Westen und dem Rest der Welt zu kaufen und gegen Verzinsung zum Weltmarktzins R_t in der Folgeperiode zurückzuliefern. Der Osten macht von dieser Möglichkeit wegen des hohen Kapitalzinses Gebrauch.

Dies geschieht trotz der niedrigen Produktivität (z_{ot} , Abbildung 5.3.2) von 75% des Steady State-Niveaus, da das Kapitalstockdefizit so hoch ist, dass es die Grenzproduktivität des Kapitals viel stärker anhebt, als es die niedrige Produktivität senkt. Für die Cobb-Douglas-Produktionsfunktion $f(z, k)$ mit $\alpha = 1/3$ ergibt sich

$$\frac{f_k(0,75; 0,38k_{ss})}{f_k(1, k_{ss})} = \frac{0,75 (0,38k_{ss})^{\alpha-1}}{k_{ss}^{\alpha-1}} \quad (5.103)$$

$$= 1,42 > 1. \quad (5.104)$$

Als Motor der Kapitalakkumulation wirken in dieser Phase das Kapitalstockdefizit relativ zur niedrigen Produktivität und das Wachstum der niedrigen Produktivität. So hebt ein Produktivitätsanstieg um $z\%$ die Grenzproduktivität des Kapitals ebenfalls um $z\%$.

Der niedrige Kapitalstock, die durch ihn initiierten Investitionen und die niedrige Produktivität senken die Konsummöglichkeiten. Lediglich wegen der Transfers liegt das Konsumniveau bei 80% des Westniveaus. Die Konsumniveaudifferenz zwischen West und Ost induziert Wanderungsbewegungen (sichtbar durch die Veränderung in L_{ot} , Abbildung 5.3.1) in den Westen.

Mit dem wachsenden Kapitalstock und steigender Produktivität steigen auch Produktion und Konsumniveau, während die Grenzproduktivität des Kapitals abnimmt und somit der Zins fällt. Sobald das abnehmende Kapitalstockdefizit den Zins nur noch um „fast“ genauso viel anhebt, wie ihn die niedrige Produktivität senkt, sinkt die Investitionshöhe und damit die Kapitalakkumulationsgeschwindigkeit. Als Motor der weiteren Kapitalakkumulation wirkt von da an allein die linear steigende Produktivität. Deshalb ist die Konvergenzgeschwindigkeit aller Aggregate nach Phase I niedriger als während Phase I. Dieser Wechsel der Konvergenzgeschwindigkeiten definiert das Ende von Phase I und den Beginn von Phase II. Der Übergang lässt sich an der Abnahmerate des Kapitalzinses ablesen. Um die Phase zu definieren, sei

Definition 10 (Phase I)

$$t_{IEnde} = t_{IIStart} = \min_t \left| \frac{r_{ot+1} - r_{ot}}{r_{ot}} + 0,01 \right| = 9. \quad (5.105)$$

Phase I endet also nach neun Perioden.

5.4.4.2 Phase II im Osten – Perioden 10 bis 70

Während Phase II setzen sich die beschriebenen Entwicklungsprozesse mit niedrigerer Geschwindigkeit fort. Diese Phase endet mit Erreichen der West-Produktivität nach Periode 70. Per Definition enden gleichzeitig die Transfers. Zu diesem Zeitpunkt ist lediglich die Verschuldung (b_{ot} , Abbildung 5.3.1) im Ausland noch substantiell von ihrem Steady State-Wert verschieden. Die Verschuldung wird also ausschließlich dazu eingesetzt, das über das Produktivitätsdefizit hinausgehende Kapitalstockdefizit zu ersetzen. Die vollständige Rückzahlung erfolgt erst nach Erreichen der vollen Produktivität.

Es finden also mit dem Ende von Phase II fast alle Prozesse ein Ende.

Der Verlauf der Investitionskurve steht mit den Überlegungen zu Phase I und II im Einklang. Die Investitionen liegen zu Beginn der Simulation deutlich über

ihrem Steady State-Niveau, was sich durch die hohe Kapitalakkumulationsgeschwindigkeit verstehen lässt. Sie sinken schon während Phase I unter Steady State-Niveau und steigen während Phase II langsam auf Steady State-Niveau. Dass die Investitionen unter ihrem Steady State-Niveau – und somit im Pro-Kopf-Vergleich unter West-Niveau – liegen, bedeutet nicht, dass ein Kapitalabbau stattfindet, sondern nur, dass die Ersatzinvestitionen im Steady State wegen des größeren Kapitalstocks höher ausfallen als die Investitionen, die zum anfänglichen Kapitalstockaufbau führen. Zur Beurteilung der Investitionshöhe in Bezug auf einen Kapitalstockaufbau ist also das Verhältnis zu den Abschreibungen ausschlaggebend.

5.4.4.3 Phase III im Osten – ab Periode 71

Phase III ist durch den vollständigen Abbau der Auslandsschuld gekennzeichnet. Die Bevölkerungsbewegung endet auf dem zum Ende von Phase II erreichten Niveau von 81% des Ausgangsniveaus der Ost-Bevölkerung (78% im Steady State am Ende von Phase III).

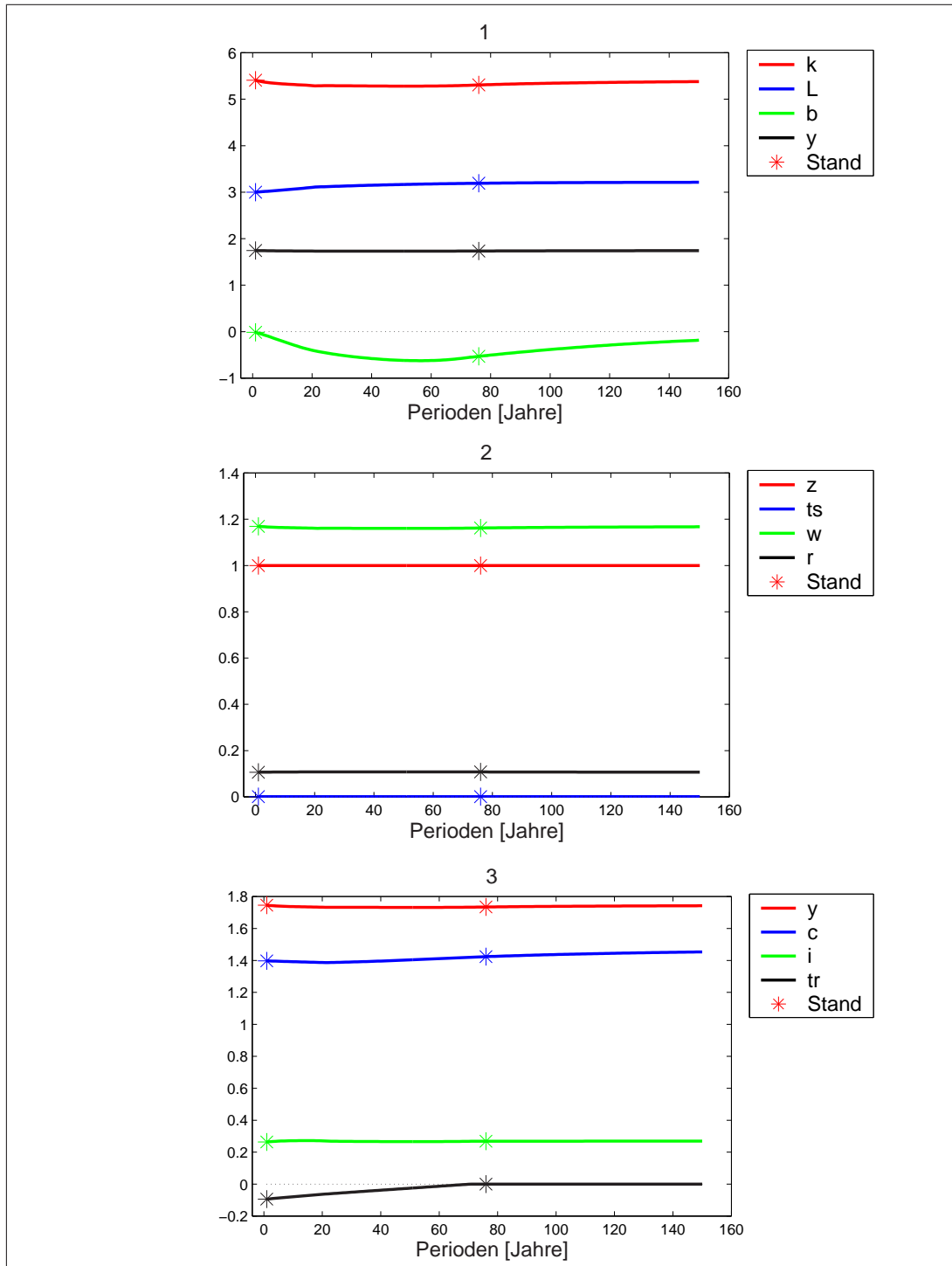
5.4.4.4 Phase I und II im Westen – Perioden 1 bis 70

Im Gegensatz zum Osten lassen sich Phase I und II in Abbildung 5.4 im Westen nicht unterscheiden. Aufgrund der Größe des Westens gegenüber dem Osten (Größenverhältnis 3 : 1) fällt eine Anpassung der Aggregate und Preise im Westen gering aus. Beeinflusst wird der Westen durch die Zuwanderung (L_{wt} , Abbildung 5.4.1) aus dem Osten (zum Ende von Phase II 19% der initialen Ost-Bevölkerung) und die Transfers (tr_{wt} , Abbildung 5.4.3) in den Osten. Die Westbevölkerung erhöht sich durch die Migration um 6,2%. Trotz dieser hohen „kapitalarmen“ Zuwanderung (Zuwanderer) sinkt die Kapitalintensität (k_{wt} , Abbildung 5.4.1) bis zum Ende der Phase II nur um 2% (höchstens 2,2% in Periode 52) unter den Steady State-Wert. Mit diesen Zahlen lässt sich einschätzen, dass das Kapitaldefizit zum Steady State zu $1 - \frac{2\%}{6,2\%} = 67,7\%$ kompensiert wird. Die Produktion im Westen (y_{wt} , Abbildung 5.4.1) bleibt deshalb nahezu unberührt.

Stärker reagiert der Pro-Kopf-Konsum (c_{wt} , Abbildung 5.4.3) im Westen. Er sinkt zu Beginn der Phase I um 4,7% unter sein Steady State-Niveau und erreicht gegen Ende von Phase II 1% bis 3,3% seines Steady State-Niveaus.

Die zur Versorgung der Migranten mit Kapital erforderlichen Investitionen (i_{wt} , Abbildung 5.4.3) können aus Konsumverzicht und Verschuldung (b_{wt} , Abbildung 5.4.1) gegenüber dem Ausland stammen. Neben der Belastung durch diesen Kapitalstockaufbau sind im Westen die Transfers (tr_{wt} , Abbildung 5.4.2) aufzubringen. Im Standardszenario verschuldet (b_{wt} , Abbildung 5.4.1) sich der Westen in Höhe von bis zu 11,8% [b_{wt}/k_{wt}] (Periode 55) seines Kapitalstocks. Dieses Maß lässt sich

Abbildung 5.4:
Standard-Simulation West-Daten



Mengen in Gütereinheiten, Preise in 1/Gütereinheiten.

Quelle: Eigene Darstellung.

als „Fremdkapitalanteil am Vermögen“ interpretieren. Um zu unterscheiden, ob diese Mittel zur Deckung des erhöhten Kapitalbedarfs eingesetzt werden oder die Transfers substituieren, wurde eine Simulation durchgeführt, bei der die Identität der aggregierten Transfers $L_{ot}tr_{ot} = L_{wt}tr_{wt}$ zwischen Ost und West aufgehoben wurde. Der Osten empfing also die gleichen Mittel wie ohne Aufhebung der Identität, aber der Westen wurde durch die Transfers nicht belastet. Das Ergebnis war, dass der Westen sich um weniger als die Hälfte (1/2,5) verschuldete. Das zeigt, dass die Hälfte der Verschuldung des Westens zur Deckung der Transferlasten verwandt wird. Die übrigen 50% werden zur Deckung des eigenen Kapitalbedarfs eingesetzt.

5.4.4.5 Phase III im Westen – ab Periode 71

Während Phase III wird die Auslandsverschuldung auf null zurückgeführt. Parallel dazu steigen auch das Pro-Kopf-Konsumniveau und die Kapitalintensität auf Steady State-Niveau.

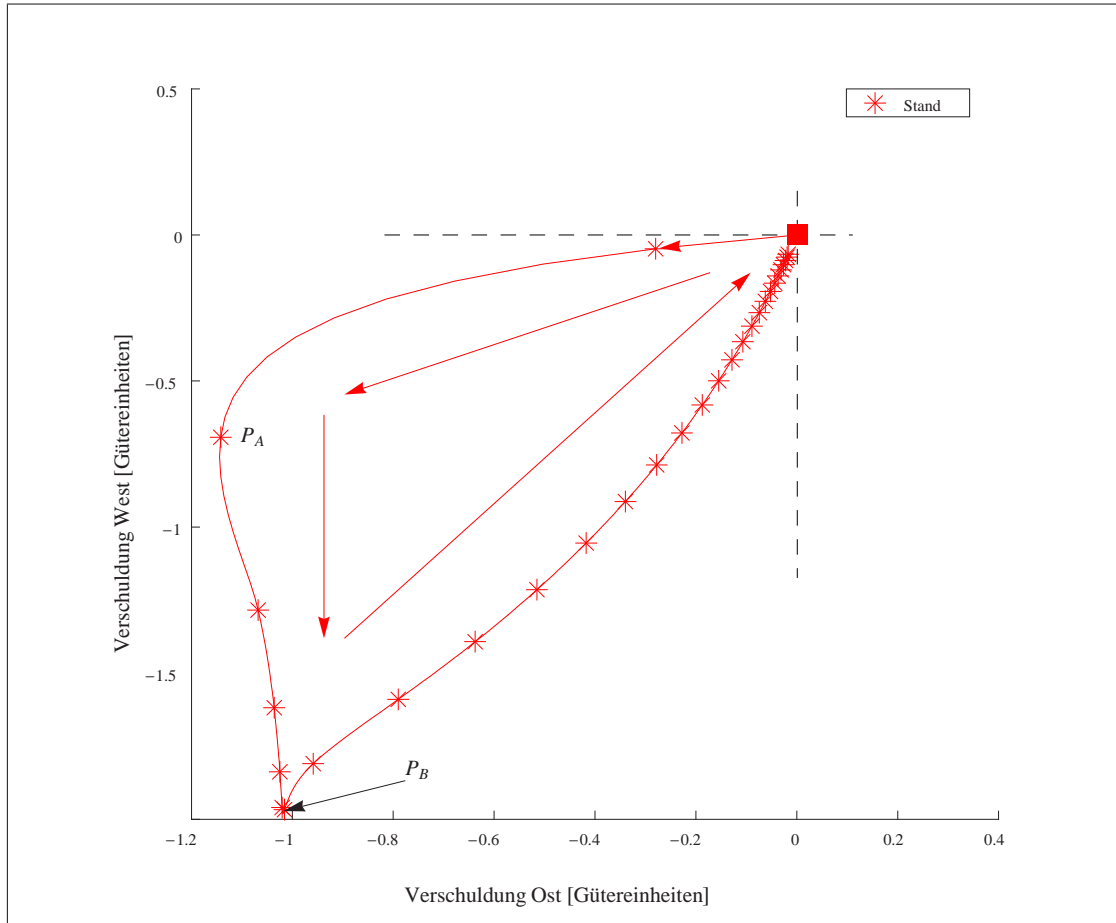
5.4.4.6 Verschuldungsphasen

Abbildung 5.5 stellt im Gegensatz zu den bisherigen Zeitreihendarstellungen die Verschuldung in einem Ost-West-Diagramm dar. Ein Punkt beschreibt die gesamte (also nicht mehr Pro-Kopf-) Verschuldung des Ostens als x-Wert und die des Westens als y-Wert. Diese Darstellung erlaubt es, die Herkunft der verwendeten Mittel einzusehen. Eine Bewegung auf einer Geraden mit der Steigung -1 entspricht einer konstanten Gesamtverschuldung von Ost und West. Entlang einer solchen Linie wird also West-Verschuldung in Ost-Verschuldung umgewandelt oder umgekehrt.

Eine Bewegung entlang der x-(y-)Achse repräsentiert einen isolierten Güteraus-tausch zwischen dem Osten (Westen) und dem Rest der Welt. Aus dieser Dar-stellung erkennt man drei Phasen der Verschuldung, unterschieden nach dem Kapitalgeber und -nehmer.

Phase A besteht aus einer Bewegung vom Nullpunkt (■, $(b_{o0}, b_{w0}) = (0, 0)$) zu einem Punkt $P_A = (-1, 12; -0, 56)$. Der Abstand der Sterne in der Abbildung beträgt zehn Perioden. Das lässt erkennen, dass Phase A der Verschuldungsent-wicklung mit der (oben) definierten Phase I nahezu übereinstimmt. Während der Phase I sind 1,67 Gütereinheiten nach Deutschland geflossen, 67% davon in den Osten und 33% in den Westen zur Finanzierung der Transfers und des Kapital-bedarfs der Zuwanderer. Die Kapitalzuflüsse aus dem Rest der Welt wirken wie ein Isolator zwischen Ost und West. Zum einen werden keine Westmittel zum Aufbau Ost über die Transfers hinaus benötigt, zum anderen werden im Westen

Abbildung 5.5:
Standard-Simulation Verschuldungsphasen



Jeweils in Gütereinheiten.

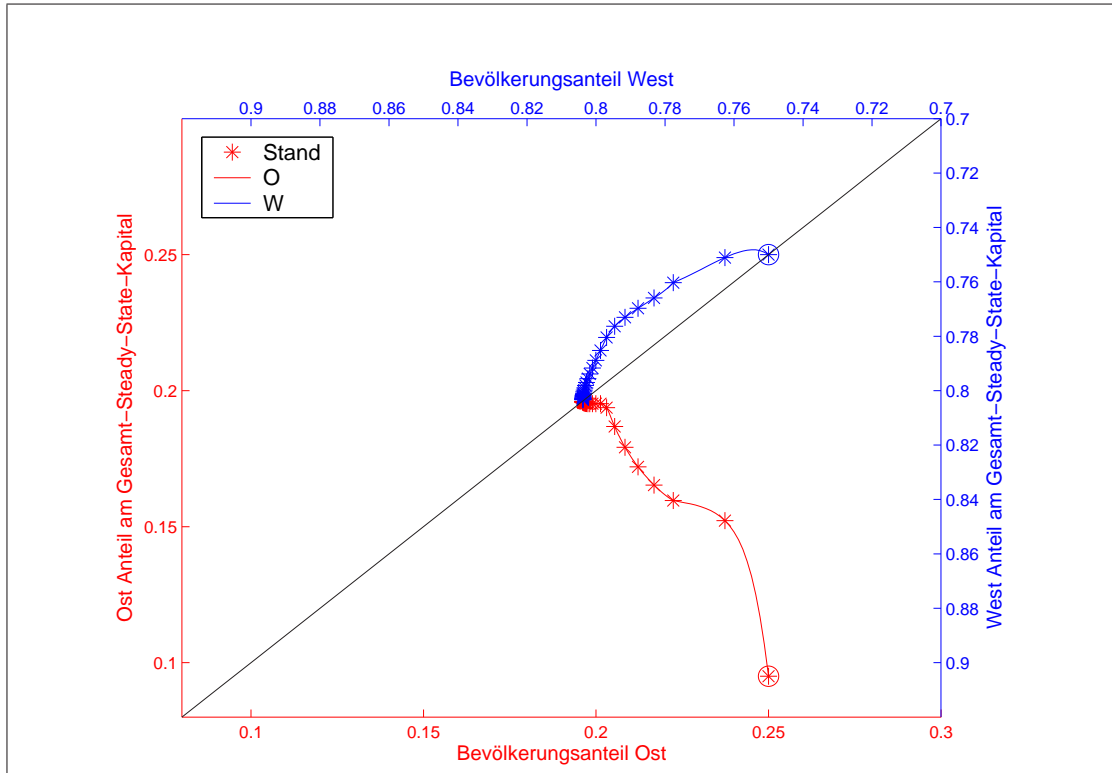
Quelle: Eigene Darstellung.

zur Finanzierung des Kapitalbedarfs aus Wanderungen und der Transfers keine Ostmittel eingesetzt.²⁵

Phase B dauert von Periode zehn bis zu einem Wendepunkt in Periode 50 P_B (-1,02; -1,95). Ab diesem Zeitpunkt ändert der Westen seine Finanzierung von Verschuldung auf Entschuldung. Er verdreifacht bis dahin seine Verschuldung und erreicht 20 Perioden vor dem Ende von Phase II sein Maximum. Die

²⁵ Tatsächlich lassen sich jedoch infolge der deutschen Wiedervereinigung empirisch substanzielle Kapitalflüsse in den Rest der Welt beobachten. Dies kann dadurch erklärt werden, dass die hohen Wachstumsraten der Produktivität vor allem in den USA eine Kapitalnachfrage ausgelöst haben, die zu Kapitaltransfers in entgegengesetzter Richtung der hier ausschließlich aufgrund der Wiedervereinigung prognostizierten geführt haben. Es wäre möglich gewesen, dies explizit zu modellieren. Allerdings wurde zugunsten der thematischen Fokussierung auf die deutsche Wiedervereinigung darauf verzichtet.

Abbildung 5.6:
Standard-Simulation Burda-Graphik



Quelle: Eigene Darstellung.

Gesamtverschuldung Deutschlands vergrößert sich um 77%. Ohne Transferbelastung liegt die Gesamtverschuldung des Westens bei einem Drittel der Werte mit Transfers.

Während der abschließenden Phase C ab Periode 50 werden die Schulden von Ost und West gegenüber dem Rest der Welt beglichen.

5.4.4.7 Burda-Graphik

Der Konvergenzprozess von Ost und West lässt sich aufschlussreich durch die graphische Darstellung der Faktorallokation nach Burda (2003) (S. 5) abbilden. Die Burda-Graphik ist der Graph der Bildpunkte einer Abbildung $B: \mathbb{R}^{2N} \rightarrow \mathbb{R}^{2N}$. N ist dabei die Anzahl der Länder ohne Migrationsbeschränkung.

Die Bevölkerung eines Landes ist L_i $i \in 1, \dots, N$. Die Summe der Bevölkerungen sei im Zeitablauf konstant L . In jeder Region i beträgt die Kapitalintensität k_{it} und die Kapitalausstattung $K_{it} = L_{it}k_{it}$. Für die feststehende Steady State-

Kapitalintensität k_{ss} lautet die Abbildungsvorschrift

$$(L_{it}, k_{it}) \rightarrow \left(\frac{L_{it}}{L}, \frac{k_{it}L_{it}}{k_{ss}L} \right) \quad (5.106)$$

$$= \left(\frac{L_{it}}{L}, \frac{K_{it}}{\sum_i^N K_{iss}} \right). \quad (5.107)$$

Die Burda-Graphik stellt die Prozesse der Kapitalakkumulation und der Bevölkerungsbewegung im Osten und im Westen dar. Damit wird das zeitliche Verhältnis der Faktorentwicklung offenbar.

Wie man sieht, besitzt die Abbildungsvorschrift die Eigenschaft, dass Bildpunkte von Ländern, deren Kapitalintensität dem Steady State-Wert entspricht, auf der Diagonalen des Quadrats $[(0,0), (1,1)]$ liegen. Das führt dazu, dass, solange die Kapitalintensitäten gegen eine eindeutige Steady State-Kapitalintensität konvergieren, auch die Bildpunkte gegen die Diagonale konvergieren.

Es ist möglich, dass in einer Region die Kapitalintensität steigt, aber der Kapitalstock sinkt. In dem Modellverständnis mit Totalenteignung der wandernden Bevölkerung ist das der Fall, wenn

$$K_t > K_{ot+1} \quad (5.108)$$

$$k_{ot}L_{ot} > k_{ot+1}L_{ot+1} = L_{ot}((1 - \delta)k_{ot} + i_{ot}) \quad (5.109)$$

$$\delta k_{ot} > i_{ot}. \quad (5.110)$$

Diese Bedingung hat nichts mit der Entwicklung der Kapitalintensität zu tun. In der Burda-Graphik ist das Gesamtkapital Ost auf der y -Achse dargestellt. Ein Sinken des Ost-Kapitals entspricht einer Bewegung in negativer y -Richtung. Die Kapitalintensität stellt sich als Steigung $m_{(P,0)}$ einer Verbindungsgeraden zwischen dem Nullpunkt und dem Punkt P dar

$$P : (L_{it}, k_{it}) \rightarrow \left(\frac{L_{it}}{L}, \frac{k_{it}L_{it}}{k_{ss}L} \right).$$

Dann ist

$$m_{(P,0)} = \frac{k_{it}}{k_{ss}}.$$

Für jeden Bildpunkt unterhalb der Diagonalen gibt es einen Bereich, der durch die Diagonale, die Verbindung des Punkts mit dem Ursprung und einer Horizontalen durch den Bildpunkt (und die Diagonale) begrenzt wird. Dieser Bereich repräsentiert Bildpunkte höherer Kapitalintensitäten (größere Steigungen) und niedrigerer Kapitalstöcke.

Für den Fall $N = 2$ bietet es sich wegen der konstanten Gesamtbevölkerung wie bei der Darstellung einer Edgeworth-Box an, zwei Graphiken mit unterschiedlichen Koordinatenursprüngen in einer Graphik gemeinsam darzustellen

$$(L_{1t}, k_{1t}) \rightarrow \left(\frac{L_{1t}}{L}, \frac{k_{1t}L_{1t}}{k_{ss}L} \right) \quad (5.111)$$

$$(L_{2t}, k_{2t}) \rightarrow \left(1 - \frac{L_{2t}}{L}, 1 - \frac{k_{2t}L_{2t}}{k_{ss}L} \right). \quad (5.112)$$

Da immer gilt, dass $\frac{L_{1t}}{L} = 1 - \frac{L_{2t}}{L}$, unterscheiden sich die Punkte der zwei Länder nur bezüglich der Koordinate der Kapitalintensität.

In Abbildung 5.6 ist auf der x-Achse der Anteil des jeweiligen Landes an der Gesamtbevölkerung aufgetragen und auf der y-Achse der Anteil des Kapitalstocks eines Landes an seinem Steady State-Kapitalstock. Die rote Achse stellt die Daten für den Osten dar, die blaue die für den Westen.

Zu Beginn der Simulation entspricht die Kapitalintensität im Westen der Steady State-Kapitalintensität. Der mit einem Kreis markierte Punkt ist der Ausgangspunkt der durch Linien verbundenen Bildtupel von (L_{2t}, k_{2t}) und (L_{2t+1}, k_{2t+1}) des Westens. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sternen liegen zehn Perioden. Die Faktortupel des Westens bewegen sich nach links, was bedeutet, dass sich die Bevölkerung im Westen erhöht und die Kapitalintensität unter Steady State-Niveau sinkt. Erst nach Abschluss der Bevölkerungsaufnahme erhöht der Westen die Kapitalintensität und konvergiert gegen die Diagonale.

Der markierte Ausgangspunkt des Ostens liegt auf der gleichen x-Koordinate wie der Ausgangspunkt des Westens. Da aber die Kapitalintensität im Osten lediglich 38% der des Westens entspricht, liegt der Ausgangspunkt deutlich unterhalb der Diagonalen. Der Abstand zur Diagonalen entspricht einem Kapitalstockdefizit. Auch in dieser Darstellung verläuft der Zeitpfad in den Steady State über deutlich unterscheidbare Phasen. Bis Periode zehn (erster Stern) ist die Bewegung zur Diagonalen steil nach links gerichtet. In den darauffolgenden Perioden setzt sie sich weniger steil nach links fort. Wieder entspricht die erste Phase zeitlich der bereits beschriebenen Phase I. In dieser Phase kommt es zu einem raschen Kapitalstockaufbau. Der Abstand der Sterne in x-Richtung bleibt ab Periode 20 etwa gleich groß, da die Abwanderungsgeschwindigkeit konstant bleibt. In der zweiten Phase nimmt der Abstand der Sterne in y-Richtung ab. Wie bereits oben beschrieben, sinkt die Kapitalakkumulationsgeschwindigkeit, was sich in dem flacheren Anstieg der Kurve niederschlägt.

5.4.5 Die Wirkung von Kapitalstockdefizit, Produktivitätslücke, Transfers und Subventionen

Um die Wirkungsweise der Friktionen Kapitalstockdefizit, Produktivitätslücke und der staatlichen Eingriffe über West-Ost-Transfers und Ost-Subventionen ge-

nauer zu untersuchen, werden sequentiell vier Simulationen durchgeführt. In der ersten werden lediglich die Auswirkungen des Kapitalstockdefizits im Osten simuliert. Anschließend wird zusätzlich der in Kapitel 5.4.2.4 begründete Pfad der technischen Effizienz im Osten hinzugefügt. Nachdem die beiden Friktionen analysiert worden sind, wird dann dargestellt, wie die Transfers wirken. Dieses Szenario entspricht dem Standardszenario, das bereits im letzten Kapitel behandelt wurde. Schließlich wird die Wirkung von Subventionen aufgezeigt.

5.4.5.1 Elastizitäten

Um die Wirkungsweise der Friktionen und Politikmaßnahmen in ihrem zeitlichen Ablauf quantifiziert einzuschätzen, sind in Tabelle 5.8 und 5.9 Durchschnittselastizitäten berechnet. Für die Simulationen m (z. B. eine Simulation mit Kapitalstockdefizit) und n (z. B. eine Simulation mit Kapitalstockdefizit und Produktivitätslücke), zwischen denen der Zeitpfad eines Parameters x_{it} des Landes i im Intervall $[1, T]$ geändert wurde, sei die durchschnittliche Parameterelastizität der endogenen Variable y_{jt} des Landes $j \in \varepsilon_{x_i y_j}^{T, \underline{T}, \bar{T}}$ im Intervall $[\underline{T}, \bar{T}]$ ($T \leq \underline{T} < \bar{T}$)

$$\varepsilon_{x_i y_j}^{T, \underline{T}, \bar{T}}(m, n) := \frac{\frac{1}{\bar{T} - \underline{T} + 1} \sum_{t=\underline{T}}^{\bar{T}} \frac{y_{mjt} - y_{njt}}{y_{mjt}}}{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{x_{mit} - x_{nit}}{x_{mit}}}. \quad (5.113)$$

Diese Größe erlaubt quantitative Einsichten in die Sensitivität der Modellreaktion während des Intervalls $[\underline{T}, \bar{T}]$ auf Veränderung von Parametern im Intervall $[1, T]$. Insbesondere für m und n ergibt die Elastizität $\varepsilon_{x_i y_i}^{T, \underline{T}, \bar{T}}(m, n)$ einen direkten Vergleich der Stärke der Reaktion zweier Variablen y_i und y_j auf die gleiche Parameterveränderung x_i .

Mit ihrer Hilfe lassen sich die gleichen quantitativen Schlüsse ziehen wie mit einer komparativ statischen Multiplikatoranalyse. Allerdings gibt es einige Unterschiede:

1. Da das Modell numerisch gelöst wurde, sind keine analytischen Multiplikatorausdrücke erhältlich. Eine direkte kausale Modellanalyse ist deshalb unmöglich. Die Analyseergebnisse entstammen also prinzipiell einer empirischen, die Modelllösung beobachtenden Methode.
2. Die Methode ist im Unterschied zu der klassischen Multiplikatoranalyse unabhängig von der „Entfernung“ des Modells zu seinem Steady State. Das ist hier von Vorteil, da die Lösungspfade zu Beginn der Simulation weit abseits des Steady States liegen.
3. Der Einfluss der Größe der Parameterveränderung kann im Unterschied zu ausschließlich marginalen Veränderungen in Multiplikatoranalysen berücksichtigt werden.

Man erkaufte sich also die realistischere Modellierung mit der Einschränkung, die Modelle nur numerisch lösen zu können. Das wiederum bedeutet den Verzicht auf die kausale Multiplikatoranalyse und ein eher statistisches Analyseverfahren.

Wichtig zum Verständnis der Methode ist das sequentielle Vorgehen. Es wird zunächst die Simulation ausschließlich mit Kapitalstockdefizit durchgeführt, anschließend die Produktivitätslücke eingeführt und aus dem Vergleich dieser beiden Simulationen die Elastizitäten der Produktivität gewonnen – und so weiter für die Friktionen Transfer und Subventionen. Die Reihenfolge der Einführung der Friktionen beeinflusst die Elastizitäten. Hier wird intuitiv die Reihenfolge der für den Osten gegebenen Friktionen Kapitalstockdefizit und Produktivitätslücke gewählt und anschließend durch die staatlichen Maßnahmen ergänzt. Die Anordnung erfolgt so abnehmend nach dem Grad der Möglichkeit zur Beeinflussung der Friktion. Das bedeutet: das Kapitalstockdefizit war gegeben; die Produktivität lässt sich möglicherweise erhöhen; eine Einstellung der staatlichen Eingriffe ist leicht vorstellbar.²⁶

Zur Notation ist zu bemerken, dass die Zeiträume $[1, T]$ der Parameteränderungen für die

1. Produktivitätslücke bis zur Konvergenz $T = 71$ Perioden,
2. Transfers definitionsgemäß bis zur Schließung der Produktivitätslücke $T = 71$ Perioden
3. Investitionsförderung bis zu ihrem Ende $T = 13$ Perioden

betragen.

In Tabelle 5.8 sind in den Spalten die Variablen aufgeführt, deren Elastizitäten bezüglich der Parameteränderungen der Szenarios in den Zeilen angegeben sind. So beträgt die durchschnittliche Elastizität des Kapitals (k) im Osten auf die Einführung der Parameter, die die Produktivitätslücke repräsentieren, im Durchschnitt der ersten 300 Perioden 1,45, im Westen 0,05. Diese Größen lassen sich absolut nur schwer interpretieren, sie zeigen aber, dass der Kapitalstock im betrachteten Zeitraum im Osten wesentlich stärker auf die Produktivitätslücke reagiert als im Westen. Es lässt sich auch daraus schließen, dass die Produktion (y) mit 1,52 ähnlich stark reagiert hat wie das Kapital.

Um ein zeitlich detailliertes Bild der Reaktionen der Variablen im Osten zu erhalten, sind in Tabelle 5.9 die Reaktionen während der drei im vorigen Kapitel definierten Phasen getrennt ausgewiesen. So reagiert das Kapital (k) im Osten auf die Einführung der Produktivitätslücke während der ersten neun Perioden im

²⁶ Es zeigt sich aber auch, dass sich die Reaktionen der Ost-Ökonomie auf die Reihenfolge der Einführung der Produktivitätslücke und des Kapitalstockdefizits nur kurzfristig unterscheiden. So wird bei vollem Kapitalstock und Produktivitätslücke der Kapitalstock schnell der Produktivität angepasst, das heißt abgebaut, sodass die Daten der Ost-Ökonomie bei beiden Reihenfolgen bereits nach zehn Perioden sehr eng beieinander liegen.

Tabelle 5.8:
Elastizitäten

| | | k | b | L | y | c | i | r | w |
|------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | $\varepsilon_{x_0 k_i}^{T,1,300}$ | $\varepsilon_{x_0 b_i}^{T,1,300}$ | $\varepsilon_{x_0 L_i}^{T,1,300}$ | $\varepsilon_{x_0 y_i}^{T,1,300}$ | $\varepsilon_{x_0 c_i}^{T,1,300}$ | $\varepsilon_{x_0 i_i}^{T,1,300}$ | $\varepsilon_{x_0 r_i}^{T,1,300}$ | $\varepsilon_{x_0 w_i}^{T,1,300}$ |
| Ost | | | | | | | | | |
| Prod | $\varepsilon_{z_0 y_o}^{72,1,300}$ | 1,45 | -0,90 | 1,33 | 1,52 | 1,53 | 1,89 | 0,06 | 1,52 |
| Trsf | $\varepsilon_{T r_0 y_o}^{72,1,300}$ | 0,01 | -0,57 | 0,15 | 0,00 | 0,14 | 0,09 | -0,01 | 0,00 |
| Subv | $\varepsilon_{T s_0 y_o}^{13,1,300}$ | 0,22 | 0,52 | 0,00 | 0,08 | -0,02 | -0,08 | -0,19 | 0,08 |
| West | | | | | | | | | |
| Prod | $\varepsilon_{z_0 y_w}^{72,1,300}$ | 0,05 | 1,33 | -0,28 | 0,02 | 0,07 | -0,06 | -0,04 | 0,02 |
| Trsf | $\varepsilon_{T r_0 y_w}^{72,1,300}$ | 0,00 | 0,34 | -0,04 | 0,00 | -0,03 | -0,02 | 0,01 | 0,00 |
| Subv | $\varepsilon_{T s_0 y_w}^{13,1,300}$ | -0,01 | -1,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,01 | 0,00 | 0,00 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

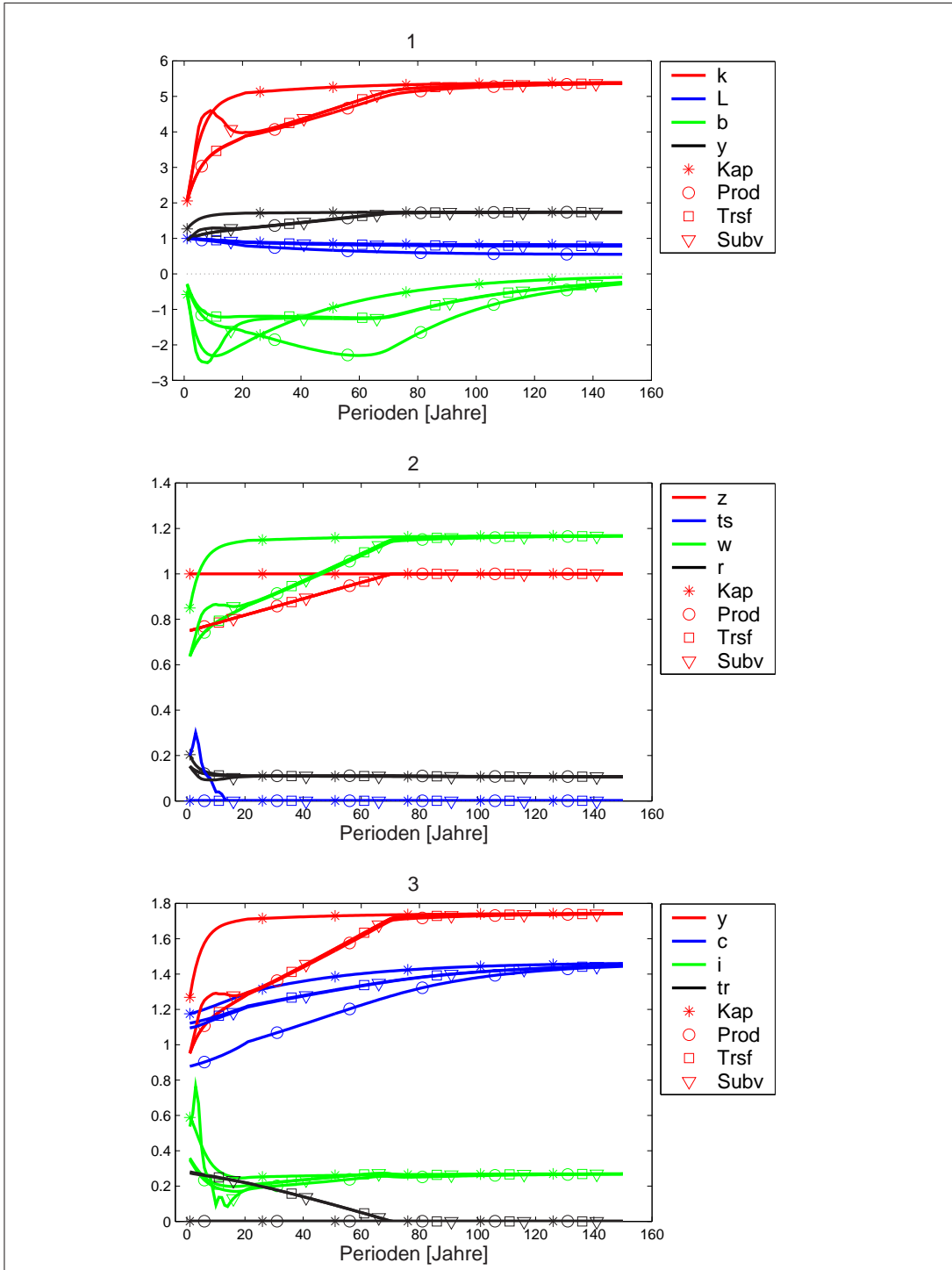
Durchschnitt mit 1,47 in etwa genauso stark wie innerhalb der Perioden zehn bis 70 mit 1,45.

5.4.5.2 Kapitalstockdefizit (★) + ...

Liegt in der Simulation im Osten lediglich ein Kapitalstockdefizit vor ((★), Abbildung 5.7), erreicht die Ost-Ökonomie bereits nach zehn Perioden annähernd (85% k_{ss}) ihren Steady State. Diese Entwicklung wird getragen von den hohen Grenzproduktivitäten des Kapitals, den daraus resultierenden hohen Zinsniveaus (r_{ot}^{\star} , Abbildung 5.7.2) und dem ihnen folgenden Kapitalakkumulationsprozess (k_{ot}^{\star} , Abbildung 5.7.1). Die Ökonomie erhöht die Verschuldung (b_{ot}^{\star} , Abbildung 5.7.1) kurzfristig auf 52% (Periode 6) des Pro-Kopf-Kapitalstocks. Der Kapitalstockaufbau wird zu einem großen Teil aus dem Ausland getragen. Einem Kapitalstockanstieg von 2,64 ($= k_{o11}^{\star} - k_{o1}^{\star}$) Einheiten steht innerhalb der ersten elf Perioden eine Verschuldung von 2,30 ($= b_{o11}^{\star}$) Einheiten gegenüber. Die zum Aufbau erforderlichen Mittel wurden über Verschuldung und Konsumverzicht (c_{ot}^{\star} , Abbildung 5.7.3) aufgebracht. Der Konsum wurde um 20% des Steady State-Niveaus reduziert. Dies hat zur Folge, dass die Ökonomie während der ersten zehn Perioden 4,2% ihrer Ausgangsbevölkerung (L_{ot}^{\star} , Abbildung 5.7.1) durch Wanderungen verliert.

Die Verschuldung (b_{wt}^{\star} , Abbildung 5.8.1) im Westen bleibt nahe null ($< 2,8\% \left[\frac{b_w}{k_w} \right]$). Die Aufbaumittel Ost stammen also fast ausschließlich aus dem Rest der Welt.

Abbildung 5.7:
Modellaufbau Ost-Daten



Mengen k, b, y, c, i in Gütereinheiten pro Kopf, Bevölkerung L in absoluter Größe, z, tr, ts Skalare, Preise w, r in $1/\text{Gütereinheiten}$.

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 5.9:
Ost-Elastizitäten nach Phasen

| Ost | | k | b | L | y | c | i | r | w |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\varepsilon_{x_o k_o}^{T, T, \bar{T}}$ | $\varepsilon_{x_o b_o}^{T, T, \bar{T}}$ | $\varepsilon_{x_o L_o}^{T, T, \bar{T}}$ | $\varepsilon_{x_o y_o}^{T, T, \bar{T}}$ | $\varepsilon_{x_o c_o}^{T, T, \bar{T}}$ | $\varepsilon_{x_o i_o}^{T, T, \bar{T}}$ | $\varepsilon_{x_o r_o}^{T, T, \bar{T}}$ | $\varepsilon_{x_o w_o}^{T, T, \bar{T}}$ |
| Prod | $\varepsilon_{z_o y_o}^{72, 1, 300}$ | 1,45 | -0,9 | 1,33 | 1,52 | 1,53 | 1,89 | 0,06 | 1,52 |
| Phase I | $\varepsilon_{z_o y_o}^{72, 1, 9}$ | 1,47 | 5,53 | 0,10 | 2,66 | 2,22 | 4,63 | 1,03 | 2,66 |
| Phase II | $\varepsilon_{z_o y_o}^{72, 10, 70}$ | 1,45 | -1,71 | 1,49 | 1,38 | 1,44 | 1,54 | -0,07 | 1,38 |
| Phase III | $\varepsilon_{z_o y_o}^{72, 70, 300}$ | 0,09 | -4,55 | 3,13 | 0,03 | 0,19 | 0,13 | -0,06 | 0,03 |
| Trsf | $\varepsilon_{T r_o y_o}^{72, 1, 300}$ | 0,01 | -0,57 | 0,15 | 0,00 | 0,14 | 0,09 | -0,01 | 0,00 |
| Phase I | $\varepsilon_{T r_o y_o}^{72, 1, 9}$ | 0,00 | -0,12 | 0,01 | 0,00 | 0,22 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Phase II | $\varepsilon_{T r_o y_o}^{72, 10, 70}$ | 0,02 | -0,63 | 0,17 | 0,01 | 0,13 | 0,09 | -0,01 | 0,01 |
| Phase III | $\varepsilon_{T r_o y_o}^{72, 70, 300}$ | 0,01 | -0,31 | 0,30 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Subv | $\varepsilon_{T s_o y_o}^{13, 1, 300}$ | 0,22 | 0,52 | 0,00 | 0,08 | -0,02 | -0,08 | -0,19 | 0,08 |
| Phase I | $\varepsilon_{T s_o y_o}^{13, 1, 9}$ | 0,21 | 0,56 | 0,00 | 0,08 | -0,02 | 0,34 | -0,18 | 0,08 |
| Phase II | $\varepsilon_{T s_o y_o}^{13, 10, 70}$ | 0,03 | 0,09 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | -0,13 | -0,02 | 0,01 |
| Phase III | $\varepsilon_{T s_o y_o}^{13, 70, 300}$ | 0,00 | 0,01 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

5.4.5.3 ... + Produktivitätslücke (○) + ...

Die Produktivität wirkt auf die Ökonomie über zwei Kanäle. Erstens entscheidet sie, in welchem Ausmaß vorhandene Faktoren genutzt werden. Zweitens verändert sie über den Zins den Anreiz, weitere Faktoren zu akkumulieren und beeinflusst damit die Faktorausstattung selbst. Die nun eingeführte Produktivitätslücke senkt den Zins, reduziert die Kapitalakkumulationsanreize durch Konsumverzicht direkt und vermindert über die Dämpfung der Produktion den Output der bereits vorhandenen Faktoren.

Bei dem in Kapitel 5.4.2.4 für den Osten definierten Produktivitätspfad (z_{ot}° , Abbildung 5.7.2) zeigt sich das darin, dass der Zins (r_{ot}° , Abbildung 5.7.2) sinkt und dass sich die Konvergenz zum Steady State erst in Periode 55, also 45 Perioden später als bei reinem Kapitalstockdefizit (k_{ot}° , Abbildung 5.7.1) mit 85% des Steady State-Kapitalstocks einstellt. Die Kapitalintensität sinkt um bis zu

Tabelle 5.10:
Simulationsparameter Modellaufbau

| Symbol | ★ | ○ | □ | ▽ |
|--|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| Szenario | Kap | Prod | Trsf | Subv |
| TFP Prozess $z_{ot} = 1 - \left[\frac{1}{4} - \frac{0,36(t-1)}{100} \right]^+$ | - | + | + | + |
| Transfer $\frac{Tr_{ot}}{c_{ot}} = 1 - z_{ot}$ | - | - | + | + |
| Subvention (Verweis) | - | - | - | + |
| Region | O | W | Welt | |
| L_0 $k_0[\%k_{ss}]$ | 1 0,38 | 3 1 | 20 1 | |
| Parameter | α 0,33 | β 0,95 | γ -2 | δ 0,05 |
| | ik 1 | uk 800 | bk 0,0018 | b_0 0 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

26% (Periode zehn) unter die bei reinem Kapitalstockdefizit. Durch die eingeschränkte Produktion (y_{ot}° , Abbildung 5.7.1) verringert sich das Konsumniveau (c_{ot}° , Abbildung 5.7.3) um bis zu 25% (Periode eins) gegenüber der Simulation mit reinem Kapitalstockdefizit. Das wiederum vergrößert die Abwanderung. So verliert der Osten aufgrund der Produktivitätslücke im Steady State 45% der (Anfangs-)Bevölkerung (L_{ot}° , Abbildung 5.7.1) im Vergleich zu 17% bei reinem Kapitalstockdefizit (L_{ot}^\star).

Diese Reaktionen sind an den Produktivitätselastizitäten abzulesen. Da die Produktivität gesunken ist, entsprechen positive (negative) Elastizitäten einem Sinken (Steigen) der zugehörigen Variablen durch Einführung der Produktivitätslücke. Sowohl der Kapitalstock, die Produktion, die Investitionen, die Löhne, der Konsum und in dessen Folge auch die Bevölkerung reagieren wie erwartet sehr elastisch ($1,89 > \varepsilon_{z_o, y_o}^{1,70}(\star, \circ) > 1,33$) auf Veränderungen der Produktivität und sinken deutlich. Auch die Verschuldung zeigt eine hohe, allerdings negative Elastizität ($\varepsilon_{z_o, b_o}^{1,70}(\star, \circ) = -0,90$). Das liegt daran, dass das Konsumniveau trotz niedriger Produktivität und großen Investitionsbedarfs durch Außenbeiträge hoch gehalten wird. Die hohen Außenbeiträge in der Frühphase kumulieren zu einer

Auslandsschuld, deren Verzinsung und Rückzahlung in späteren Perioden erfolgt. Die Rückzahlungen reduzieren den Konsum in späteren Perioden.

Es wäre nun zu erwarten gewesen, dass auch die Zinsen stark fallen. Die Zinselastizität jedoch ist wider Erwarten gering ($\varepsilon_{z_o, r_o}^{1,70}(\star, \circ) = 0,06$). Das liegt, wie ein genauerer Blick auf die Zinsentwicklung zeigt, daran, dass Durchschnittselastizitäten betrachtet werden. Der Kapitalakkumulationsprozess ist im Modell mit dem reinen Kapitalstockdefizit bereits nach zehn Perioden abgeschlossen. Während dieser zehn Perioden ist der Zins wesentlich höher als in der Simulation mit Produktivitätslücke ($\varepsilon_{z_o, r_o}^{1,10}(\star, \circ) = 1,03$). Danach sinkt er auf Steady State-Niveau und liegt lange wenig unter dem Zinsniveau der Simulation mit Produktivitätslücke ($\varepsilon_{z_o, r_o}^{10,70}(\star, \circ) = -0,07$). Bei der Durchschnittsbetrachtung über die Perioden eins bis 70 führt dies zu dem niedrigen Wert.

Durch die hohen Zuwanderungen im Westen ($\varepsilon_{z_o, L_w}^{1,70}(\star, \circ) = -0,28$) würde dort ohne zusätzliche Investitionen die Kapitalintensität sinken. Die Produktivitätselastizität des Kapitals ist aber fast null ($\varepsilon_{z_o, k_w}^{1,70}(\star, \circ) = 0,05$). Das heißt, dass im Westen trotz Zuwanderung eine erhebliche Kapitalakkumulation stattgefunden hat. Da aber die Produktion ebenfalls fast konstant geblieben ist ($\varepsilon_{z_o, y_w}^{1,70}(\star, \circ) = 0,02$), wurden die höheren Investitionen ($\varepsilon_{z_o, i_w}^{1,70}(\star, \circ) = -0,06$) durch Konsumverzicht ($\varepsilon_{z_o, c_w}^{1,70}(\star, \circ) = 0,07$) und eine Erhöhung des Außenbeitrags ($< 7,5\%$ [b_w/k_w]) ermöglicht ($\varepsilon_{z_o, b_w}^{1,70}(\star, \circ) = 1,33$).

5.4.5.4 ... + Transfers (\square) + ...

Die Transfers (tr_{ot}^{\square} , Abbildung 5.7.3, tr_{wt}^{\square} , Abbildung 5.8.3) wirken den Einschränkungen durch die Produktivitätslücke im Osten entgegen. Sie verbreitern die Angebotspalette im Osten, ohne dass Faktoren eingesetzt werden, ermöglichen damit einen höheren Konsum (c_{ot}^{\square} , Abbildung 5.7.3, $\varepsilon_{tr_o, c_o}^{1,70}(\circ, \square) = 0,14$) und verringern so das Wanderungsmotiv (L_{ot}^{\square} , Abbildung 5.7.1) direkt. Außerdem erhöhen sie die Investitionen (i_{ot}^{\square} , Abbildung 5.7.3, $\varepsilon_{tr_o, i_o}^{1,70}(\circ, \square) = 0,09$). Kapitalstock (k_{ot}^{\square} , Abbildung 5.7.1) und Produktion (y_{ot}^{\square} , Abbildung 5.7.1) bleiben davon jedoch unberührt ($\varepsilon_{tr_o, k_o}^{1,70}(\circ, \square) = 0,01$, $\varepsilon_{tr_o, y_o}^{1,70}(\circ, \square) = 0$).

So reduzieren die Transfers den Bevölkerungsverlust ($\varepsilon_{tr_o, L_o}^{1,70}(\circ, \square) = 0,15$). Im Steady State ist wegen der Transfers die Bevölkerung (78% der Ausgangsbevölkerung Ost) nahezu genauso hoch wie ohne Produktivitätslücke, aber mit Kapitalstockdefizit (82% der Ausgangsbevölkerung Ost).

Die Transfers werden auch dazu genutzt, einen Teil der Ost-Verschuldung (b_{ot}^{\square} , Abbildung 5.7.1, $\varepsilon_{tr_o, b_o}^{1,70}(\circ, \square) = -0,57$) zu substituieren.

Im Westen wirken die Transfers über die geringere Zuwanderung (L_{wt}^{\square} , Abbildung 5.8.1) und über die Finanzierung der Transfers (tr_{wt}^{\square} , Abbildung 5.8.3). Die geringere Zuwanderung reduziert die erforderlichen Investitionen (i_{wt}^{\square} , Abbildung

5.8.3, $\varepsilon_{tr_o,i_o}^{1,70}(\bigcirc, \square) = -0,02$). Die Transfers senken den Konsum weiter (c_{wt}^{\square} , Abbildung 5.8.3, $\varepsilon_{tr_o,c_w}^{1,70}(\bigcirc, \square) = -0,03$). Abgefedert werden die Belastungen durch einen Anstieg der Verschuldung (b_{wt}^{\square} , Abbildung 5.8.3, $\varepsilon_{tr_o,b_w}^{1,70}(\bigcirc, \square) = 0,34$). Auch an dieser Stelle erkennt man, dass die Transfers im Westen zu einem großen Teil schuldenfinanziert sind.

5.4.5.5 ... + Subventionen (∇)

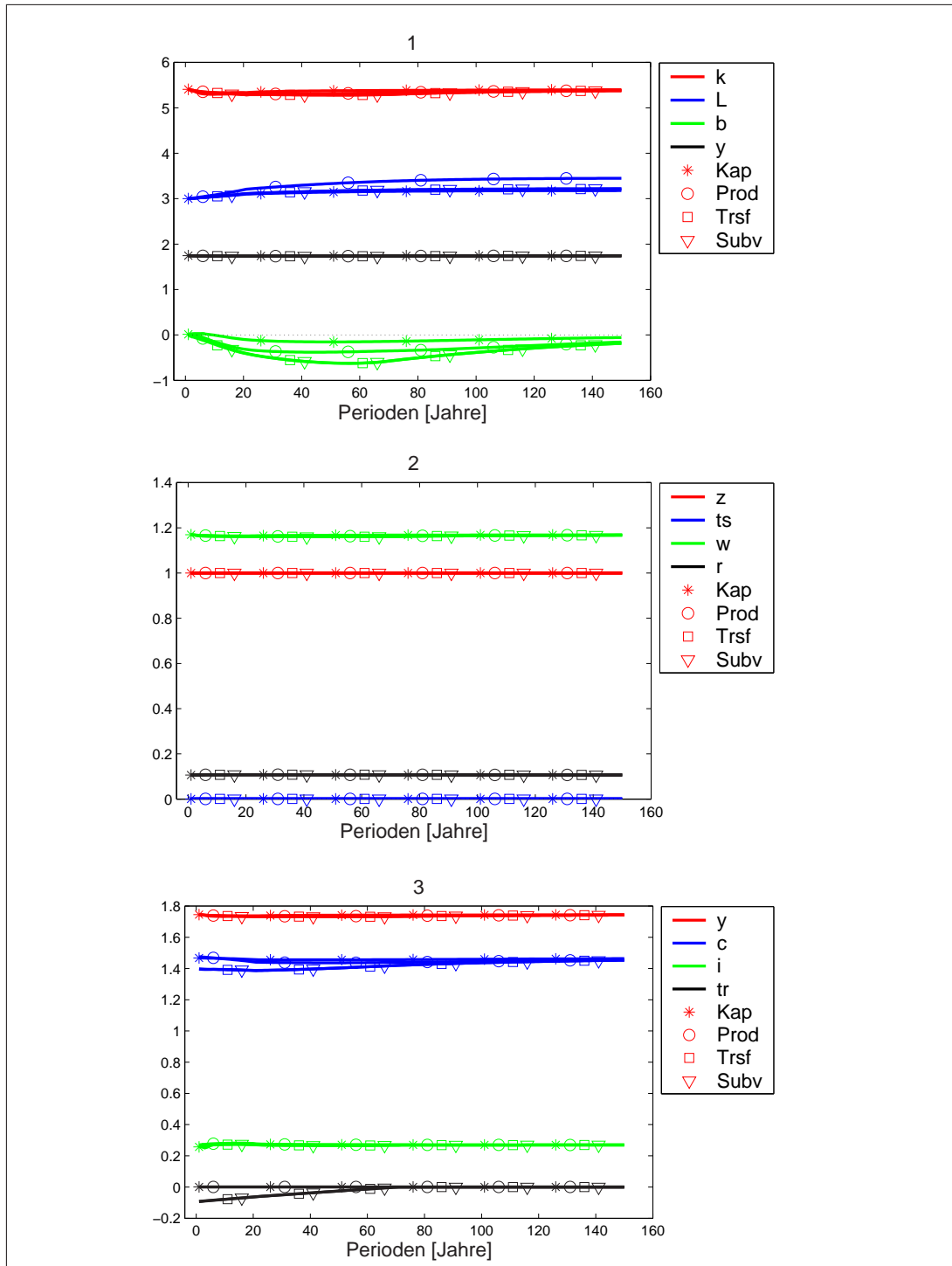
Die Elastizitäten zur Beurteilung der Wirkung der Subventionen im Osten wurden nur für die ersten 13 Perioden bestimmt, da nur in diesem Zeitraum eine Förderung stattgefunden hat. Die Subventionen im Osten (ts_{wt}^{∇} , Abbildung 5.7.2) erhöhen die einkommenswirksame Verzinsung einer Investition und vergrößern so den Investitions- gegenüber dem Konsumanreiz. Dies schlägt sich zu Beginn in ausgedehnten Investitionen (i_{ot}^{∇} , Abbildung 5.7.3, $\varepsilon_{ts_o,i_o}^{1,10}(\square, \nabla) = 0,34$) nieder. Durch den gestiegenen Kapitalbestand (k_{ot}^{∇} , Abbildung 5.7.1, $\varepsilon_{ts_o,k_o}^{1,13}(\square, \nabla) = 0,22$) wachsen die Produktion (y_{ot}^{∇} , Abbildung 5.7.1, $\varepsilon_{ts_o,y_o}^{1,13}(\square, \nabla) = 0,08$) und die Konsum- und Investitionsmöglichkeiten. Allerdings wird durch die Finanzierung der Subventionen das erhöhte Einkommen wieder gesenkt. Netto sinken die Investitionen schnell stark ($\varepsilon_{ts_o,i_o}^{10,70}(\square, \nabla) = -0,13$), während der Konsum (c_{ot}^{∇} , Abbildung 5.7.3) leicht zurückgeht ($\varepsilon_{ts_o,c_o}^{1,13}(\square, \nabla) = -0,02$). Der breitere Kapitalstock wird durch den Außenbeitrag finanziert. Dadurch vergrößert sich die Verschuldung deutlich (b_{ot}^{∇} , Abbildung 5.7.1, $\varepsilon_{ts_o,b_o}^{1,13}(\square, \nabla) = 0,52$). Die Elastizitäten unterzeichnen aufgrund der Mittelung den Effekt. Die Verschuldung nimmt in den ersten zehn Perioden im Durchschnitt auf 169% des Verhältnisses $\frac{b_{ot}^{\nabla}}{k_{ot}^{\nabla}} / \frac{b_{ot}^{\square}}{k_{ot}^{\square}}$ ohne Subventionen zu. Da der Effekt kurzfristig ist, beeinflusst er die Entwicklung nach den ersten zehn Perioden praktisch nicht ($\varepsilon_{ts_o,y_o}^{10,t}(\square, \nabla) \approx 0$).

Die Reaktionen des Westens auf die Ost-Subventionen fallen gering aus, da im Westen weder durch die Finanzierung der Subventionen weitere Belastungen entstehen, noch durch verändertes Wanderungsverhalten im Osten. Der hohe Wert von $\varepsilon_{ts_o,b_w}^{10,t}(\square, \nabla)$ spiegelt in absoluten Zahlen keine hohe Verschuldung wieder: $\left[\frac{b_{wt}^{\nabla}}{k_{wt}^{\nabla}} \right] < 1\%$.

5.4.5.6 Lastenverteilung

Im letzten Abschnitt wurden die Friktionen Produktivitätslücke, Kapitalstockdefizit und die Politikmaßnahmen Transfer und Subventionen schrittweise eingeführt und auf ihre Wirkungen untersucht. Dieser Aufbau ermöglicht es, mit einem Wohlfahrtsmaß die entstandenen Lasten gliedert nach Friktion und Ver-

Abbildung 5.8:
Modellaufbau West-Daten



Mengen k, b, y, c, i in Gütereinheiten pro Kopf, Bevölkerung L in absoluter Größe, z, tr, ts Skalare, Preise w, r in 1/Gütereinheiten.

Quelle: Eigene Darstellung.

teilung zu messen. Als Wohlfahrtsmaß W_i dient der mit dem (endogenen) Weltmarktzins bestimmte Gegenwartswert des regionalen Pro-Kopf-Konsums

$$W_i = \sum_t \left(\frac{1}{R_t} \right)^t c_{it}.$$

Wenn man sich das Szenario der Ost-Ökonomie schrittweise vom Steady State her aus dem Kapitalstockdefizit, der Produktivitätslücke, den Transfers und den Subventionen „aufgebaut“ vorstellt, kann man für jedes Szenario den Gegenwartswert des Pro-Kopf-Konsums bestimmen. Aus der Differenz der Gegenwartswerte mit Friktion (W_i^F) und ohne (W_i) lässt sich so die Einbuße an Gegenwartswert des Konsums ermitteln, die durch die Friktion verursacht wurde. Dieses Wohlfahrtskostenmaß $W_i^F - W_i$ steht in enger Beziehung zum Gegenwartswert D_i der kompensierenden Variation d_{it} , die im statischen Fall definiert ist als

Definition 11 (kompensierende Variation) d_{it} , für das gilt

$$U(c_{it}^F + d_{it}) = U(c_{it}).$$

Da U monoton und lediglich vom Konsum abhängig ist, lässt sich d_{it} ausdrücken als $d_{it} = c_{it} - c_{it}^F$. Geht man davon aus, dass der Rest der Welt sehr groß ist im Verhältnis zum Osten und Westen und deshalb die Weltmarktzinsen konstant sind, also $R_i^F \approx R_t$ gilt, folgt

$$W_i - W_i^F = \sum_t \left(\frac{1}{R_t} \right)^t c_{it} - \sum_t \left(\frac{1}{R_t^F} \right)^t c_{it}^F \quad (5.114)$$

$$\approx \sum_t \left(\frac{1}{R_t} \right)^t (c_{it} - c_{it}^F) \quad (5.115)$$

$$= \sum_t \left(\frac{1}{R_t} \right)^t d_{it} =: D_i. \quad (5.116)$$

Im Gegensatz zu D_i ist W_i in jeder Simulation separat berechenbar. Das vereinfacht die Rechnungen.²⁷ Da D_i als regionale Größe definiert ist, lässt sich die Verteilung der Wohlfahrtskosten erkennen. In Tabelle 5.11 sind in der oberen Hälfte die Gegenwartswerte des Konsums regional gegliedert und für jede Simulation

²⁷ Dieses Verfahren ist eine Variation der folgenden Definition Pedersen (1999) der kompensierenden Variation D_i :

$$\sum_t \beta^t U(c_{it}^F) = \sum_t \beta^t U(c_{it}^F + D_i).$$

Es umgeht die zeitliche Aggregationsproblematik. Die Berechnung ist jedoch aufwendiger.

Tabelle 5.11:
Verteilung der Friktionskosten im Gegenwartswert des entgangenen Konsums

| Größe | O | W | WI |
|-------------------|-------|-------|-------|
| W_i^{SS} | 27,90 | 27,90 | 27,90 |
| W_i^k | 23,89 | 27,58 | 27,71 |
| W_i^{k+z} | 18,66 | 27,39 | 27,65 |
| W_i^{k+z+tr} | 22,56 | 26,25 | 27,64 |
| $W_i^{k+z+tr+ts}$ | 22,31 | 26,24 | 27,61 |
| D_i^k | -4,01 | -0,32 | -0,19 |
| D_i^z | -5,23 | -0,19 | -0,06 |
| D_i^{tr} | 3,90 | -1,14 | -0,01 |
| D_i^{ts} | -0,25 | -0,01 | -0,03 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

(Parameterkonstellation) separat aufgeführt. Dabei bedeutet *SS* die Simulation ohne Friktion, *k* die mit Kapitalstockdefizit, *k+z* die mit Kapitalstockdefizit und Produktivitätslücke, *k+z+tr* Kapitalstockdefizit und Produktivitätslücke und West-Ost-Transfers sowie schließlich *k+z+tr+ts* alle Friktionen einschließlich Subventionen. Die Daten der unteren Hälfte der Tabelle (D_i^x , $x \in \{k, z, tr, ts\}$) beschreiben, wie sich der Gegenwartswert des Konsums in Region *i* ändert, wenn eine Friktion *x* hinzugefügt wird. So sinkt der Gegenwartswert des Konsums im Osten durch das Kapitalstockdefizit um 4,01 Einheiten. In Tabelle 5.12 sind die regionalen Anteile der Gesamtkosten der Friktionen ohne Subventionen – wie im Standardszenario – $W_i^{k+z+tr} / \sum_i W_i^{k+z+tr}$ und das Kostenverhältnis D_i^z / D_i^k , das die Kosten der Produktivitätslücke relativ zu den Kosten des Kapitalstockdefizits bemisst, aufgeführt. Es zeigt sich in Tabelle 5.11, dass

1. der Osten höhere Pro-Kopf-Lasten tragen muss als der Westen. Das Verhältnis der Kosten zu den Pro-Kopf-Gegenwartswerten des Konsums im Steady State beträgt im Osten 0,19 und im Westen 0,06. Das heißt, dass der Osten 74% der durch den Aufbau des Kapitalstocks und die Produktivitätslücke verursachten Kosten trotz der erhaltenen Transfers trägt (23% der Westen). Dabei ist zu beachten, dass die Kosten im Vergleich zum „hypothetischen“ Steady State berechnet sind, bei dem im Osten von Beginn der Vereinigung

Tabelle 5.12:
Daten zu den Kosten der Friktionen

| | Einheiten | O | W | WI |
|--------------------------------|---------------------------------|------|------|------|
| Gesamtkosten der Friktionen | $\frac{W_i^{k+z+tr}}{W_i^{SS}}$ | 0,19 | 0,06 | 0,01 |
| regionaler Kostenanteil | % | 74 | 23 | 4 |
| Kostenverhältnis $\frac{z}{k}$ | | 1,31 | 0,59 | |

Quelle: Eigene Berechnungen.

der volle Steady State-Kapitalstock besteht und die Produktivität bei 100% liegt.

Die ungleiche Lastenverteilung resultiert daraus, dass die Transfers im Osten lediglich 42% der aus der Produktivitätslücke und dem Kapitalstockdefizit stammenden Kosten abdecken.

2. die Kosten im Osten (siehe Tabelle 5.12), die aus dem Aufbau des Kapitalstocks entstehen, 30% niedriger sind als die, die aus der Produktivitätslücke resultieren. Das heißt, die Produktivitätslücke ist 30% „teurer“ als das Kapitalstockdefizit. Im Westen ist dieses Verhältnis nahezu umgekehrt (59%). Die Produktivitätslücke verursacht hier nur 59% der Kosten des Kapitalstockdefizits.

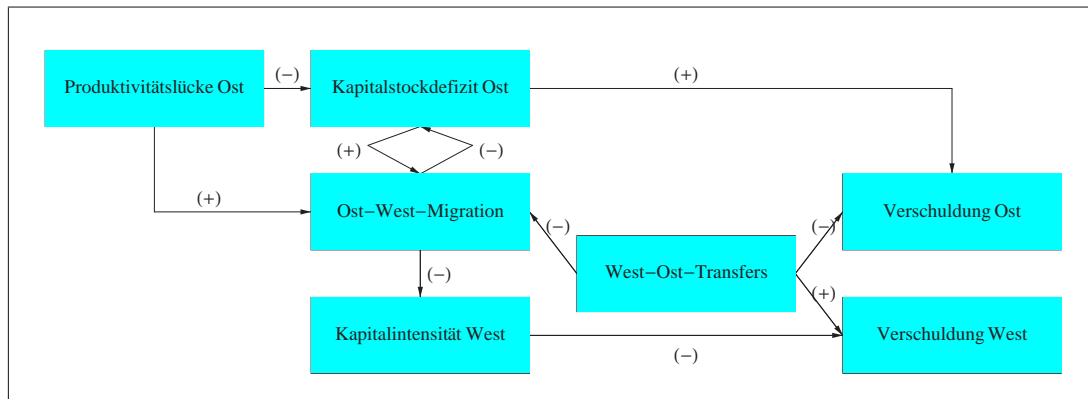
Insgesamt übersteigen die Kosten der Produktivitätslücke die des Kapitalstockdefizits um 21%.

5.5 Zusammenfassung

In diesem Abschnitt sind die entscheidenden Untersuchungen zur Beantwortung von Fragestellung 2 (Einleitung) erfolgt. Nachdem das MMFM formuliert, geschätzt und simuliert wurde, ließ es sich mit gemessenen Daten vergleichen. Dabei ergibt sich ein mit Hinblick auf Niveauabweichungen und Korrelation mit gemessenen Daten befriedigendes Ergebnis. Die Hinzunahme eines Arbeitsmarkts und elastischen Arbeitsangebots verschlechterte die Vorhersagegüte ebenso wie die Berücksichtigung von Investitionsförderung. Als Konsequenz wurde deshalb auf die Modellierung von Arbeitsangebot verzichtet.

Die Analyseergebnisse sind schematisch in Abbildung 5.9 zusammengefasst. Aus den geprüften Modellsimulationen lässt sich der Konvergenzprozess im Osten in drei Phasen gliedern. Während der ersten neun Perioden findet eine **knappheitsbedingte Kapitalakkumulation** im Osten statt. Die hohen Grenzproduktivitäten infolge des Kapitalstockdefizits erhöhen Zinsen und Investitionen.

Abbildung 5.9:
Qualitative Zusammenhänge



Quelle: Eigene Darstellung.

Damit reduziert sich das Kapitalstockdefizit von selbst. Die Kapitalakkumulation verläuft in dieser Phase deutlich schneller als in der darauffolgenden **produktivitätsgetriebenen Kapitalakkumulationsphase**. Während dieser zweiten Phase gibt die Produktivitätsentwicklung die Geschwindigkeit für weitere Investitionen vor. Das heißt, dass bei einer niedrigeren Produktivität ein niedrigerer Kapitalstock optimal ist. Dieser Zusammenhang wird in der Abbildung durch den Pfeil $(-)$ von Produktivitätslücke zu Kapitalstockdefizit symbolisiert (Abbildung: Produktivitätslücke \rightarrow Kapitalstockdefizit Ost, $(-)$).

Die im Osten durch die niedrige Produktivität und das Kapitalstockdefizit (Abbildung: Kapitalstockdefizit Ost \rightarrow Ost-West-Migration, $(+)$) eingeschränkten Konsummöglichkeiten werden durch Transfers (Abbildung: West-Ost-Transfers \rightarrow Ost-West-Migration, $(-)$) und Auslandsverschuldung (Abbildung: Kapitalstockdefizit Ost \rightarrow Verschuldung Ost, $(+)$) beim Rest der Welt reduziert. Sie werden aber nicht vollständig ausgeglichen und führen zu Abwanderungen (Abbildung: Produktivitätslücke \rightarrow Ost-West-Migration, $(+)$). Es zeigt sich weiter, dass die Transfers im Osten die Verschuldung gegen den Rest der Welt substituieren (Abbildung: West-Ost-Transfers \rightarrow Verschuldung Ost, $(-)$). Trotzdem ergibt die abschließende Wohlfahrtsanalyse, dass der Osten drei Viertel der innerdeutschen Vereinigungslasten trägt. In der abschließenden Phase entwickelt sich die Ost-Ökonomie zu einem verschuldungsfreien Steady State.

Der Westen wird durch diese Entwicklungen im Osten über zwei Kanäle beeinflusst. Erstens wird durch die Zuwanderung kapitalarmer Ost-Migranten die Kapitalintensität gesenkt (Abbildung: Ost-West-Migration \rightarrow Kapitalintensität West, $(-)$). Die Mittel, um dieses Kapitaldefizit zu kompensieren, stammen aus Konsumverzicht und Verschuldung beim Rest der Welt (Abbildung: Kapitalintensität West \rightarrow Verschuldung West, $(+)$). Den gegenteiligen, stabilisierenden Effekt

besitzt die Migration im Osten, indem sie dort das Kapitalstockdefizit reduziert (Abbildung: Ost-West-Migration \rightarrow Kapitalstockdefizit Ost, (-)).

Zweitens wird der Westen durch die Transfers belastet. Ihre Finanzierung erfolgt ebenfalls durch Konsumverzicht und den Aufbau einer Auslandsschuld (Abbildung: West-Ost-Transfers \rightarrow Verschuldung West, (+)).

Innerhalb des Modells verlangsamt sich der Aufbauprozess des Ostens nach neun Perioden durch den Übergang von einer knappheitsbedingten Kapitalakkumulation zu einer produktivitätsbedingten. Man erkennt die Bedeutung zwischen der initialen Kapitalstockhöhe und der Produktivitätsentwicklung für die zeitliche Entwicklung der Prozesse.

Außerdem offenbart sich die wichtige Rolle der Produktivitätsentwicklung für den Konvergenzprozess, welche sich auch im Wohlfahrtskostenvergleich niederschlägt. So übersteigen die Kosten der Produktivitätslücke die des Kapitalstockdefizits um 21%.

Gerade die Ergebnisse der Lastenanalyse hängen stark von der Entwicklung der Produktivitätslücke und der Transfers ab. Da beide als unsicher gelten müssen, wird nun das MMFM erweitert, um Unsicherheiten zu berücksichtigen und die Analyse zu vervollständigen. Neben den Effekten, die diese Unsicherheit vor und nach der Bekanntgabe von Informationen hervorrufen, wird auch deutlich werden, wie der Osten auf unterschiedliche Konvergenzscenariois reagieren könnte.

6 Die Rolle von Unsicherheiten im Konvergenzprozess – das stochastische multiregionale mobile Faktormodell (sMMFM)

Die Ergebnisse der Simulationen sind bislang unter den Hypothesen vorgenommen worden, dass

1. die Produktivitätsentwicklung mit bekannter Konvergenzgeschwindigkeit abläuft und
2. die Transfers in enger Kopplung zur Produktivitätsentwicklung stehen.

Eine Untersuchung des Einflusses dieser Hypothesen auf die bisherigen Ergebnisse ist in einem deterministischen Szenario nicht sinnvoll. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann sowohl über die Produktivitätsentwicklung (siehe unterschiedliche Experteneinschätzungen in Tabelle 3.11) als auch über ihre Kopplung zur Transferhöhe für einen jahrzehntelangen Zeitraum nur spekuliert werden. Da die Agenten über ihre Zukunft auch nicht mehr wissen können, ist es realistischer, diese Unsicherheiten mit in das Modell aufzunehmen.

Es wird nun zunächst das MMFGG so modifiziert, dass es die rationale Berücksichtigung von Unsicherheiten über die Entwicklung von Parametern erlaubt. Anschließend werden mit dem Modell Simulationen zur Wirkung dieser Unsicherheiten über unterschiedliche Konvergenzgeschwindigkeiten und über vorzeitige Transfereinschränkungen durchgeführt. Die Schwerpunkte der Analyse liegen dabei auf dem Vergleich des stochastischen mit dem deterministischen Szenario, um

1. die Wirkungen der Unsicherheiten vor Bekanntgabe der Information und
2. die Anpassungsreaktion nach Bekanntgabe der Information

getrennt zu untersuchen.

Die Modellierung von Unsicherheiten erfolgt über die Bildung rationaler Erwartungen. Die Wirkung der Unsicherheit könnte nun darin bestehen, dass bereits die „sichere“ Erwartung eines Szenarios mit hohem Einkommen die Subjekte zu Kapazitäts- oder Migrationsentscheidungen veranlasst, die ihnen in diesem Fall eine bessere Ausgangslage verschaffen als in einem Szenario mit niedrigerem Einkommen.

6.1 Das Modell

Der Ansatz zur Modellierung stochastischer Parameterentwicklungen stammt aus Ginsburgh und Keyzer (1997) (S. 287). Dabei werden Konzepte der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie unter Unsicherheit (Mas-Colell et al. (1995), S. 688)

benutzt. Bislang waren innerhalb des MMFM die Parameterwerte für alle Perioden bekannt. Es wird jetzt eine Unsicherheit über die Werte von Parametern eingeführt, die sie ab einer Periode T_I annehmen. Die Bekanntgabe und der Parameterwechsel könnten zeitlich auseinanderfallen, aber in dieser Untersuchung tritt der Parameterwechsel unmittelbar nach T_I ein. Die Wahrscheinlichkeiten der Parameterentwicklungen sind multinomial für alle Repräsentativen Agenten gleich verteilt (symmetrische Information). Diese Annahme vereinfacht die Analyse, sie ist aber weder aus numerischen noch aus theoretischen Gründen erforderlich.

Der Prozess der Informationsverarbeitung wird so modelliert, dass er innerhalb einer Periode stattfindet. Die realistischere, aber kompliziertere Darstellung des Prozesses durch Informationsfiltrierungen wird von der benutzten Software GAMS aufgrund des statischen Mengenkonzepts nicht unterstützt. Diese Modellierung ist offenkundig karikierend, aber es wird zumindest ein Eindruck gewonnen, welche Effekte dabei auftreten können.

Die beschriebenen Annahmen führen zu der folgenden theoretischen Struktur: Bis zum Zeitpunkt T_I wissen die Agenten nicht, welcher Zustand der Welt s_i sich von allen möglichen Zuständen der Welt S ($s_i \in S$) realisieren wird. Dementsprechend können die Entscheidungen bis zum Zeitpunkt T_I nicht auf den wahren Zustand der Welt konditioniert werden. Dies ist erst nach T_I möglich. Ab diesem Zeitpunkt vergrößert sich also die Alternativen-Menge. So ist also beispielsweise bis T_I die Alternativen-Menge des Konsums eines Individuums in $t \leq T_I$ $\{c_t\}$. Danach ist sie $\{c_t^{s_1}, c_t^{s_2}, c_t^{s_3}, \dots\}$.

Das Nutzenmaximierungsproblem eines Agenten unter den Nebenbedingungen G in Abhängigkeit des stochastischen Parameters ξ mit $T_I = 1$ hat dann die Grundstruktur (aus Ginsburgh und Keyzer (1997))

$$\max_{c_1, c_{st}} U(c_1) + \sum_{s_i \in S} P_{s_i} \sum_{t=2}^{\infty} \beta^{t-1} U(c_{s_it}) \quad (6.1)$$

$$s.t.: c_1, c_{s_it} \geq 0 \quad (6.2)$$

$$s.t.: k_{s_it+1} \geq 0 \quad (6.3)$$

$$s.t.: G(c_1, k_2, k_1, \xi_1) \leq 0 \quad (6.4)$$

$$s.t.: G(c_{s_it}, k_{s_it+1}, k_{s_it}, \xi_{s_it}) \leq 0. \quad (6.5)$$

Der Einfachheit wegen werden nun lediglich die Veränderungen im Programmcode gegenüber dem deterministischen Modell beschrieben. Dazu werden aus der Lagrange-Funktion einer einfachen Variante des Repräsentativen Agentenkalküls exemplarisch Bedingungen erster Ordnung hergeleitet. Sei $T_I = 2$ und $S = \{s_1, s_2, s_3\}$. Bis T_I erhalten die Variablen lediglich den Index t , nach T_I den

Index s, t . Die Lagrange-Funktion lautet in einem Ausschnitt

$$\begin{aligned}
\mathcal{L} &= U(c_1) + \beta U(c_2) \\
&+ \beta^2 (p_{s_1} U(c_{s_1,3}) + p_{s_2} U(c_{s_2,3}) + p_{s_3} U(c_{s_3,3})) \\
&+ \beta^3 (p_{s_1} U(c_{s_1,4}) + p_{s_2} U(c_{s_2,4}) + p_{s_3} U(c_{s_3,4})) + \dots \\
&\dots \\
&- \lambda_2^b \beta (f(k_2, z_2) - c_2 - i_2) \\
&- \lambda_2^k \beta (k_2 - (1 - \delta)k_1 - i_1) \\
&- \lambda_{s_1,3}^b \beta^2 (f(k_{s_1,3}, z_{s_1,3}) - c_{s_1,3} - i_{s_1,3}) \\
&- \lambda_{s_2,3}^b \beta^2 (f(k_{s_2,3}, z_{s_2,3}) - c_{s_2,3} - i_{s_2,3}) \\
&- \lambda_{s_3,3}^b \beta^2 (f(k_{s_3,3}, z_{s_3,3}) - c_{s_3,3} - i_{s_3,3}) \\
&- \lambda_{s_1,3}^k \beta^2 (k_{s_1,3} - (1 - \delta)k_2 - i_2) \\
&- \lambda_{s_2,3}^k \beta^2 (k_{s_2,3} - (1 - \delta)k_2 - i_2) \\
&- \lambda_{s_3,3}^k \beta^2 (k_{s_3,3} - (1 - \delta)k_2 - i_2) \\
&\dots \quad .
\end{aligned}$$

Daraus ergeben sich für Periode zwei die Bedingungen erster Ordnung

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial c_2} = 0 = U'(c_2) + \lambda_2^b \quad (6.6)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial i_2} = 0 = \lambda_2^b + \beta (\lambda_{s_1,3}^k + \lambda_{s_2,3}^k + \lambda_{s_3,3}^k) \quad (6.7)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial k_2} = 0 = -\lambda_2^b f' - \lambda_2^k + (1 - \delta) \beta (\lambda_{s_1,3}^k + \lambda_{s_2,3}^k + \lambda_{s_3,3}^k). \quad (6.8)$$

In Periode drei lauten sie

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial c_{s_i,3}} = p_{s_i} U'(c_{s_i,3}) - \lambda_{s_i,3}^b \quad (6.9)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial i_{s_i,3}} = \lambda_{s_i,3}^b + \beta \lambda_{s_i,4}^k \quad (6.10)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial k_{s_i,3}} = -\lambda_{s_i,3}^b f' - \lambda_{s_i,3}^k + (1 - \delta) \lambda_{s_i,4}^k. \quad (6.11)$$

Die „Änderungen“ betreffen also in den Bedingungen erster Ordnung lediglich drei Punkte.

1. Die „hypothetischen“ Multiplikatoren $\lambda_{i,T_I+1}^{k,b}$ zum Zeitpunkt T_I werden ersetzt durch

$$\lambda_{T_I+1}^{k,b} \rightarrow \sum_{s_i \in S} \lambda_{s_i, T_I+1}^{k,b}. \quad (6.12)$$

-
2. Die Nutzenfunktion und ihre Ableitungen werden mit p_{s_i} gewichtet

$$U_t, U'_t \rightarrow p_{s_i} U_t, p_{s_i} U'_t, \quad t > T_I. \quad (6.13)$$

3. Die „No-Movement“-Bedingung berücksichtigt die abdiskontierten Nutzenniveaus aller zukünftigen Perioden, also auch der vor T_i unsicheren. Sie behält deshalb die Form

$$M_{ot} = \frac{1}{u_k} \left(\frac{E_{owt} - |E_{owt}|}{2U'(c_{ot})} + \frac{E_{owt} + |E_{owt}|}{2U'(c_{ot})} \right). \quad (6.14)$$

Aber im Unterschied zur deterministischen Version ist E_{owt} die erwartete diskontierte Lebenszeitnutzendifferenz ab Periode $t+1$, in die die Konsumniveaus der jeweiligen Region einfließen.

Der Programmcode des sMMFM kann mit den Ersetzungen in GAMS in zwei Stufen – ausgehend vom MMFM – aufgebaut werden. In der ersten Stufe wird das Gleichungssystem des MMFM separat in Block eins für den Teil der Gleichungen vor T_i und wiederholt in Block zwei für den Teil der Gleichungen nach T_i aufgeschrieben. In der zweiten Stufe werden dann in der Überlappungsperiode die beiden Blöcke miteinander „verknüpft“. Das so entstehende Gleichungssystem aus Block eins und zwei kann dann simultan gelöst werden.

Block eins wird aus den Modellgleichungen über den Mengen I der Regionen und der verkürzten Periode $[1, T_I]$ gebildet. Die deterministische „No-Movement“-Bedingung wird durch ihre stochastische Erweiterung (6.14) ersetzt.

Anschließend werden in Block zwei (ab T_I) alle Modellgleichungen über den Mengen $[T_I, T]$, I und den Zuständen der Welt S formuliert. Nun müssen die Ersetzungen (6.12) in Block eins und (6.13) in Block zwei (bis auf die „No-Movement“-Bedingung) vorgenommen werden.

Schließlich bleibt als letzter Schritt noch die Anpassung des „Rückgriffs“ aus der ersten Periode (k_{it-1}, l_{it-1}) in Block zwei auf die letzte Periode T_I aus Block eins zu den Variablen k_{iT_I} und L_{iT_I} . Mit den Ersetzungen $x_{i,T_I} = x_{s_i,i,0} \forall s_i \in S$ ist der sMMFM Programmcode erstellt.

Weitere Verfeinerungen der Informationspartition sind theoretisch möglich; allerdings vergrößern sich der Quellcode durch die Bildung weiterer Blöcke und der Gleichungsumfang durch die Vergrößerung des Zustandsraums. Auch eine asymmetrische Informationsbehandlung, beispielsweise im Sinne einer Principal-Agent-Beziehung zwischen dem Transfergeber- und dem Transfernehmerland ist unproblematisch, da p_{s_i} regional konditionierbar ist.

6.2 Simulationen

Es wird nun das entwickelte Instrumentario dazu eingesetzt, die Unsicherheiten über

-
1. die Geschwindigkeit der Produktivitätsentwicklung weiterhin mit voller Transferbindung im Osten und
 2. ein nicht an die Produktivitätsentwicklung angepasstes Ende der Transfers
- zu untersuchen. Die Unsicherheiten sollten dazu führen, dass die Agenten an die erwartete Entwicklung angepasste Kapazitätsentscheidungen (für Bestandsgrößen) treffen.

Diese Entscheidungen, die darauf ausgerichtet sind, in einem Szenario eine positive Wirkung zu entfalten, können sich aber in einem anderen Szenario als „zu groß“ erweisen und anschließend ein kontraktives Verhalten nach sich ziehen. Dieses scheinbar fehlerhafte Verhalten kann aber trotzdem eine optimale Reaktion darstellen, denn, falls sich ein anderes Szenario eingestellt hätte, zu dessen „optimaler Ausbeutung“ eine größere Kapazität erforderlich gewesen wäre, hätte das Unterlassen der Kapazitätserweiterung zu Opportunitätskosten geführt.

Ob derartige Effekte im Rahmen der Wiedervereinigung zu erwarten sind und in welcher Größenordnung, werden die nächsten Abschnitte zeigen.

6.2.1 „Blühende Landschaften“ – Der Einfluss von Erwartungen über die Konvergenzgeschwindigkeit

6.2.1.1 Modellparameter

In der ersten Simulation wird angenommen, dass sich die Konvergenz der Produktivitätsentwicklung im Osten mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten vollzieht. Es sei $S = \{s_1, s_2, s_3\}$ die Menge der Zustände der Welt s_i . In jedem Zustand der Welt realisiert sich eine Konvergenzgeschwindigkeit v_{zs_i} , gemessen als Zunahme der Produktivität in % pro Jahr. Die Konvergenzgeschwindigkeiten v_{zs_i} betragen $\{0,0036; 0,0018; 0,0072\}$. Die Unsicherheiten reflektieren sich beispielsweise in den unterschiedlichen Konvergenzschätzungen (siehe Tabelle 3.11).

Die Wahrscheinlichkeiten der v_{zs_i} seien gleich, um ein Höchstmaß an Unsicherheit auszudrücken. T_I ist so gewählt, dass vier Jahre nach Abschluss dieser Arbeit (2006) feststeht, welches Szenario sich realisiert ($T_i = 20$). Die Produktivitätsentwicklung wird vorgegeben durch

$$z_{ot}(v_{zs_i}) = 1 - \text{Max} \left[0; 0,25 - \left\{ \begin{array}{ll} 0,0036 (t - 1) & t \leq T_i \\ 0,0036 (T_i) + v_{zs_i} (t - T_i - 1) & t > T_i \end{array} \right\} \right] \quad (6.15)$$

$$v_{zs_i} \in \{0,0036; 0,0018; 0,0072\}. \quad (6.16)$$

Die „mittlere“ Konvergenzgeschwindigkeit v_{zs_1} entspricht der des deterministischen (Standard-)Modells. v_{zs_2} ist das Szenario „langsam“ und v_{zs_3} das Szenario

Tabelle 6.1:
Simulationsparameter stochastische Produktivität

| | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|----------|
| Symbol | ★ | ○ | □ | ▽ |
| Zustand der Welt | s_1 | s_2 | s_3 | |
| Szenario | „mittel“ | „langs“ | „schnell“ | „det“ |
| volle Produktivität in Periode | 71 | 120 | 46 | 71 |
| Wahrscheinlichkeiten | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{3}$ | |
| TFP Prozess v_z | 0,36 | 0,18 | 0,72 | 0,36 |
| $z_{ot} = 1 - \left[\frac{1}{4} - \frac{v_z(t-1)}{100} \right]^+$ | | | | |
| Transfer v_{Tr} | + | + | + | + |
| $\frac{Tr_{ot}}{c_{ot}} = 1 - z_{ot}$ | | | | |
| Subvention | - | - | - | - |
| Region | O | W | W1 | |
| L_0 | 1 | 3 | 20 | |
| $k_0[\%k_{ss}]$ | 0,38 | 1 | 1 | |
| Parameter | α | β | γ | δ |
| | 0,33 | 0,95 | -2 | 0,05 |
| | ik | uk | bk | b_0 |
| | 1 | 800 | 0,0018 | 0 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

„schnell“. Mit den angegebenen Konvergenzgeschwindigkeiten wird die volle Produktivität nach $\{71, 120, 46\}$ Perioden erreicht. Es bleibt bei der Kopplung von Produktivität und Transfers. Zusätzlich zu den drei Kurven, die die stochastischen Verläufe darstellen, wird noch das deterministische Modell mit „mittlerer“ Konvergenzgeschwindigkeit aufgenommen. Durch einen Vergleich mit ihm lassen sich in der Phase bis T_I die Effekte der Erwartungsbildung identifizieren.

In den Abbildungen 6.1 bis 6.5 wird jede Variable, z. B. der Konsum

$$(c_1, c_2, \dots, c_{T_I-1}, c_{T_I}^{s_1}, c_{T_I+1}^{s_1}, \dots),$$

für jeden erst nach T_I enthüllten Zustand der Welt s_i , als ein vollständiger Pfad betrachtet. Der Konsum wird also durch drei unterschiedliche Pfade dargestellt, die sich während der ersten T_I Perioden in der Abbildung überlagern. Diese Pfade

sind gekennzeichnet durch (\star , „mittel“), (\circ , „langs“) und (\square , „schnell“) für die „mittlere“, „langsame“ und „hohe“ Konvergenzgeschwindigkeit. Sie werden ab jetzt nicht ganz zutreffenderweise als stochastische Pfade bezeichnet. Der Pfad für das Modell ohne Unsicherheit mit „mittlerer“ Konvergenzgeschwindigkeit trägt ein (∇ , „det“) und wird deterministischer Pfad genannt. Allein er kann während der ersten T_I Perioden von den stochastischen Pfaden abweichen.

6.2.1.2 Die Ex-ante-Wirkung von Unsicherheit über die Konvergenzgeschwindigkeit

Der Vergleich des deterministischen Pfads (i_{ot}^{∇} , „det“, Abbildung 6.1.3) mit den stochastischen Pfaden zeigt im Osten, dass Investitionen ($i_{ot}^{\star\circ\square}$, Abbildung 6.1.3) in den fünf Perioden²⁸ vor T_I um 2% bis 4% über den Werten des deterministischen Szenarios liegen; die Umzüge (die Veränderung von $L_{ot}^{\star\circ\square}$, Abbildung 6.1.1) von Periode eins an um 5% bis 17% darunter (L_{ot}^{∇} , „det“, Abbildung 6.1.1). Alle übrigen Größen unterscheiden sich um weniger als 0,5%. Die rationale Reaktion auf diese Unsicherheit verursacht also nur kurzfristige, mäßige Effekte. Die Abweichungen von Verschuldung und Investitionen sind für Ost und West als Detailausschnitt der ersten 50 Perioden in Abbildung (Ost: Abbildung 6.2.4 und West: Abbildung 6.2.5) vergrößert dargestellt.

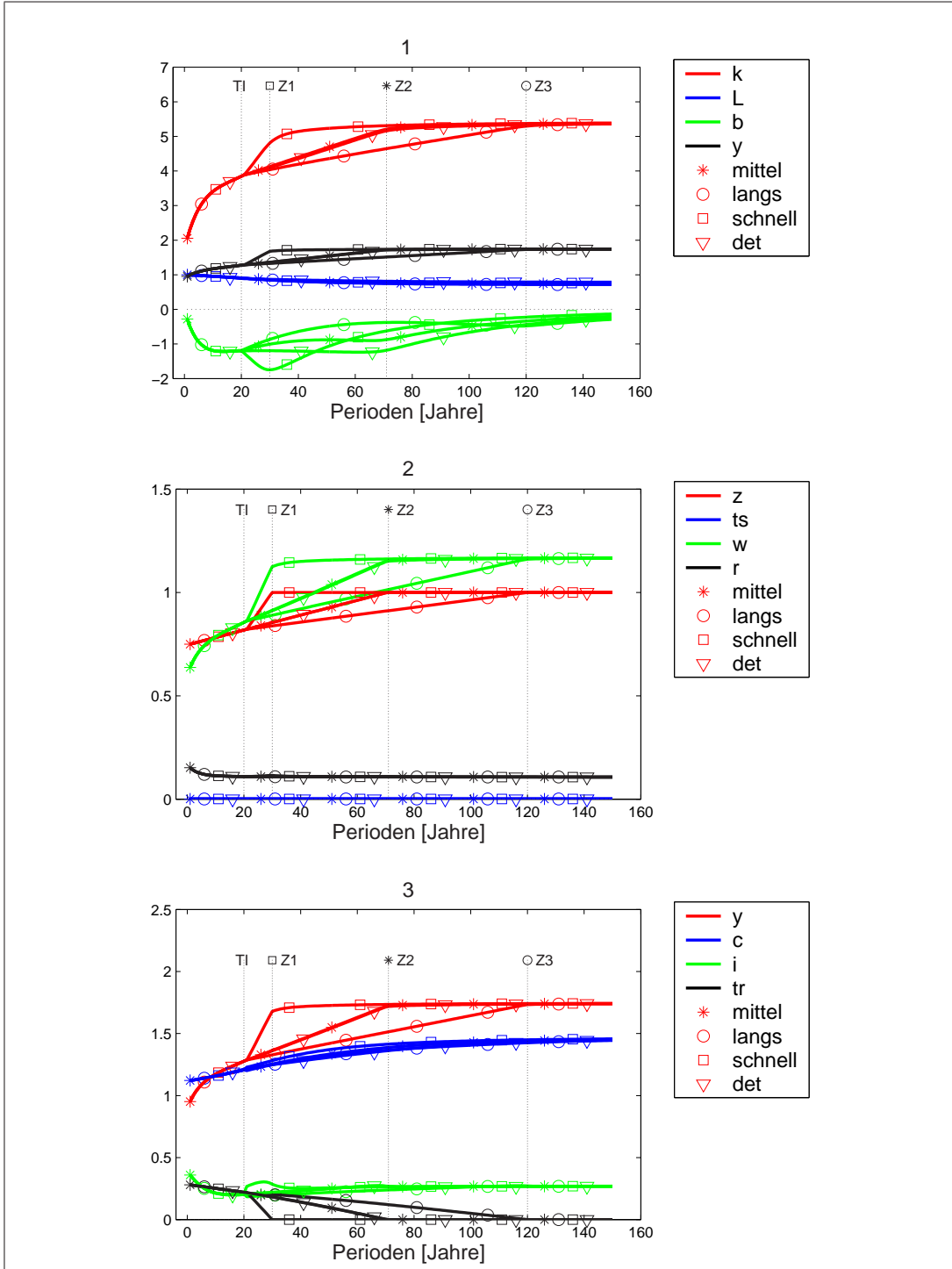
Der Anstieg der Investitionen und das Absinken der Wanderungen lassen sich als Vorbereitung auf das schnelle Szenario interpretieren, für das höhere Investitionen nach T_I optimal wären. Die Möglichkeit, in das schnelle Szenario zu münden, veranlasst also tatsächlich Kapazitätsentscheidungen, wenn auch nur in beschränktem Maß.

Erst bei der Vergrößerung der Unsicherheiten und der Spreizung der Parameter treten größere Anpassungen auf. Dies zeigt sich bei der Simulation eines unrealistischen Szenarios, in dem T_I auf Periode zehn vorverlegt wird, v_{zs3} auf 2% Produktivitätsanstieg pro Jahr vergrößert wird und die Wahrscheinlichkeit v_{zs3} von $\frac{1}{3}$ auf 70% erhöht wird. Die Ergebnisse sind nicht graphisch dargestellt. In diesem Szenario entwickeln sich gegenüber dem deterministischen Szenario lediglich innerhalb von fünf Perioden vor T_I eine höhere Verschuldung (12%), höhere Investitionen (11%) und geringere Wanderungen (15%). Die Unsicherheit über unterschiedliche spätere Verläufe des Konvergenzprozesses spielt also wider Erwarten keine längerfristige Rolle.

Der Grund dafür ist der stetige Verlauf der Produktivitätsentwicklung. Den Agenten bleibt „genügend“ Zeit, sich auf unterschiedliche Szenarios einzustellen, ohne dass durch den Verzicht auf Antizipationsreaktionen vor T_I relevante Opportunitätskosten entstehen.

²⁸ Diese Effekte müssten sich also bereits in den Daten von 2006 niederschlagen.

Abbildung 6.1:
Stochastische Produktivitätsentwicklung Ost-Daten

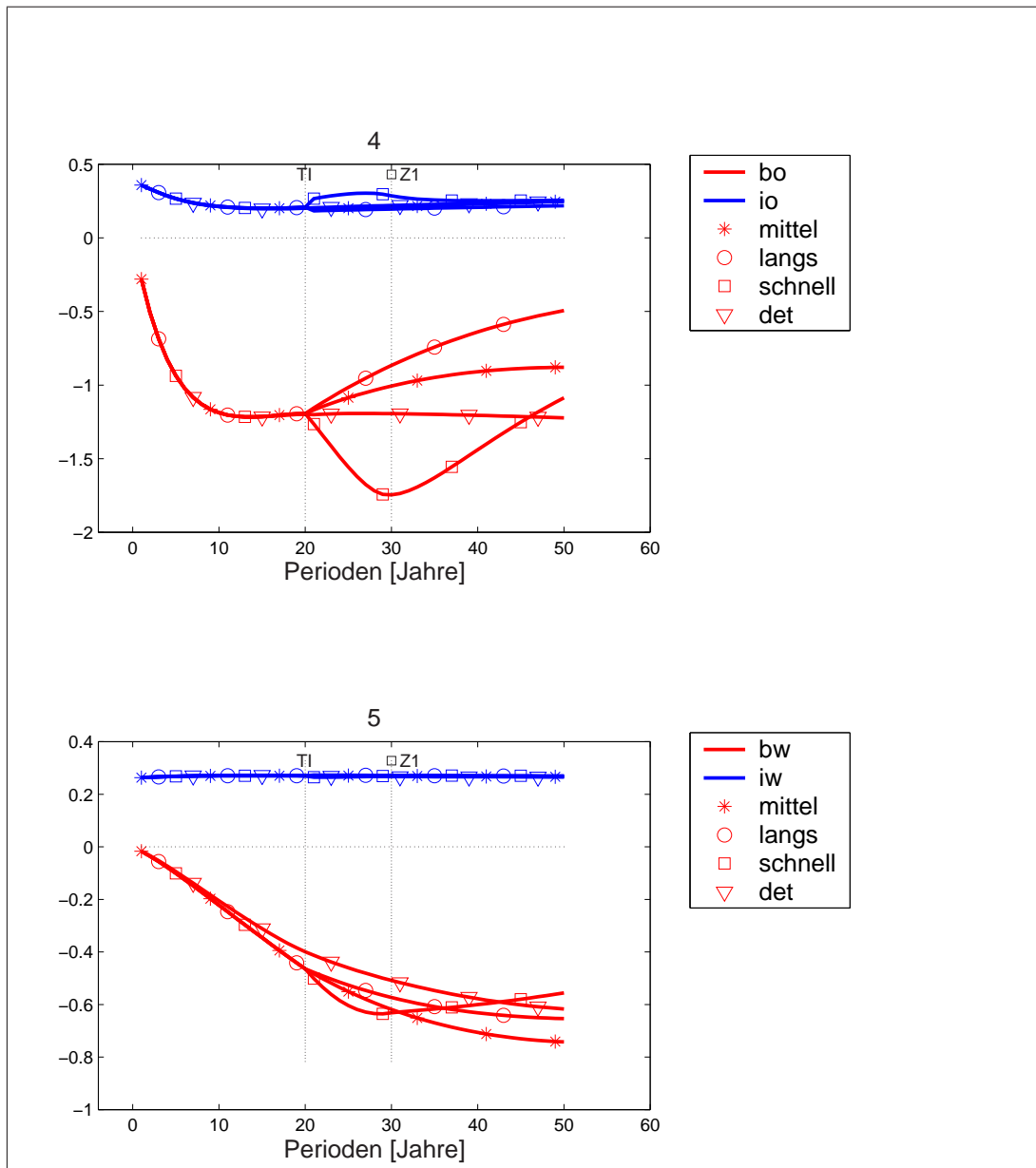


Mengen k, b, y, c, i in Gütereinheiten pro Kopf, Bevölkerung L in absoluter Größe, z, tr, ts Skalare, Preise w, r in $1/\text{Gütereinheiten}$; TI Zeitpunkt der Informationsoffenbarung; Z1 bis Z3 Zeitpunkte, an denen im Osten die volle Produktivität erreicht wird.

Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 6.2:

Stochastische Produktivitätsentwicklung Ost- (4), West-Daten (5) als Ausschnittvergrößerung



Mengen b, i in Gütereinheiten pro Kopf; T_I Zeitpunkt der Informationsoffenbarung;
 Z_1 Zeitpunkt, an dem im Osten die volle Produktivität erreicht wird.

Quelle: Eigene Darstellung.

6.2.1.3 Die Ex-post-Wirkung von Unsicherheit über die Konvergenzgeschwindigkeit

Nach Bekanntwerden der Information nach T_I und dem gleichzeitigen Einsetzen der tatsächlichen Konvergenzgeschwindigkeit unterscheiden sich die Konvergenz-

pfade. Im Szenario mit der hohen Geschwindigkeit (\square) akkumuliert der Kapitalstock im Osten (k_{ot}^{\square} , „schnell“, Abbildung 6.1.1) parallel zur Produktivität (z_{ot}^{\square} , „schnell“, Abbildung 6.1.2), sodass er seinen Steady State-Wert bereits nach 30 Perioden zu 90% erreicht. Ebenfalls parallel entwickeln sich Konsum (c_{ot}^{\square} , „schnell“, Abbildung 6.1.3) und Produktion (y_{ot}^{\square} , „schnell“, Abbildung 6.1.1). Der Bedarf an Mitteln aus dem Ausland steigt nach T_I stark an. Die Verschuldung (b_{ot}^{\square} , „schnell“, Abbildung 6.1.1) erreicht deshalb ihr Maximum nach zehn bis 20 Perioden ($35\% \frac{b_o}{k_o}$) und sinkt von da an mit einer Halbwertszeit von 25 Perioden.

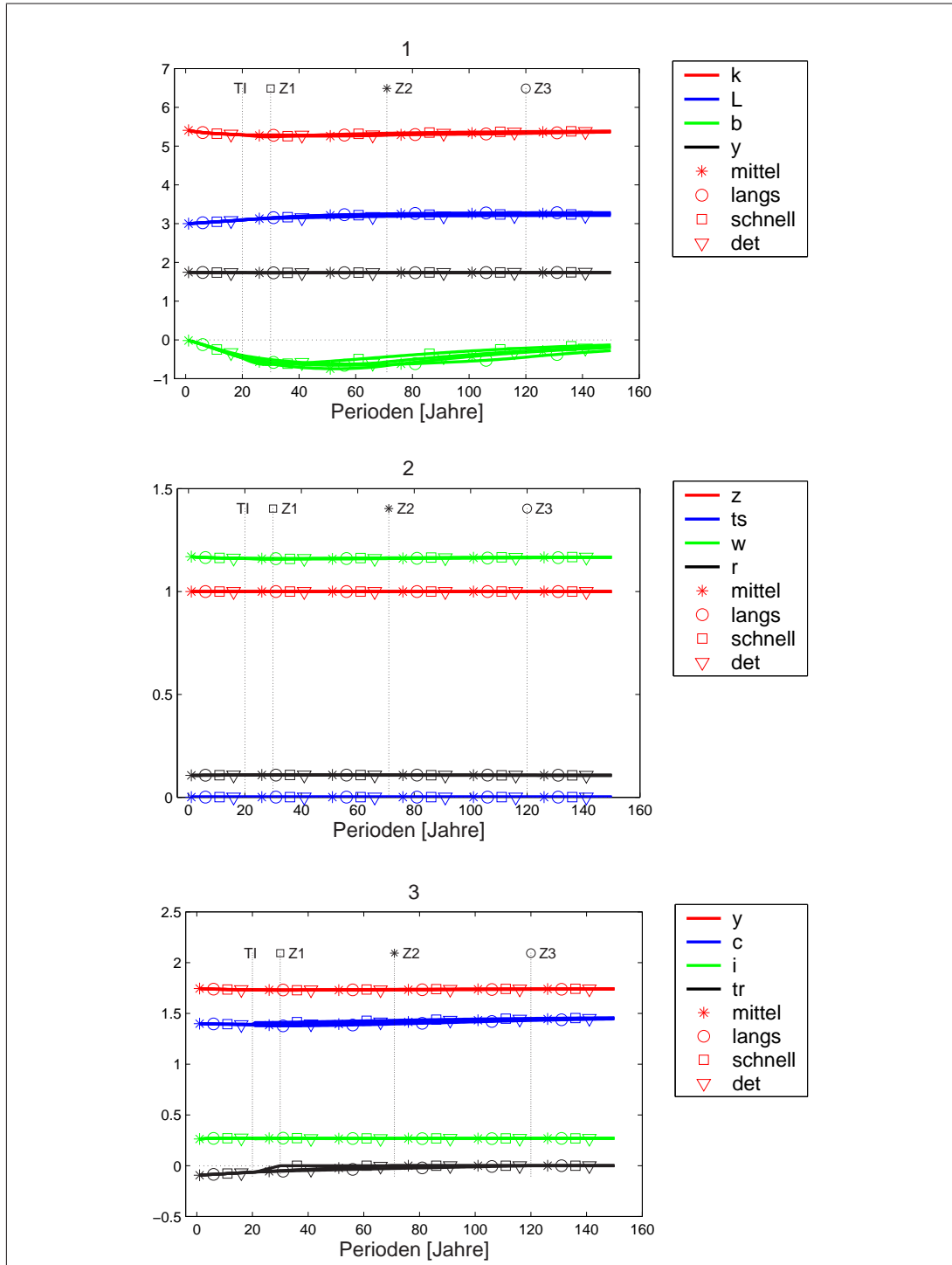
Je niedriger die Konvergenzgeschwindigkeit liegt, umso später wird die Steady State-Kapitalintensität erreicht. Je später dies der Fall ist, umso länger verschuldet sich der Agent. Im „langsamen“ Szenario (\circ) ist die Halbwertszeit der Verschuldung (b_{ot}° , „langs“, Abbildung 6.1.1) von ihrem Maximum aus gerechnet mit 20 Perioden zwar genauso hoch wie im „schnellen“ Szenario (b_{ot}^{\square} , „schnell“, Abbildung 6.1.1), allerdings wird bis zum Förderungsende eine Sockelverschuldung von $10\% \frac{b_o^{\circ}}{k_{ot}^{\circ}}$ gehalten. Die Verschuldung erreicht gemessen im Verhältnis zum Kapitalstock in allen Szenarios mit etwa dem gleichen Wert ($35\% \frac{b_{ot}^{\circ\square}}{k_{ot}^{\circ\square}}$) ihr Maximum in Periode elf.

Ein erheblicher Teil der negativen Einkommenswirkung der unterschiedlichen Produktivitätsentwicklungen wird durch die Transfers (tr_{ot} , Abbildung 6.1.3) abgeschwächt. Dies zeigt sich darin, dass die Steady State-Bevölkerung (L_{ot} , Abbildung 6.1.1) im „schnellen“ Szenario die im „langsamen“ um lediglich 4,5 Prozentpunkte der Ausgangsbevölkerung im Osten übersteigt. Die Bevölkerungsbewegungen unterscheiden sich wegen der Transfers nicht so stark wie die Produktion.

Das deterministische Szenario (∇) zeigt erhebliche Abweichungen vom mittleren (\star). Liegen die Wanderungen (ohne Abbildung) vor T_I im deterministischen Szenario 15% über dem stochastischen, kehrt sich dieses Verhältnis nach T_I um (0,4). Das lässt sich so erklären, dass vor T_I die Bevölkerung die Wanderungen aufschiebt, bis das tatsächliche Szenario feststeht. Nachdem dies der Fall ist, setzen starke Wanderungsbewegungen in den Westen ein (L_{ot}^{∇} und L_{ot}^{\star} , „det“ und „schnellen“, Abbildung 6.1.1).

Im Westen lassen sich nur für die Verschuldung (b_{wt} , Abbildung 6.3.1) Unterschiede zwischen den einzelnen Szenarios ausmachen. Von den Wanderungen ausgehende Unterschiede lassen sich nicht erkennen, weil die Wanderungsbelastungen im Westen gleichmäßig gering ausfallen. Da die Transferentwicklung an die Produktivitätsentwicklung im Osten gekoppelt ist und der Westen die Transfers (tr_{wt} , Abbildung 6.3.1) zum größten Teil über Schulden finanziert, spiegelt sich die Produktivitätsentwicklung in leichten Unterschieden der West-Verschuldung. In Abbildung 6.4 der Verschuldungsphasen ist deutlich zu erkennen, wie sich zum Zeitpunkt T_I die stochastischen Pfade teilen. Auffällig ist, dass sich in allen Szenarios (\square, \star, \circ) ab T_I die West-Verschuldung in gleichem Maß erhöht, während

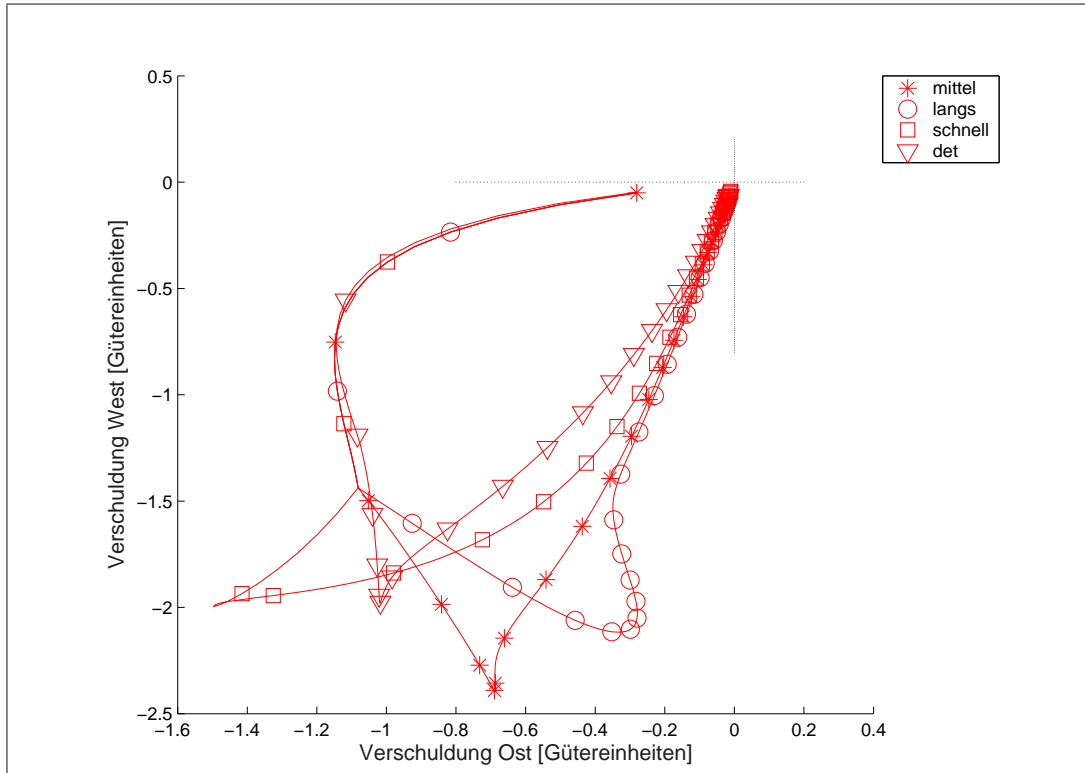
Abbildung 6.3:
Stochastische Produktivitätsentwicklung West-Daten



Mengen k, b, y, c, i in Gütereinheiten pro Kopf, Bevölkerung L in absoluter Größe, z, tr, ts Skalare, Preise w, r in $1/\text{Gütereinheiten}$; TI Zeitpunkt der Informationsoffenbarung; Z1 bis Z3 Zeitpunkte, an denen im Osten die volle Produktivität erreicht wird.

Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 6.4:
Stochastische Produktivitätsentwicklung Verschuldungsphasen



Jeweils in Gütereinheiten.

Quelle: Eigene Darstellung.

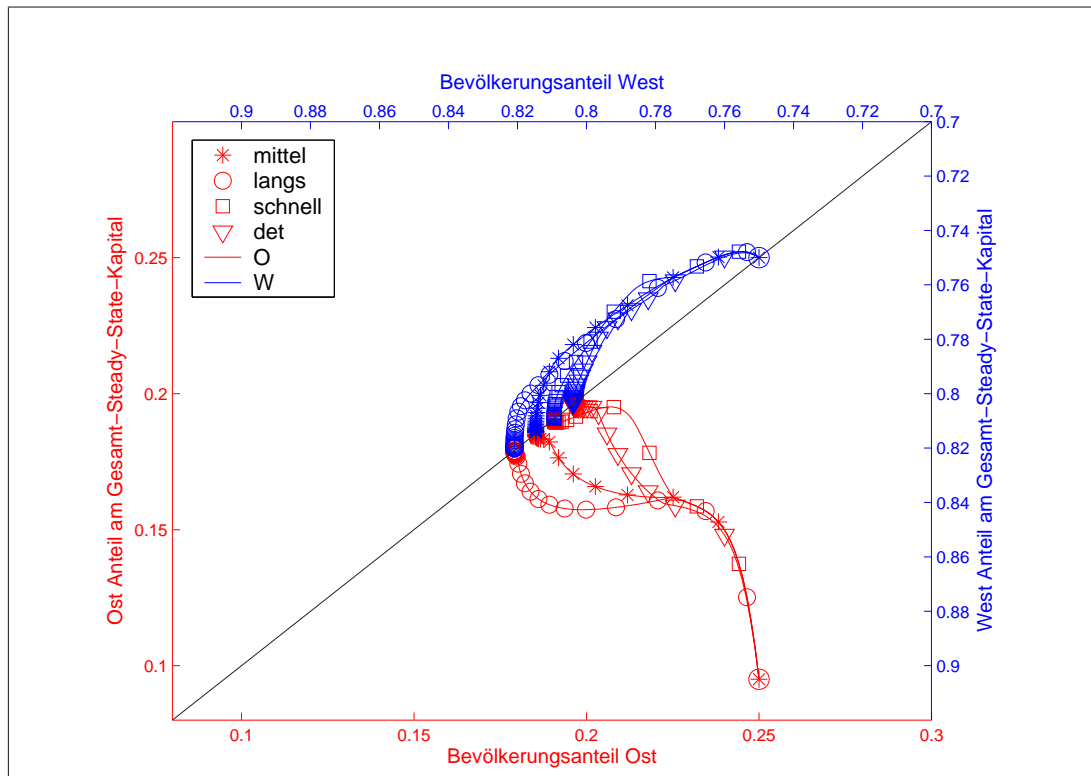
die Ost-Verschuldung im schnellen Szenario (\square) kurzfristig zunimmt, im mittleren (\star) konstant bleibt und im langsamen (\circ) abgebaut wird.

In der Burda-Graphik 6.5 zeigen sich die unterschiedlichen Konvergenzgeschwindigkeiten in unterschiedlichen Pfaden zur Diagonalen. Im „schnellen Szenario“ (\square) ist die Bewegung am „steilsten“. Das bringt eine hohe Kapitalakkumulationsgeschwindigkeit und eine niedrige Abwanderungsgeschwindigkeit zum Ausdruck. Deutlich unterscheiden sich das „deterministische“ (∇) und das „mittlere“ (\star) durch die ab T_I einsetzenden Wanderungen im deterministischen Szenario.

6.2.2 Der Einfluss von Erwartungen über die Transferentwicklung

Die zweite wichtige unsichere Parameter-Annahme ist die Kopplung von Produktivitäts- und Transferentwicklung. Erwartungen als Parameter für Simulationen zu quantifizieren ist grundsätzlich schwer. Im vorigen Kapitel diente die Sammlung von Experteneinschätzungen über die zeitliche Konvergenzdimension dazu, Unsicherheiten über die Parameterentwicklungen zu belegen. Die Unsicherhei-

Abbildung 6.5:
Stochastische Produktivitätsentwicklung Burda-Graphik



Quelle: Eigene Darstellung.

ten über die weitere politische Ausgestaltung der Transfers zu belegen erweist sich als noch schwieriger, da Ausgestaltungsvorschläge in erster Linie normativen Charakter besitzen und so dem tagespolitischen Diskurs zuzuordnen sind. Eine empirische Interpretation dieser Quellen übersteigt den Rahmen dieser Arbeit.

Um trotzdem eine Einschätzung zu erhalten, lässt sich die Diskussion über die Wirksamkeit und Effizienz der Mittelverwendung im Osten, wie sie beispielsweise vom Sachverständigenrat²⁹ geführt wird, als Hinweis auf die Unsicherheit der Förderung insgesamt werten:

„[...] andererseits ist zu fragen, ob Unternehmen, die die Gewinnzone immer noch nicht erreicht haben, überhaupt weiter förderungswürdig sind. Generelle Investitionshilfen können in bestimmten Phasen des Aufholprozesses durchaus sinnvoll sein; auf Dauer aber verzerren sie nicht nur die Faktorallokation, sie führen auch zu Gewöhnungseffekten mit entsprechend verringerten Anreizen für zusätzliche Investitionen. Insofern spricht alles gegen die Einführung weiterer und die

²⁹ Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2002, 2004), JG 2002, Ziffer 388

Fortführung existierender allgemeiner Investitionszulagen nach deren Auslaufen im Jahre 2004.“

Wem diese Interpretation der Quelle zu weit geht, der betrachte die nachfolgende Simulation mit der sofortigen Einstellung der Transfers als Prognose über deren Wirkung, die Problemdimension und ihre Struktur. Wie und ob eine derartige Unsicherheit auch schon vor Bekanntgabe des tatsächlichen Endes der Transfers wirkt, wird in diesem Kapitel ebenfalls untersucht.

Dazu wird das im vorigen Abschnitt entwickelte stochastische Instrumentarium verwendet. Um die Wirkungen der Unsicherheit vor Bekanntgabe des Transfer-szenarios einschätzen zu können, werden drei stochastische Simulationen mit unterschiedlichen Endzeitpunkten der Transfers dem deterministischen (Standard-) Modell mit voller produktivitätsgebundener Förderung gegenübergestellt.

6.2.2.1 Modellparameter

Im stochastischen Transferszenario verlaufen Produktivität und Transfers im Osten wie im Standardszenario (∇) mit „mittlerer“ Geschwindigkeit ($v_{zot} = 0,0036 \frac{\%}{\text{Jahr}}$) in Kopplung bis Periode $T_I = 10$. Nach $T_I = 10$ wird bekannt gegeben, wie die weitere Transferentwicklung aussehen wird. Die Produktivität ändert sich nicht und erreicht in allen Förderungsszenarios nach 71 Perioden 100%.

In Szenario s_1 (\star) wird „voll“ gefördert. Die Bindung von Produktivitätslücke und Transfer bleibt also wie im Standard-Modell bis zum Schluss der Produktivitätslücke in Periode 71 bestehen. Im „mittleren“ Szenario (\circ) endet die Bindung bereits in Periode 30 ($= T_I + 20$). Dort werden die Transfers abrupt auf null gesetzt. Das ist für die Agenten ab T_I ein antizipierbares Ereignis. Das Szenario „sofort“ (\square) beschreibt das unmittelbare Ende der Transfers, sofort nach T_I . Die Enddaten der Förderung lauten also $t_{0s_i} \in \{70, 30, 20\}$. Die Transferhöhe Tr_{ot}/c_{ot} beträgt

$$\frac{Tr_{ot}}{c_{ot}} = \begin{cases} 1 - z_{ot} & t \leq T_I \end{cases} \quad (6.17)$$

$$\frac{Tr_{ots_i}}{c_{ots_i}} = \begin{cases} 1 - z_{ot} & T_I < t \leq t_{0s_i} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (6.18)$$

$$t_{0s_i} \in \{70, 30, 20\}. \quad (6.19)$$

Bildet man innerhalb der Diskussion um die Sinnhaftigkeit der Transfers eine Häufigkeitsverteilung über die Meinungen in Bezug auf die beschriebenen Kategorien des Transferendes („sofort“, „mittel“, „voll“) und benutzt diese als Grundlage der Wahrscheinlichkeitsverteilung über die zu erwartenden Transferszenarios, so scheint plausibel, dem Szenario „voll“ eine „hohe“ Wahrscheinlichkeit von 0,5

Tabelle 6.2:
Simulationsparameter stochastisches Förderungsende

| | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|
| Symbol | ★ | ○ | □ | ▽ |
| Zustand der Welt | S_1 | S_2 | S_3 | |
| Szenario Transfer | „voll“ | „mittel“ | „sofort“ | „det“ |
| Wahrscheinlichkeiten | 0,5 | 0,3 | 0,2 | |
| TFP Prozess v_z | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 |
| $z_{ot} = 1 - \left[\frac{1}{4} - \frac{v_z(t-1)}{100} \right]^+$ | | | | |
| Transferende t_0 | 70 | 30 | 11 | 72 |
| $\frac{tr_{ot}}{c_{ot}} = \begin{cases} 1 - z_{ot} & t < t_0 \\ 0 & sonst \end{cases}$ | | | | |
| Subvention | – | – | – | – |
| Region | O | W | W1 | |
| L_0 | 1 | 3 | 20 | |
| $k_0 [\%k_{ss}]$ | 0,38 | 1 | 1 | |
| Parameter | α | β | γ | δ |
| | 0,33 | 0,95 | –2 | 0,05 |
| | ik | uk | bk | b_0 |
| | 1 | 800 | 0,005 | 0 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

zuzuordnen, dem Szenario sofortige Einstellung eine deutlich niedrigere mit 0,2. Die Wahrscheinlichkeit für das mittlere Szenario wird residual bestimmt.

6.2.2.2 Die Ex-ante-Wirkung von Unsicherheit über das Transferszenario

Die Simulationen (Abbildung 6.6) zeigen, dass sich das deterministische Szenario (▽, „det“) mit „voller“ Förderung von dem stochastischen Szenario (★, „voll“, ○, „mittel“, □, „sofort“) bis T_I in der Verschuldung (b_{ot} , Abbildung 6.6.1), den Umzügen (nur als Veränderung von L_{ot} enthalten, Abbildung 6.6.1) und dem Konsum (c_{ot} , Abbildung 6.6.3) im Osten zum Teil deutlich unterscheiden. Im stochastischen Modell besteht im Osten das Einkommensrisiko, dass die Transfers ($tr_{ot}^{\star \square}$, Abbildung 6.6.3) sofort nach T_I enden oder aber zumindest deutlich vor Erreichen des vollen Produktivitätsniveaus ($z_{ot}^{\star \square}$, Abbildung 6.6.2). Da-

durch fällt das erwartete Einkommen nach der abrupten Transfereinstellung in s_2 und s_3 dauerhaft niedriger aus. Die niedrigere Einkommenserwartung dämpft im stochastischen Fall gegenüber dem deterministischen den Konsum um 4%. Die Verschuldung fällt ($b_{ot}^{\star\bigcirc\Box}$, Abbildung 6.6.1) sogar um bis zu 10% bis 33% (in $T_I - 1$) geringer aus.

Besonders sensibel reagieren die Agenten mit ihrer Umzugsentscheidung auf die Unsicherheit. Die Umzüge liegen zunächst um 4% (\star, \bigcirc, \Box) über dem Wert, den sie im deterministischen (∇) Fall haben, später 4% darunter.

Die Abbildungen 6.7.4 und 6.7.5 enthalten einen vergrößerten Ausschnitt der Konsum- und Verschuldungspfade für Ost und West, der die Abweichung des deterministischen von den stochastischen Pfaden vor T_I zeigt.

6.2.2.3 Die Ex-post-Wirkung von Unsicherheit über das Transferszenario

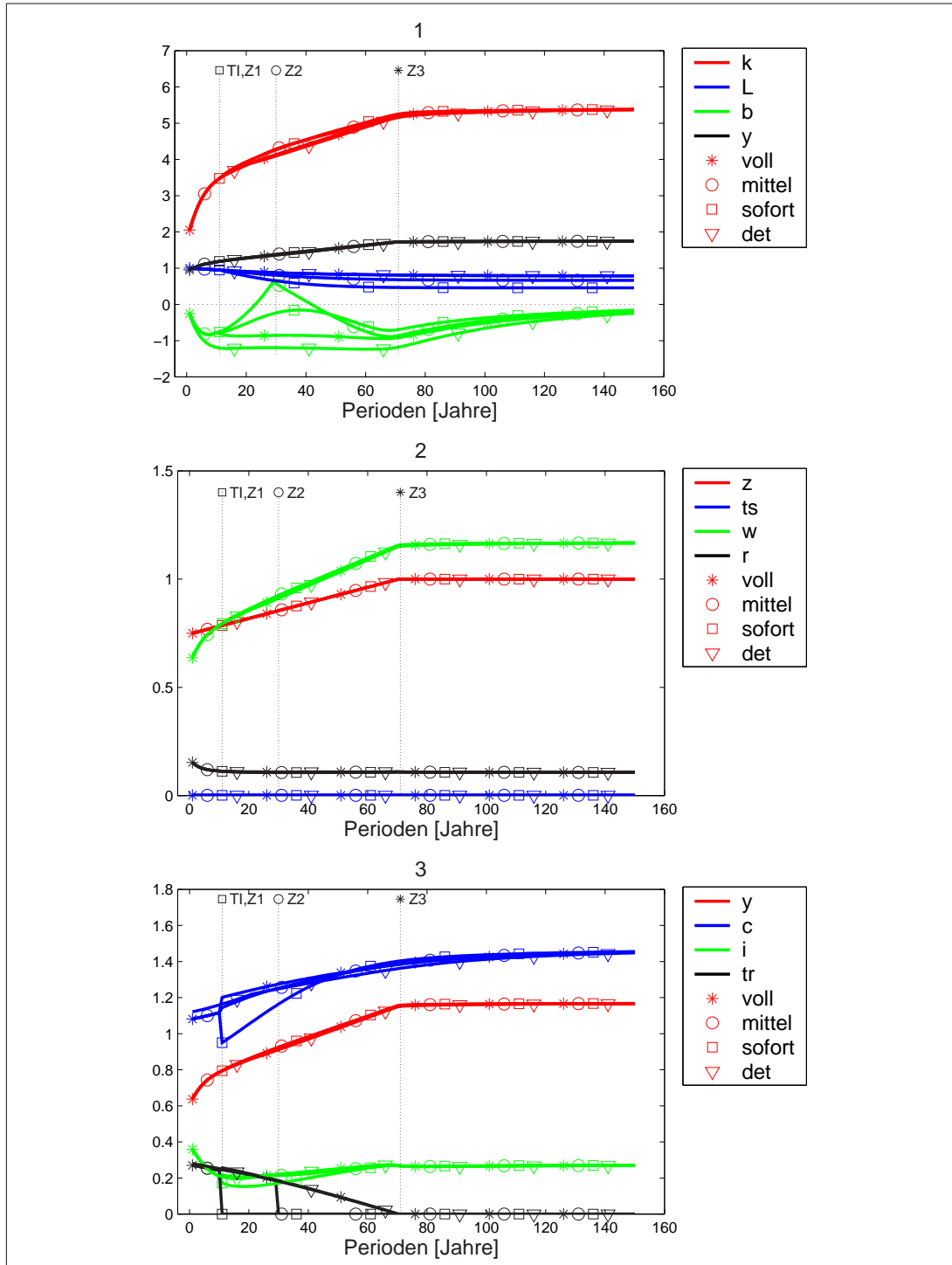
Nach T_I sind die Unterschiede zwischen den stochastischen Szenarios erheblich. Im Szenario mit der sofortigen Transfereinstellung (\Box) reagieren die Agenten sofort auf den Einkommensausfall mit einem dauerhaften Konsumverzicht (c_{ot}^{\Box} fällt unmittelbar um 15%, Abbildung 6.6.3), einer Reduktion der Investitionen (um 15% über der durchschnittlich fallenden Rate aufgrund der Kapitalstockanpassung, i_{ot}^{\Box} , Abbildung 6.6.3) und einer Senkung der Auslandsverschuldung (um jeweils 5% über die folgenden fünf Perioden, b_{ot}^{\Box} , Abbildung 6.6.1).

Wegen des dauerhaften Konsumverzichts setzen Wanderungen ein, bis zu deren Ende weitere 49,6% der Ausgangsbevölkerung (L_{ot}^{\Box} , Abbildung 6.6.1) in den Westen wechseln. Das sind in diesem Zeitraum 1,7-mal so viele Migranten wie im Szenario mit voller Förderung (\star).

Die Verschuldung erreicht ihr Maximum von rund 26% [$b_{ot}^{\Box}/k_{ot}^{\Box}$] in Periode 6. Das zweite lokale Maximum der Verschuldung lässt sich so verstehen, dass durch die Migrationen die Pro-Kopf-Verschuldung im Osten zunimmt, da ortsgebundene Schuldtitel auf eine geringere Bevölkerung verteilt werden. Währenddessen bleiben die Konsummöglichkeiten weiter eingeschränkt und begründen die lange Fortsetzung der Wanderungen und somit ihr gesamtes Volumen.

Anders fällt die Reaktion im „mittleren“ Szenario (\bigcirc) auf die Ankündigung des Transferendes (tr_{ot}^{\bigcirc} , Abbildung 6.6.3) in Periode 30, also 20 Perioden nach Ankündigung aus. Die Agenten reagieren nach T_I mit einer Vorbereitungsphase auf den bevorstehenden Einkommensausfall. Zunächst erhöht sich das Konsumniveau (c_{ot}^{\bigcirc} , Abbildung 6.6.3) dauerhaft um 2,5%, da das tatsächliche Einkommen nach Periode T_I höher ausfällt als das erwartete. Außerdem wird die Auslandsverschuldung (b_{ot}^{\bigcirc} , Abbildung 6.6.1) bis zum Ende der Transfers vollständig reduziert. Trotz des gestiegenen Konsums setzen sich die Bevölkerungsverluste (L_{ot}^{\bigcirc} , Abbildung 6.6.1) unvermindert fort. Nach Periode 30, also nach dem Ende der Transfers, erhöht sich die Auslandsschuld wieder kontinuierlich. Sie substituiert

Abbildung 6.6:
Stochastische Transferentwicklung Ost-Daten



Mengen k, b, y, c, i in Gütereinheiten pro Kopf, Bevölkerung L in absoluter Größe, z, tr, ts Skalare, Preise w, r in $1/\text{Gütereinheiten}$; TI Zeitpunkt der Informationsoffenbarung; Z1 bis Z3 Zeitpunkte, zu denen im Osten die Transfers eingestellt werden.

Quelle: Eigene Darstellung.

die Transfermittel. Während der gesamten Zeit setzt sich die Kapitalakkumulation (k_{ot}° , Abbildung 6.6.1) parallel zur Entwicklung der Produktivität fort (z_{ot}° , Abbildung 6.6.2). Die Verschuldung erreicht ihr zweites lokales Maximum kurz vor der vollen Produktivität in Periode 68 auf einem Niveau von rund 17% [b_{ot}/k_{ot}]. Ihr Abbau erfolgt mit einer Halbwertszeit von 25 Perioden. Die höhere Verschuldung reduziert die Konsummöglichkeiten nicht so stark und führt im Steady State zu einem geringeren Bevölkerungsverlust (bis auf 66% der ursprünglichen Ost-Bevölkerung) als bei sofortiger Transfereinstellung (\square) (bis zu 45% der ursprünglichen Ost-Bevölkerung im Steady State).

Im wahrscheinlichsten Szenario (\star) mit voller Produktivitäts-Transferkopplung erhöht sich das Konsumniveau (c_{ot}^{\star} , Abbildung 6.6.3) nach T_I sprunghaft um 7,6%. Das liegt daran, dass sich nach der Elimination der Unsicherheit das erwartete Einkommen abrupt (durch die höher als vor T_I erwarteten Transferzahlungen) vergrößert. Der Agent macht davon durch höhere Verschuldung (b_{ot}^{\star} , Abbildung 6.6.2) bereits vorzeitig Gebrauch. Durch die Verschuldung steigt der Konsum sogar zehn Perioden lang um 2,6% über das Konsumniveau des deterministischen Szenarios (c_{ot}^{∇} , Abbildung 6.6.3).

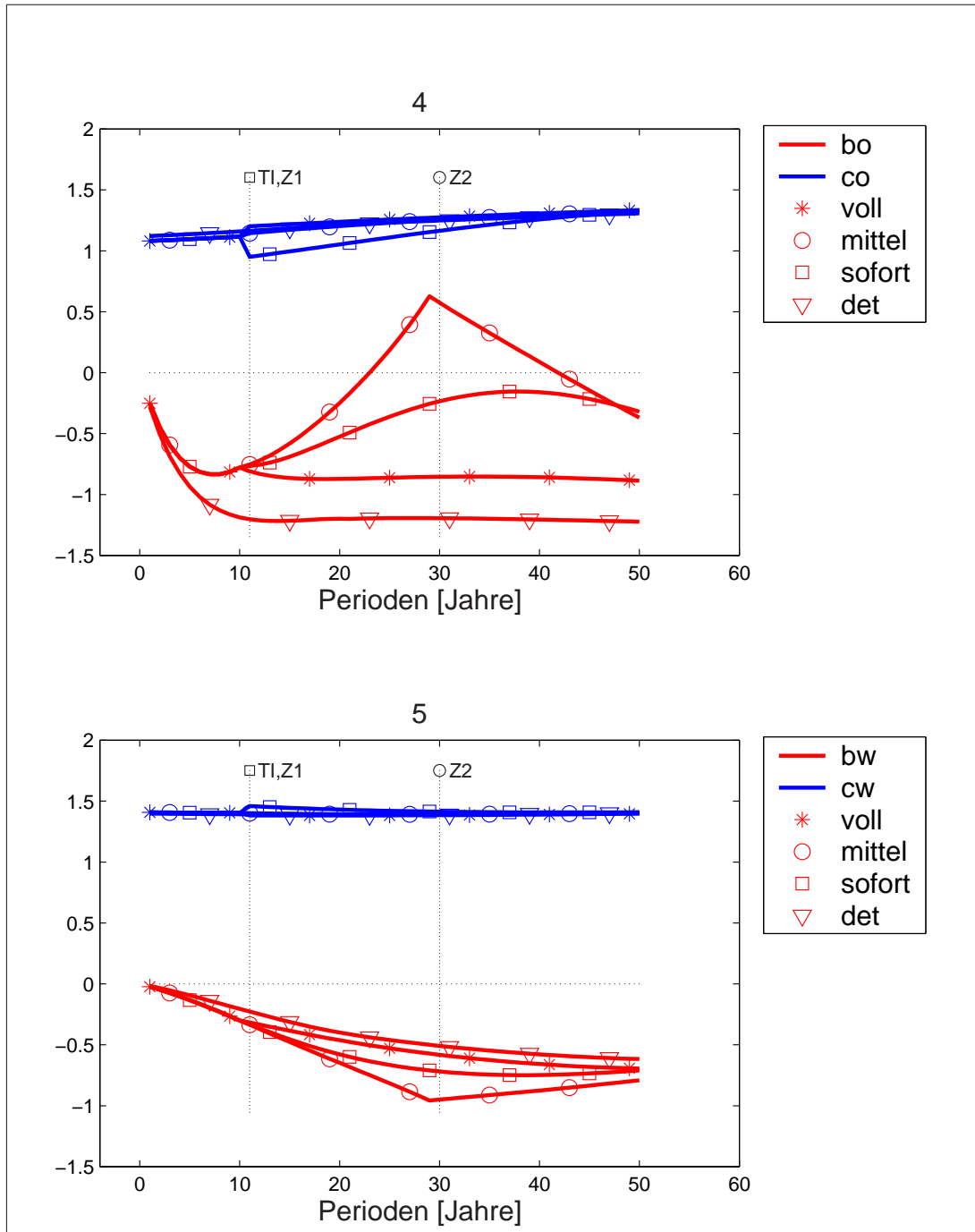
Ab T_I gleichen sich die Pfade beider Szenarios mit der gleichen Produktivitäts-Transferkopplung (bis auf die Bevölkerungszahl) nach und nach an.

Die Reaktion der Werte im Westen fällt gering aus. Lediglich die Verschuldung (b_{wt} , Abbildung 6.8.1) entwickelt sich in den Szenarios unterschiedlich. So ist die Verschuldung des Westens im „mittleren“ Szenario (\circ) am größten, da dort durch die Zuwanderungen (L_{wt}° , Abbildung 6.8.1) und die Transfers (tr_{wt}° , Abbildung 6.8.3) eine Belastung entsteht, die höher ausfällt als im sofortigen Szenario (\square), bei dem nur Belastungen durch die hohen Wanderungen auftreten, oder beim vollen Szenario (\star), in dem es nur Transferbelastungen gibt.

In der Burda-Graphik (Abbildung 6.9) werden die unterschiedlichen Ausmaße der Bevölkerungsbewegung durch die Spreizung der Pfade in x -Richtung im Osten deutlich. Ab Periode zehn (T_I) teilen sich die Pfade der stochastischen Szenarios. Je länger die Transfers erhalten bleiben, umso steiler steigen die Kurven zur Diagonalen (Steady State); je steiler der Kurvenverlauf, umso schneller verläuft die Kapitalakkumulation in Relation zur Bevölkerungsbewegung.

Im Szenario mit dem sofortigen Transferende bewegt sich die Kurve zunächst bis Periode 12 so, dass sich der Kapitalstock erhöht und die Bevölkerung abnimmt. Nach Periode 12 sinkt die Kurve leicht, ehe sie wieder mit Bevölkerungsverlust und Kapitalakkumulation auf die Diagonale zuläuft. Während die Kurve zwischenzeitlich fällt, sinkt der Kapitalstock im Osten leicht und dennoch erhöht sich die Kapitalintensität weiter.

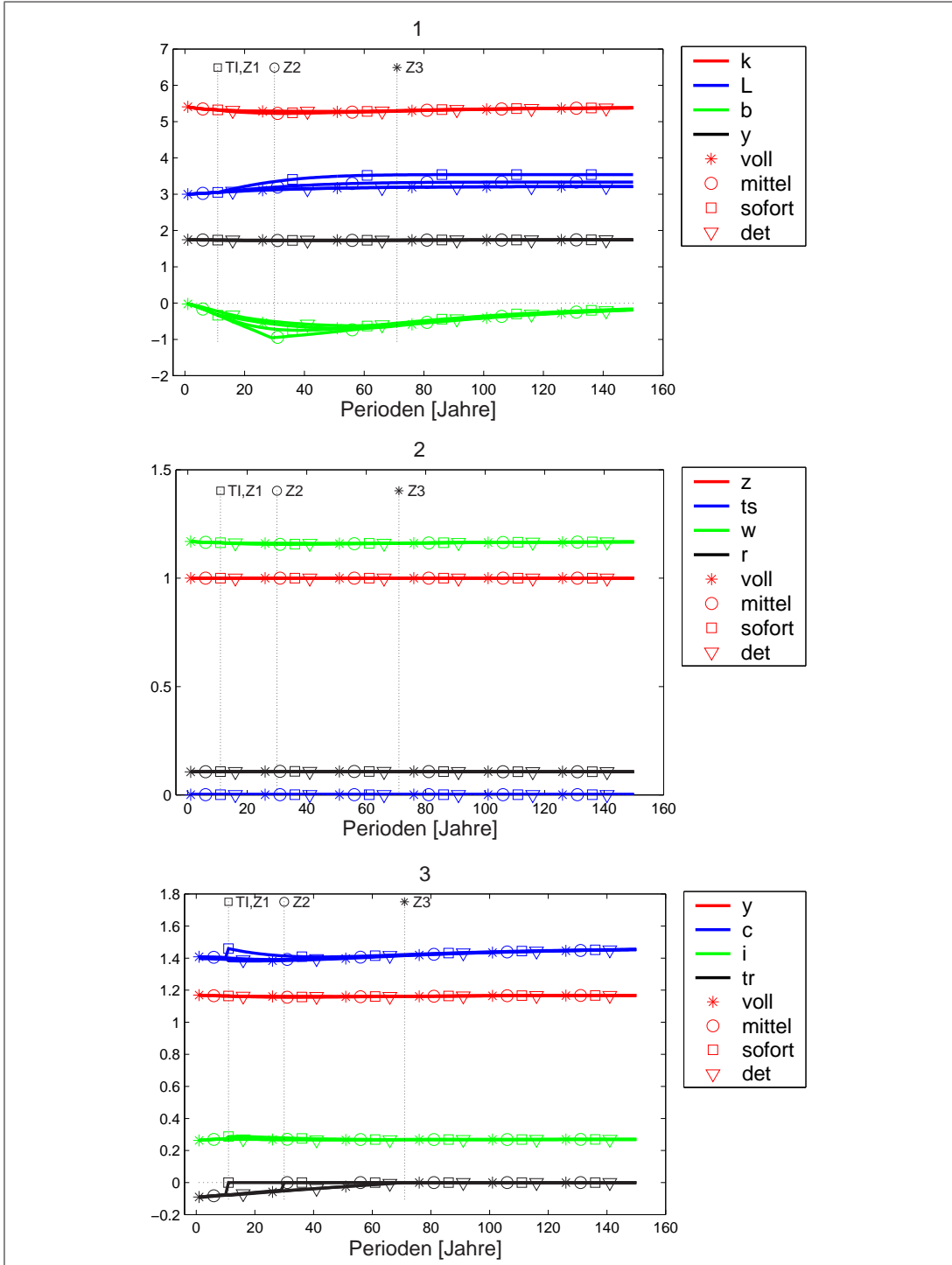
Abbildung 6.7:
 Stochastische Produktivitätsentwicklung Ost- (4), West-Daten (5) als Ausschnittvergrößerung



Mengen b, c in Gütereinheiten pro Kopf; TI Zeitpunkt der Informationsoffenbarung; Z1 und Z2 Zeitpunkte, zu denen im Osten die Transfers eingestellt werden.

Quelle: Eigene Darstellung.

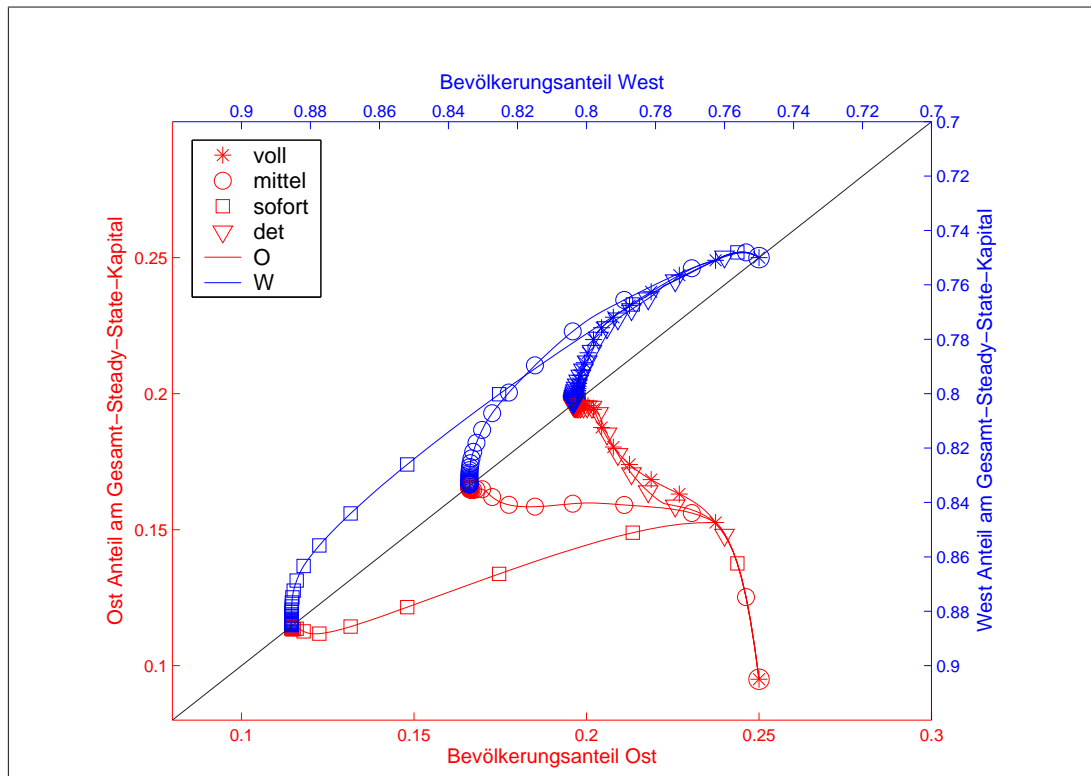
Abbildung 6.8:
Stochastische Transferentwicklung West-Daten



Mengen k, b, y, c, i in Gütereinheiten pro Kopf, Bevölkerung L in absoluter Größe, z, tr, ts Skalare, Preise w, r in $1/\text{Gütereinheiten}$; TI Zeitpunkt der Informationsoffenbarung; Z1 bis Z3 Zeitpunkte, zu denen im Osten die Transfers eingestellt werden.

Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 6.9:
Stochastische Transferentwicklung Burda-Graphik



Quelle: Eigene Darstellung.

6.3 Zusammenfassung

Mit der stochastischen Erweiterung des MMFMs wurde in diesem Abschnitt der Einfluss von Unsicherheiten über die Entwicklung von Produktivität und Transfers und die Anpassungsreaktion in Ost und West an verschiedene Entwicklungsszenarios untersucht.

Es zeigte sich, dass der Einfluss von Unsicherheiten über die Produktivitätsentwicklung, solange diese mit den Transfers gekoppelt bleibt, gering ist. Dies liegt an den stetigen Übergängen der Entwicklung. Die relevanten Anpassungsreaktionen finden nach der Bekanntgabe der Information über das tatsächliche Entwicklungsszenario statt. Ein Prognosefehler der Entwicklungsgeschwindigkeit verursacht deshalb keine hohen Kosten für die Agenten. Mit der Höhe der Geschwindigkeit des Produktivitätswachstums nimmt die Konvergenzgeschwindigkeit zu.

Stärker fallen die Einflüsse der Unsicherheit über die Transferszenarios aus. Da diese als abgeschnitten modelliert sind, ändern sich die Einkommenserwartungen unstetig. Das führt zu vorgezogenen Anpassungsreaktionen und einer sprunghaf-

Tabelle 6.3:

Modellprognose der Größe der Ost-Bevölkerung (absolut) in Abhängigkeit von Szenarios zu ausgewählten Zeitpunkten

| Periode | Standardszenario | sofortige Transfereinstellung |
|--------------|------------------|-------------------------------|
| 1 | 1,00 | 1,00 |
| 11 | 0,95 | 0,95 |
| Steady State | 0,78 | 0,45 |

Quelle: Eigene Berechnungen.

ten Anpassung des Konsums von der erwarteten an die tatsächliche Einkommensentwicklung.

Der einzige langfristige Unterschied zwischen den Szenarios ergibt sich hinsichtlich der Bevölkerungsverteilung zwischen Ost und West. Um diesen explizit darzustellen, sind in Tabelle 6.3 die Modellprognosen der Größe der Ost-Bevölkerung für die Perioden 1, 11 und den Steady State aufgeführt.

Die Simulation der Bevölkerungsentwicklung im Standardszenario lautet, dass bis zum Steady State noch $\frac{0,95-0,78}{0,05} = 3,4$ -mal soviel Migranten den Osten verlassen, wie es bisher der Fall war. Das entspräche bei einer Zahl von 800 000 Ost-West-Migranten im Zeitraum von 1991 bis 2003 einer prognostizierten Zahl von weiteren 2,7 Millionen Migranten. Bei einer sofortigen Transfereinstellung wären dies $\frac{0,95-0,45}{0,05} = 10$ -mal soviel Migranten wie im Standardszenario, also zusätzliche acht Millionen Migranten. Das heißt, dass sich die Migration durch die sofortige Einstellung der Transfers insgesamt verdreifachen würde. Dieser Vergleich stellt in keiner Weise eine normative Aussage zugunsten oder zuungunsten von Transfers dar. Er ist eine reine Beschreibung des Verhaltens rationaler Agenten unter den getroffenen Parametervorgaben.

Im folgenden Abschnitt wird die Produktivitätsentwicklung in einem endogenen Wachstumsmodell mit Humankapital erklärt.

7 Eine Erklärung der Produktivitätsentwicklung – endogenes Wachstum, Humankapital

Bislang wurde die Konvergenz der Ost-Kapitalintensität gegen die West-Kapitalintensität über einen konvergenten Produktivitätspfad angenommen. Mit diesen Annahmen ließen sich durch das MMFM eine Reihe empirischer Fakten erklären.

Allerdings wurde die Produktivitätskonvergenz bislang als exogen angenommen. Das bedeutet, dass bislang lediglich die Konvergenzfolgen untersucht wurden, nicht aber deren Ursachen. In diesem Kapitel wird der Produktivitätspfad endogen erklärt, um die bereits untersuchten Folgeprozesse ursächlich zu verstehen.

7.1 Überlegungen zur Ursache der Produktivitätslücke

Es gibt eine Reihe umfassender Untersuchungen über die Ursachen der Produktivitätslücke (insbesondere Ragnitz et al. (2001), Burda und Hunt (2001)). Sie stellen empirisch strukturelle West-Ost-Unterschiede dar, die die Produktivitätsunterschiede zum Teil erklären können.

Diese Erklärungen, wie z. B. die niedrige Unternehmensgröße im Osten, sind jedoch empirische Differenzen, die oft (ohne hinreichende Datenbasis und die sie auswertenden ökonometrischen Verfahren) keine kausalen Schlüsse erlauben. Sind die Unternehmen im Osten klein und führt dieses aufgrund niedriger Skalenerträge zu geringen Produktivitäten? Oder sind die Unternehmen im Osten aufgrund ihrer kurzen Betriebsbiographie klein und bleiben das wegen ihrer niedrigen Produktivität? Die beiden Hypothesen lassen sich nicht ohne Weiteres diskriminieren.

Diese Diskussion lässt sich nach untersuchten Ursachen drei Oberbegriffen zuordnen.

1. Unterschiede in der qualitativen und quantitativen Faktorausstattung

In endogenen Wachstumsmodellen sind technologische Unterschiede als Faktorunterschiede modelliert. Somit lassen sich über deren unterschiedliche Qualität und Quantität sowohl Unterschiede im technischen Wissen als auch im Humankapitalbestand und in der Infrastrukturausstattung darstellen.

- a) Erstens können Unterschiede im Humankapitalbestand (Barro: „[...] the skills embodied in a worker [...]“ Barro und i Martin (1999), S. 172) das Produktionsergebnis trotz gleicher Produktionstechnologie und gleichen Einsatzes physischen Kapitals beeinflussen. Derartige Unterschiede werden durch die Qualität und den Umfang der vorberuflichen

Ausbildung gemessen. Bei diesen Maßen ist ein dauerhafter substanzieller Unterschied des Humankapitalbestands im Ost-West-Vergleich unwahrscheinlich (siehe z. B. Burda und Wyplosz (1992), S. 681). Diese Vermutung ist deshalb plausibel, da die nachwachsenden Arbeitskräfte im Osten an den gleichen Ausbildungssystemen teilnehmen wie die Westlichen. Außerdem haben die älteren Ost-Arbeitskräfte ihre formale Ausbildung in der früheren DDR zumindest auf einem international vergleichbaren Niveau erhalten (Smolny (2003), S. 7). Aber der größte Teil der Arbeitskräfte im Osten hat einen nachhaltigen Systemwechsel, weg von planwirtschaftlicher Auftragserfüllung und hin zu wettbewerbs- und innovationsorientierter Marktwirtschaft, während seines Arbeitslebens miterlebt. Damit waren technologische Veränderungen verbunden, die auch an der niedrigen Kapitalintensität von 38% des Westniveaus (1991) zu erkennen sind. Außerdem haben erhebliche sektorale Verschiebungen den früheren Humankapitalbestand, insbesondere das individuelle Erfahrungswissen, abgewertet.

Derartige Humankapitalveränderungen lassen sich praktisch nicht direkt messen. Dennoch bieten sie einen interessanten und plausiblen Ansatz zur Erklärung der Produktivitätslücke, wie sich im folgenden Kapitel zeigen wird.

- b) Zweitens kann sich die Produktionstechnologie aufgrund technischen Wissens unterscheiden, das im Gegensatz zum Humankapital ein nicht konkurrierendes Gut ist. Dieses technische Wissen manifestiert sich in Wachstumsmodellen mit variierenden Produktpaletten und Produktqualitäten qualitativ und quantitativ in unterschiedlichen Vorleistungsproduktpaletten. Es sind keine Gründe offensichtlich, dass hierbei Ost-West-Barrieren bestehen. Also ist anzunehmen, dass sie in Ost und West gleichermaßen verfügbar sind. Sie stellen somit keine mögliche Ursache für produktionstechnologische Unverfügbarkeiten dar.

Zwar könnte eine Lücke des Wissens über technisches Wissen zwischen Ost und West bestehen. Dies wäre aber ein individuell zuschreibbares „Skill“-Defizit der Arbeitskräfte im Osten und ist somit als Humankapitaldefizit zu interpretieren.

- c) Drittens sind Infrastrukturdefizite als Erklärung der niedrigen Produktivität denkbar. Ein derartiger Ansatz ist u. a. von Funke und Strulik (2000) modelliert worden. Das Infrastrukturdefizit wird aber inzwischen nicht mehr als erklärungstragend für den Fortbestand und das Ausmaß der Produktivitätslücke angesehen (Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2002, 2004), Ziffer 398: „[...] von einem generellen Nachholbedarf aber nicht mehr gesprochen werden könne.“).

Tabelle 7.1:
 Sektorale Bruttowertschöpfung pro geleisteter Arbeitsstunde der Erwerbstätigen 2003
 nach Ost und West
 - in Euro -

| Sektor | Ost | West |
|------------------------|-------|-------|
| Produzierendes Gewerbe | 23,85 | 36,18 |
| Dienstleistungssektor | 25,58 | 37,70 |

Quelle: Statistisches Bundesamt.

2. Verhalten

Einen weiteren Oberbegriff zur Erklärung von ökonomischen Differenzen stellen systematische Verhaltensdifferenzen dar. Damit sind eingeschränkt rationale Verhaltensmuster gemeint. Dazu zählt z. B. der vom IWH untersuchte Aspekt, in Ost-Betrieben Faktoreinsatzverhältnisse vorzufinden, wie sie technologisch noch vor der Wiedervereinigung üblich waren. Ob derartig eingeschränkt rationales Verhalten unter Wettbewerbsdruck fortgesetzt zu substantiellen Produktivitätsunterschieden führen kann, ist fraglich. Zumindest lässt es sich empirisch schwer nachweisen.

3. Mikrostrukturen

Unter Mikrostrukturdifferenzen werden sämtliche Unterschiede gefasst, deren Erscheinen an eine disaggregierte Betrachtung geknüpft ist. So führen beispielsweise Spezialisierungsmuster, die sich in unterschiedlichen sektoralen Strukturen niederschlagen, aufgrund unterschiedlich produktiver Technologien zu unterschiedlich aggregierten Produktivitäten. Allerdings ist zwischen West und Ost eine fortgesetzte Konvergenz der sektoralen Strukturen zu beobachten. Außerdem zeigt ein einfacher Vergleich (Tabelle 7.1) der Pro-Kopf-Produktion in Ost und West, dass die Produktivitäten in dieser groben Gliederung im Osten sektoralunabhängig um rund ein Drittel niedriger sind als im Westen.^{30,31} Mikrostrukturen, zu denen auch Betriebsgrößenunterschiede zählen, können durchaus ihren Beitrag zur Erklärung der Produktivitätslücke leisten. Da es sich in der Analyse aber um einen Makroansatz handelt, wird dieser Ansatz im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter verfolgt.

³⁰ Dies ist eine grobe, aber übliche Einschätzung, da der Faktoreinsatz Kapital nicht kontrolliert wird. Methodisch überlegen wäre eine Schätzung der sektoralen technischen Effizienz wie in Kapitel 3.

³¹ In einer differenzierten sektoralen Untersuchung (Ragnitz et al. (2001)) kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass die ostdeutsche Produktivität 1998 bei einer hypothetischen sektoralen Wirtschaftsstruktur wie im Westen um 5% höher gewesen wäre. Letztlich bleibt bei dieser Überlegung unklar, ob die sektorale Wirtschaftsstruktur die Produktivität beeinflusst hat oder umgekehrt.

Wie bereits angedeutet, wird die Produktivitätslücke hier als Humankapitalstockdefizit interpretiert und modelliert. Dabei ist interessant, wie und ob es sein kann, dass sich die Humankapitalstocklücke derart langsam schließt, wie es zur Erklärung des Verlaufs der Produktivität im Osten erforderlich wäre.

Dass auch andere Autoren, ohne es explizit zu sagen, den gleichen Weg beschreiben, wird bei Smolny (2003) deutlich. Er bezeichnet die Vorstellung technologischer Spillovers bzw. Diffusion als den am besten zur Analyse des Aufholprozesses im Osten geeigneten Modellrahmen.

„Bei diesem Modellansatz wird davon ausgegangen, dass technologisch rückständige Regionen (oder Unternehmen) die bessere Technologie der reicheren Regionen imitieren können bzw. durch Handel und Direktinvestitionen der Unternehmen aus den reicheren Regionen profitieren können. [...] Darüber hinaus kann jedes ostdeutsche Unternehmen bei der Beschaffung von Vorprodukten und Investitionsgütern auf westdeutsche Technologie zurückgreifen.

Allerdings entstehen dabei Kosten, die eine schnelle Anpassung der Technologie und der Produktivität behindern können:

- Den Unternehmen in der weniger produktiven Region entstehen Kosten der Imitation. Sie sind schlechter über die am Markt erhältlichen Technologien informiert, ihnen fehlen die qualifizierten Arbeitskräfte, und sie haben nicht das Know How, um neue Produktionsverfahren so effizient einzusetzen wie Unternehmen in der reichen Region. Hinzu kommt das Fehlen einer effizienten Organisations- und Vertriebsstruktur, um Vorprodukte günstig beschaffen und Endprodukte erfolgreich am Markt absetzen zu können.
- Auch die externen Unternehmen, die Direktinvestitionen in der rückständigen Region durchführen wollen, müssen erst eine geeignete Organisations-Infrastruktur aufbauen, um ihre modernen Anlagen effizient nutzen zu können und die Produktion in überregionale Vorleistungs- und Vertriebswege einzubinden. Die Einwerbung von qualifizierten Arbeitskräften ist für westdeutsche Unternehmen möglicherweise einfacher, aber nicht jeder qualifizierte Mitarbeiter ist ohne Weiteres bereit, nach Ostdeutschland zu wechseln.
- Voraussetzung für die Produktivitätsanpassung ist also – neben marktwirtschaftlichen Freiheiten und Anreizen und einer stabilen Rechts- und Eigentumsordnung (Abramowitz, 1986) – eine geeignete Qualifikation der Arbeitskräfte. Hinzu kommt eine entsprechende private und öffentliche Infrastruktur, wie beispielsweise eine gute Verkehrsanbindung. Langfristig kann es dann zu einer vollständigen Konvergenz der Produktivität kommen, wenn sich die vorher weniger produktiven Unternehmen angepasst haben oder vom Markt verdrängt wurden.“

Die von Smolny angeführten technologischen Anpassungskosten, die eine schnellere Steigerung der Produktivität verhindern, umreißen im Wesentlichen Qualifikationsunterschiede der Arbeitskräfte der weniger produktiven Region. Es bleibt nämlich ausschließlich den Arbeitskräften der rückständigeren Region ursächlich zuzuschreiben, warum

-
1. technologische Informationsdefizite (ein Mangel an Know-how)
 2. eine ineffiziente Organisations- und Vertriebsstruktur und
 3. eine ungeeignete Organisations-Infrastruktur

(insbesondere fort-)bestehen.

Diese Qualifikationsdefizite der Arbeitskräfte der rückständigeren Region lassen sich als Humankapitaldefizite mühelos in ihrer Dynamik endogenisieren. Die von Smolny vorgenommene Interpretation des Ost-Konvergenzprozesses im Rahmen eines Diffusionsmodells ist eine Humankapitaldefizit-Interpretation mit ausgelassenen Humankapitalanpassungsmöglichkeiten.

Um eine Untergrenze des Humankapitalverhältnisses Ost-West aus einer Produktionsbeziehung zu bestimmen, kann man von einer Produktionsfunktion mit öffentlichem Kapital G (Funke und Strulik (2000), S. 3)

$$y_i = A_i k_i^\alpha (l_i h_i)^{1-\alpha} \quad (7.1)$$

$$A_i = A \left(\frac{G_i}{L_i} \right)^{1-\alpha} \quad (7.2)$$

ausgehen. Diese Produktionsfunktion enthält als Produktionsfaktoren den lokalen Pro-Kopf-Kapitalstock k_i , die eingesetzte Arbeit $l_i h_i$ in Einheiten effektiver Arbeit, als Produkt der Arbeitsmenge l_i und des Humankapitalstocks h_i und über einen lokalen Produktivitätsfaktor A_i den öffentlichen Pro-Kopf-Kapitalstock G_i/L_i . Für das Ost-West-Verhältnis der Produktion gilt

$$\frac{y_o}{y_w} = \left(\frac{G_o}{L_o} / \frac{G_w}{L_w} \right)^{1-\alpha} \left(\frac{k_o}{k_w} \right)^\alpha \left(\frac{l_o}{l_w} \frac{h_o}{h_w} \right)^{1-\alpha}. \quad (7.3)$$

Daraus lässt sich auf das Verhältnis der Humankapitalbestände h_o/h_w schließen

$$\frac{h_o}{h_w} = \left(\frac{\frac{y_o}{y_w}}{\left(\frac{G_o}{L_o} / \frac{G_w}{L_w} \right)^{1-\alpha} \left(\frac{k_o}{k_w} \right)^\alpha} \right)^{1/(1-\alpha)} \cdot \frac{l_o}{l_w}.$$

Mit der für 1991 (Kapitel 2) gemessenen Gleichheit der Verhältnisse y_o/y_w und k_o/k_w wird die Beziehung unabhängig vom Technologieparameter α

$$\frac{h_o}{h_w} = \frac{\frac{y_o}{y_w}}{\frac{G_o}{L_o} / \frac{G_w}{L_w}} \left(\frac{l_o}{l_w} \right)^{-1}. \quad (7.4)$$

Dieses Verhältnis ist das Humankapitalverhältnis, das die Produktionslücke 1991 vollständig erklärt. Da es zu diesem Zeitpunkt noch andere transitionsbedingte

Produktivitätshemmnisse gab, stellt dieses Humankapitalverhältnis eine Untergrenze des tatsächlichen Verhältnisses dar. Mit den ebenfalls in Kapitel 2 gemessenen Werten $l_{ot}/l_{wt} = 1,1$ und für 1991 $Y_o/Y_w \approx 0,4$ sowie dem von Funke und Strulik (2000) (S. 4) für seine Simulation zum Zeitpunkt 1991 benutzten Verhältnis $\frac{G_o}{L_o}/\frac{G_w}{L_w} = 0,5$ beträgt

$$\frac{H_o}{H_w} = 0,72. \quad (7.5)$$

Dieser Wert zeigt, dass es 1991 substanzielle Humankapitaldifferenzen zwischen Ost und West gab, wenn man die Unterschiede in der Ausstattung mit öffentlichem und privatem Produktionskapital und im Arbeitseinsatz zwischen Ost und West berücksichtigt und außerdem annimmt, dass Humankapitaldifferenzen die alleinige Erklärung der Produktivitätslücke darstellen.

Im folgenden Abschnitt wird ein Humankapitalakkumulationsmodell entwickelt. Die Untersuchung des langfristigen Gleichgewichts (BGP, Balanced Growth Path) vermittelt mit dem initialen Humankapitalstockverhältnis eine Vorstellung über den Grund der Produktivitätslücke und deren Fortbestehen. Diese Intuition wird anschließend in einer Simulation erhärtet.

7.2 Endogenes Wachstumsmodell mit Humankapital

Zur Entwicklung einer endogenen Wachstumsversion des MMFMs wird vom Modell Jones und Manuelli (2005) ausgegangen. Das Problem eines Repräsentativen Agenten lautet

$$\max_{c_{it}, e_{it}} \sum_{t=1}^{\infty} \beta^{t-1} U(c_{it}, e_{it}) \quad (7.6)$$

$$s.t.: f(k_{it}, l_{it}h_{it}) + Tr_{it} + r_{it}\tau_{it}^k = c_{it} + i_{hit} + i_{kit} + \varphi_{it} + \tau_{it} \quad (7.7)$$

$$s.t.: k_{it+1} = (1 - \delta_k) k_{it} + i_{ikt} \quad (7.8)$$

$$s.t.: h_{it+1} = (1 - \delta_h) h_{it} + i_{iht} \quad (7.9)$$

$$s.t.: T = e_{it} + l_{it} \quad (7.10)$$

$$s.t.: \varphi = \varphi_h(i_{ht}, h_t) + \varphi_k(i_{kt}, k_t) \quad (7.11)$$

$$s.t.: \tau_{it} = r_{it}\tau_{it}^k. \quad (7.12)$$

Er maximiert seinen Lebenszeitnutzen, der sich aus der Freizeit e_{it} und dem Konsum c_{it} zusammensetzt. Produziert wird mit einer einheitlichen Technologie f . Als Faktoren dienen der Kapitalstock k_{it} und die Arbeit $l_{it}h_{it}$. Die Arbeit setzt sich zusammen aus der reinen Arbeitszeit l_{it} gewichtet mit dem Humankapitalbestand h_{it} . Eine Einheit Arbeit wird umso produktiver, je höher der Humankapitalstock

ist. Die Produktion $f(h_{it}, k_{it})$ und die Transfers Tr_{it} können zum Konsum c_{it} oder zu Investitionen i_{iht}, i_{ikt} in die Kapitalstöcke verwandt werden. Die Kapitalstöcke entwickeln sich aus den Investitionen und den mit den jeweiligen Raten δ_k bzw. δ_h abgeschriebenen Kapitalstöcken der Vorperiode.

Die Kapitalverzinsung wird mit einer staatlichen Subvention von $r_{it}\tau_{it}^k$ regional budgetneutral bezuschusst. Die Finanzierung dieses Zuschusses erfolgt intraregional wie in Kapitel 5 durch eine Kopf-Steuer τ_{it} . Der Zusammenhang bleibt den einzelnen Haushalten verborgen, sodass das Budget des Repräsentativen Agenten von den Subventionen und ihrer Finanzierung unberührt bleibt. Sie treten lediglich in den Euler-Gleichungen als Ausdruck geänderter Investitionsanreize in Erscheinung. Die Ost- und West-Ökonomien besitzen – im Gegensatz zum MMFM – keine Möglichkeit zum Austausch von Gütern. Die Kapitalakkumulation im Osten erfolgt deshalb, abgesehen von den Transfers, autark.

Das Zeitbudget der Agenten aus Arbeit (l_{it}) und Freizeit (e_{it}) ist durch die Zeit T begrenzt. Es gibt Anpassungskosten der Kapitalstöcke $\varphi_{k,h}$ und einen Transfer Tr_{it} , der zwischen allen Agenten ausgeglichen sein muss.

Die Unternehmen maximieren ihren Gewinn über den Faktoreinsätzen.

Das Modell erzeugt endogenes Wachstum, da anders als im MMFM die Verzinsung der Kapitalstöcke (für k der Kapitalzins und für h der Lohn) nicht von den Beständen (k und h) abhängig ist, sondern von deren Verhältnis. Eine kontinuierliche ausgewogene Vergrößerung der Kapitalstöcke verändert deren Verzinsung also nicht und kann so den Anreiz erhalten, die Kapitalstöcke weiter auszudehnen. Im MMFM dagegen sinkt die Verzinsung des Kapitalstocks mit steigendem Kapitalstock. Der Anreiz zur weiteren Kapitalakkumulation „löscht sich selbst aus“.

Als Produktionsfunktion wird wie im MMFM eine Cobb-Douglas-Technologie in den Faktoren Kapital k_{it} und Arbeit $z_{it} = l_{it}h_{it}$ gewählt

$$f(k_{it}, z_{it}) = Ak_{it}^\alpha z_{it}^{1-\alpha} = A \left(\frac{k_{it}}{z_{it}} \right)^\alpha z_{it}.$$

Die zugehörigen Ableitungen lauten

$$f_{it}^{(1,0)} := f_k(k_{it}, z_{it}) = A\alpha \left(\frac{k_{it}}{z_{it}} \right)^{\alpha-1} \quad (7.13)$$

$$f_{it}^{(0,1)} := f_z(k_{it}, z_{it}) = A(1-\alpha) \left(\frac{k_{it}}{z_{it}} \right)^\alpha. \quad (7.14)$$

Die Nutzenfunktion entspricht der des Modells mit Arbeitsangebot (Kapitel 5.4.3)

$$U(c_{it}, e_{it}) = \frac{(c_{it}e_{it}^\sigma)^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$

mit den Ableitungen in verkürzender Schreibweise

$$U_{it}^{(1,0)} := U_c(c_{it}, e_{it}) \quad (7.15)$$

$$U_{it}^{(0,1)} := U_l(c_{it}, e_{it}). \quad (7.16)$$

Außerdem werden die gleichen Funktionsformen für die Anpassungskosten der Kapitalstöcke $x = k, h$ mit den Konstanten ik_x

$$\varphi(i_{xit}, x_{it}) = \frac{1}{2} ik_x \frac{i_{xit}^2}{x_{it}}$$

und deren Ableitungen

$$\varphi_{xit}^{(1,0)} := \varphi_{i_{xit}}(i_{xit}, x_{it}) \quad (7.17)$$

$$\varphi_{xit}^{(0,1)} := \varphi_{x_{it}}(i_{xit}, x_{it}) \quad (7.18)$$

benutzt.

Aus den Bedingungen erster Ordnung ergeben sich die Euler-Gleichungen. Zusammenfassend lauten die Modellgleichungen für die Agenten i (das Subscript + bezeichnet die Werte in $t + 1$):

$$U_{it}^{(1,0)} = U_{it+1}^{(1,0)} \beta \left(\frac{f_{it+}^{(1,0)}(1 + \tau_{it+}^k) - \varphi_{kit+}^{(0,1)} + (1 - \delta_k)(1 + \varphi_{kit+}^{(1,0)})}{1 + \varphi_{kit}^{(1,0)}} \right) \quad (7.19)$$

$$U_{it}^{(1,0)} = U_{it+1}^{(1,0)} \beta \left(\frac{l_{it+} f_{it+}^{(0,1)} - \varphi_{hit+}^{(0,1)} + (1 - \delta_h)(1 + \varphi_{hit+}^{(1,0)})}{1 + \varphi_{hit}^{(1,0)}} \right) \quad (7.20)$$

$$\frac{U_{it}^{(0,1)}}{U_{it}^{(1,0)}} = h_{it} f_{it}^{(0,1)} \quad (7.21)$$

$$x_{t+1} = (1 - \delta_x) x_t + i_{xit} \quad x = k_i, h_i \quad (7.22)$$

$$f(k_{it}, l_{it} h_{it}) = c_{it} + i_{hit} + i_{kit} + \varphi(i_{kit}, k_{it}) + \varphi(i_{hit}, h_{it}) - Tr_{it} \quad (7.23)$$

$$T = e_{it} + l_{it} \quad (7.24)$$

$$0 = \sum_i L_{it} Tr_t. \quad (7.25)$$

7.2.1 Eine Eigenschaft des Balanced Growth Paths (BGP)

Das MMFM hat mit dem Steady State eine Art Base-line. Dem ähnlich besitzt das gerade dargestellte Wachstumsmodell mit dem BGP auch eine Art Base-line, allerdings eine, die sich nicht statisch darstellt, sondern ständiges Wachstum zeigt. Genauer bedeutet das: Der BGP $z^* = (x^*, y^*)$ ist eine Lösung des dynamischen Gleichungssystems g , bestehend aus den Modellgleichungen (7.19 bis 7.25). In einem BGP wachsen die Variablen $x \in \{k, h, i_k, i_h, c\}$ mit konstanter Wachstumsrate λ . Für die Variablen $y \in \{l, n\}$ soll gelten $y_t = y_{t+1} = y^*$.

Definition 12 (BGP) *Der BGP z^* ist die Lösung des Gleichungssystems*

$$0 = g(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1}) \quad (7.26)$$

$$x_{t+1} = \lambda x^* \quad (7.27)$$

$$x_t = x^* \quad (7.28)$$

$$y_t = y_{t+1} = y^*. \quad (7.29)$$

Für die Berechnung von z^* sei $\delta_h = \delta_k$ und $ik_k = ik_h = 0$.

Der BGP führt auf ein nichtlineares Gleichungssystem, das numerisch gelöst werden kann. Seine theoretischen Eigenschaften sind nicht von Interesse, da weiter nur transitorische Effekte untersucht werden. Deshalb wird auf seine Herleitung verzichtet. Eine wichtige Eigenschaft des BGP aber leitet sich aus den Euler-Gleichungen ab. Bildet man das Verhältnis der Gleichungen (7.19) und (7.25), erhält man

$$f^{(1,0)} = l f^{(0,1)}$$

$$\frac{k}{h} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}. \quad (7.30)$$

Im BGP wird das Verhältnis von Humankapitalstock und Realkapitalstock durch den Technologieparameter α bestimmt. Man kann zeigen (Barro und i Martin (1999), S. 172), dass Abweichungen von dem konstanten BGP-Verhältnis k/h zu Stabilisierungsreaktionen führen. Nicht alle endogenen Wachstumsmodelle besitzen eine Anpassungsdynamik; AK-Modelle beispielsweise nicht (Sala-i-Martin (2002)).

Diese Vorüberlegungen unterstreichen die zentrale Bedeutung des Verhältnisses k/h für die Dynamik des Humankapitalmodells. Bevor das Modell gelöst werden kann, sind unter anderem noch Anfangswerte dieses Verhältnisses erforderlich. Diese werden im nächsten Abschnitt abgeschätzt.

7.3 Modelllösung

Es werden nun Simulationen durchgeführt, in denen staatliche Eingriffe mit dem Ausgleichsprozess interagieren, der die Unausgewogenheit von Real- und Humankapitalstock beseitigt. In der ersten Simulation greift der Staat über einen Transfer in die Akkumulationsprozesse ein, in der zweiten über Subventionen.

Das Modell wird mit der gleichen Technik wie die Modelle in Kapitel 5 und 6 gelöst. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Ex-ante-Schätzung der Lösung („initial guess“), die das numerische Verfahren zur Lösung des nicht linearen Gleichungssystems erfordert, nicht wie in einem Steady State stationär ist, sondern exponentiell wie bei einem BGP verläuft.³²

³² Nicht alle Variablen wachsen mit BGP-Rate der Aggregate, wie z. B. k . Die Multiplikatoren beispielsweise haben andere Wachstumsraten.

Zunächst werden die Simulationsparameter bestimmt.

7.3.1 Simulationsparameter

Das Modell ist ein reines Ost-West-Modell (ohne den Rest der Welt). Auf die Modellierung von Migration wird verzichtet. Das Verhältnis der Bevölkerungsgrößen Ost-West beträgt, wie in Kapitel 5, 1 : 3. Die Verhaltensparameter $\beta = 0,95$, $\gamma = -2$, die Anpassungskosten des Realkapitals $ik_k = 1$ und der Technologieparameter $\alpha = 1/3$ werden ebenfalls so gewählt wie in den Simulationen des MMFM. Für die Anpassung des Humankapitals fallen keine Kosten an ($ik_h = 0$).³³

An dieser Stelle folgen einige Kommentare zu den Anfangsbedingungen von Human- und Realkapital in Ost- und West. Es wird sich zeigen, dass die Verzögerung des Produktivitätswachstums durch das Humankapitalakkumulationsmodell mit den Ost-West-Verhältnissen der Anfangsbestände von Human- und Realkapital erklärt werden kann. Für den weiteren Fortgang werden die Anfangswerte $\left. \frac{h_o}{h_w} \right|_{1991} = 0,72$ aus der Abschätzung 7.5 und $\left. \frac{k_o}{k_w} \right|_{1991} = 0,4$ gewählt. Es ist also

$$\left. \frac{h_o/k_o}{h_w/k_w} \right|_{1991} = \frac{0,72}{0,4} = 1,8. \quad (7.31)$$

Im BGP ist das Verhältnis von Real- zu Humankapitalstock nur vom (regional-unabhängigen) Technologieparameter α abhängig (Gleichung 7.30). Deshalb ist im BGP das Verhältnis k/h im Osten und im Westen gleich groß

$$1 = \left. \frac{k_w/k_o}{h_w/h_o} \right|_{BGP}. \quad (7.32)$$

Aufgrund der Identität von $\frac{h_o/k_o}{h_w/k_w} = \frac{k_w/k_o}{h_w/h_o}$ und der Annahme $\left. \frac{h_w}{h_w} \right|_{1991} = \left. \frac{h}{k} \right|_{BGP}$ ergibt sich die Abschätzung

$$\left. \frac{h_o}{k_o} \right|_{1991} = 1,8 \left. \frac{h}{k} \right|_{BGP}. \quad (7.33)$$

Zu Beginn des Vereinigungsprozesses sind Real- und Humankapitalstock im Osten gemessen am BGP stark unausgeglichen. Es gibt im Vergleich zum BGP im Ausgangszustand wesentlich mehr Humankapital bezogen auf eine Einheit Realkapital als im BGP. Wie diese Unausgeglichenheit wirkt, wird in den folgenden Simulationen gezeigt.

³³ Das Modell wird trotz dieser Setzung allgemeiner entwickelt, da es einfacher ist, das Modell symmetrisch in den beiden Kapitalstöcken zu formulieren. Dadurch wird außerdem deutlicher, dass es sich bei beiden Kapitalstöcken um sehr ähnliche Anlageformen handelt und deswegen auch die Faktorpreise in einer engen Beziehung zueinander stehen.

Im Ausgangspunkt beträgt im Osten der Realkapitalstock k_{o0} wie im Kapitel 2 gemessen 40% des West-Werts k_{w0} , der auf 1 normiert ist. Der Westen soll sich zu Beginn der Simulation im BGP befinden. Das heißt, dass über die Beziehung (7.30) die Größe des initialen Humankapitalbestands festgelegt ist, und zwar zu $h_{w0} = 2k_{w0} = 2$. Über die im letzten Abschnitt bestimmten Verhältnisse $k_{o0}/k_{w0} = 0,4$ und $h_{o0}/h_{w0} = 0,72$ bestimmen sich daraus die initialen Kapitalstöcke im Osten mit $k_{o0} = 0,4$ und $h_{o0} = 2 * 0,72$.

Eine dynamische Eigenschaft des Modells ist es, dass sich das Ost-West-Verhältnis h/k ohne staatliche Eingriffe angleicht und somit auch die Wachstumsraten der Ost- und West-Ökonomie. Der Grund dafür wird nachfolgend ausführlich dargestellt. Die Konvergenz der Wachstumsraten mündet allerdings in unterschiedlichen Pro-Kopf-Niveaus. Eine Simulation ohne staatliche Eingriffe (im Ost-West-Verhältnis dargestellt als □, „oStaat“ Abbildung 7.3.1 und 7.3.2) und Migration zeigt ein Pro-Kopf-Niveau-Verhältnis der Produktion und des Konsums (Abbildung 7.3.1 und 7.3.2)

$$\frac{y_{ot}^{\square}}{y_{wt}^{\square}} = \frac{c_{ot}^{\square}}{c_{wt}^{\square}} = 56\%. \quad (7.34)$$

In diesem Modellkontext muss also die Konvergenz der Wachstumsraten und die Konvergenz der Pro-Kopf-Niveaus unterschieden werden.

Eine Konvergenz der Pro-Kopf-Niveaus lässt sich beispielsweise durch exogene Humankapitaldiffusion (siehe Burda und Wyplosz (1992), S. 681), durch Pro-Kopf-Konsumniveau-Differenzen motivierte Wanderungen und durch transitorische staatliche Eingriffe erreichen. Letzteres kann z. B. über Transfers und Subventionen geschehen. Diese beiden Eingriffe erlauben eine Verschiebung der Pro-Kopf-Niveaus im Einkommen bzw. Konsum und verursachen dadurch Wachstumsunterschiede. Durch eine geeignete zeitliche Steuerung dieser Wachstumsunterschiede lassen sich so indirekt die Pro-Kopf-Niveaus beeinflussen. Es wird somit möglich, neben den Wachstumsraten, die sich von allein angleichen, durch einen gezielten transitorischen staatlichen Eingriff auch dauerhaft die Pro-Kopf-Niveauverhältnisse auszugleichen.

Um dies in den Simulationen zu zeigen, werden die Transfer- und die Subventionsvolumina gegenüber den bisherigen Parameterszenarios verändert. Diese Änderungen zeigen, dass gezielte staatliche Eingriffe einen Niveauaufschluss des Ostens bewirken können. Durch größere oder längere staatliche Förderungen kann das Westniveau sogar übertroffen werden.

In der ersten Simulation (★, „Trsf“) wird als einziger staatlicher Einfluss ein Transfer modelliert. Der Prozess, der die Höhe der Transfers festlegt, wird in Anlehnung an die Simulationsparameter des Standard-Modells gewählt, da das endogene Wachstumsmodell möglichst wenig Unterschiede zum MMFM aufweisen soll, um den Einfluss der Humankapitalakkumulation deutlich herauszuarbeiten.

Dazu wird auch hier der Anteil der Transfers Tr_{ot} am Ost-Konsum c_{ot} festgelegt. Dieser soll innerhalb von 70 Perioden auf null schrumpfen. Lediglich das Transfervolumen wird in diesem Abschnitt 20% höher gewählt, um einen Fastni-veauaufschluss zum Westen im BGP zu erreichen. Initial beträgt der Anteil am Konsum also nicht wie in Kapitel 2 gemessen 25%, sondern 30%.

$$\frac{Tr_{ot}}{c_{ot}} = 1,2 \left[\frac{1}{4} - \frac{0,36(t-1)}{100} \right]. \quad (7.35)$$

Die Festlegung der Transfers durch die Quote Tr/c_{ot} impliziert, dass die Transfers an die Wachstumsrate der Ökonomie gekoppelt werden, ohne ihren nicht verzerrenden *Lump sum*-Charakter zu verlieren. Dies wäre aber der Fall, wenn die Finanzierung der Transfers als Einkommensteuer modelliert wäre, denn dann würde sie auch die investitionsrelevanten Faktorpreise über die Euler-Gleichungen verändern.

Um den Unterschied zwischen der Transferpolitik und einer Subventionspolitik in diesem Modellrahmen deutlich zu machen, wird eine weitere Simulation ausschließlich mit Subventionen Ts_{ot} vorgenommen (○, „Subv“). Um beide Förderpolitiken zu vergleichen, soll für das transitorische Subventionsvolumen gelten

$$\frac{T_{s_{ot}}}{c_{ot}} = 1,1 \left[\frac{1}{4} - \frac{0,36(t-1)}{100} \right]. \quad (7.36)$$

Aus ihm lässt sich der Fördersatz τ_{it}^k bestimmen. Das Fördervolumen wird 10% kleiner gewählt als das Transfervolumen. Damit wird in Abgrenzung zu den Transfers erkennbar, wie das niedrigere staatliche Förderungsvolumen den Niveauaufschluss im Osten beeinflusst. Die Parameter aller drei Simulationen sind in Tabelle 7.2 zusammengestellt.

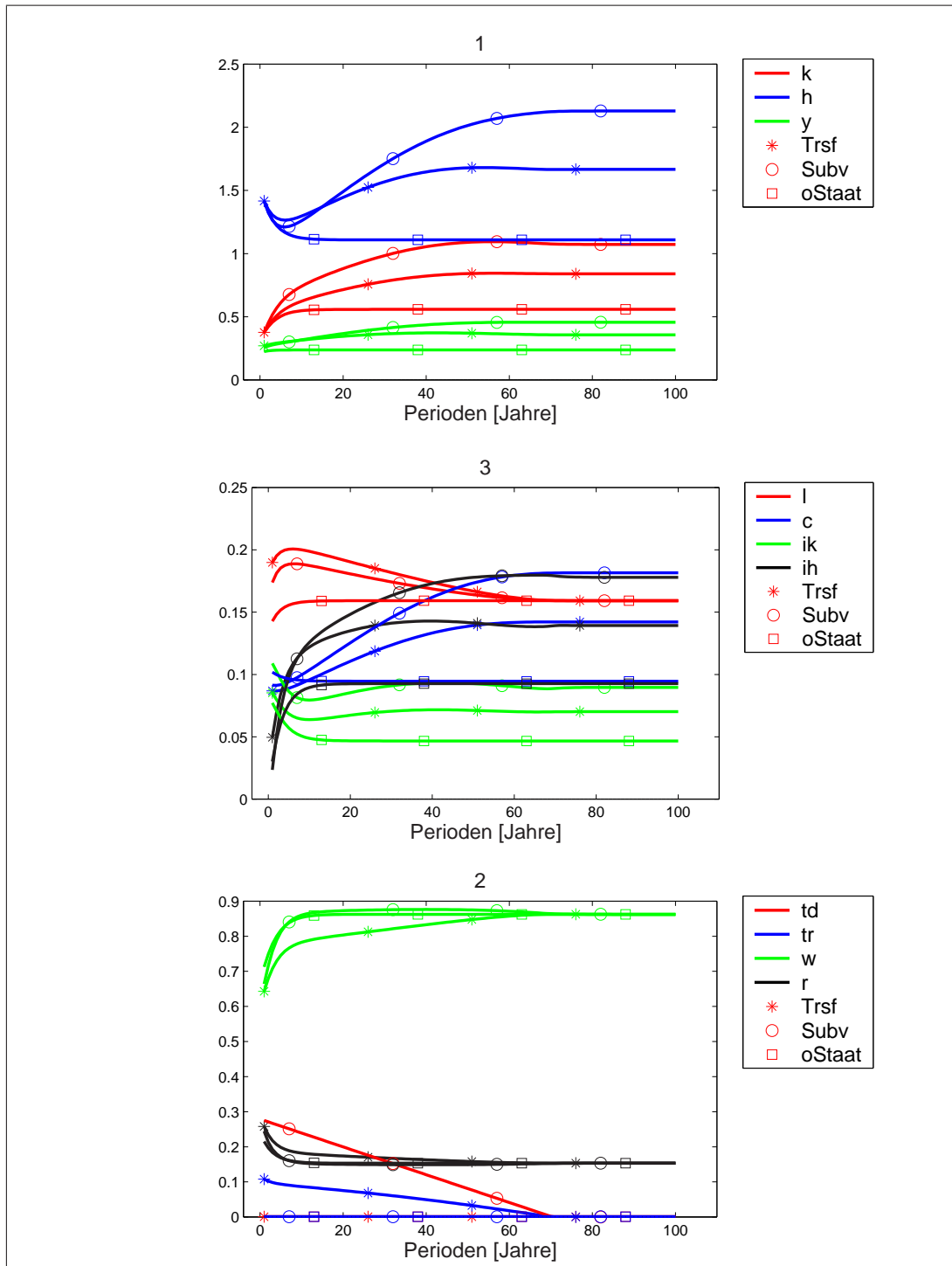
7.3.2 Simulationsergebnisse

Die in den Abbildungen 7.1 und 7.2 dargestellten Werte $x_{t,Abbildung}$ für die Aggregate i, c, y, k, h sind normiert auf die BGP-Wachstumsrate $w_{BGP} > 1$

$$x_{t,Abbildung} = \frac{x_t}{(w_{BGP})^t}.$$

Eine Kurve der Aggregate i, c, y, k, h – also mit Ausnahme der Faktorpreise und der Arbeitszeit – parallel zur x -Achse beschreibt einen exponentiell steigenden Verlauf mit der Wachstumsrate w_{BGP} . Ein Absinken einer Kurve in der Abbildung bedeutet folglich nicht zwangsläufig ein Absinken der normierten Variablen, sondern lediglich einen Anstieg, der niedriger ausfällt als w_{BGP} . Erst wenn die

Abbildung 7.1:
Humankapitalakkumulation Ost-Daten



Mengen BGP normiert in Gütereinheiten, Preise in 1/Gütereinheiten.

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 7.2:
Simulationsparameter endogenes Wachstum

| Symbol | ★ | ○ | □ |
|--|------------------|-----------------|----------------|
| Szenario | Trsf | Subv | oStaat |
| Transfer v_{Tr} $\frac{Tr_{ot}}{c_{ot}} = 1,2 \left[\frac{1}{4} - \frac{0,36(t-1)}{100} \right]^+$ | + | - | - |
| Subvention v_{Subv} $\frac{Ts_{ot}}{c_{ot}} = 1,1 \left[\frac{1}{4} - \frac{0,36(t-1)}{100} \right]^+$ | - | + | - |
| Region | O | W | |
| L_0 | 1 | 3 | |
| k_0 [% k_{BGP}] | 0,4 | 1 | |
| h_0 [% h_{BGP}] | 2* 0,72 | 2 | |
| Parameter | α 0,33 | β 0,95 | γ -2 |
| | ik_k 1 | ik_h 0 | |

Quelle: Eigene Berechnungen.

Kurve stärker sinkt als mit der Steigung $-w_{BGP}$, fällt auch der Wert der Variablen.

Da die Grenzprodukte der Kapitalstöcke bei der hier gewählten Cobb-Douglas-Spezifikation vom Kapitalstockverhältnis abhängig und somit im BGP konstant sind, werden die Faktorpreise w und r in den Abbildungen in absoluten Größen dargestellt.

Strukturelle zeitliche Verschiebungen, z. B. des Konsums, werden durch Vergleiche von Konsum- und Realkapital-Verhältnissen bemessen, da durch das BGP-Wachstum die reinen intertemporalen Verhältnisse des Konsums an Aussagekraft einbüßen.

7.3.2.1 Transfers im endogenen Wachstumsmodell

Die Simulation (★, „Trsf“) zeigt den Einfluss von Transfers auf das Wachstum der Ökonomien. In Abbildung 7.1 lassen sich im Osten drei Phasen unterscheiden.

Phase I beginnt in Periode 1 und endet analog zur Definition von Phase I in Kapitel 5.4.4.1 nach neun Perioden mit

$$t_{1Ende} \in \arg \min_t \left\{ \frac{r_{ot}}{r_{ot+1}} < 0,01 \right\} \quad (7.37)$$

dem Absinken von $r_{ot}^\star/r_{ot+1}^\star$ (r_{ot}^\star , Abbildung 7.1.3, im Ost-West-Vergleich $r_{ot}^\star/r_{wt}^\star$ Abbildung 7.3.2) auf unter 1%. Während der Phase I vollzieht sich die Anpassung des unausgewogenen Human-Realkapitalverhältnisses $\frac{k}{h}$ zu seinem BGP-Wert. Wie empirisch festgestellt, ist das initiale Verhältnis k_{o0}/h_{o0} im Osten kleiner als im BGP.

Diese relative Realkapitalknappheit lässt den Kapitalzins in der ersten Periode über seinen BGP-Wert und den Lohn (w_{ot}^\star , Abbildung 7.1.3, im Ost-West-Vergleich $w_{ot}^\star/w_{wt}^\star$ Abbildung 7.3.2) unter seinen BGP-Wert springen.

Diese Reaktion lässt sich aus der statischen Überlegung nachvollziehen. Für konstanten Arbeitseinsatz gilt für den Fall von Wettbewerbsfaktorpreisen für das Verhältnis der Faktorpreise in Abhängigkeit des Verhältnisses von Real- und Humankapital

$$\frac{r_o}{r_{BGP}} \Big|_{1991} = \left(\frac{\frac{k_o}{h_o}}{\frac{k}{h} \Big|_{BGP}} \right)^{\alpha-1} = 1,68 \quad (7.38)$$

$$\frac{w_o}{w_{BGP}} \Big|_{1991} = \left(\frac{\frac{k_o}{h_o}}{\frac{k}{h} \Big|_{BGP}} \right)^\alpha = 0,74. \quad (7.39)$$

Das bedeutet, dass der Zins für Realkapital über sein BGP-Niveau steigt, während der Lohn (der Zins des Humankapitals) darunter fällt. Die Faktorpreise beeinflussen nun über die jeweilige Euler-Gleichung das Investitionsverhalten. Der gestiegene Zins macht es interessanter, auf Konsum (c_{ot}^\star , Abbildung 7.1.2) zugunsten von Kapitalinvestitionen (ik_{ot}^\star , Abbildung 7.1.2) zu verzichten und gleichzeitig Humankapitalinvestitionen (ih_{ot}^\star , Abbildung 7.1.2) wegen der gesunkenen Löhne einzuschränken. Die Realkapitalakkumulation (k_{ot}^\star , Abbildung 7.1.1) vollzieht sich folglich schneller als die Humankapitalakkumulation (h_{ot}^\star , Abbildung 7.1.1). Die relative Realkapitalknappheit verringert sich, das Verhältnis k/h steigt gegen seinen BGP-Wert. Dieser Ausgleichsprozess vollzöge sich ohne Anpassungskosten innerhalb einer Periode. Um diesen Prozess realistischer zu modellieren, sind im vorliegenden Modell Investitionskosten für Kapital eingeführt. Sie verlangsamen den Realkapitalakkumulationsprozess und strecken somit die Phase I des Human-Realkapitalausgleichs. Das führt sogar dazu, dass sich der Humankapitalbestand leicht reduziert. Da sich der als Produktivität interpretieren lässt, bedeutet dies, dass während der ersten neun Perioden die Produktivität leicht fällt bzw. stagniert. Dieser Effekt entspricht der empirisch beschriebenen Produktivitätslücke.

Phase II beginnt in Periode zehn mit dem Erreichen (95%) des BGP-Verhältnisses k/h . Zu diesem Zeitpunkt liegen auch die Faktorpreise nahezu auf BGP-Niveau. Es geht ab jetzt von ihnen kein weiterer Impuls zur einseitigen Kapitalakkumulation mehr aus.

Ab diesem Zeitpunkt werden die Wirkungen der Transfers sichtbar. Sie erhöhen das Güterangebot und auch das Arbeitsangebot (l_{ot}^* , Abbildung 7.1.2) im Osten (während der ersten 20 Perioden um mindestens 20% und bis zu 26%). Dieses Ergebnis deckt sich zumindest qualitativ mit der im Osten gemessenen Ausdehnung der Arbeitszeit. Wie bereits ausgeführt, war dieser Effekt aus dem MMFM mit flexiblem Arbeitsangebot und Transfers trotz der gleichen Nutzenfunktion nicht zu erreichen. Offenbar fällt die Reaktion der Gleichgewichts-Arbeitszeit allein aufgrund der Endogenität der Produktivitätslücke qualitativ anders aus.

Mit dem zusätzlichen Transfereinkommen (Tr_{ot}^* , Abbildung 7.1.3) wird es möglich, die Investitionen über das BGP-Niveau auszudehnen (um bis zu 22% des BGP-Verhältnisses von $i_{k_{BGP}}/k_{BGP}$ und – später einsetzend – um 13% des BGP-Verhältnisses $i_{h_{BGP}}/h_{BGP}$ in Periode zehn). Bis Periode 30 liegen die Investitionsverhältnisse immer noch um 8% über dem BGP-Niveau. Der Konsum wird nach den ersten *vier* Perioden bis Periode 30 um durchschnittlich 9% des BGP-Verhältnisses c_{BGP}/k_{BGP} reduziert. Die hohen Investitionen ermöglichen eine ausgeglichene Ausdehnung der Kapitalstöcke über der BGP-Wachstumsrate. Dies drückt sich durch einen Anstieg der Kurven k_{ot}^* und h_{ot}^* in Abbildung 7.1.1 aus. Die Ost-Ökonomie konvergiert deshalb in dieser Phase II gegen die West-Ökonomie im Niveau. Diese Phase endet mit dem Ende der Transfers in Periode 70.

In der folgenden Phase III ist der BGP erreicht. Alle Aggregate wachsen mit konstanter Rate.

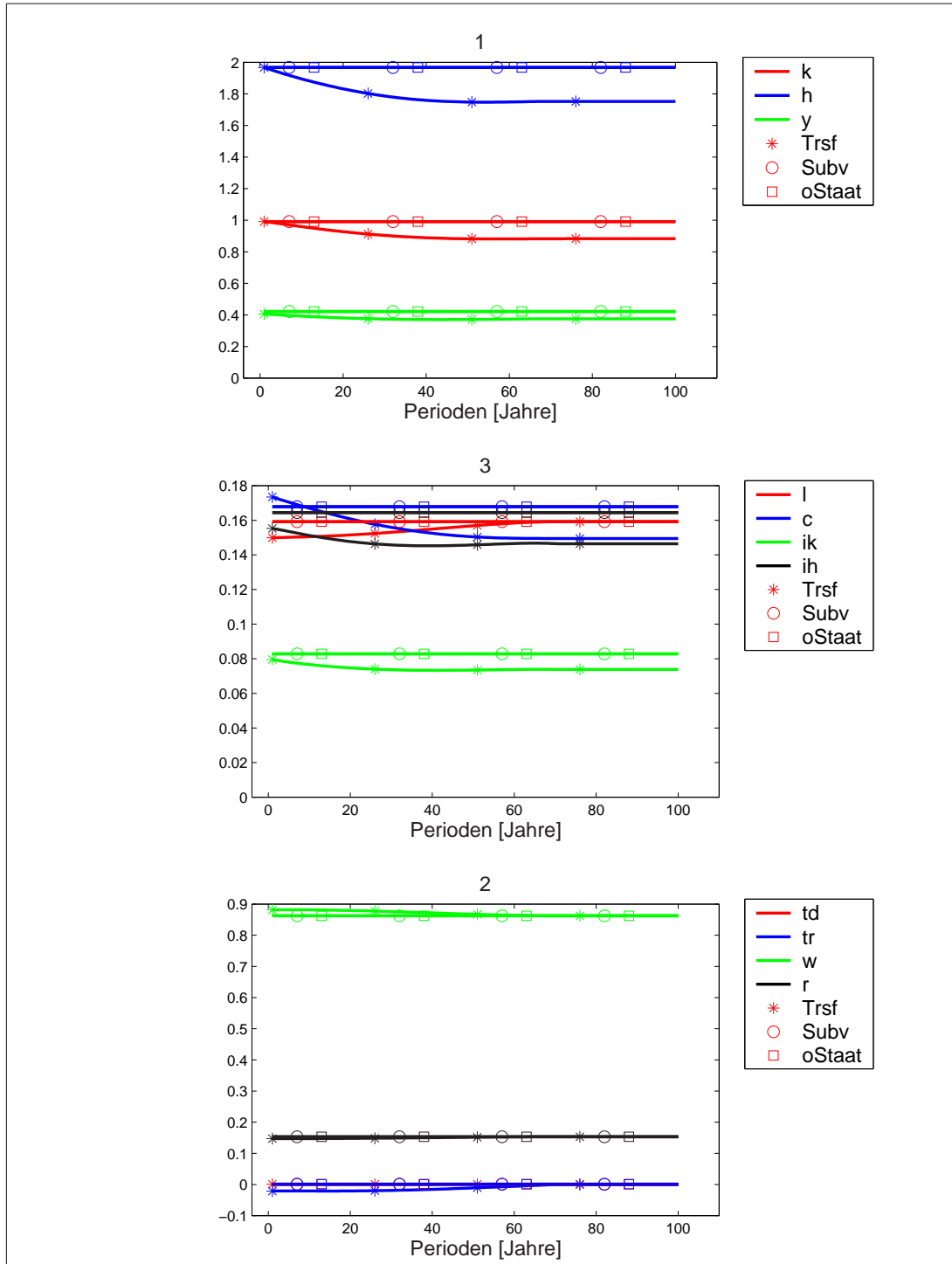
Im Westen entspricht das Human-Realkapitalverhältnis zu Beginn der Simulation dem BGP-Verhältnis. Eine Anpassung wie im Osten findet deshalb nicht statt. Es lassen sich folglich nur zwei Phasen unterscheiden.

In der erste Phase werden dem Westen über Transfers (Tr_{wt}^* , Abbildung 7.1.3) Mittel entzogen. Davon werden die Faktorpreise wegen der *Lump sum*-Finanzierung fast nicht betroffen. Diese Phase endet mit den Transfers in Periode 70. Sie entspricht also den Phasen I und II im Osten.

Der Entzug der Mittel stellt im Westen einen negativen Einkommenseffekt dar. Er fällt aufgrund der Größe des Westens geringer aus als der positive Effekt im Osten. Die Agenten im Westen reduzieren ihre Investitionen (ik_{wt}^* und ih_{wt}^* , Abbildung 7.1.2) während der ersten 20 Perioden um jeweils 5% des BGP-Verhältnisses i_{BGP}/k_{BGP} . Allerdings fällt die Anpassung beim Realkapital stärker aus, da dort Investitionskosten die Anpassung beschleunigen.

Gleichzeitig dehnen sie ihren Konsum (c_{wt}^* , Abbildung 7.1.2) um 3% des BGP-Verhältnisses c_{BGP}/k_{BGP} aus und reduzieren ihre Arbeitszeit (l_{wt}^* , Abbildung

Abbildung 7.2:
Humankapitalakkumulation West-Daten



Mengen BGP normiert in Gütereinheiten, Preise in 1/Gütereinheiten.

Quelle: Eigene Darstellung.

7.1.2) um 5% gegenüber dem BGP. Die Erwartung einer mittelfristigen Einkommensreduktion veranlasst die Agenten, Konsum und Freizeit gegen Investitionen und Arbeitszeit zu substituieren. Die parallele Reduktion des Investitionsverhältnisses i_k/k und i_h/h reduziert das Wachstum im Westen unter BGP-Niveau. Die Höhe der Reduktion der Wachstumsraten hängt mit der Transferhöhe zusammen und nimmt folglich mit den Transfers ab. Nach Ende der Transfers in Periode 70 wächst die Ökonomie mit ihrer BGP-Rate.

Es ist also in Phase I und II durch die Transfers zu einem Niveauaufschluss des Ostens gegenüber dem Westen gekommen. Das Konsumverhältnis c_{ot}/c_{wt} hat sich von anfänglich 50% auf 95% erhöht. Durch größere oder längere Transfers wäre das Westniveau zu übertreffen gewesen. Geringere Transfers hätten die Pro-Kopf-Lücke weniger stark geschlossen.

Um zu bestimmen, wie hoch die Veränderung der Wachstumsraten in Ost und West durch einen staatlichen Eingriff im Intervall $[1, T]$ durchschnittlich ist, wird das Verhältnis der Produktion zum Zeitpunkt T mit der Produktion zum Zeitpunkt 1 gebildet und um den Einfluss der Wachstumsrate der Produktion im BGP bereinigt

$$\Delta wr_{Staat}^T = \left(\frac{y_{iT, Staat}}{y_{i0, Staat}} \right)^{1/T} - wr_{BGP}.$$

T muss so gewählt werden, dass bis zum Zeitpunkt T Konvergenz eintritt, sonst unterschätzt die Maßzahl die durchschnittliche Veränderung der Wachstumsraten. Da die Wachstumsunterschiede bereits lange vor Ende der Transfers in Periode 70 gering sind, wird mit $T = 20$ zur Beurteilung ein kürzerer Zeitraum gewählt.

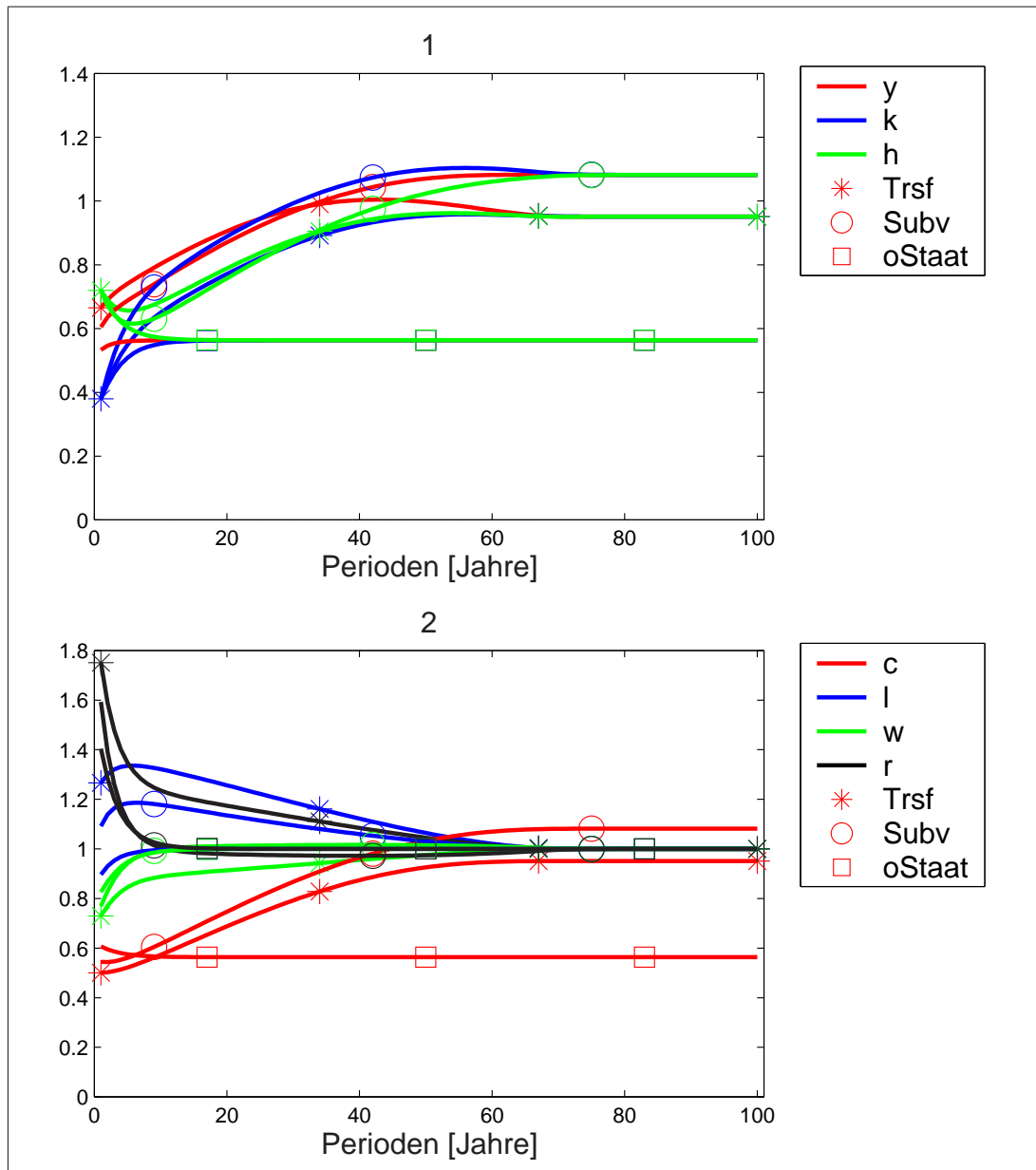
Für $T = 20$ ergibt sich im Westen durch die Transfers eine Wachstumseinbuße von 0,22%; im Osten erhöhte sich die Wachstumsrate um 1,5%. Für Ost und West in der Summe erhöht sich die Wachstumsrate um durchschnittlich 0,17%.

7.3.2.2 Subventionen im endogenen Wachstumsmodell

Auch Subventionen als staatliche Eingriffe sind geeignet, die Wachstumsraten der Ökonomien zu beeinflussen und damit eine Konvergenz der Pro-Kopf-Werte zu erreichen. Allerdings geschieht dies durch einen anderen Zusammenhang. Zu beachten ist, dass es sich bei den Subventionen nach der hier getroffenen Einordnung um reine Zinserhöhungen handelt, die intraregional finanziert werden. Deshalb gibt es in diesem Modell wegen der fehlenden Möglichkeit zur Verschuldung im Westen und zur Migration keine Beeinflussung des Westens.

Durch den Zinsaufschlag (τ_{rot}° , „Subv“ Abbildung 7.1.3) wird in der Frühphase das investitionsrelevante Faktorpreisverhältnis $\tau_{rot}^{\circ} + r_{ot}^{\circ}/w_{ot}^{\circ}$ von Realkapital- zu

Abbildung 7.3:
Humankapitalakkumulation Ost-West-Verhältnis

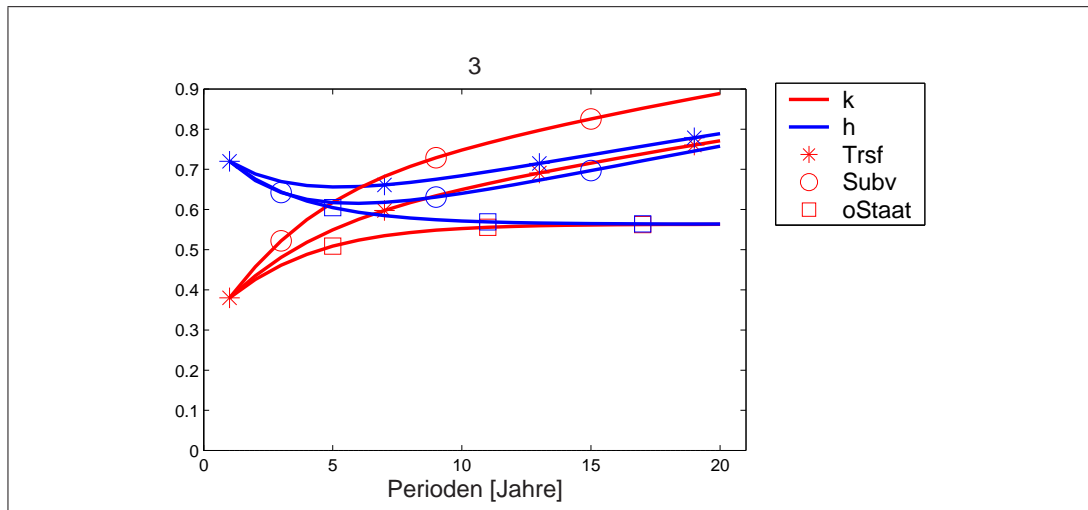


Quelle: Eigene Darstellung.

Humankapitalverzinsung noch stärker erhöht als bei den Transfers (★). Die Investitionsanreize werden dadurch in Richtung Realkapital noch weiter vergrößert. Dies äußert sich in der kurzen Frist dadurch, dass die Realkapitalkurve (k_{ot}° , Abbildung 7.3.1) die Humankapitalkurve (h_{ot}° , Abbildung 7.3.1) „von unten her kreuzt“ und beide Kurven, nicht wie bei den Transfers, ohne Schnitt konvergieren.

Abbildung 7.4:

Ost-West-Verhältnis der Produktivität – blaue Kurve – 1991 bis 2010



Quelle: Eigene Darstellung.

Infolge des steigenden Realkapitalstocks kommt es zu einer relativen Humankapitalknappheit, wodurch die Löhne (w_{ot}° , Abbildung 7.1.3) steigen. Die Investitionsanreize für Humankapital (ih_{ot}° , Abbildung 7.1.2) steigen deshalb ebenfalls über das BGP-Niveau und die Ost-Ökonomie erhöht ihre Wachstumsrate (über BGP-Niveau). Allerdings ist in diesem Fall nicht der reine Einkommenseffekt für die kombinierte Erhöhung der Wachstumsraten beider Kapitalstöcke verantwortlich, sondern die künstliche Erhöhung eines Faktorpreises, der über den modellinternen Ausgleichsmechanismus – hin zu einem BGP mit fixem Real-Humankapitalverhältnis – den anderen Faktor „nachzieht“.

7.3.2.3 Komparative Statik

Die komparativ statischen Reaktionen der Modelllösung auf Parameterveränderungen sind überraschend. Je ausgeglichener H_{0o} und H_{0w} , umso größer die Unausgeglichenheit von H und K bei gegebenem k_{o0} zu Beginn der Simulation und umso länger die Dauer von Phase I der verzögerten Humankapitalanpassung im Osten. Das heißt, dass eine größere Humankapitallücke zwischen Ost und West eine kürzere Produktivitätslücke (im oben beschriebenen Sinn) hervorgerufen hätte. Im Extremfall wären $\frac{H_{0o}}{K_{0o}} = \frac{0,4H_{0w}}{0,4K_{0w}} = \frac{H_{0w}}{K_{0w}}$. Dann gäbe es keine Produktivitätslücke. Allerdings wäre der Humankapitalstock längere Zeit auf einem niedrigeren Niveau. Welche Wohlfahrtsimplikationen das hätte, ist ex ante unklar. Man kann also auf keinen Fall sagen, dass ein niedriger Humankapitalstock die Konvergenz beschleunigt hätte. Die Produktivitätslücke ist Begleiterscheinung initial unausgewogener Kapitalstockverhältnisse.

Das bedeutet weiter, dass die „übermütige“ Annahme, H_{0o} sei für die gesamte 1991 aufgetretene Produktivitätslücke verantwortlich, die Länge der Produktivitätslücke nicht nach oben abschätzbar macht, sondern die Abschätzung einer Untergrenze der Länge der Produktivitätslücke darstellt.

Über den gleichen Mechanismus wirkt die Verkleinerung der Abschreibungsrate für Humankapital (Realistische Schätzungen gehen von $\delta_k > \delta_h$ aus mit $\delta_h \in [0,01; 0,04]$, Jones und Manuelli (2005)). Je niedriger sie ist, umso länger dauert es bei $i_h > 0$, bis das BGP-Verhältnis von H und K erreicht ist.

7.4 Interpretation der gemessenen Daten durch das Modell

Der Ansatzpunkt dieses Kapitels ist die Vorstellung, dass sich hinter der Produktivität auch der Einfluss des Humankapitalstocks verbirgt. Das beschriebene Modell liefert eine Erklärung für die Produktivitätslücke. Der Grund für die niedrige Produktivität und ihre stagnierende Entwicklung ist das unausgewogene Verhältnis des Human- und Realkapitalstocks zu Beginn der Vereinigung. Die Ost-Ökonomie reagiert auf diese Unausgewogenheit mit einer strukturellen Investitions-Spezialisierung hin zum knapperen Faktor. Der „reichlichere“ Faktor wird währenddessen vernachlässigt, was sich in einer vorübergehenden Stagnation der Humankapitalakkumulation und damit in einer Entwicklungsverzögerung der Produktivität (Stagnation der Produktivitätslücke) niederschlägt.

An dieser Stelle ist es sinnvoll, noch einmal auf die Unterscheidung von Humankapital und Wissen hinzuweisen. Wissen ist im Gegensatz zu Humankapital – in einer extremen Vorstellung – ein öffentliches Gut, das kostenlos zur Verfügung steht. Humankapital dagegen ist ein konkurrierendes Gut. Betrachtet man diese Unterscheidung aus dem Blickwinkel der Humankapital-Akkumulationsidee, dann erweisen sich Knowledge-Spillovers als Spezialfall, in dem die Produktion von Humankapital ohne Ressourcenverzehr unter der Bedingung $i_{ht} = i_{kt}$ erfolgt.

Der Humankapitalstock (die Produktivität) wächst im Gegensatz zum Wissen, aber nicht parallel mit dem Realkapitalstock, da per Definition Humankapital-Investitionen eine Entscheidungsgröße sind, deren Erstellung mit einem Ressourcenverbrauch einhergeht. Dieser Ressourcenverbrauch hat in einem rationalen Kalkül wiederum unterschiedliche Knappheitsbewertungen der beiden Kapitalstöcke zur Folge. Die Ressourcenbeschränkungen zwingen deshalb zu einer durch die Faktorpreise zeitlich geordneten Anpassung der Kapitalstöcke.

Eine relativ humankapitalreiche Ökonomie spezialisiert sich also zunächst auf den Aufbau eines Realkapitalstocks und tritt erst später in eine parallele Entwicklung beider Kapitalstöcke ein.

Diese Interpretation der Vorgänge passt sehr gut zu den nach 1991 beobachteten „Überkapazitäten“ im Bausektor. Während dieser Phase ist es zu einem

starken Aufbau des Kapitalstocks – auch der Bauten – gekommen; hierbei wurde der individuelle Aufbau von technischem und marktwirtschaftlichem Wissen vernachlässigt.

Ein solches unausgewogenes Verhältnis würde zwar auch entstehen, wenn eine sprunghafte technologische Veränderung weg von einer arbeitsintensiven (im Sinne eines hohen Anteils des Arbeitseinkommens am Gesamteinkommen, der bei der CD-Technologie $1 - \alpha$) hin zu einer kapitalintensiveren Produktion stattfände (Gleichung 7.30, $\frac{d}{d\alpha} \frac{\alpha}{1-\alpha} > 0$, $\alpha \in (0, 1)$)

$$\alpha_1 < \alpha_2 \rightarrow \left. \frac{K_1}{H_1} \right|_{BGP} < \left. \frac{K_2}{H_2} \right|_{BGP} .$$

Diese Erklärung ist aber bestenfalls auf den ersten Blick geeignet, das initiale Ost-Real-Humankapital-Verhältnis zu erklären, schließlich sind die dazu erforderlichen Gleichgewichtsannahmen vor Beginn des Vereinigungsprozesses zur Beschreibung einer Planwirtschaft ungeeignet. Allerdings könnte ein derartiger technologischer Umbruch in einer friktionslosen Ökonomie mit rationalen Agenten auch zu den beschriebenen Anpassungsreaktionen mit Produktivitätslücke führen.

7.5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde gezeigt, dass es mit einer Interpretation der Produktivität als Humankapital möglich ist, das temporäre Auftreten einer Produktivitätslücke zu erklären. Dazu wurde zunächst das Verhältnis von Humankapital- und Realkapitalstock zu Beginn der Vereinigung abgeschätzt. Mit diesem Startwert ließ sich in einem endogenen Wachstumsmodell mit Humankapital eine temporär verzögerte Produktivitätsentwicklung beobachten. Der Grund dafür ist die relative Realkapitalknappheit zu Beginn der Vereinigung.

Das Modell besitzt im Gegensatz zum MMFM die Eigenschaft, dass eine Konvergenzentwicklung der Pro-Kopf-Werte zwischen West und Ost nur durch gezielte staatliche Eingriffe wie Transfers und Subventionen zu erreichen ist. In den Simulationen war trotz einer leichten Produktionskontraktion im Westen kein negativer gesamtdeutscher Effekt zu erkennen.

Der Kapitalstockaufbau im Osten wird von einer erheblichen Ausdehnung der Arbeitszeit begleitet. Diese Eigenschaft zeigt sich trotz gleicher Nutzenfunktion im MMFM mit elastischem Arbeitsangebot nicht. Das ist ein weiterer Hinweis darauf, dass das Humankapitalmodell in der Lage ist, die Zusammenhänge des Vereinigungsprozesses umfassend zu beschreiben und zu erklären. Die Modelllösung stellt demnach einen vielversprechenden und grundlegenden Ansatz zu einer umfassenden quantitativen Erklärung der Abläufe während des Wiedervereinigungsprozesses dar.

8 Zusammenfassung

In der Einleitung wurden vier Fragen des Vereinigungsprozesses formuliert. Im Verlauf der Arbeit wurden diese Fragen in einzelnen Kapiteln bearbeitet. In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse zusammengefasst und erörtert, inwieweit Antworten gefunden wurden, welchen Beschränkungen diese unterliegen und welche Untersuchungen folgen könnten.

8.1 Frage A

Die Beantwortung der Frage A:

In welchem quantitativen Verhältnis stehen im Osten Produktivität, Kapitalstock und Arbeitseinsatz und wie hat sich dieses Verhältnis entwickelt?

erfolgte mit Hilfe einer stochastischen Frontier-Analyse. Es zeigt sich, dass die produktionstechnische Effizienz (Produktivität) im Osten durch die übliche Einschätzung als Arbeitsproduktivität in $[BWS/AS]$ um 10% bis 20% unterschätzt wird, da der niedrige Kapitalstock und die erhöhte Arbeitszeit im Osten nicht berücksichtigt sind. Für die Entwicklung der produktionstechnischen Effizienz lässt sich feststellen, dass ihr zu Beginn des Vereinigungsprozesses hohes Wachstum (von 1991 bis 1995 um 5%) 1995 auf einem Niveau von 70% bis 80% des Westniveaus zum Erliegen gekommen ist.

Die Schätzung gibt ein plausibles Bild der Entwicklung der produktionstechnischen Effizienz im Osten im Vergleich zum Westen wieder, auch wenn die Unabhängigkeitsannahmen bei der Zeitreihenuntersuchung verletzt sind und der Datensatz aufgrund numerischer Komplikationen reduziert wurde.

Um die Anwendbarkeit der Frontier-Analyse auszudehnen, sollten die technischen Annahmen an die zeitliche Unabhängigkeit der Störterme in weiteren Arbeiten gelockert werden. Dies erlaubte präzisere Ergebnisse und machte die Methode auch zur Schätzung des gesamtwirtschaftlichen Produktionspotenzials einsetzbar.

Auf Frage A ist eine erste Antwort gefunden, die allerdings erheblichen Spielraum für methodische Verbesserungen lässt. So können Hypothesen über die Erklärung der technischen Effizienz im Osten durch die Hinzunahme geeigneter Regressoren getestet werden.

8.2 Frage B

Die Untersuchung der Frage B:

Wie haben niedrige Produktivität, hohe Arbeitslosigkeit, der Kapitalstock, die West-Ost-Transfers und die Migrationen den Vereinigungsprozess beeinflusst?

erfolgte durch ein angewandtes Allgemeines Gleichgewichtsmodell. Die Analyse des quantifizierten, erfolgreich verifizierten und numerisch gelösten Modells ergab mehrere Wirkungszusammenhänge:

- Es zeigte sich, dass das Produktivitätswachstum im Osten entscheidend für den Konvergenzprozess ist, da die Produktivität die Attraktivität von Investitionen erhöht und somit eine Voraussetzung für die Beseitigung des Kapitalstockdefizits im Osten ist. Eine wichtige Rolle für die zeitliche Entwicklung spielt das gemessene Ausgangsverhältnis der Pro-Kopf-Kapitalstockrelation Ost-West und der Pro-Kopf-Produktionsrelation Ost-West $\frac{k_{0o}}{k_{0w}} / \frac{y_{0o}}{y_{0w}}$. Dieses Verhältnis ist dafür ausschlaggebend, dass die Konvergenzgeschwindigkeit zunächst über der Geschwindigkeit der Produktivitätsentwicklung liegt und später mit ihr übereinstimmt. Damit ist ein erster Erklärungsansatz für die in der Einleitung festgestellte Verlangsamung des Konvergenzprozesses gefunden. Das heißt, dass ein Schlüssel zum Verständnis der Dynamik des Ost-Integrationsprozesses der niedrige Ausgangswert des Ost-Kapitalstocks und die im Vergleich dazu relativ hohe Produktivität ist.

Zur Einschätzung der zeitlichen Dimension eines Konvergenzprozesses lässt sich so festhalten, dass die produktionstechnische Effizienz – deren anfängliches Wachstum als durchschnittliches Wachstum interpretiert und linear fortgeschrieben – erst in 70 Jahren das volle Produktivitätsniveau erreicht.

- Ein weiterer Begleitumstand des Vereinigungsprozesses sind die Ost-West-Wanderungen. Die Modellprognose lautet, dass der Osten während des gesamten Konvergenzprozesses 17% seiner Ausgangsbevölkerung verlieren wird.

Diese Größe wird maßgeblich durch die Transfers und die Produktivitätsentwicklung beeinflusst. So läge die Ostbevölkerung, falls der Vereinigungsprozess nicht durch Transfers flankiert würde, bei 55% der Ausgangsbevölkerung. Die Transfers erweisen sich also als stark bevölkerungsstabilisierend. Andererseits reduzieren sie dadurch die Angleichung der Kapitalintensität zwischen Ost und West.

- Die im Osten ablaufenden Prozesse übertragen sich durch die Wanderungen und die Transferbelastung auf den Westen. Die Migrationen senken die Kapitalintensität innerhalb der ersten neun Perioden um potenziell

6%, während die Transfers die Einkommen direkt belasten. Die Mittel zur Finanzierung der Transfers und der Normalisierung der Kapitalintensität stammen gleichenteils aus Verschuldung und Konsumverzicht.

- Die modellhafte Darstellung der Vereinigung erlaubt auch eine Einschätzung der Lasten, die aus den Friktionen hervorgehen. So übersteigen die Kosten, die die Produktivitätslücke im Osten verursacht, die Kosten der Kapitalstocklücke um 30%. Dieses Ergebnis betont noch einmal die Bedeutung, die die Produktivität und ihre Stagnation für den Vereinigungsprozess hat. Zwar beeinflussen die Transfers die Entwicklung im Osten und im Westen deutlich, allerdings haben sie eine Größenordnung, die weitab davon liegt, die Lasten aus der Vereinigung gleich zu verteilen. Denn trotz der Transfers waren die innerdeutschen Lasten im Ost-West-Verhältnis 3 : 1 aufgeteilt.
- Eine Analyse des Arbeitsmarkts lässt sich mit dem Gleichgewichtsmodell nicht sinnvoll durchführen, da die Arbeitszeit im Osten durch die Transfers und die Produktivitätslücke sank, anstatt wie gemessen zu steigen. Die Berücksichtigung der Arbeitszeit und die einfache Modellierung der Arbeitslosigkeit als Produktivitätssenkung hätte die Erklärungsfähigkeit des Modells reduziert. Es wird deshalb auf die Analyse der Effekte von Arbeitslosigkeit verzichtet.
- Auch die Einbeziehung von Subventionen verschlechtert die Erklärungsgüte des Modells.

Zur Beantwortung der Frage B sind mit diesen Punkten einige wesentliche Antworten beigetragen worden.

Unbefriedigend bleibt die Nichtberücksichtigung des Arbeitsmarkts. Die Modellierung der Reaktion der Arbeitszeit im endogenen Wachstumsmodell mit Transfers ist allerdings vielversprechend. Eine vollständige Analyse des Arbeitsmarkts mit Hilfe eines Matching-Ansatzes und eines Ausbaus im Sinne von Snower und Merkel (2006) könnten das Modell verbessern. Trotzdem bleibt offen, ob die Berücksichtigung von Transfers nicht auch in einem Modell mit ausformuliertem Arbeitsmarkt eine destruktive Wirkung für die Simulationsgüte – im Sinne einer qualitativ falschen Arbeitszeitprognose – entfaltet.

Die weitere Überführung des Gleichgewichtsmodells in quantitativer Hinsicht in ein endogenes Wachstumsmodell ist vielversprechend, aber aufwendig, da für realistische Reaktionen komplexere Instrumente als die benutzten einfachen Funktionsformen erforderlich sind.

8.3 Frage C

Nach der stochastischen Erweiterung des entwickelten Gleichgewichtsmodells und der Ableitung plausibler Szenarios der Produktivitäts- und Transferentwicklung können aus dem Modell Prognosen zur Beantwortung der Frage C:

Welche Szenarios der Produktivitäts- und Transferentwicklung können im Osten in Zukunft entstehen und wie haben sie die Entwicklung bereits beeinflusst?

hergeleitet werden.

Die Modellerweiterungen bestehen darin, dass bei einer Entscheidung in der Gegenwart Unsicherheiten über Einkommen in der Zukunft berücksichtigt werden. Die Einkommen werden im Osten insbesondere durch die unsichere Transfer- und Produktivitätsentwicklung beeinflusst.

Unsicherheiten bezüglich der Prognose der Produktivitätsentwicklung im Osten äußern sich auch in einem breiten Spektrum von Experteneinschätzungen. Für die simulierte Produktivitätsentwicklung wird wie zur Beantwortung der Frage A von einer durchschnittlichen, linear fortgeschriebenen Produktivitätsentwicklung mit einem Niveau von 75% der West-Produktivität als dem wahrscheinlichsten Szenario ausgegangen. Weitere Szenarios mit niedrigeren Wahrscheinlichkeiten beinhalten geringere und höhere Wachstumsraten der Produktivität.

Unsicherheiten über die Transferentwicklung lassen sich empirisch noch schwieriger erfassen. Zur Simulation wurde von einem Transfer, der zur Substitution in seiner Höhe dem Verlauf der technischen Ineffizienz angepasst ist, als dem wahrscheinlichsten Szenario ausgegangen. Als weitere weniger wahrscheinliche Szenarios werden kürzere Transferfristen bei gleicher Produktivitätsentwicklung eingeführt.

Der Einfluss von Unsicherheiten über die Konvergenzgeschwindigkeit und die Transfers war vor der Bekanntgabe der zukünftigen Entwicklung auf Aggregate und Preise in dem Modell gering. Deshalb rufen „Beeinflussungen“ oder „falsche“ Versprechungen gegenüber den Agenten, die sich dadurch äußern, dass sich die subjektiven Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Szenarios verändern, nur sehr geringe Wirkungen bis zur Bekanntgabe des tatsächlichen Szenarios hervor. Das heißt, dass Kosten aus fehlerhaften Prognosen gering bleiben, da zur Anpassung an die tatsächlichen Entwicklungen nur geringe zeitlich bindende Kapazitätsentscheidungen getroffen werden müssen.

Nach Bekanntgabe des tatsächlichen Szenarios entsprechen die Anpassungsreaktionen schnell den deterministischen. Die einzige Größe, die langfristig zwischen den jeweiligen Szenarios substanzielle Differenzen aufweist, ist die Bevölkerungsgröße. Demnach sinken die Bevölkerungszahlen im Osten bei sofortiger Transfer-einstellung bis auf rund 50% der Ausgangsbevölkerung.

Tendenziell sind in den Szenarios mit unsicherer Produktivitätsentwicklung geringere Reaktionen zu erkennen als bei unterschiedlich ausgedehnten Transferfristen. Das liegt daran, dass die Szenarios der Produktivitätsentwicklung weniger starke und stetige Einkommensdifferenzen erzeugen, wohingegen das vorzeitige Transferende größere und unstetige Veränderungen des zukünftigen Einkommens hervorruft. Dementsprechend stärker fallen auch die Anpassungsreaktionen im Konsum und in den Wanderungen aus.

Der Inhalt dieses Kapitels ist überwiegend prognostischer Natur und aufgrund der schwer feststellbaren Szenarios und Wahrscheinlichkeitsverteilungen mit größeren Unsicherheiten behaftet als die Antworten auf Frage B. Die Simulation zeigt, wie ein rationaler Agent in diesen unsicheren Szenarios reagieren würde. Außerdem ist die Modellierung der Informationsverarbeitung karikierend. Trotzdem liefert die Analyse einen interessanten konsistenten Benchmark über den rationalen Umgang mit den festgestellten Unsicherheiten.

Wünschenswert und technisch einfach zu bewerkstelligen ist die prozesshafte Modellierung der Informationsverarbeitung. So ist wenige Perioden nach der Vereinigung bereits deutlicher ersichtlich, welche Entwicklungsgeschwindigkeiten unrealistisch sind. Mit zunehmender Zeit wird die tatsächliche Entwicklung immer klarer erkennbar. Eine solche Informationsverarbeitung stellt zwar wiederum eine schwer zu parametrisierende Annahme dar, aber sie reflektiert diesen Prozess deutlich realistischer.

8.4 Frage D

Gibt es eine Argumentation, die ohne sektorale Referenz (Baugewerbe) die Stagnation des Konvergenzprozesses zwischen Ost und West erklärt?

Frage D wurde in einem endogenen Wachstumsmodell mit Humankapitalakkumulation behandelt. Dieses Modell lässt sich prinzipiell als Verallgemeinerung des bislang benutzten Gleichgewichtsmodells interpretieren, in dem die Produktivität durch den Humankapitalbestand bestimmt wird. Das Modell erlaubt weiter eine Prognose über die optimale Akkumulation von Humankapital und somit über die Entwicklung der Produktivität.

Das Modell zeigt für einen multiregionalen Kontext eine Konvergenzeigenschaft in den Wachstumsraten. Der Mechanismus, der dieser Eigenschaft zugrunde liegt, ist, dass nur ein bestimmtes ausgewogenes Verhältnis von Real- zu Humankapital ein maximales Wachstum erzeugt. Unausgewogenheiten haben geringere Wachstumsraten zur Folge und verursachen Anpassungsprozesse, während derer das Niveau des relativ „knappen“ Faktors erhöht wird, bis die Ausgewogenheit hergestellt ist und die Wachstumsraten ihre langfristigen Werte annehmen.

Allerdings können Pro-Kopf-Unterschiede in den Niveaus von Variablen fortbestehen. Konvergenz in den Niveaus entsteht beispielsweise durch Humankapitaldiffusion, Wanderungen oder gezielte staatliche Förderung. Simuliert man dieses Modell mit den Anfangsbedingungen des Realkapitalbestands der vorangegangenen Untersuchungen und leitet man aus den Anfangswerten der Produktivität einen hypothetischen initialen Humankapitalbestand ab, der in der Lage ist, die Produktivität 1991 zu erklären, dann zeigt das Modell mit einer durch staatliche Maßnahmen erzwungenen Konvergenz in Niveaus eine Verzögerung der Humankapitalakkumulation im Osten über viele Perioden hinweg. Dieses Modellverhalten lässt sich als verzögerte Produktivitätsentwicklung oder Produktivitätsstagnation, wie sie auch bei der Beantwortung von Frage A gefunden wurde, interpretieren.

Der Grund für die Stagnation der Produktivitätsentwicklung liegt also in einem für den Produktionsprozess relativ zum Realkapital übergroßen Humankapitalbestand. Die Faktorpreise Löhne und Zinsen passen sich so an, dass sich die Ökonomie auf die Akkumulation des relativ knappen Faktors spezialisiert. Ist das Verhältnis ausgeglichen, kommt es ohne weitere Eingriffe zu einer Konvergenz der Wachstumsraten und gegebenenfalls zu einer Konvergenz in den Pro-Kopf-Niveaus. Die anfängliche Stagnation eines jeden Konvergenzprozesses kann daher der Reflex einer initialen Unausgewogenheit der Faktorausstattungen sein. Damit ist eine Antwort auf Frage D gefunden.

A Quellcode des sMMFM

In diesem Anhang ist der GAMS-Quellcode des deterministischen bzw. des stochastischen Modells abgedruckt. Das deterministische Modell ist ein Spezialfall des stochastischen Modells mit nur einem Zustand der Welt.

```

$sysinclude gams-f
$exit

SET          T /1*300/,Ts(T)/1*20/, Td(T)/21*300/
            ,St/1*1/,Reg/Od,Wd,Wl/
            pl/ks,bs,zs,Ls,ys,cs,is,trs,tds,Rws,us,rs,ws,es,par/
            Tls(Ts),Tls(Ts),Tld(Td),Tld(Td),Stx(St)          ;
Scalar
zss,ukk,ukb;
$sysinclude Parameter
            Tls(Ts) = YES$(ORD(Ts) EQ CARD(Ts))          ;
            Tls(Ts) = YES$(ORD(Ts) EQ 1)                  ;
            Tld(Td) = YES$(ORD(Td) EQ CARD(Td))          ;
            Tld(Td) = YES$(ORD(Td) EQ 1)                  ;
            Stx(St) = Yes$(Ord(St) EQ 3);                ;
Parameter
apl(T,pl),bpl(T,pl),cpl(T,pl),
K0(Reg),B0(Reg),LO(Reg),
zs(Ts,Reg),zLs(Ts,Reg),zTs(Ts,Reg),kovergspeed(St),
zd(Td,Reg,St),zLd(Td,Reg,St),zTd(Td,Reg,St), fe(St),
p(St),tgs(Ts,Reg),tgd(Td,Reg,St),tis(Ts,Reg),tid(Td,Reg,St),
Util(Reg),diskons(Reg),diskons2(Reg,St),wan(Reg),transfersatz,
B0(Reg) /Od 0 , Wd 0, Wl 0/,
LO(Reg) /Od 1 , Wd 3, Wl 20/,
K0(Reg) /Od 0.38, Wd 1, Wl 1/,

* 0.38
tis(Ts,Reg) /1.od 0.2, 2.od 0.24, 3.od 0.30, 4.od 0.25, 5.od 0.17,
6.od 0.13, 7.od 0.11, 8.od 0.10, 9.od 0.07,10.od 0.04,
11.od 0.04,12.od 0.03,13.od 0.01/,

wan(Reg) /Od 1 , Wd 1, Wl 0/          ,
kovergspeed(St) /1 0.0036/          ;
* kovergspeed(St) /1 0.0036, 2 0.0018, 3 0.02/          ;
* kovergspeed(St) /1 0.0036, 2 0.0036, 3 0.0036/          ;
ukk=800;ukb=0*0.01;
* Produktivitätsentwicklung im stochastischen Teil
zTs(Ts,Reg) = 1          ;
zTs(Ts,"od") = 1-Max(0,0.25-(Ord(Ts)-1)*0.0036);
zLs(Ts,Reg) = 1          ; zLs(Ts,"od") = 1;
zs(Ts,Reg) = zTs(Ts,Reg)*zLs(Ts,Reg)          ;
* Stochastikparameter
* Deterministisch und Produktivität
p(St) = 1/Card(St);
p("1")=0.1;p("2")=0.2;p("3")=0.7;
fe(St)=200;
* Förderungsszenarios
p("1")=0.5;p("2")=0.3;p("3")=0.2;
fe("1")=70;fe("2")=30;fe("3")=11;
* Produktivitätsentwicklung im deterministischen Teil
zTd(Td,Reg,St) = 1          ;
zTd(Td,"od",St) = 1-Max(0,(Max(0,0.25-Card(Ts)*0.0036))-(Ord(Td)-1)*kovergspeed(St));
zLd(Td,Reg,St) = 1          ;
zd(Td,Reg,St) = zTd(Td,Reg,St)*zLd(Td,Reg,St)          ;
* Transfers
tgs(Ts,"Od") = Max(0,0.25-(Ord(Ts)-1)*0.0036)          ;
tgd(Td,"Od",St) = Max(0,(Max(0,0.25-Card(Ts)*0.0036))
-(Ord(Td)-1)*kovergspeed(St))$(Ord(Td)+Card(Ts)<fe(St));
* tgd(Td,"Od",St) = Max(0,(Max(0,0.25-Card(Ts)*0.0036))-(Ord(Td)-1)*kovergspeed(St));
tgs(Ts,"Wd") = tgs(Ts,"Od")          ;
tgd(Td,"Wd",St) = tgd(Td,"Od",St)          ;
* Subventionen
tis(Ts,"Od") = 0          ;
tid(Td,"Od",St) = 0          ;
*zs(Ts,Reg) = 1;
*zd(Td,Reg,St) = 1;
*tgs(Ts,Reg) = 0;
*tgd(Td,Reg,St) = 0;

alias(Rreg,Reg,Dreg)          ;
* Funktionen und ihre Ableitungen
Ut(c) == Power(c,(1-g))/(1-g)          ;
Uc(c) == c**(-g)          ;
Ul(c) == -si*c*c**(-g)          ;
f(z,k,l) == z*k**a*l**(1-a)          ;

```

```

fk(z,k,l) == z* a*(k/l)**(a-1) ;
fl(z,k,l) == z*(1-a)*(k/l)**a ;

pi(i,k) == 0.5*ik* i**2/k ;
pii(i,k) == ik* i/k ;
pik(i,k) == -0.5*ik*(i/k)**2 ;

pb(b) == 0.5*bk*Power(b,2) ;
pbb(b) == bk*b ;

pu(u,l) == -0.5*ukk*(u-Abs(u))/l;

zss=1;
Positive Variables Lkss,Lbuss,Css,iss,kss ;
Equations OCss,OLss,Okss,OIss,CCss,KBss ;
OCss.. Uc(css)-Lbuss =E= 0 ;

OIss.. Lbuss*(1+pii(iss,kss)) -be* Lkss =E= 0 ;
OKss.. Lbuss*(fk(zss,kss,l)-pik(iss,kss))+be*(1-d)*Lkss- Lkss =E= 0 ;

CCss.. f(zss,kss,l)-(Ccs+Iss+pi(Iss,Kss)) =E= 0 ;
KBss.. Iss-d*Kss =E= 0 ;
Model KKTs / OCss.Css, CCss.Lbuss, OKss.Kss, OIss.Iss, KBss.Lkss/ ;
Lbuss.L=0.5;Lkss.L=0.5;Ccs.L=1;kss.L=1;Iss.L=d*kss.L ;
Solve KKTs Using MCP ;

Variables Bs(Ts,Reg) , Lbs(Ts,Reg) , Lus(Ts,Reg) , us(Ts,Reg) ,
os(Ts) , Txs(Ts,Reg) , od(Td,St) , Txd(Td,Reg,St) ,
Bd(Td,Reg,St) , Lbd(Td,Reg,St) , LbuTd(Td,Reg,St) , Sd(Td,Reg,St) ,
Lud(Td,Reg,St) , LuTd(Td,Reg,St) , ud(Td,Reg,St);

Positive Variables Cs(Ts,Reg) , Lbus(Ts,Reg) , Ks(Ts,Reg) , Lks(Ts,Reg) ,
Is(Ts,Reg) , Ls(Ts,Reg) , Rs(Ts) ,
Cd(Td,Reg,St) , Lbud(Td,Reg,St) ,
Kd(Td,Reg,St) , Lkd(Td,Reg,St) , LkTd(Td,Reg,St) , Id(Td,Reg,St) ,
Ld(Td,Reg,St) , Rd(Td,St) ;
Equations OCs(Ts,Reg) , CCs(Ts,Reg) , OKs(Ts,Reg) , KBs(Ts,Reg) ,
OIs(Ts,Reg) , OBs(Ts,Reg) , Lbis(Ts,Reg) ,
OUs(Ts,Reg) , Wls(Ts) , Wbs(Ts) , Sts(Ts,Reg) ,
OCd(Td,Reg,St) , CCd(Td,Reg,St) , OKd(Td,Reg,St) , KBd(Td,Reg,St) ,
TCkd(Td,Reg,St) , TCBd(Td,Reg,St) , TCLd(Td,Reg,St) ,
OId(Td,Reg,St) , OBd(Td,Reg,St) ,
Lbid(Td,Reg,St) , Oud(Td,Reg,St) ,
Wld(Td,St) , Wbd(Td,St) , Std(Td,Reg,St) ;

* Übergangs definitionen
LkTs(Ts,Reg) == Sum((Tid,St),Lkd(Tid,Reg,St)) ;
LbuTs(Ts,Reg) == Sum((Tid,St),Lbud(Tid,Reg,St)) ;
LuTs(Ts,Reg) == Sum((Tid,St),Lud(Tid,Reg,St)) ;

LsTs(Reg) == Sum((Tid,St),Ld(Tid,Reg,St)*p(St)) ;

ROB0d(Reg) == Sum(TLS,Ls(TLS,Reg)*Rs(TLS)*Bs(TLS,Reg) ) ;

K0d(Reg) == Sum(TLS,Ls(TLS,Reg)*((1-d)*Ks(TLS,Reg)+Is(TLS,Reg))) ;
B0d(Reg) == Sum(TLS,Ls(TLS,Reg)*( Bs(TLS,Reg)+Ss(TLS,Reg))) ;
L0d(Reg) == Sum(TLS,Ls(TLS,Reg)+ us(TLS,Reg)*wan(Reg)) ;

Alias(Ts,TTs);
Alias(Td,TTd);

SsI == Sum(TTs$(Ord(TTs)>Ord(Ts)),be**(Ord(TTs)-Ord(Ts))*(Ut(cs(TTs,"Od") )
-Ut(cs(TTs,"Wd") ) ))+Sum((TTd,St),be**(Ord(TTd)-Ord(Ts))*p(St)*(Ut(cd(TTd,"Od",St))-Ut(cd(TTd,"Wd",St))));
SdI == Sum(TTd$(Ord(TTd)>Ord(Td)),be**(Ord(TTd)-Ord(Td))*(Ut(cd(TTd,"Od",St))-Ut(cd(TTd,"Wd",St))));

* stochastische Gleichungen
OCs(Ts,Reg).. Uc(cs(Ts,Reg))-Lbus(Ts,Reg) =E= 0;

OKs(Ts,Reg).. Lbus(Ts,Reg)*(1+pii(is(Ts,Reg),ks(Ts,Reg))-tis(Ts,Reg))
-be*Ls(Ts,Reg)*(Lks(Ts+1,Reg)+LkTs(Ts,Reg)$TLs(Ts)) =E= 0;

OIs(Ts,Reg).. Lbus(Ts,Reg)*(fk(zs(Ts,Reg),ks(Ts,Reg),1)-pik(is(Ts,Reg),ks(Ts,Reg)))
+Ls(Ts,Reg)*(be*(1-d)*(Lks(Ts+1,Reg)+LkTs(Ts,Reg)$TLs(Ts))-Lks(Ts,Reg))=E= 0;

OBs(Ts,Reg).. Lbus(Ts,Reg)*(Ls(Ts+1,Reg)+LsTs(Reg)$TLs(Ts))*(1+pbb(Bs(Ts,Reg)))
-be*Ls(Ts,Reg)*Rs(Ts)*(Lbus(Ts+1,Reg)+LbuTs(Ts,Reg)$TLs(Ts))=E= 0;

Ous(Ts,Reg).. ((SsI-Abs(SsI))/Lbus(Ts,"Od")+SsI+Abs(SsI))/Lbus(Ts,"Wd")/(ukk*2)-us(Ts,"Od"))$(Ord(Reg)=1)
+(us(Ts,"Wd")+us(Ts,"Od"))$(Ord(Reg)=2)
+ us(Ts,"Wl")$(Ord(Reg)=3) =E= 0;

CCs(Ts,Reg).. Cs(Ts,Reg)+Is(Ts,Reg)+Bs(Ts,Reg)+pi(is(Ts,Reg),ks(Ts,Reg))+ukb*pu(us(Ts,Reg),Ls(Ts,Reg))
+pb(Bs(Ts,Reg))-0*(ukk*us(Ts,Reg))$(Ord(Reg)=1)
-(f(zs(Ts,Reg),ks(Ts,Reg),1)+Rs(Ts-1)*Bs(Ts-1,Reg)*Ls(Ts-1,Reg)/Ls(Ts,Reg)+txs(Ts,Reg)) =E= 0;

KBs(Ts,Reg).. Ls(Ts-1,Reg)*(Ks(Ts-1,Reg)*(1-d)+Is(Ts-1,Reg))
+(L0(Reg)*K0(Reg)*Kss.L)$T1s(Ts)-Ls(Ts,Reg)*Ks(Ts,Reg) =E= 0;

LBis(Ts,Reg).. Ls(Ts-1,Reg)+wan(Reg)*us(Ts-1,Reg)+
L0(Reg)$T1s(Ts)- Ls(Ts,Reg) =E= 0;

```

```

WBs(Ts).. Sum(Rreg,Ls(Ts,Rreg)*Bs(Ts,Rreg)) =E= 0;
Wls(Ts).. Sum(Rreg,Ls(Ts,Rreg))-Sum(Rreg,LO(Rreg))=E= 0;

Sts(Ts,Reg)..
    txs(Ts,Reg)*Ls(Ts,Reg)-tgs(Ts,Reg)*Cs(Ts,"Od")*Ls(Ts,"Od")=E= 0;

* Deterministische Gleichungen
OCd(Td,Reg,St).. p(St)*Uc(cd(Td,Reg,St))-Lbud(Td,Reg,St) =E= 0;

OKd(Td,Reg,St).. Lbud(Td,Reg,St)*(1+pii(id(Td,Reg,St),kd(Td,Reg,St))-tid(Td,Reg,St))
    -be*Ld(Td,Reg,St)*(Lkd(Td+1,Reg,St)+LkTd(Td,Reg,St)$TLd(Td)) =E= 0;
OId(Td,Reg,St).. Lbud(Td,Reg,St)*(fk(zd(Td,Reg,St),kd(Td,Reg,St),1)-pik(id(Td,Reg,St),kd(Td,Reg,St)))
    +Ld(Td,Reg,St)*(be*(1-d)*(Lkd(Td+1,Reg,St)+LkTd(Td,Reg,St)$TLd(Td))-Lkd(Td,Reg,St)) =E= 0;
OBd(Td,Reg,St).. Lbud(Td,Reg,St)*(Ld(Td+1,Reg,St)+Ld(Td,Reg,St)$TLd(Td))*(1+pb(Bd(Td,Reg,St)))
    -be*Ld(Td,Reg,St)*Rd(Td,St)*(Lbud(Td+1,Reg,St)+LbuTd(Td,Reg,St)$TLd(Td))=E= 0;

Oud(Td,Reg,St)..
    (((SdI-Abs(SdI))/Lbud(Td,"Od",St)+(SdI+Abs(SdI))/Lbud(Td,"Wd",St))
    / (ukb*2)-ud(Td,"Od",St))$(Ord(Reg)=1)
    + (ud(Td,"Wd",St)+ud(Td,"Od",St))$(Ord(Reg)=2)
    + ud(Td,"Wl",St)$ (Ord(Reg)=3) =E= 0;

CCd(Td,Reg,St).. Cd(Td,Reg,St)+Id(Td,Reg,St)+Bd(Td,Reg,St)+pi(id(Td,Reg,St),kd(Td,Reg,St))
    +ukb*pu(ud(Td,Reg,St),Ld(Td,Reg,St))+pb(bd(Td,Reg,St))-0*(ukk*ud(Td,Reg,St))$(Ord(Reg)=1)
    -(f(zd(Td,Reg,St),kd(Td,Reg,St),1)+(Rd(Td-1,St)*Bd(Td-1,Reg,St))
    *Ld(Td-1,Reg,St)/Ld(Td,Reg,St)+(ROB0d(Reg)/Ld(Td,Reg,St))$Tld(Td)+txd(Td,Reg,St)) =E= 0;

KBd(Td,Reg,St).. Ld(Td-1,Reg,St)*(Kd(Td-1,Reg,St)*(1-d)+Id(Td-1,Reg,St))+K0d(Reg)$Tld(Td)
    -Ld(Td,Reg,St)*Kd(Td,Reg,St) =E= 0;

Lbid(Td,Reg,St).. Ld(Td-1,Reg,St)+wan(Reg)*ud(Td-1,Reg,St)+L0d(Reg)$Tld(Td)-Ld(Td,Reg,St)=E= 0;

WBd(Td,St).. Sum(Rreg,Ld(Td,Rreg,St)*Bd(Td,Rreg,St)) =E=
Ld(Td,St).. Sum(Rreg,Ld(Td,Rreg,St))-Sum(Rreg,LO(Rreg))=E= 0;

TCKd(Tld,Reg,St).. Sum(Td$TLd(Td),Id(Td,Reg,St)-iss.L)=E= 0;
TCBd(Tld,Reg,St).. Sum(Td$TLd(Td),Bd(Td,Reg,St)-Bd(Td-1,Reg,St))=E= 0;
*TCBd(Tld,Reg,St).. Sum(Td$TLd(Td),Bd(Td,Reg,St)) =E= 0;

Std(Td,Reg,St)..
    txd(Td,Reg,St)*Ld(Td,Reg,St)-tgd(Td,Reg,St)*Cd(Td,"Od",St)*Ld(Td,"Od",St)=E= 0;

Model KKT /
    OCs.Cs, CCs.Lbus,
    OKs.Ks, OIs.Is, KBs.Lks,
    OBs.Bs,
    Ous.Us, LBis.Ls,
    WBs.Rs, Sts.txs,
    OCd.Cd, CCd.Lbud,
    OKd.Kd, OId.Id, KBd.Lkd, TCKd.LkTd,
    OBd.Bd, TCBd.LbuTd,
    Oud.Ud, Lbid.Ld,
    Wbd.Rd, Std.txd /;

Cs.L(Ts,Reg) = Css.L ; Lbus.L(Ts,Reg) = Lbuss.L ; Bs.L(Ts,Reg) = 0 ;
Ks.L(Ts,Reg) = Kss.L ; Is.L(Ts,Reg) = iss.L ; Lks.L(Ts,Reg) = Lkss.L ;
Ls.L(Ts,reg) = LO(Reg); us.L(Ts,Reg) = 0 ; Lus.L(Ts,Reg) = 0 ;
os.L(Ts) = -1 ; Rs.L(Ts) = 1/be ;

Cd.L(Td,Reg,St) = Css.L ; Lbud.L(Td,Reg,St) = Lbuss.L; Bd.L(Td,Reg,St) = 0 ;
Kd.L(Td,Reg,St) = Kss.L ; Id.L(Td,Reg,St) = iss.L ; Lkd.L(Td,Reg,St) = Lkss.L;
Ld.L(Td,reg,St) = LO(Reg); ud.L(Td,Reg,St) = 0 ; Lud.L(Td,Reg,St) = 0 ;
od.L(Td,St) = -1 ; Rd.L(Td,St) = 1/be;
LbuTd.L(Td,Reg,St) = Lbuss.L; LkTd.L(Td,Reg,St) = Lkss.L;LuTd.L(Td,Reg,St) = 0;

us.L(Ts,"Od")=-0.006;us.L(Ts,"Wd")=0.006;ud.L(Td,"Od",St)=-0.006;ud.L(Td,"Wd",St)=0.006;

Cs.Lo(Ts,Reg) = 0.001; Ks.Lo(Ts,Reg) = 0.01;
Is.Lo(Ts,Reg) = 1E-5 ; Ls.Lo(Ts,Reg) = 0.01;
Cd.Lo(Td,Reg,St) = 0.001; Kd.Lo(Td,Reg,St) = 0.01;
Id.Lo(Td,Reg,St)= 1E-5 ; Ld.Lo(Td,Reg,St) = 0.01;

KKT.optfile=1;
Solve KKT Using MCP

apl(Ts,"ks") = Ks.L(Ts,"Od") ;
bpl(Ts,"ks") = Ks.L(Ts,"Wd") ;
apl(Ts,"cs") = Cs.L(Ts,"Od") ;
bpl(Ts,"cs") = Cs.L(Ts,"Wd") ;
apl(Ts,"is") = Is.L(Ts,"Od") ;
bpl(Ts,"is") = Is.L(Ts,"Wd") ;
apl(Ts,"bs") = Bs.L(Ts,"Od") ;
bpl(Ts,"bs") = Bs.L(Ts,"Wd") ;
apl(Ts,"Rws") = Rs.L(Ts) ;
bpl(Ts,"Rws") = Rs.L(Ts) ;

```

```

apl(Ts,"zs") = zs(Ts,"Od") ;
bpl(Ts,"zs") = zs(Ts,"Wd") ;
apl(Ts,"Ls") = Ls.L(Ts,"Od") ;
bpl(Ts,"Ls") = Ls.L(Ts,"Wd") ;
apl(Ts,"us") = us.L(Ts,"Od") ;
bpl(Ts,"us") = us.L(Ts,"Wd") ;
apl(Ts,"trs")= txs.L(Ts,"Od")+0.001$(tgs("1","Od")=0);
bpl(Ts,"trs")= txs.L(Ts,"Wd")+0.001$(tgs("1","Od")=0);
apl(Ts,"tds")= tis(Ts,"Od") +0.001$(tis("1","Od")=0);
bpl(Ts,"tds")= 0.001 ;
apl(Ts,"ys") = f(zs(Ts,"Od"),Ks.L(Ts,"Od"),1) ;
bpl(Ts,"ys") = f(zs(Ts,"Wd"),Ks.L(Ts,"Wd"),1) ;
apl(Ts,"rs") = fk(zs(Ts,"Od"),Ks.L(Ts,"Od"),1);
bpl(Ts,"rs") = fk(zs(Ts,"Wd"),Ks.L(Ts,"Wd"),1);
apl(Ts,"ws") = fl(zs(Ts,"Od"),Ks.L(Ts,"Od"),1);
bpl(Ts,"ws") = fl(zs(Ts,"Wd"),Ks.L(Ts,"Wd"),1);
apl(Ts,"es") = 1 ;
bpl(Ts,"es") = 1 ;

cpl(Ts,"ks") = Ks.L(Ts,"Od")/Ks.L(Ts,"Wd") ;
cpl(Ts,"cs") = Cs.L(Ts,"Od")/Cs.L(Ts,"Wd") ;
cpl(Ts,"is") = Is.L(Ts,"Od")/Is.L(Ts,"Wd") ;
cpl(Ts,"bs") = -apl(Ts,"bs")/apl(Ts,"ks") ;
cpl(Ts,"Rws")= 0.01 ;
cpl(Ts,"zs") = 0.01 ;
cpl(Ts,"Ls") = Ls.L(Ts,"Od") ;
cpl(Ts,"us") = 0.01 ;
cpl(Ts,"trs")= 0.01 ;
cpl(Ts,"tds")= 0.01 ;
cpl(Ts,"ys") = apl(Ts,"ys")/bpl(Ts,"ys") ;
cpl(Ts,"rs") = apl(Ts,"rs")/bpl(Ts,"rs") ;
cpl(Ts,"ws") = apl(Ts,"ws")/bpl(Ts,"ws") ;
cpl(Ts,"es") = apl(Ts,"es")/apl(Ts,"es") ;

*St1
apl(Td,"ks") = Kd.L(Td,"Od","1") ;
bpl(Td,"ks") = Kd.L(Td,"Wd","1") ;
apl(Td,"cs") = Cd.L(Td,"Od","1") ;
bpl(Td,"cs") = Cd.L(Td,"Wd","1") ;
apl(Td,"is") = Id.L(Td,"Od","1") ;
bpl(Td,"is") = Id.L(Td,"Wd","1") ;
apl(Td,"bs") = Bd.L(Td,"Od","1") ;
bpl(Td,"bs") = Bd.L(Td,"Wd","1") ;
apl(Td,"Rws")= Rd.L(Td,"1") ;
bpl(Td,"Rws")= Rd.L(Td,"1") ;
apl(Td,"zs") = zd(Td,"Od","1") ;
bpl(Td,"zs") = zd(Td,"Wd","1") ;
apl(Td,"Ls") = Ld.L(Td,"Od","1") ;
bpl(Td,"Ls") = Ld.L(Td,"Wd","1") ;
apl(Td,"us") = ud.L(Td,"Od","1") ;
bpl(Td,"us") = ud.L(Td,"Wd","1") ;
apl(Td,"trs")= txd.L(Td,"Od","1")+0.001$(tgs("1","Od")=0);
bpl(Td,"trs")= txd.L(Td,"Wd","1")+0.001$(tgs("1","Od")=0);
apl(Td,"tds")= tid(Td,"Od","1")+0.001$(tis("1","Od")=0);
bpl(Td,"tds")= 0.001 ;
apl(Td,"ys") = f(zd(Td,"Od","1"),Kd.L(Td,"Od","1"),1) ;
bpl(Td,"ys") = f(zd(Td,"Wd","1"),Kd.L(Td,"Wd","1"),1) ;
apl(Td,"rs") = fk(zd(Td,"Od","1"),Kd.L(Td,"Od","1"),1);
bpl(Td,"rs") = fk(zd(Td,"Wd","1"),Kd.L(Td,"Wd","1"),1);
apl(Td,"ws") = fl(zd(Td,"Od","1"),Kd.L(Td,"Od","1"),1);
bpl(Td,"ws") = fl(zd(Td,"Wd","1"),Kd.L(Td,"Wd","1"),1);
apl(Td,"es") = 1 ;
bpl(Td,"es") = 1 ;

cpl(Td,"ks") = apl(Td,"ks")/bpl(Td,"ks") ;
cpl(Td,"cs") = apl(Td,"cs")/bpl(Td,"cs") ;
cpl(Td,"is") = apl(Td,"is")/bpl(Td,"is") ;
cpl(Td,"bs") = -apl(Td,"bs")/apl(Td,"ks") ;
cpl(Td,"Rws")= 0.01 ;
cpl(Td,"zs") = 0.01 ;
cpl(Td,"Ls") = Ld.L(Td,"Od","1") ;
cpl(Td,"us") = 0.01 ;
cpl(Td,"trs")= 0.01 ;
cpl(Td,"tds")= 0.01 ;
cpl(Td,"ys") = apl(Td,"ys")/bpl(Td,"ys") ;
cpl(Td,"rs") = apl(Td,"rs")/bpl(Td,"rs") ;
cpl(Td,"ws") = apl(Td,"ws")/bpl(Td,"ws") ;
cpl(Td,"es") = apl(Td,"es")/bpl(Td,"es") ;

Util(Reg) = Sum(Ts, be**Ord(Ts) *Ut(Cs.L(Ts,Reg) ))
+ Sum((Td,St),be**(Ord(Td)+Card(Ts))*p(St)*Ut(Cd.L(Td,Reg,St)));
diskons(Reg) = Sum(Ts, Cs.L(Ts,Reg) *(1/Rs.L(Ts) )**Ord(Ts) )
+ Sum((Td,St),p(St)*Cd.L(Td,Reg,St)*(1/Rd.L(Td,St))*((Ord(Td)+Card(Ts))));
diskons2(Reg,St) = Sum(Ts, Cs.L(Ts,Reg) *(1/Rs.L(Ts) )**Ord(Ts) )
+ Sum(Td,Cd.L(Td,Reg,St)*(1/Rd.L(Td,St))*((Ord(Td)+Card(Ts))));

```

* Parameter und Berechnungsdatenexport

```

cpl("1","par") = a ; cpl("10","par") = L0("0d") ;
cpl("2","par") = d ; cpl("11","par") = L0("Wd") ;
cpl("3","par") = be ; cpl("12","par") = L0("Wl") ;
cpl("4","par") = g ; cpl("13","par") = K0("0d") ;
cpl("5","par") = ukk ; cpl("14","par") = K0("Wd") ;
cpl("6","par") = ik ; cpl("15","par") = K0("Wl") ;
cpl("7","par") = bk ; cpl("16","par") = Card(St) ;
cpl("8","par") = Card(Ts) ; cpl("17","par") = wan("0d") ;
cpl("9","par") = Card(Td) ; cpl("18","par") = wan("Wd") ;
cpl("19","par") = wan("Wl") ;

cpl("24","par") = diskons("0d") ; cpl("20","par") = Util("0d") ;
cpl("25","par") = diskons("Wd") ; cpl("21","par") = Util("Wd") ;
cpl("26","par") = diskons("Wl") ; cpl("22","par") = Util("Wl") ;

cpl("31","par") = p("1");
cpl("32","par") = kovergspeed("1");
cpl("33","par") = diskons2("0d","1");
cpl("34","par") = diskons2("Wd","1");
cpl("35","par") = diskons2("Wl","1");
cpl("36","par") = fe("1");

$libinclude xlchart apl bpl cpl

apl(Td,"ks") = Sum(Stx(St),Kd.L(Td,"0d",Stx)) ;
bpl(Td,"ks") = Sum(Stx(St),Kd.L(Td,"Wd",Stx)) ;
apl(Td,"cs") = Sum(Stx(St),Cd.L(Td,"0d",Stx)) ;
bpl(Td,"cs") = Sum(Stx(St),Cd.L(Td,"Wd",Stx)) ;
apl(Td,"is") = Sum(Stx(St),Id.L(Td,"0d",Stx)) ;
bpl(Td,"is") = Sum(Stx(St),Id.L(Td,"Wd",Stx)) ;
apl(Td,"bs") = Sum(Stx(St),Bd.L(Td,"0d",Stx)) ;
bpl(Td,"bs") = Sum(Stx(St),Bd.L(Td,"Wd",Stx)) ;
apl(Td,"Rws") = Sum(Stx(St),Rd.L(Td,Stx)) ;
bpl(Td,"Rws") = Sum(Stx(St),Rd.L(Td,Stx)) ;
apl(Td,"zs") = Sum(Stx(St),zd(Td,"0d",Stx)) ;
bpl(Td,"zs") = Sum(Stx(St),zd(Td,"Wd",Stx)) ;
apl(Td,"Ls") = Sum(Stx(St),Ld.L(Td,"0d",Stx)) ;
bpl(Td,"Ls") = Sum(Stx(St),Ld.L(Td,"Wd",Stx)) ;
apl(Td,"us") = Sum(Stx(St),ud.L(Td,"0d",Stx)) ;
bpl(Td,"us") = Sum(Stx(St),ud.L(Td,"Wd",Stx)) ;
apl(Td,"trs") = Sum(Stx(St),txd.L(Td,"0d",Stx))+0.001$(tgs("1","0d")=0);
bpl(Td,"trs") = Sum(Stx(St),txd.L(Td,"Wd",Stx))+0.001$(tgs("1","0d")=0);
apl(Td,"tds") = Sum(Stx(St),tid(Td,"0d",Stx))+0.001$(tis("1","0d")=0);
bpl(Td,"tds") = 0.001 ;
apl(Td,"ys") = f(Sum(Stx(St),zd(Td,"0d",Stx)),Sum(Stx(St),Kd.L(Td,"0d",Stx)),1);
bpl(Td,"ys") = f(Sum(Stx(St),zd(Td,"Wd",Stx)),Sum(Stx(St),Kd.L(Td,"Wd",Stx)),1);
apl(Td,"rs") = fk(Sum(Stx(St),zd(Td,"0d",Stx)),Sum(Stx(St),Kd.L(Td,"0d",Stx)),1);
bpl(Td,"rs") = fk(Sum(Stx(St),zd(Td,"Wd",Stx)),Sum(Stx(St),Kd.L(Td,"Wd",Stx)),1);
apl(Td,"ws") = fl(Sum(Stx(St),zd(Td,"0d",Stx)),Sum(Stx(St),Kd.L(Td,"0d",Stx)),1);
bpl(Td,"ws") = fl(Sum(Stx(St),zd(Td,"Wd",Stx)),Sum(Stx(St),Kd.L(Td,"Wd",Stx)),1);
apl(Td,"es") = Sum(Stx(St),1) ;
bpl(Td,"es") = Sum(Stx(St),1) ;

cpl(Td,"ks") = apl(Td,"ks")/bpl(Td,"ks") ;
cpl(Td,"cs") = apl(Td,"cs")/bpl(Td,"cs") ;
cpl(Td,"is") = apl(Td,"is")/bpl(Td,"is") ;
cpl(Td,"bs") = -apl(Td,"bs")/apl(Td,"ks") ;
cpl(Td,"Rws") = 0.01 ;
cpl(Td,"zs") = 0.01 ;
cpl(Td,"Ls") = apl(Td,"Ls") ;
cpl(Td,"us") = 0.01 ;
cpl(Td,"trs") = 0.01 ;
cpl(Td,"tds") = 0.01 ;
cpl(Td,"ys") = apl(Td,"ys")/bpl(Td,"ys") ;
cpl(Td,"rs") = apl(Td,"rs")/bpl(Td,"rs") ;
cpl(Td,"ws") = apl(Td,"ws")/bpl(Td,"ws") ;
cpl(Td,"es") = apl(Td,"es")/bpl(Td,"es") ;

* Parameter und Berechnungsdatenexport
cpl("31","par") = Sum(Stx(St),p(Stx));
cpl("32","par") = Sum(Stx(St),kovergspeed(Stx));
cpl("33","par") = Sum(Stx(St),diskons2("0d",Stx));
cpl("34","par") = Sum(Stx(St),diskons2("Wd",Stx));
cpl("35","par") = Sum(Stx(St),diskons2("Wl",Stx));
cpl("36","par") = Sum(Stx(St),fe(Stx));

$libinclude xlchart apl bpl cpl

```


B Quellcode des endogenen Wachstumsmodells

In diesem Anhang ist der GAMS-Quellcode des endogenen Wachstumsmodells abgedruckt.

```
$sysinclude gams-f $exit SET T/1*100/
Reg/Od,Wd,Wl/
pl/k,b,h,L,y,c,ik,ih,s,tr,td,u,r,w,Ty,par/
Tl(T),Tl(T);

Scalar
a/0.36/,dh/0.075/,dk/0.075/,be/0.95/,g/1.07/,si/8.5/,fa/0.89/,ikk/2/,ikh/0.05/,uk
/1000/,bk/0.07/;
* voller transfer: uk /400/
*uk /1800/ 1.02 fördersatz und 1.15 T100 *uk /800/
stabilisierender Transfersatz T150
Tl(T) = YES$(ORD(T) EQ CARD(T)) ;
T1(T) = YES$(ORD(T) EQ 1) ;

Parameter
apl(T,pl),bpl(T,pl),cpl(T,pl),z(T),wr,KO(Reg),HO(Reg),LO(Reg),td(T,Reg),tg(T,Reg),norm(T),
kovergspeed,faktwirk,hwirk,wanein,
KO(Reg) / Od 0.4 , Wd 1 , Wl 1 /,
Hini(Reg) / Od 0.72 , Wd 1, Wl 1 /,
wan(Reg) / Od 1 , Wd 1, Wl 0 /,
LO(Reg) / Od 1 , Wd 3, Wl 20 /;

kovergspeed = 0.0036;
tg(T,"Od") = 0.4*Max(0,0.25-(Ord(T)-1)*kovergspeed);tg(T,"Wd") = -tg(T,"Od");
Td(T,"od") = 0*Max(0,0.25-(Ord(T)-1)*kovergspeed);
faktwirk = 0;
wanein = 0;
hwirk = 0*wanein ;

Alias(T,TT); Alias(Reg,Rreg,Dreg);

* Modellfunktionen
Utb(c,f) == ((c*f**si)**(1-g))/(1-g) ;
Ucb(c,f) == f**si *(c*f**si)**(-g) ;
Ulb(c,f) == si*c*f**(si-1)*(c*f**si)**(-g) ;

fy(z,k,l) == z*(k**a)*(1**(1-a)) ;
fk(z,k,l) == z* a*(k/l)**(a-1) ;
fl(z,k,l) == z*(1-a)*(k/l)**a ;

fs == fa*KO(Reg)*(nbgp(Reg)*hkgbp(Reg))**(1-a) ;
fks == fa* a*(nbgp(Reg)*hkgbp(Reg))**(1-a) ;
fls == fa* (1-a)*(nbgp(Reg)*hkgbp(Reg))**(-a) ;

pu(uu) == 0.5*uk*Power(uu,2)*wan(Reg)/Sum(dreg,wan(dreg)*LO(dreg));
puu(uu,LL) == uk* uu*LL/Sum(dreg,wan(dreg)*LO(dreg));

pi(in,ka,par) == 0.5*par*in**2/ka ;
pi1(in,ka,par) == par*in/ka ;
pi2(in,ka,par) == -0.5*par*(in/ka)**2;

Variables Lbbgp(Reg), Llbgp(Reg), Lkbgp(Reg), Lhbgp(Reg)
; positive Variables bgpwr(Reg), hkgbp(Reg), bgpwr(Reg),
nbgp(Reg),
libgp(Reg), Cbgp(Reg), Ikgbp(Reg), Ihbgp(Reg) ;

Equations
OCbgp(Reg), OLbgp(Reg), Onbgp(Reg), OIkbgp(Reg), OKbgp(Reg), OIhbgp(Reg), OHbgp(Reg), CCbgp(Reg),
TCbgp(Reg), KBbgp(Reg), HBbgp(Reg) ;

OCbgp(Reg).. Ucb(cbgp(Reg),libgp(Reg)) - Lbbgp(Reg)
=E= 0 ; OLbgp(Reg).. Ulb(cbgp(Reg),libgp(Reg)) - Llbgp(Reg)
=E= 0 ; Onbgp(Reg)..
Llbgp(Reg)-KO(Reg)*Hkgbp(Reg)*fls*Llbgp(Reg)
=E= 0 ;

OIkgbp(Reg).. Lbbgp(Reg)*(1+pi1(ikbgp(Reg),KO(Reg),ikk))
-be* Lkbgp(Reg)*bgpwr(Reg)**(-g) =E= 0 ;
OKbgp(Reg).. Lbbgp(Reg)*
(fks-pi2(ikbgp(Reg),KO(Reg),ikk))+be*(1-dk)*Lkbgp(Reg)*bgpwr(Reg)**(-g)-Lkbgp(Reg)
=E= 0 ; OIhbgp(Reg)..
Lbbgp(Reg)*(1+pi1(ihbgp(Reg),Hkgbp(Reg)*KO(Reg),ikh))
-be* Lhbgp(Reg)*bgpwr(Reg)**(-g) =E= 0 ;
OHbgp(Reg)..
Llbgp(Reg)*nbgp(Reg)*(fls-pi2(ihbgp(Reg),Hkgbp(Reg)*KO(Reg),ikh))+be*(1-dh)*Lhbgp(Reg)*bgpwr(Reg)**(-g)-Lhbgp(Reg)
=E= 0 ;
```

```

CCbpg(Reg)..
Cbgp(Reg)+Ikbpg(Reg)+Ihbgp(Reg)+pi(ikbpg(Reg),KO(Reg),ikk)+pi(ihbgp(Reg),Hkbgp(Reg)*KO(Reg),ikh)-
fs   =E= 0 ; TCbpg(Reg)..      libgp(Reg)+nbgp(Reg)
=E= 1 ;

KBbpg(Reg)..      KO(Reg)*(1-dk)+Ikbpg(Reg)-
KO(Reg)*bgpwr(Reg)   =E= 0 ; HBbpg(Reg)..
Hkbgp(Reg)*KO(Reg)*(1-dh)+Ihbgp(Reg)-
Hkbgp(Reg)*KO(Reg)*bgpwr(Reg)   =E= 0 ;

Model SS /      OCbpg.Cbpg ,OLbpg.libgp ,Onbpg.nbgp
,OKbpg.Ikbpg,OKbpg.bgpwr,OIhbgp.Ihbgp,
OHbpg.hkbgp,CCbpg.Lbbgp,TCbpg.Llbgp, KBbpg.Lkbgp,HBbpg.Lhbgp/
;

Ikbpg.L(Reg) = 0.13*KO(Reg); bgpwr.L(Reg) = 1 ;
Ihbgp.L(Reg) = 0.3 *KO(Reg); nbgp.L(Reg) = 0.14 ;
Cbpg.L(Reg) = 0.5 *KO(Reg); libgp.L(Reg) = 1-nbgp.L(Reg);
hkbpg.L(Reg) = 2 ;

Lbbgp.L(Reg) = Ucb(Cbpg.L(Reg),libgp.L(Reg)) ;
Llbgp.L(Reg) = Ulb(Cbpg.L(Reg),libgp.L(Reg)) ;
Lkbgp.L(Reg) = Lbbgp.L(Reg)/(be*bgpwr.L(Reg)**(-g));
Lhbgp.L(Reg) = Lbbgp.L(Reg)/(be*bgpwr.L(Reg)**(-g));

Solve SS Using MCP;

* Funktionen für first order Conds
f(T,Reg) == (1-tx(T,Reg)) *fa* K(T,Reg)**a *(n(T,Reg)*H(T,Reg))**(1-a) ;
fk(T,Reg) == (1-tx(T,Reg)*faktwirk)*fa* a *(K(T,Reg)/(n(T,Reg)*H(T,Reg))**(a-1) ;
fh(T,Reg) == (1-tx(T,Reg)*faktwirk)*fa*(1-a)*(K(T,Reg)/(n(T,Reg)*H(T,Reg))**a ;

Ut(T,Reg) == ((c(T,Reg)*li(T,Reg)**si)**(1-g))/(1-g) ;
Uc(T,Reg) == li(T,Reg)**si *(c(T,Reg)*li(T,Reg)**si)**(-g) ;
Ul(T,Reg) == si*c(T,Reg)*(li(T,Reg)**(si-1))*c(T,Reg)*li(T,Reg)**si)**(-g) ;

pih(T,Reg) == 0.5*ikh* ih(T,Reg)**2/H(T,Reg) ;
piih(T,Reg) == ikh* ih(T,Reg) /H(T,Reg) ;
pi2h(T,Reg) == -0.5*ikh*(ih(T,Reg) /H(T,Reg))**2 ;
pik(T,Reg) == 0.5*ikk* ik(T,Reg)**2/K(T,Reg) ;
piik(T,Reg) == ikk* ik(T,Reg) /K(T,Reg) ;
pi2k(T,Reg) == -0.5*ikk*(ik(T,Reg) /K(T,Reg))**2 ;

pb(b) == 0.5*bk*Power(b,2) ;
pbb(b) == bk*b ;

wr=bgpwr.L("Wd") ;
HO(Reg) = hkbgp.L(Reg) ;
HO("Od") = 1/kO("Wd")*hkbgp.L("Wd")+Hini("Od") ;

Variables      u(T,Reg) , o(T) , Lu(T,Reg) ,
LuT(T,Reg), tx(T,Reg), ti(T,Reg),B(T,Reg); Positive Variables
C(T,Reg) , n(T,Reg) , li(T,Reg) , R(T),
Ik(T,Reg) , K(T,Reg) , Lk(T,Reg) , LkT(T,Reg),
Ih(T,Reg) , H(T,Reg) , Lh(T,Reg) , LhT(T,Reg),LbT(T,Reg),
Lb(T,Reg) , L(T,Reg) , Ll(T,Reg) ;
Equations      OC(T,Reg) , OL(T,Reg) , On(T,Reg) , WB(T),
Ob(T,Reg),
OIk(T,Reg), OK(T,Reg) , KB(T,Reg) , TCK(T,Reg),
OIh(T,Reg), OH(T,Reg) , HB(T,Reg) , TCH(T,Reg),
Ou(T,Reg) , OLL(T,Reg), LLB(T,Reg), TCL(T,Reg),TCB(T,Reg)
CC(T,Reg) , TC(T,Reg) , WL(T) , St(T,Reg);

OC(T,Reg)..      Uc(T,Reg) - Lb(T,Reg)
=E= 0 ; OL(T,Reg)..      Ul(T,Reg) - Ll(T,Reg)
=E= 0 ;

On(T,Reg)..      Ll(T,Reg) - h(T,Reg)*fh(T,Reg)*Lb(T,Reg)
=E= 0 ;

OIk(T,Reg)..      Lb(T,Reg)*(1+piik(T,Reg))
- be*(Lk(T+1,Reg)+LkT(T,Reg)$TL(T)) =E= 0;
OK(T,Reg)..
Lb(T,Reg)*((1+td(T,Reg))*fk(T,Reg)-pi2k(T,Reg)) + (be*(1-dk)
*(Lk(T+1,Reg)+LkT(T,Reg)$TL(T)) -Lk(T,Reg))=E= 0 ; OIh(T,Reg)..
Lb(T,Reg)*(1+piih(T,Reg))
be*(Lh(T+1,Reg)+LhT(T,Reg)$TL(T)) =E= 0;
OH(T,Reg)..      Lb(T,Reg)*(n(T,Reg)
*fh(T,Reg)-pi2h(T,Reg)) + (be*(1-dh)
*(Lh(T+1,Reg)+LhT(T,Reg)$TL(T)) -Lh(T,Reg))=E= 0 ;

OB(T,Reg)..      Lb(T,Reg)*(1+pbb(B(T,Reg)))
-be*R(T)*(Lb(T+1,Reg)+LbT(T,Reg)$TL(T))=E= 0;

Ou(T,Reg)..      (uk*u(T,"Od")-
Sum(TT$(Ord(TT)>=Ord(T)),be**Ord(TT)*(Ut(TT,"Od")-Ut(TT,"Wd"))))$(Ord(Reg)=1)
+u(T,"Wd")+u(T,"Od"))$(Ord(Reg)=2)
+u(T,"Wl")$(Ord(Reg)=3)=E= 0;

```

```

CC(T,Reg) ..
C(T,Reg)+Ik(T,Reg)+Ih(T,Reg)+B(T,Reg)+pih(T,Reg)+pik(T,Reg)+pb(B(T,Reg))-(f(T,Reg)+R(T-1)*B(T-1,Reg)*L(T-1,Reg)/L(T,Reg))
=E= 0 ;

TC(T,Reg) ..      li(T,Reg)+n(T,Reg)
=E= 1 ;

KB(T,Reg) ..
L(T-1,Reg)*((1-dk)*K(T-1,Reg)+Ik(T-1,Reg))+(L0(Reg)*k0(Reg))$T1(T)
- L(T,Reg)*K(T,Reg) =E= 0 ; HB(T,Reg) ..
L(T-1,Reg)*((1-dh)*H(T-1,Reg)+Ih(T-1,Reg))+(L0(Reg)*h0(Reg))$T1(T)
- L(T,Reg)*H(T,Reg) =E= 0 ; LLB(T,Reg) ..
L(T-1,Reg)+u(T,Reg)-L(T,Reg)+L0(Reg)$T1(T) =E=0;

WB(T) ..      Sum(Reg,L(T,Reg)*B(T,Reg))
=E= 0;

TCK(TL,Reg) ..
Sum(T$TL(T),K(T,Reg)/Ik(T,Reg)-K(T-1,Reg)/Ik(T-1,Reg)) =E= 0
; TCH(TL,Reg) ..
Sum(T$TL(T),H(T,Reg)/Ih(T,Reg)-H(T-1,Reg)/Ih(T-1,Reg)) =E= 0
; TCB(TL,Reg) ..      Sum(T$TL(T),B(T,Reg))
=E= 0 ;

St(T,Reg) ..
tx(T,Reg)*L(T,Reg)/1.075-(C(T,"Wd")-C(T,"Od"))*(-1+2$(Ord(Reg)=1))
=E= 0 ;

Model KKT      / OC.C , OL.li , On.n , Wb.R , OB.B ,
                OIk.Ik , OK.K , KB.Lk , TCK.LkT , TC.Ll ,
                OIh.Ih , OH.H , HB.Lh , TCH.LhT , TCB.LbT ,
                CC.Lb , St.tx , Ou.u , LLB.L      /;

*Lösungsbedingungen für optimale Förderung!!
C.L(T,Reg) = cbgp.L("Wd")      *wr**Ord(T)      ;
Ik.L(T,Reg) = lkbgp.L("Wd")    *wr**Ord(T)      ;
Ih.L(T,Reg) = lhbgp.L("Wd")    *wr**Ord(T)      ;
K.L(T,Reg) = k0("Wd")          *wr**Ord(T)      ;
H.L(T,Reg) = H0("Wd")*wr**Ord(T)      ;

n.L(T,Reg) = nbgp.L("Wd")      ; Li.L(T,Reg) = 1-n.L(T,Reg);

Lb.L(T,Reg) = lbbgp.L("Wd")*wr**(-g*Ord(T))      ;
Lk.L(T,Reg) = lkbgp.L("Wd")*wr**(-g*Ord(T))      ;
Lh.L(T,Reg) = lhbgp.L("Wd")*wr**(-g*Ord(T))      ;
Ll.L(T,Reg) = llbgp.L("Wd")*wr**(-1g*Ord(T));

LkT.L(T,Reg)= Lk.L("100","Wd")      ; LhT.L(T,Reg) = Lh.L("100","Wd");
LbT.L(T,Reg)= Lb.L("100","Wd");
R.L(T) = 1/be; B.L(T,Reg)=0;
L.L(T,Reg)=L0(Reg);

KKT.optfile = 1; Solve KKT Using MCP;
norm(T) = bgpwr.L("Wd")**Ord(T);

apl(T,"K") = K.L(T,"Od")/norm(T)      ; bpl(T,"K") = K.L(T,"Wd")/norm(T);
apl(T,"C") = C.L(T,"Od")/norm(T)      ; bpl(T,"C") = C.L(T,"Wd")/norm(T);
apl(T,"b") = b.L(T,"Od")/norm(T)      ; bpl(T,"b") = b.L(T,"Wd")/norm(T);
apl(T,"Ik") = Ik.L(T,"Od")/norm(T)    ; bpl(T,"Ik") = Ik.L(T,"Wd")/norm(T);
apl(T,"Ih") = Ih.L(T,"Od")/norm(T)    ; bpl(T,"Ih") = Ih.L(T,"Wd")/norm(T);
apl(T,"H") = H.L(T,"Od")/norm(T)      ; bpl(T,"H") = H.L(T,"Wd")/norm(T);
apl(T,"L") = L.L(T,"Od")              ; bpl(T,"L") = L.L(T,"Wd")      ;
apl(T,"u") = u.L(T,"Od")              ; bpl(T,"u") = u.L(T,"Wd")      ;
apl(T,"Tr") = tx.L(T,"Od")+0.001$(tx.L("1","Od")=0) ; bpl(T,"Tr") = tx.L(T,"Wd")+0.001$(tx.L("1","Od")=0) ;
apl(T,"Td") = td(T,"Od") +0.001$(td("1","Od")=0) ; bpl(T,"Td") = td(T,"Wd") +0.001$(td("1","Wd")=0) ;
apl(T,"Ty") = n.L(T,"Od")              ; bpl(T,"Ty") = n.L(T,"Wd")      ;

apl(T,"r") = fa* a*(K.L(T,"od")/(n.L(T,"od")*H.L(T,"od")))**(a-1);
bpl(T,"r") = fa* a*(K.L(T,"Wd")/(n.L(T,"Wd")*H.L(T,"Wd")))**(a-1);
apl(T,"w") = fa*(1-a)*(K.L(T,"od")/(n.L(T,"od")*H.L(T,"od")))**a ;
bpl(T,"w") = fa*(1-a)*(K.L(T,"Wd")/(n.L(T,"Wd")*H.L(T,"Wd")))**a ;

apl(T,"y") = fa*K.L(T,"od")**a *(n.L(T,"od")*H.L(T,"od"))**(1-a)/norm(T);
bpl(T,"y") = fa*K.L(T,"Wd")**a *(n.L(T,"Wd")*H.L(T,"Wd"))**(1-a)/norm(T);

cpl(T,"K") = apl(T,"K") /bpl(T,"K") ;
cpl(T,"b") = apl(T,"b") /apl(T,"K") ;
cpl(T,"C") = apl(T,"C") /bpl(T,"C") ;
cpl(T,"Ik") = apl(T,"Ik")/bpl(T,"Ik");
cpl(T,"Ih") = apl(T,"Ih")/bpl(T,"Ih");
cpl(T,"H") = apl(T,"H") /bpl(T,"H") ;
cpl(T,"L") = L.L(T,"Od")      ;
cpl(T,"u") = 0.001      ;
cpl(T,"Tr") = 0.001      ;
cpl(T,"Td") = 0.001      ;
cpl(T,"r") = apl(T,"r") /bpl(T,"r") ;
cpl(T,"w") = apl(T,"w") /bpl(T,"w") ;

```

```

cpl(T,"Ty") = apl(T,"Ty")/bpl(T,"Ty");
cpl(T,"y") = apl(T,"y") /bpl(T,"y") ;
* Parameter und Berechnungsdatenexport
cpl("1","par") = a ; cpl("10","par") = L0("0d") ;
cpl("2","par") = dk ; cpl("11","par") = L0("Wd") ;
cpl("3","par") = be ;
; cpl("13","par") = K0("0d") ;
cpl("4","par") = uk ; cpl("14","par") = K0("Wd") ;
cpl("5","par") = Sum(TT,(fa*K.L(TT,"Wd"))**a*(n.L(TT,"Wd")*H.L(TT,"Wd"))**(1-a))
/(Norm(TT)*1/(be**Ord(TT))) ;
cpl("6","par") = Sum(TT,(tx.L(TT,"0d")*fa*K.L(TT,"Wd"))**a*(n.L(TT,"Wd")*H.L(TT,"Wd"))**(1-a))
/(Norm(TT)*1/be**Ord(TT))) ;
;
cpl("7","par") = (fy(fa,K.L("20","Wd"),H.L("20","Wd")*n.L("20","Wd"))
/fy(fa,K.L("1","Wd"),H.L("1","Wd")*n.L("1","Wd")))**(1/20)-wr;
cpl("8","par") = (fy(fa,K.L("20","0d"),H.L("20","0d")*n.L("20","0d"))
/fy(fa,K.L("1","0d"),H.L("1","0d")*n.L("1","0d")))**(1/20)-wr;
cpl("9","par") = ((fy(fa,K.L("20","Wd"),H.L("20","Wd")*n.L("20","Wd"))
+fy(fa,K.L("20","0d"),H.L("20","0d")*n.L("20","0d")))/
(fy(fa,K.L("1","Wd"),H.L("1","Wd")*n.L("1","Wd"))
+fy(fa,K.L("1","0d"),H.L("1","0d")*n.L("1","0d")))**(1/20)-wr;
;
* cpl("20","par") = Util("0d") ;
* cpl("21","par") = Util("Wd") ;
* cpl("22","par") = Util("Wl") ;

$libinclude xlchart apl bpl cpl

```

Literaturverzeichnis

- AK VOLKSWIRTSCHAFTLICHE GESAMTRECHNUNG DER LÄNDER (2005) "Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder". [Http://www.statistik-bw.de/Arbeitskreis_VGR/home.asp](http://www.statistik-bw.de/Arbeitskreis_VGR/home.asp).
- BARRO R.J. UND I MARTIN X.S. (1999) *Economic Growth*. MIT Press.
- BATTESE G. UND COELLI T. (1993) "A Stochastic Frontier Production Function Incorporating a Model for Technical Inefficiency Effects". Working Papers in Econometrics and Applied Statistics, No. 69, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.
- BENDE-NABENDE A., FORD J., SEN S. UND SLATER J. (2002) "Productivity Analysis in Asia-Pacific Economic Cooperation Region: A Multi-Country Translog Comperative Analysis 1965-97". *Economics Bulletin*, 15(2), pp. 1-9.
- BRAUN J. (1993) "Essays on Economic Growth and Migration". Ph.D. dissertation, Harvard University.
- BROOKE A., KENDRICK D., MEERAUS A. UND RAMAN R. (1998) *GAMS a User's Guide*. GAMS Development Corporation.
- BURDA M.C. (2003) "Factor Mobility, Income Differentials and Regional Economic Integration". *Unpublished Working Paper*.
- BURDA M.C. UND HUNT J. (2001) "From Reunification to Economic Integration: Productivity and the Labour Market in Eastern Germany". *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, pp. 1-71.
- BURDA M.C. UND WYPLOSZ C. (1992) "Human Capital, Investment and Migration in an Integrated Europe". *European Economic Review*, 36, pp. 677-684.
- CANOVA F. UND RAVN M.O. (2005) "The Macroeconomic Effects of German Unification: Real Adjustments and the Welfare State". *Economics and Business Working Papers Series*, 442.
- CHRISTENSEN L., JORGENSON D. UND LAU L. (1971) "Conjugate Duality and the Transcendental Logarithmic Production Function". *Econometrica*, 39, pp. 225-256.
- COELLI T. (1996) "A Guide to FRONTIER 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation". Working Paper, CEPA 96/07, [Http://www.une.edu.au/econometrics/cepa.htm](http://www.une.edu.au/econometrics/cepa.htm).

-
- COOLEY T.F. (Hg.) (1995) *Frontiers of Business Cycle Research*. Princeton University Press.
- DANTHINE J.P. UND DONALDSON J.B. (1995) *Computing Equilibria of Nonoptimal Economies in Frontiers of Business Cycle Research*. Princeton University Press.
- DEUTSCHE BUNDESBANK (2002) "Beschäftigungsschwelle und reale Arbeitskosten". *Monatsbericht*, 61, September.
- DIW, IAB, IWW, IWH UND ZEW (2002) *Fortschrittsbericht wirtschaftswissenschaftlicher Institute über die Entwicklung in Ostdeutschland*. Institut für Wirtschaftsforschung Halle - IWH.
- DIXON P.B. (1994) "Applied General Equilibrium Modelling: Achievement, Failure and Potential". General Paper No. G-106.
- DREGER C. UND SCHUMACHER C. (1999) "Die empirische Umsetzung der makroökonomischen Produktionstheorie - Möglichkeiten und Grenzen". IWH Diskussionspapiere, Nr. 92.
- (2000) "Zur empirischen Evidenz der Cobb-Douglas Technologie in gesamten deutschen Zeitreihen". IWH Diskussionspapiere, Nr. 113.
- ECKEY H.F., KOSFELD R. UND TÜRCK M. (2004) "Regionale Produktionsfunktionen mit Spillovereffekten für Deutschland - empirischer Befund und wirtschaftspolitische Implikationen". *Volkswirtschaftliche Diskussionsbeiträge* Nr. 64/04.
- EUROPEAN COMMISSION (2004) "Aids Specially Earmarked for 'a' Regions". [Http://europa.eu.int/comm/competition/state_aid/scoreboard/indicators/k11.html](http://europa.eu.int/comm/competition/state_aid/scoreboard/indicators/k11.html).
- FUNKE M. UND RAHN J. (2002) "How Efficient is the East German Economy". *Economics of Transition*, 10 (1), pp. 201–223.
- FUNKE M. UND STRULIK H. (2000) "Growth and Convergence in a Two-region Model of Unified Germany". *German Economic Review*, 1(3), p. 363.
- GAGNON J.E., MASSON P.R. UND MCKIBBIN W.J. (1996) "German Unification: What have we Learned from Multi-country Models?" *International Finance Discussion Papers*, No. 547.
- GALLER H.P. (2000) *Anforderungen an makroökonomische Modelle unter der Bedingung des Eurolandes, IWH Workshop Makroökonomische Modellierung im Euroland*. Institut für Wirtschaftsforschung Halle.

-
- GINSBURGH V. UND KEYZER M. (1997) *The Structure of Applied General Equilibrium Models*. The MIT Press.
- GONG G. UND SEMMLER W. (2006) *Stochastic Dynamic Macroeconomics Theory and Empirical Evidence*. Oxford University Press.
- GREEN W.H. (2000) *Econometric Analysis*. 4. Aufl. Prentice Hall.
- HANSEN L.P. UND HECKMAN J.J. (1996) "The Empirical Foundations of Calibration". *Journal of Economic Perspectives*, 10, pp. 87–104.
- HILDENBRAND W. UND KIRMAN A.P. (1988) *Equilibrium Analysis*, Bd. 28 von *Advanced Textbooks in Economics*. North-Holland.
- JANSEN H. (2004) "Transfers to Germany's East Länder: A Necessary Price for Convergence or a Permanent Drag?" *Ecfm Country Focus*, 1(16).
- JONES L.E. UND MANUELLI R.E. (2005) "Fluctuations in Convex Models of Endogenous Growth I: Growth Effects". *Review of Economic Dynamics*, 8(4), pp. 780–804.
- JUDD K.L. (1998) *Numerical Methods in Economics*. The MIT Press.
- KEHOE T.J. (2003) *An Evaluation of the Performance of Applied General Equilibrium Models of the Impact of NAFTA*, *Research Department Staff Report 320*. Federal Reserve Bank of Minneapolis.
- KFW-RESEARCH (2005) *Mittelstands- und Strukturpolitik, Sonderband: 15 Jahre Deutsche Einheit*. KfW Bankengruppe.
- KIM J. UND KIM S.H. (2002) "Welfare Improving Fiscal Policies in a Two-country Model". *Society for Computational Economics, Computing in Economics and Finance*, 50.
- LANGE T. UND PUGH G. (1998) *The Economics of German Unification*. Edward Elgar.
- LAU M.I., PAHLKE A. UND RUHERFORD T.F. (2002) "Approximating Infinite-horizon Models in a Complementarity Format: A Primer in Dynamic General Equilibrium Analysis". *Journal of Economic Dynamics and Control*, 26, pp. 577–609.
- LIQUI A. UND MALKA R. (2004) "Revealing the Parameter of Risk-aversion from Option Prices when Markets are Incomplete: Theory and Evidence". SSRN Working Paper.
- LUCAS R.E. (1987) *Models of Business Cycles*. Oxford.

-
- MALLOK J. UND FRITSCH M. (1994) "Fertigungstiefe und Produktivität im ostdeutschen Maschinenbau - Drei Fallbeispiele". *CIM Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung*, 89, pp. 613–615.
- MARIMON R. UND SCOTT A. (1999) *Computational Methods for the Study of Dynamic Economies*. Oxford University Press.
- MAS-COLELL A., WHINSTON M.D. UND GREEN J.R. (1995) *Microeconomic Theory*. Oxford University Press.
- MEERAUS A. UND RUTHERFORD T. (2005) "Mixed Complementarity of Stochastic Equilibrium with Recourse". Presentation at the GOR Workshop Optimization under Uncertainty, Bad Honnef, Germany.
- NICOLA P. (2000) *Mainstream Mathematical Economics in the 20th Century*. Springer.
- PALTSEV S. (2004) "Moving from Static to Dynamic General Equilibrium Economic Models (Notes for Beginner in MPSGE)". Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report No. 94, Massachusetts Institute of Technology.
- PEDERSEN T.M. (1999) "Understanding Business Cycles with Matlab Applications". Unpublished.
- PRESCOTT E.C. UND MEHRA R. (1980) "Recursive Competitive Equilibrium: The Case of Homogenous Households". *Econometrica*, 48, pp. 1356–1379.
- RAGNITZ J. (2003) "Wirkung der Investitionsförderung in Ostdeutschland". IWH Diskussionspapiere, Nr. 186.
- (2004) "Der gegenwärtige Stand des Aufholprozesses in den neuen Ländern". Vortrag anlässlich der Tagung „Neujustierung Aufbau Ost“ des Staatswissenschaftlichen Forums an der Universität Erfurt.
- RAGNITZ J., MÜLLER G. ET AL. (2001) *Produktivitätsunterschiede und Konvergenz von Wirtschaftsräumen - Das Beispiel der neuen Länder*. Institut für Wirtschaftsforschung Halle - IWH.
- RUGE-MURCIA F. (2003) "Methods to Estimate Dynamic Stochastic General Equilibrium Models". CIREQ Working Paper 17, under Revision for the Journal of Economic Dynamics and Control.
- RUTHERFORD T. (2004) "Dynamic General Equilibrium with GAMS/MPSGE". Lecture Notes Prepared for the UNSW Workshop.

-
- SACHVERSTÄNDIGENRAT ZUR BEGUTACHTUNG DER GESAMTWIRTSCHAFTLICHEN ENTWICKLUNG (2002, 2004) *Jahresgutachten 2002/03, 2004/05*. Sachverständigenrat.
- SALA-I-MARTIN X. (2002) “15 Years of New Growth Economics: What Have We Learnt?” Discussion Paper, 0102-47.
- SCHNEIDER UND LUTZ (2005) “East German Internal Migration: Remarkable Loss of Human Capital”. *Economy in Change*, 10, pp. 308–314.
- SMOLNY W. (2003) “Produktivitätsanpassung in Ostdeutschland, Bestandsaufnahme und Ansatzpunkte einer Erklärung”. *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 223(2), pp. 239–254.
- SNOWER D.J. UND MERKEL C. (2006) “The Caring Hand that Cripples: The East German Labour Market After Reunification (Detailed Version)”. Kiel Working Paper No. 1263.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (1996) *Statistisches Jahrbuch 1996*. Statistisches Bundesamt.
- STOKEY N.L., LUCAS R.E. UND PRESCOTT E.C. (1989) *Recursive Methods in Economic Dynamics*. Harvard University Press.
- WALDMAN D.M. (1982) “A Stationary Point for the Stochastic Frontier Production Function”. *Journal of Econometrics*, 18, pp. 275–279.
- WENDNER R. (1999) “A Calibration Procedure of Dynamic CGE Models for Non-Steady State Situations Using GEMPECK”. *Computational Economics*, 13, pp. 265–287.