



Universität Potsdam

Fabian Sakowski

Bodennutzung in der New Economic Geography

Potsdamer Schriften zur Raumwirtschaft | 7
Prof. Dr. Klaus Schöler (Hrsg.)

Potsdamer Schriften zur Raumwirtschaft
Prof. Dr. Klaus Schöler (Hrsg.)

Potsdamer Schriften zur Raumwirtschaft | 7
Prof. Dr. Klaus Schöler (Hrsg.)

Fabian Sakowski

Bodennutzung in der New Economic Geography

Universitätsverlag Potsdam

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de/> abrufbar.

Universitätsverlag Potsdam 2018

<http://verlag.ub.uni-potsdam.de/>

Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam

Tel.: +49 (0)331 977 2533 / Fax: 2292

E-Mail: verlag@uni-potsdam.de

Die Schriftenreihe **Potsdamer Schriften zur Raumwirtschaft** wird herausgegeben von Prof. Dr. Klaus Schöler.

ISSN (print) 2190-8702

ISSN (online) 2190-8710

Dissertation, Universität Potsdam, 2017

Dieses Werk ist unter einem Creative Commons Lizenzvertrag lizenziert:

Namensnennung 4.0 International

Um die Bedingungen der Lizenz einzusehen, folgen Sie bitte dem Hyperlink:

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Druck: docupoint GmbH Magdeburg

ISBN 978-3-86956-426-5

Zugleich online veröffentlicht auf dem Publikationsserver der
Universität Potsdam:

URN [urn:nbn:de:kobv:517-opus4-413737](http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-413737)

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-413737>

Vorwort

Derzeit ist eine intensive öffentliche Diskussion um knappe Bodenressourcen, steigende Mietpreise und deren Auswirkungen auf die regionalen Ökonomien auszumachen. In verdichteten Räumen zeigen sich, trotz erhöhter Bodennutzungskonkurrenzen, Mieten und Baulandpreise, stabile und wachsende Agglomerationen von Arbeitskräften und Unternehmen. Die Wechselwirkungen zwischen Bodennutzung, Kosten der Raumüberwindung, regionalen Preisindizes, Ballungstendenzen und Reallöhnen werden in dieser Arbeit diskutiert. Mein Anliegen war es, zu untersuchen, welche räumliche Verteilung der Arbeitskräfte und Unternehmen sich im Modellrahmen der New Economic Geography (NEG) ergibt, wenn der einer Region zur Verfügung stehende Boden, die zu überwindende Distanz innerhalb einer Region, sowie die Bodennutzung und -aufteilung für Wohnen, Industrie und Landwirtschaft diskutiert werden.

Besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Klaus Schöler für die hervorragende Betreuung. Ich danke ihm für seine verlässliche, konkrete und motivierende Unterstützung in den zurückliegenden Jahren. Mein Dank gilt ferner meinem Zweitgutachter Herrn apl. Prof. Dr.-Ing. Thomas Weith für die Begutachtung und die kritische Auseinandersetzung mit dieser Arbeit. Für ihr Engagement in der Prüfungskommission danke ich Herrn Prof. Dr. Rainald Borck und Herrn Prof. Dr. Maik Heinemann.

Für die hilfreichen Diskussionen möchte ich zudem Frau Dr. Funke, Herrn Dr. Heßler und Herrn Weinert und für ihre Flexibilität meinen ehemaligen Kollegen und Vorgesetzten danken. Ganz besonderer Dank gilt Lisa für ihre unablässige Unterstützung.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Fragestellung	1
1.2	Aufbau der Arbeit	5
2	Entwicklung der Raumwirtschaftstheorie bis zur New Economic Geography	7
2.1	Begriffsabgrenzung Raumwirtschaftstheorie und Economic Geography . .	8
2.2	Historischer Überblick zu den Raumwirtschaftstheorien	10
2.2.1	Entwicklungen bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts	10
2.2.2	Entwicklungen seit Mitte des 20. Jahrhunderts	12
2.2.3	Die Entwicklung der New Economic Geography (NEG) am Ende des 20. Jahrhunderts	17
3	Formale Elemente der New Economic Geography	29
3.1	Der NEG-Modellansatz	29
3.1.1	Nachfrage	30
3.1.2	Transportkosten	34
3.1.3	Angebot	35
3.1.4	Standardisierung	37
3.1.5	Simulationsgleichungen und numerische Modelllösung im Zwei-Regionen-Fall	38
3.1.6	Modellzusammenhänge	46
3.2	Erweiterungen mit Bezug zur Bodennutzung: Der Modellansatz von Helpman (1995)	49
3.2.1	Nachfrage	49
3.2.2	Angebot	50
3.2.3	Simulationsgleichungen und numerische Modelllösung im Zwei-Regionen-Fall	52
3.2.4	Zusammenfassung	58
3.3	Erweiterungen mit Bezug zur Bodennutzung: Der Modellansatz von Pflüger und Tabuchi (2008)	60
3.3.1	Einkommen und indirekter Nutzen	61
3.3.2	Angebot	61
3.3.3	Simulationsgleichungen und numerische Modelllösungen im Zwei-Regionen-Fall	63
3.3.4	Zusammenfassung	67
3.4	Zusammenfassung des Kapitels 3	67

4	Boden, Regionsgröße, inter- und intraregionale Transportkosten im NEG-Modell	71
4.1	Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums	73
4.1.1	Nachfrage	75
4.1.2	Industrielles Angebot	81
4.1.3	Landwirtschaftliches Angebot	85
4.1.4	Darstellung der Simulationsgleichungen	87
4.1.5	Diskussion des Einflusses des Bodenpreises, der Regionsgröße und intraregionaler Transportkosten im symmetrischen Fall	93
4.1.6	Sustain- und Breakpoint Analyse	103
4.1.7	Zusammenfassung	134
4.2	Simulationsrechnungen bei interregionalen Transportkosten	137
4.2.1	Überblick über die Modellspezifikationen	137
4.2.2	Gleich große Regionen	141
4.2.3	Unterschiedlich große Regionen	148
4.2.4	Zusammenfassung	158
4.3	Simulationsrechnungen bei inter- und intraregionalen Transportkosten	160
4.3.1	Gestaltung der Transportkosten	160
4.3.2	Überblick über die Modellspezifikationen	165
4.3.3	Gleich große Regionen und intraregionale Transportkosten	167
4.3.4	Unterschiedlich große Regionen und intraregionale Transportkosten	172
4.3.5	Zusammenfassung	175
4.4	Simulationsrechnungen bei inter- und intraregionalen Transportkosten ohne Bodenrente	177
4.4.1	Gleich große Regionen	178
4.4.2	Unterschiedlich große Regionen	180
4.4.3	Zusammenfassung	184
4.5	Zusammenfassung des Kapitels 4	185
5	Wohlfahrt und Bodenaufteilung	187
5.1	Definition der betrachteten Wohlfahrtsfunktion	187
5.2	Diskussion der Simulationsergebnisse	189
5.2.1	Wohlfahrt bei gleich großen Regionen, Bodeneinkommen und ohne intraregionale Transportkosten	191
5.2.2	Wohlfahrt bei unterschiedlich großen Regionen, Bodeneinkommen und intraregionalen Transportkosten	195
5.2.3	Wohlfahrt bei unterschiedlich großen Regionen, ohne Bodeneinkommen und intraregionale Transportkosten	198
5.3	Zusammenfassung des Kapitels 5 und Implikationen	201
5.3.1	Zusammenfassung	201
5.3.2	Implikationen	203
6	Fazit	209

Literaturverzeichnis	217
Anhang	
A Abbildungen	229
A.1 Zusätzliche Abbildungen zu räumlichen Gleichgewichten bei gleich großen Regionen	229
A.2 Zusätzliche Abbildungen zu räumlichen Gleichgewichten bei unterschiedlich großen Regionen	232
A.3 Zusätzliche Abbildungen zu räumlichen Gleichgewichten bei intraregionalen Transportkosten	233
A.4 Zusätzliche Abbildungen zur Wohlfahrtsanalyse	237
B Weiterführende analytische Betrachtungen	243
B.1 Analyse des Verlaufs der Reallohndifferenzgleichung	244
B.2 Formelanhang zur Veränderungsanalyse S. 119	265
B.2.1 Anteil der Arbeitskräfte	265
B.2.2 Bodenanteile	265
C Tabellen	267
C.1 Tabellen zum Kapitel 4.2	268
C.2 Tabellen zum Kapitel 5.2	269
D Anmerkungen zum Bodenmarkt	285
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	287

Abbildungsverzeichnis

1.1.1	Karten zur weltweiten Urbanisierung 1990–2014	2
3.1.1	Reallohndifferenzkurven bei unterschiedlichen Transportkosten mit $\sigma = 5$ und $\mu = 0,4$	41
3.1.2	Räumliche Gleichgewichte bei unterschiedlichen Transportkosten mit $\sigma = 5$ und $\mu = 0,4$	43
3.1.3	Sustainpoint bei $\sigma = 5$ und $\mu = 0,4$	44
3.1.4	Breakpoint bei $\sigma = 5$ und $\mu = 0,4$	47
3.2.1	Relation des Individualnutzens bei unterschiedlichen Transportkosten mit $\sigma = 2$ und $\mu = 0,6$	57
3.2.2	Langfristige Gleichgewichte bei unterschiedlichen Transportkosten mit $\sigma = 5$ und $\mu = 0,4$	58
3.2.3	Zerlegung der Relation des Individualnutzens bei $\tau = 6$, $\sigma = 2$ und $\mu = 0,6$.	59
3.3.1	Individualnutzenverhältnis und Bifurkationsdiagramm bei $\sigma = 1,3$, $\sigma = 2$ und $\mu = 0,6$	66
4.1.1	Anreizwirkungen aus Sicht eines industriellen Unternehmens	99
4.1.2	Funktionaler Zusammenhang zwischen Transportkosten und Reallohnverhältnis bei $\lambda_r = 1$	107
4.1.3	Bifurkationsdiagramm ($\Delta\omega = \omega_r - \omega_s = 0$) zur visuellen Bestimmung der Breakpoints	109
4.1.4	Visuelle Bestimmung der Breakpoints am Beispiel gleich großer Regionen .	111
4.1.5	Visuelle Bestimmung der Breakpoints am Beispiel unterschiedlich großer Regionen I	113
4.1.6	Visuelle Bestimmung der Breakpoints am Beispiel unterschiedlich großer Regionen II	114
4.2.1	Beispiele für die Interpretation des Bifurkationsdiagramms	140
4.2.2	Gleich große Regionen (Variante 1a und Variante 1b)	142
4.2.3	Gleich große Regionen (Variante 1c, 1d, 1e)	144
4.2.4	Unterschiedlich große Regionen (Variante 2)	150
4.2.5	Unterschiedlich große Regionen (Variante 3)	153
4.2.6	Unterschiedlich große Regionen und voneinander abweichende Bodenaufteilung (Beispiel urbane und ländliche Region)	158
4.3.1	Intra- und interregionale Transportkosten	162
4.3.2	Gleich große Regionen (Variante 4)	168
4.3.3	Gleich große Regionen (Variante 5)	171

4.3.4	Unterschiedlich große Regionen (Variante 6)	174
4.4.1	Symmetrische Regionen und abfließende Bodenrente	179
4.4.2	Unterschiedlich große Regionen und abfließende Bodenrente I	181
4.4.3	Unterschiedlich große Regionen und abfließende Bodenrente II	182
5.2.1	Wohlfahrt und Verteilung der Arbeitskräfte bei $\tau = 1$	189
5.2.2	Reallohndifferenz und Bifurkationsdiagramm bei wohlfahrtsorientierter Bodenaufteilung	191
5.2.3	Maximale Wohlfahrt, Reallohndifferenz und Verteilung der Arbeitskräfte und des Bodens bei $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$	194
5.2.4	Maximale Wohlfahrt, Reallohndifferenz und Verteilung der Arbeitskräfte und des Bodens bei $\sigma = 5,5, b_r = 0,6, b_s = 0,4, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$	197
5.2.5	Maximale Wohlfahrt, Reallohndifferenz und Verteilung der Arbeitskräfte und des Bodens bei $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$	200
A.1.1	Veränderung der industriellen Bodenanteile und der Bodenanteile zur Wohnnutzung bei Reduktion des landwirtschaftlichen Bodenanteils I	230
A.1.2	Veränderung der industriellen Bodenanteile und der Bodenanteile zur Wohnnutzung bei Reduktion des landwirtschaftlichen Bodenanteils II	231
A.2.1	Räumliches Gleichgewicht bei unterschiedlich großen Regionen und gleichen Bodenanteilen für Industrie und Wohnen	232
A.3.1	Gleich große Regionen, symmetrische Bodenaufteilung und intraregionale Transportkosten	233
A.3.2	Unterschiedlich große Regionen und intraregionale Transportkosten	235
A.3.3	Reallohndifferenzkurve und funktionaler Zusammenhang zwischen Reallohnverhältnis und Transportkosten bei unterschiedlich großen Regionen und intraregionalen Transportkosten	236
A.4.1	Maximale Wohlfahrt, Reallohndifferenz und Verteilung der Arbeitskräfte und des Bodens bei $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$, inklusive instabiler Gleichgewichte	237
A.4.2	Maximale Wohlfahrt, Reallohndifferenz und Verteilung der Arbeitskräfte und des Bodens bei $\sigma = 5,5, b_r = 0,6, b_s = 0,4, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$, inklusive instabiler Gleichgewichte	239
A.4.3	Maximale Wohlfahrt, Reallohndifferenz und Verteilung der Arbeitskräfte und des Bodens bei $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$, inklusive instabiler Gleichgewichte	240
A.4.4	Wohlfahrt in den Regionen bei $b_r = 0,6$ und $b_s = 0,4$ mit intraregionalen Transportkosten und ohne Einkommen aus der Bodennutzung im Fall höchste Wohlfahrt bei räumlich stabilem Gleichgewicht, $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$	242

Tabellenverzeichnis

4.1	Modellspezifikationen bei interregionalen Transportkosten	139
4.2	Absolute Bodengröße für die Regionen r und s nach Nutzungsarten in den Szenarien	151
4.3	Modellspezifikationen inter- und intraregionale Transportkosten	166
4.4	Bodenflächen für die Regionen r und s nach Nutzungsarten in den Szenarien	172
C.1	Flächenaufteilung der Gemeinden mit mehr als 250 Tsd. Einwohnern	268
C.2	Flächenaufteilung Berlin und Brandenburg	269
C.3	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.3 mit $\tau = 1, 0$	270
C.4	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.3 mit $\tau = 1, 1$	271
C.5	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.3 mit $\tau = 1, 5$	272
C.6	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.3 mit $\tau = 1, 7$	273
C.7	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.3 mit $\tau = 2, 5$	274
C.8	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.4 mit $\tau = 1, 0$	275
C.9	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.4 mit $\tau = 1, 1$	276
C.10	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.4 mit $\tau = 1, 5$	277
C.11	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.4 mit $\tau = 1, 7$	278
C.12	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.4 mit $\tau = 2, 5$	279
C.13	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5 mit $\tau = 1, 0$	280
C.14	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5 mit $\tau = 1, 1$	280
C.15	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5 mit $\tau = 1, 5$	281
C.16	Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5 mit $\tau = 1, 7$	282

Tabellenverzeichnis

C.17 Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5 mit $\tau = 2,5$	282
C.18 Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5 mit $\tau = 2,5, b_r = 0,8, b_s = 0,2$	283
C.19 Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5 mit $\tau = 8,0, b_r = 0,6, b_s = 0,4$	284

1 Einführung

1.1 Fragestellung

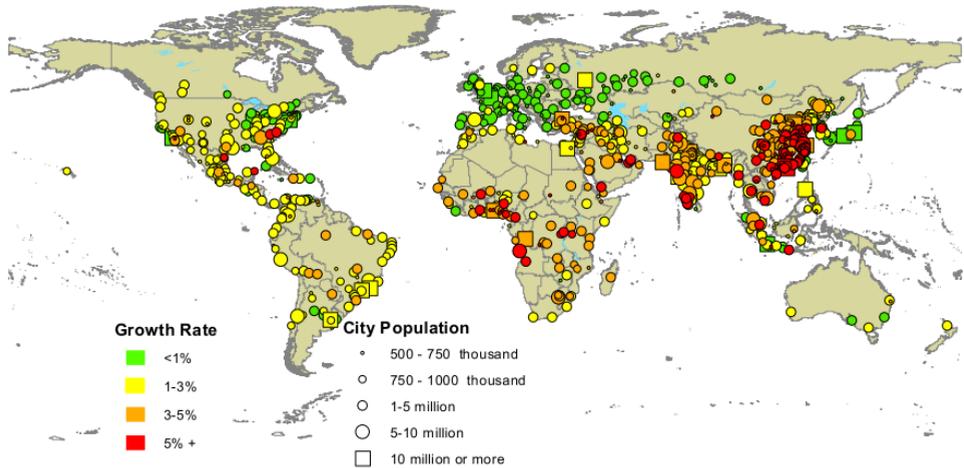
Derzeit leben rund 54 % der weltweiten Bevölkerung in urbanen Gebieten mit steigender Tendenz (vgl. United Nations 2014a, S. 1). Während Amerika und Europa einen hohen Urbanisierungsgrad mit geringer Dynamik aufweisen, zeigen sich dynamische Entwicklungen vor allem in Asien und Afrika mit Wachstumsraten bis zu 10 % pro Jahr¹ (vgl. United Nations 2014a, S. 9). Hierbei ist auch ein wesentlich geringerer Urbanisierungsgrad beobachtbar.² Die Abbildungen 1.1.1(a) und 1.1.1(b) auf der folgenden Seite verdeutlichen diese globalen Tendenzen, lassen jedoch auch erkennen, dass im Jahr 2014 insbesondere in Asien urbane Gebiete mit 5 Mio. bis über 10 Mio. Einwohnern zu finden sind. Auffällig ist, dass – sowohl in Ländern mit niedrigem Urbanisierungsgrad als auch in Ländern mit hohem Grad – wachsende und sich weiter verdichtende ökonomische Agglomerationen und Bevölkerungsballungen in vergleichsweise kleinräumigen Gebieten auszumachen sind (vgl. United Nations 2014a).

Ausdruck solcher Konzentrationsprozesse sind steigende Miet- und Baulandpreise in verdichteten Regionen auf der kleinräumigen Ebene, wie sie in Berlin und London zu beobachten sind (vgl. Göttsche-Stellmann und Schürt 2014; Office for National Statistics 2016). Anzumerken ist, dass für die beiden Städte eine jährliche Bevölkerungszunahme von rund 1,4 % in den Jahren zwischen 2011 und 2015 gemessen wurden (vgl. Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2016a; Eurostat 2016) und damit im Vergleich zu afrikani-

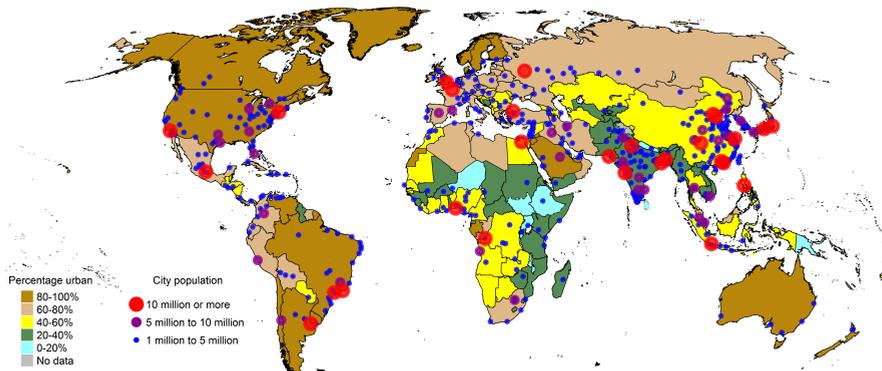
¹ Im Zeitraum der Jahre 2010 bis 2015 finden sich 41 Städte, die mindestens 1 Mio. Einwohner im Jahr 2015 und eine jährliche Wachstumsrate von mindestens 5 % aufweisen (vgl. United Nations 2014b). Hiervon liegt nur eine Stadt (Charlotte in den USA) außerhalb Asiens oder Afrikas. Anzumerken ist, dass das Jahr 2015 das erste Jahr der Projektion ist, die bis zum Jahr 2030 vorgenommen wurde.

² In Nord-Amerika, Latein-Amerika inklusive der Karibik oder auch Europa finden sich hohe Werte des Urbanisierungsgrades, der bei 82 %, 80 % und 73 % liegt. Asien und Afrika hingegen zeigen sich mit Werten von 48 % und 40 % der Bevölkerung, die in urbanen Gebieten lebt, überwiegend ländlich geprägt (vgl. United Nations 2014a, S. 8).

Abbildung 1.1.1: Karten zur weltweiten Urbanisierung 1990–2014



(a) Wachstumsrate urbaner Regionen nach Größenklassen 1990–2014



(b) Anteil der Bevölkerung in urbanen Regionen und urbane Regionen nach Größenklassen 2014

Quelle: United Nations 2014c.

schen und asiatischen Städten äußerst verhalten wachsen.³ Dennoch können diese steigenden Preise auf dem Immobilienmarkt letztlich zu einer reduzierten Nachfrage nach anderen Konsumgütern führen. Bei einem Blick auf Berlin zeigt sich interessanterweise, dass zugleich die Anzahl der Arbeitsplätze, die Bruttoverdienste, wie auch – aufgrund eines niedrigen Verbraucherpreisindexes – die realen Verdienste steigen (vgl. Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2016b,c,e). Gleichwohl nehmen bei einem anhaltenden Zuzug sowohl die Bodennutzung zu Wohnzwecken als auch zu Produktionszwecken zu, was die bereits beschriebenen Miet- und Baulandpreissteigerungen nach sich zieht. Welche langfristigen räumlichen Gleichgewichte sich zwischen einzelnen Regionen unter Berücksichtigung von Arbeitskräftemigration, Produktionsstandorten, Bodennutzung und Preis- und Einkommensbewegungen einstellen können, wird im Folgenden mit Hilfe von Ansätzen der Raumwirtschaftstheorie diskutiert.

Die Raumwirtschaftstheorie beschäftigt sich mit der Aktivität und der Verteilung von Wirtschaftssubjekten im Raum. Sie untersucht und erklärt die Entwicklung und Persistenz räumlicher Wirtschaftsstrukturen (vgl. Schöler 2005a). Hierbei werden erklärende Faktoren und Zusammenhänge, die in der Realität beobachtbar sind, zu Theorien verdichtet. Während bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts in der Raumwirtschaftstheorie neben anderen Aspekten die Ressource Raum oder auch die Bodenrente zur Erklärung räumlicher Wirtschaftsmuster herangezogen wurden, finden diese Aspekte seit Ende des 20. Jahrhunderts mit den Modellen der New Economic Geography (NEG) in der raumwirtschaftstheoretischen Diskussion wenig Beachtung.⁴ Gleichwohl ist mit der NEG eine Lücke geschlossen worden, indem mit Hilfe von mikroökonomischen Totalmodellen und der Annahme monopolistischer Konkurrenz endogen die Entstehung und dynamische Veränderung der räumlichen Verteilung von wirtschaftlicher Aktivität nachvollzogen werden kann. Mit der NEG sind Agglomerationen wirtschaftlicher Aktivität modellendogen erklärbar und können im Rahmen der Modellparameter wie Reallohn, Gesamteinkommen, Konsumausgaben oder auch Anteil der Arbeitskräfte in einer Region diskutiert werden.

Wie in der Volkswirtschaftslehre üblich, findet bei der Formulierung von Modellen eine Abstraktion der Realität durch Reduktion und Konzentration auf wesentliche Zusammenhänge statt. Die NEG abstrahiert beispielsweise von Raum und der Verfügbarkeit von Boden. Als verallgemeinernden Parameter hierfür werden Transportkosten für Güter ein-

³ Da sich die Angaben für London auf den 01.01. eines Jahres beziehen, sind für Berlin die Angaben zum 31.12. des jeweiligen Vorjahres des jeweils betrachteten Jahres herangezogen.

⁴ Vgl. hierzu die Darstellung im Kapitel 2.

1 Einführung

geführt, die zwischen einzelnen Regionen gehandelt werden.⁵ Der Transport von Gütern innerhalb einer Region bleibt hingegen kostenlos, sodass auch die Fläche einer Region und die innerhalb dieser zu überwindende Distanz nicht beachtet werden. Zudem liegt in der NEG die Annahme zweier symmetrischer Regionen zugrunde. Werden Regionen betrachtet, für die die Ressource Boden als relevanter Faktor in der Güterproduktion und zum Wohnen vernachlässigbar ist und die im Rahmen ihrer Bodennutzungsplanung mit keinen Restriktionen konfrontiert sind, sind diese Vereinfachungen eine begründete Annahme. Auch sind bei symmetrischen Regionen die aus dem Transport von Gütern innerhalb einer Region resultierenden Kosten vernachlässigbar, wenn sich diese entsprechen.

Betrachtet man jedoch administrative Gebietseinheiten, die wie große Städte oder kleinere Regionen mit räumlichen Restriktionen konfrontiert sind, ist es interessant, durch Aufhebung einiger vereinfachender Annahmen die Vorzüge der NEG auch für Fragestellungen bei knappen Bodenressourcen und Regionen unterschiedlicher geographischer Größe zu nutzen. Die bereits diskutierten Karten (vgl. Abbildung 1.1.1) verdeutlichen den Umstand einer zunehmenden Verstädterung und wachsenden Konzentration von Einwohnern im Raum.

Für urbane Regionen auf der einen Seite und für sich entleerende Regionen auf der anderen Seite sind in diesem Zusammenhang unterschiedliche Aspekte von Interesse. In den dicht besiedelten Räumen entstehen Konkurrenzen um den Boden. Denkbar ist, dass die Administration in einem solchen Gebiet mit der Herausforderung konfrontiert ist, die verfügbaren Flächen auf die verschiedenen Nutzungsformen aufzuteilen, um eine optimale Allokation des Bodens zu erreichen. Ein politisches Ziel kann es sein, den Nutzungsformen unter der gegebenen Restriktion eines begrenzten Gebietes adäquat Boden zur Verfügung zu stellen, sodass weder der Bodennutzungspreis zum Wohnen noch der für die Produktion zu stark einseitig steigen. In sich entleerenden Räumen mag sich der Planer mit der Aufgabe konfrontiert sehen, so viel Boden zur Verfügung zu stellen, dass Abwanderungstendenzen über sinkende Bodennutzungspreise, die zu einem höheren Reallohn führen, abgemildert werden. Gegebenenfalls können hinreichend niedrige Miet- und Bodenpreise in einer erneuten Ansiedlung münden, liegt ein hohes Preisgefälle zwischen der verdichteten und der peripheren Region vor. Mithin stellt sich die Frage, ob aus einer gesamtwirtschaftlichen Perspektive die zunehmende Ballung mit steigenden Bodennutzungspreisen vorteilhaft ist.

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, einen Beitrag zur raumwirtschaftstheoretischen Forschung zu leisten, indem der Raum, bzw. präziser ausgedrückt der für wirtschaftliche

⁵ Vgl. zum Ansatz der NEG Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 45 ff.).

Aktivität zur Verfügung stehende Boden, im Rahmen des NEG-Modellansatzes explizit einbezogen ist. Er ist hierbei einerseits durch die einer Region zur Verfügung stehenden Bodenressourcen und andererseits durch Raumüberwindungskosten, die bei intraregionalen Güterbewegungen anfallen, berücksichtigt. Um die Auswirkungen und Interdependenzen der Bodennutzung im Modell abzubilden, wird in drei Nutzungsformen Industrie/Gewerbe, Wohnen und Landwirtschaft unterschieden. Mit der umfassenderen Berücksichtigung des Bodens im Rahmen des NEG-Modellansatzes steht der Beitrag in der Tradition der Raumwirtschaftstheorie. Zugleich macht er die Vorzüge von analytischen Totalmodellen mit der endogenen Entstehung, Veränderung und Erklärung wirtschaftlicher Strukturen, den konkreten Herausforderungen und bestehenden Trade-off-Beziehungen der Bodennutzung zugänglich.

1.2 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit orientiert sich an der Hinführung zu einem Modell mit unterschiedlichen Nutzungsformen, Regionen unterschiedlicher Größe und der Berücksichtigung von Transportkosten, die in Abhängigkeit zur Größe einer Region stehen. In Kapitel 2 wird ein Überblick über die Entwicklung der Raumwirtschaftstheorie und ihre Ansätze gegeben. Mit diesem Kapitel wird einerseits das Ziel verfolgt, die Forschungsfragen und Diskussionspunkte hinter den oft komplexen mathematischen Modellen der Raumwirtschaftstheorie darzustellen. Andererseits ist ein Überblick über die Entwicklung der Raumwirtschaftstheorie hin zur NEG und deren Erweiterungen gegeben, um letztlich zu verdeutlichen, warum das im Kapitel 4 vorgestellte Modell diskutiert wird und einen Beitrag zur raumwirtschaftlichen Diskussion leistet.

Kapitel 3 führt in die theoretischen Grundlagen ein, indem kurz das NEG-Grundmodell (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001) mit seinen wesentlichen Zusammenhängen dargestellt wird. Für die weitere Diskussion in den nachfolgenden Kapiteln sind zwei wesentliche Ansätze besprochen, die die Bodennutzung im Rahmen der NEG-Modelle berücksichtigen. Zur Vergleichbarkeit mit dem Grundmodell sind diese abweichend zu ihrer ursprünglichen Notation und kompakten Beschreibung detaillierter ausgeführt.

In Kapitel 4 wird ein Modell mit Bodennutzung, geographischer Größe, sowie inter- und intraregionalen Transportkosten entwickelt. Zur Nachvollziehbarkeit werden zudem die Modellzusammenhänge in ausführlicher Form dargestellt. Dies erfolgt stufenweise: Zu-

1 Einführung

nächst wird von den Regionen abstrahiert, um die wesentlichen Anreizwirkungen auf die Unternehmen und die Arbeitskräfte in dem Modell zu erörtern. Darauf folgend werden zentrale Modellzusammenhänge und die zu betrachtenden Ergebnisparameter unter Beachtung von Regionen herausgearbeitet. Wie sich zeigt, ist eine analytische Lösung des Modells komplex und die Ergebnisse sind schwer zu interpretieren, weshalb die Lösung mithilfe numerischer Simulationen herbeigeführt wird. Mit dem Unterkapitel 4.2 beginnt die Darstellung der numerischen Approximationen. Um hierbei die Wirkungen der Aspekte geographische Größe der Region, Bodennutzungsaufteilung, intraregionale Transportkosten und Einnahmen aus Bodennutzung zu erheben, wird das numerische Modell sukzessiv erweitert. In jedem Unterkapitel wird hierbei in Ergebnisse mit gleich großen Regionen und voneinander abweichender Bodenaufteilung und in Regionen unterschiedlicher Größen bei variierender Bodenaufteilung unterschieden. Im Unterkapitel 4.2 sind die Ergebnisse für interregionale Transportkosten diskutiert. Im Unterkapitel 4.3 findet eine Erweiterung des Modells um intraregionale Transportkosten statt, die in Form von Uniform-Delivery-Prices gestaltet sind. Zuletzt dient das Unterkapitel 4.4 der Ermittlung der räumlichen Verteilungswirkungen des durch die Bodennutzung entstehenden Einkommens in der Region.

Die Kapitel 5 und 6 bilden den Abschluss der Arbeit. In Kapitel 5 wird diskutiert, welche Wohlfahrtwirkungen sich in dem Modell ergeben. Hierzu werden Modellrechnungen für eine Vielzahl an Bodenkombinationen betrachtet, um Aussagen bezüglich der Vorteilhaftigkeit von Ballungstendenzen treffen zu können. Es wird untersucht, welche Bodenaufteilung und welcher Konzentrationsgrad an ökonomischer Aktivität zu der höchsten Wohlfahrt führen. Aufbauend auf dieser Analyse sind einige Implikationen für die Regionalpolitik formuliert. In Kapitel 6 wird abschließend das Fazit gezogen, in dem die einleitend diskutierten Aspekte reflektiert werden. Hierzu werden die wesentlichen Diskussionslinien des Modellansatzes, die Erkenntnisse wie auch weiterer Forschungsbedarf besprochen.

2 Entwicklung der Raumwirtschaftstheorie bis zur New Economic Geography

Das folgende Kapitel verfolgt das Ziel, den Kontext und den Stand der Forschung darzustellen, auf den sich der im Kapitel 4 vorgestellte eigene Beitrag bezieht. Hierfür sind erstens die in der Literatur erkennbaren größeren Entwicklungslinien der Raumwirtschaftstheorien bis zur NEG dargestellt, zweitens wird auf die NEG und ihre Erweiterungen eingegangen. Es zeigt sich, dass einige NEG-Erweiterungen eine Synthese mit bereits bestehenden raumwirtschaftstheoretischen Ansätzen anstreben oder deren Fragestellungen aufgreifen. So wird beispielsweise das auf von Thünen (1842) zurückgehende Abitrageprinzip (Lagerente) für die resultierende Raumaufteilung, welches Alonso (1964) im Rahmen von Stadtmodellen aufgreift, in die NEG integriert. Die Begründer der NEG merken an, dass sie mit der NEG ein Werkzeug auf Basis moderner ökonomischer Theorie für die Forschung etabliert haben (vgl. Fujita und Krugman 2004, S. 155). In einem weiteren, dritten Schritt folgt ein Überblick über formale Ansätze ausgewählter Raumwirtschaftstheorien. Bevor im Einzelnen die Theorien und Ansätze dargestellt sind, ist auf die Abgrenzung der Begriffe Raumwirtschaftstheorie⁶ und Economic Geography einzugehen, um zu verdeutlichen, warum auf die Raumwirtschaftstheorien Bezug genommen wird. Nicht zuletzt ist die Begriffsbestimmung vor dem folgenden Hintergrund vorgenommen: Bei der Auseinandersetzung mit der wissenschaftlichen Lektüre fällt auf, dass die Begriffe sowohl zwischen der Volkswirtschaftslehre und der Geographie, als auch innerhalb einer Disziplin nicht einheitlich verwandt werden.

⁶ Hier auch als Übersetzung für Spatial Economic Theory/Spatial Economics verstanden.

2.1 Begriffsabgrenzung Raumwirtschaftstheorie und Economic Geography

Gegenstand der Raumwirtschaftstheorien ist die Beschreibung der Entwicklung, Persistenz und Dynamik räumlicher Muster, die aus der wirtschaftlichen Aktivität gesellschaftlicher Akteure resultiert (vgl. Bathelt und Glückler 2003; Schöler 2005a). Im Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaften nennt Böventer (1981) drei Aspekte, mit denen sich die Raumwirtschaftstheorie – bei der Analyse „der Verteilung von Menschen und deren wirtschaftlich relevanten Aktivitäten im Raum“ (Böventer 1981, S. 407) – beschäftigt. Das sind nach Böventer (1981)

- die Wahl von Standorten und Flächengrößen und die Nutzung vorhandener Flächen,
- Bewegungen im Raum (von Gütern, Produktionsfaktoren, Informationen) und
- gewachsene und sich ändernde Strukturen im Raum.

Mit anderen Worten: Es soll erklärt werden, wie es zu bestimmten räumlichen Verteilungen von Unternehmen, Branchen und Haushalten kommt, welche räumlichen Austauschprozesse bestehen und welche Prozesse und Anreize zu Veränderungen führen. Die Raumwirtschaftstheorie wird in der Literatur synonym u. a. auch als Regionalökonomie bzw. Regional Economics (vgl. Schöler 2005a, S. 1) oder auch Theorie der Regionalökonomie bezeichnet (vgl. Eckey 2008, S. 8). Die Begriffsabgrenzung nach Eckey (2008) unterscheidet die Regionalökonomie zudem noch in die Raumwirtschaftstheorie und die Raumwirtschaftspolitik.

Der Begriff Raumwirtschaftstheorie wird für diese Arbeit gegenüber der Bezeichnung Economic Geography aus mehreren Gründen bevorzugt. Ein Grund ist das Wort Theorie im Begriff. Damit ist eine erste Eingrenzung vorgenommen, die rein deskriptive Ansätze ausschließt. Der zweite Grund ist, dass ein Blick in Lehrbücher der Geographie und Volkswirtschaftslehre eine weitestgehend einheitliche Begriffsabgrenzung der Raumwirtschaftstheorie liefert (vgl. Eckey 2008, S. 8; Schätzl 1996, S. 1296; Schöler 2005a, S. 1 ff.). Im Gegensatz hierzu werden über die Abgrenzung des Begriffs Economic Geography (vgl. Combes et al. 2008), in jüngerer Zeit als Geographical Economics bezeichnet (vgl. Brakman et al. 2009), inter- und innerdisziplinär Diskussionen geführt. Beispielsweise wird der Begriff Economic Geography/Ökonomische Geographie oder auch Wirtschaftsgeographie in der Geographie weiter gefasst als in der Volkswirtschaftslehre. Kulke (2013,

2.1 Begriffsabgrenzung Raumwirtschaftstheorie und Economic Geography

S. 12 ff.) sowie auch Bathelt und Glückler (2003, S. 26) stellen die Wirtschaftsgeographie in die Entwicklung der (Anthropo-)Geographie. Damit sind auch die Berücksichtigung von natürlichen Gegebenheiten (Ressourcenvorkommen, Verfügbarkeit von Raum, Klima) oder auch deskriptive Analyseansätze angesprochen. Vertreter der volkswirtschaftlichen Forschung wie Krugman und Fujita (vgl. Fujita und Krugman 2004; Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 2 ff.) und Combes et al. (2008) fassen unter Economic Geography vor allem theoretische Ansätze zusammen, die von natürlichen Gegebenheiten abstrahieren und modellhaft räumliche Muster über die Aktivität von Wirtschaftsakteuren beschreiben. Die Verwendung des Begriffs Economic Geography durch zwei Disziplinen führt dazu, dass bis jetzt keine eindeutige Interpretation vorliegt. Im Vorwort von *The Oxford Handbook of Economic Geography* verdeutlichen Clark et al. (2000) dieses Dilemma. Sie schreiben, dass die Economic Geography eine Sub-Disziplin der Geographie ist und zugleich ein wachsendes Forschungsfeld in der Ökonomie. Historisch betrachtet beschäftigte sich die Economic Geography mit der Standorttheorie und mit Methoden und Techniken der Optimierung, die mit der volkswirtschaftlichen Mainstream-Theorie assoziiert werden (vgl. Clark et al. 2000). Anhand der von Bathelt und Glückler (2003) vorgenommenen Definition der Wirtschaftsgeographie wird deutlich, dass die Geographie nach „Raumgesetze[n] für ökonomische Strukturen und Prozesse [...], d. h. Erklärungen von Standortstrukturen, Handelsbewegungen und räumlichen Konzentrationen von Unternehmen auf der Grundlage räumlicher Parameter [...]“ (Bathelt und Glückler 2003, S. 21) sucht. Die ökonomische Forschung hingegen betrachtet die genannten Phänomene mit theoretischen (mathematischen) Ansätzen der Mikroökonomie (vgl. Combes et al. 2008; Sheppard 2000).

Zuletzt ist ein wesentlicher Aspekt, dass der Diskussionsbeitrag dieser Arbeit im Rahmen eines mikroökonomischen Totalmodells auf die Verwendung von Flächen, die Aufteilung dieser, auf die Größe von Regionen und hierbei auf Distanzen eingeht. Damit steht dieser Beitrag gemäß der Definition des Handwörterbuchs der Wirtschaftswissenschaften in der Tradition der Raumwirtschaftstheorien. Es ist deutlich, dass der Begriff Raumwirtschaftstheorien das für diese Arbeit relevante Forschungsfeld inhaltlich und interdisziplinär präziser abgrenzt.

Unabhängig von der Namensgebung sei erwähnt, dass sich hinter den von den Vertretern der Volkswirtschaftslehre gewählten Begriffen Ansätze wiederfinden, die räumliche Muster modellhaft beschreiben. Dies geschieht über abstrakte, auf allgemeinere Kausalitäten aufbauende Erklärungen unter Berücksichtigung der ökonomischen Aktivität gesellschaftlicher Akteure. Insofern spricht auch dies für den eindeutigeren Forschungsbegriff

der Raumwirtschaftstheorie. Die NEG wird zudem von deren Begründern und Namensgebern Fujita und Krugman in die Tradition der Raumwirtschaftstheorien bzw. der Spatial Economics gestellt (vgl. Fujita 2010; Fujita, Krugman und Venables 2001).

2.2 Historischer Überblick zu den Raumwirtschaftstheorien

2.2.1 Entwicklungen bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts

Die Raumwirtschaftstheorie geht aus der traditionellen Standorttheorie hervor, welche sich in vier Unterkategorien einteilen lässt (vgl. Böventer 1981, S. 409): Es sind erstens Theorien zur landwirtschaftlichen Standortwahl, die auf den Arbeiten von Thünen (1842) zu Lagerenten zurückgehen. Zweitens sind es Theorien zum optimalen Industriestandort, die auf Launhardt (1882) und Weber (1909) basieren (vgl. Schöler 2005b, S. 1110). Erwähnt sei an dieser Stelle, dass Marshall (1925, S. 267 ff.) im englischsprachigen Raum einen Ansatz veröffentlicht, der über interne und externe Erträge⁷ die Ausbildung von industriellen Agglomerationen erklärt (vgl. hierzu auch Eckey 2008, S. 1; Kleinwerfers 2010, S. 138 ff.). Dieser Ansatz ist heute auch als Marshallian Externalities bekannt. Drittens wird bei Böventer (1981) in die Theorie räumlicher Konkurrenz von Anbietern und deren optimaler Preispolitik vor dem Hintergrund räumlicher Dimension unterschieden, welche ebenfalls auf Überlegungen von Launhardt (1963) basieren, viertens in die Theorie der zentralen Orte nach Christaller (1933). Die Standorttheorien lassen sich demnach zusammenfassen zu Theorien zur Standortwahl, zu Marktformen im Raum und zu Strukturen im Raum.

Zur Mitte des 20. Jahrhunderts wird die (deutschsprachige) Raumwirtschaftstheorie wesentlich von Lösch (1962) mit seinem Werk „Die räumliche Ordnung der Wirtschaft“ geprägt (vgl. Böventer 1981, S. 409; Schöler 2005a, S. 18). Wie auch Christaller (1933) untersucht Lösch (1962) hierarchische Raumsysteme und Marktnetze. Darüber hinaus betrachtet er die einzelbetriebliche Standortwahl, formuliert ein räumliches Gleichgewichtsmodell und thematisiert Bewegungen im Raum sowie Veränderungen von Ballungen. Lösch verbindet die einzelnen Elemente der Standorttheorie in einem Werk und begründet damit

⁷ Marshall (1925, S. 266) bezeichnet mit internen Erträgen solche, die sich aus den Ressourcen eines Unternehmens und der Effizienz des Managements dieser ergeben. Externe Skalenerträge hingegen bezeichnen Entwicklungen, die eine ganze Industrie betreffen. Dies kann u. a. Wissen sein.

die moderne Raumwirtschaftstheorie (vgl. Böventer 1981, S. 409). Die englischsprachige Forschung ist zu dieser Zeit durch den viel beachteten Beitrag von Hotelling (1929) zu räumlichen Modellen bei imperfektem Wettbewerb beeinflusst (vgl. Fujita 2010, S. 9 ff.). Dieser diskutiert gleichfalls eine bereits von Launhardt zuvor betrachtete Fragestellung (vgl. Schöler 2010, S. 8 f.). Palander (1935) diskutiert in seinem Beitrag beide Ansätze, den von Launhardt (1963) zur räumlichen Preisbildung sowie den von Hotelling (1929). Bei Untersuchung der gleichen Fragestellung wie Hotelling – der räumlichen Verteilung von Unternehmen, die einheitliche Güter auf einem geographisch linearen Markt verkaufen – gelangt er jedoch zu abweichenden Ergebnissen. Entgegen Hotellings Ergebnissen kommt es bei Palander zu keiner Agglomeration der Unternehmen, sondern zu einem räumlichen Abstand der Unternehmen zueinander, da diese Wettbewerb vermeiden möchten. Hieraus folgt nun für die Forschung, dass weitere von Hotelling nicht berücksichtigte Faktoren bedacht werden müssen, um industrielle Agglomerationen zu erklären (vgl. Fujita 2010, S. 11). Einen wesentlichen Beitrag leistete ebenfalls in der Mitte des 20. Jahrhunderts Isard (vgl. hierzu Isard 1949, 1956; Isard und Kavesh 1954; Isard und Peck 1954) mit seinen Bestrebungen, eine allgemeine Theorie von Standorten und der räumlichen Ökonomie voranzutreiben (vgl. Fujita 1999, S. 374 f.). Isard merkt an, dass die klassischen theoretischen Ansätze mit perfektem Wettbewerb die räumliche Dimension nur unzureichend abbilden (vgl. Isard 1949, S. 476 ff.). Auch Lösch (1962, S. 176 f., S. 224 f.) kritisiert die Vernachlässigung von Raum in der klassischen Lehre, welche diesen über den Ansatz der komparativen Vorteile und der Betrachtung von Punktökonomien abbildet.

Zu Beginn der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts kristallisiert sich heraus, dass wesentliche Vertreter der raumwirtschaftlichen Forschung, wie Lösch, Isard, Koopmans oder auch Hotelling, der Ansicht sind, dass die klassische Theorie mit perfektem Wettbewerb und der Reduzierung von Raum auf einen Punkt nur unzureichend (dynamisch-)räumliche Prozesse in der Ökonomie und Anreize auf die Wirtschaftssubjekte zum Verhalten im Raum abbildet. Koopmans und Beckmann (1957) und Koopmans (1957) veröffentlichen zu dieser Zeit zwei Beiträge, die einige Jahre später zur Entwicklung des Spatial Impossibility Theorem nach Starrett (1978) beitragen (vgl. Brakman et al. 2009, S. 52; Fujita 2010, S. 14 ff.). Dieses besagt, dass bei anfallenden Transportkosten kein Gleichgewicht unter perfektem Wettbewerb besteht, bei dem es zu einem Transport von Gütern in einer Ökonomie mit einer endlichen Anzahl an Standorten, Konsumenten und Firmen im homogenem Raum kommt (vgl. Brakman et al. 2009, S. 51 f.; Fujita und Thisse 2002, S. 30 ff.).

2.2.2 Entwicklungen seit Mitte des 20. Jahrhunderts

Die Entwicklungen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts führen zu einer Vertiefung und Verbreiterung der bereits bestehenden Ansätze. Einerseits entwickeln sich Forschungsrichtungen mit direktem Bezug zu bisherigen raumwirtschaftstheoretischen Ansätzen und andererseits kommen neue Themen mit indirektem Bezug zu diesen auf. Vor diesem Hintergrund fasst Ponsard (1983, S. 99 ff.) Anfang der 1980er-Jahre den Stand der Forschung seit den 1950er-Jahren zusammen. Im Wesentlichen sind neben einer Vielzahl an Spezialisierungen vier Hauptparadigmen auszumachen. Es sind Beiträge, die sich erstens auf die Arbeiten von von Thünen, zweitens auf die von Weber, drittens auf die von Hotelling und viertens auf die von Lösch und Christaller beziehen. Als weiteren Aspekt benennt Ponsard (1983) New Directions, in denen gegenwärtige Entwicklungen der Raumwirtschaftstheorie zusammengefasst sind. Hierunter fallen u. a. raumwirtschaftstheoretische Ansätze mit räumlicher Interaktion und Ansätze der allgemeinen räumlichen Gleichgewichtstheorie. Hieran wird deutlich, dass die von Ponsard (1983) genannten Paradigmen, in denen sich die Forschung bis zu den 1980er-Jahren weiterentwickelt, der Struktur der traditionellen Standorttheorie nach Böventer (1981) entsprechen. Bei den bei Ponsard angesprochenen neueren Entwicklungen sind beispielsweise die Arbeiten von Isard bezüglich einer allgemeinen und umfassenden Theorie einzusortieren.

Im Folgenden werden kurz die der Literatur zur Raumwirtschaftstheorie zu entnehmenden Hauptentwicklungen geschildert. Anzumerken ist, dass diese Darstellung nicht erschöpfend allen Entwicklungen und Ansätzen gerecht wird, dennoch sind wesentliche Entwicklungen herausgearbeitet.

Weiterentwicklung des Ansatzes nach von Thünen. Aus dem Forschungszweig der landwirtschaftlichen Standorttheorie geht mit dem Beitrag von von Thünen (1842) auch die städtische Standorttheorie (Urban Economics) hervor (vgl. Ponsard 1983, S. 100 ff.). Der Ansatz von von Thünen basiert auf dem Prinzip der Lage- oder auch Bodenrente. Mit diesem geht einher, dass sich in konzentrischen Kreisen landwirtschaftliche Nutzungszonen um ein Zentrum herum ausbilden, respektive um einen Markt bzw. um ein Nachfrage- und Absatzzentrum. Zentrumsnahe Flächen sind aufgrund der geringen Distanz zum Absatzort attraktiv (geringe Transportkosten), so dass hier die Lagerrente höher ausfällt. Bei produktspezifischen Ertrags- und Transporteigenschaften wird die Fläche entsprechend der Lagerenten der Produkte aufgeteilt (vgl. Schätzl 2003, S. 63 ff.; Schöler 2005a, S. 135 ff.).

Alonso (1964) wandte den Ansatz von monozentrischen räumlichen Strukturen auf die Stadt an. Wie bei von Thünen (1842) besteht ein Trade-off zwischen Entfernung zu einem Zentrum (hier Central Business District (CBD)), den Transportkosten und der Zahlungsbereitschaft für Bodennutzung (vgl. Alonso 1964; oder auch Schöler 2005a, S. 151 f.; Fujita 2012, S. 908). In der Literatur wird für die Forschungsrichtung von monozentrischen Ansätzen weiterhin auf die Autoren Mills (1967) und Muth (1969) referenziert, u. a. bei Duranton und Puga (2015, S. 472), Glaeser (2007, S. 6) und Schöler (2005a, S. 154). Durch Annahmen zu den Eigenschaften der Raumüberwindung führten sie einige Modifikationen in das Modell von Alonso ein (vgl. Schöler 2005a, S. 154). Das Modell von Alonso bleibt jedoch wesentliche Grundlage für Erweiterungen. Duranton und Puga (2015, S. 503 ff.) stellen eine Erweiterung des Modells um mehr Interaktivität zwischen den Einwohnern und dem Arbeitsmarkt bzw. dem Lohn vor, so dass mit dem Modellansatz auch Sekundärzentren erklärbar sind. Hierbei beziehen sie sich auf Fujita und Ogawa 1980 und Imai 1982.

Weiterentwicklung des Ansatzes des optimalen Standortes. Webers Ansatz der optimalen industriellen Standortwahl unter besonderer Berücksichtigung der Transportkosten (vgl. Weber 1909) führte zu einer Diskussion der Wahl des optimalen industriellen Standortes unter verschiedenen Produktionsbedingungen und zu einer allgemeineren Formulierung durch weniger restriktive Annahmen (vgl. Ponsard 1983, S. 102). Verschiedene Modelle werden in den 1950er- und 1960er-Jahren beispielsweise von Moses (1958) oder auch Sakashita (1968) und Bradfield (1971) diskutiert, bei denen der Zusammenhang zwischen Produktionsform, Faktor(preis)einsatzverhältnis, Transportkosten, Nachfrage, optimalem Unternehmensstandort und Höhe des Outputs untersucht wird. Thematisiert wird hierbei auch, inwieweit der Unternehmensstandort mit der Produktionsmenge in Beziehung steht und ob der optimale Standort gleichfalls der transportkostenminimale ist (vgl. Emerson 1973). Aufbauend hierauf beschäftigen sich einige Beiträge in den 1970er-Jahren mit einer umfassenderen Berücksichtigung von Transportkosten für Einsatzfaktoren und die produzierten Güter bei verschiedenen Produktionstechnologien (vgl. Emerson 1973; Khalili et al. 1974; Ziegler 1986). Weiterhin wird in der Forschung diskutiert, ob die Transportkostenminimierung nach Weber auch im Rahmen von Optimierungsansätzen und unterschiedlichen Produktionsfunktionen Bestand hat. Dieser Diskurs ist auch unter der Formulierung Production-Location-Problem (PLP) bekannt (vgl. Peeters und Thisse 2000).

Thisse und Perreur (1977) gehen der Fragestellung des optimalen Standortes unter verschiedenen Produktionsannahmen nach. Hierbei verändern sie die Anzahl der Input-Faktoren und die Menge des Outputs, minimieren die Transportkosten und maximieren die Gewinne. Letztlich kommen sie zu dem Schluss, dass unabhängig von dem getesteten Optimierungsproblem ein korrespondierendes Weber-Problem formuliert werden kann (vgl. Thisse und Perreur 1977, S. 234). Die sich ergebenden Lösungen sind dabei identisch.

Weitere Diskussionsbeiträge zum optimalen Standort unter Berücksichtigung verschiedener Transportkostenansätze und -mengen sowie voneinander abweichender Homogenitätsannahmen der Produktionsfunktion finden sich beispielsweise bei Eswaran et al. (1981) und Miller und Jensen (1978). Einen Überblick und weitere Ansätze liefern auch Peeters und Thisse (2000).

Weiterentwicklung räumlicher Preistheorie nach Launhardt und Hotelling. Wie sich bereits zur Mitte des 20. Jahrhunderts andeutet, stehen wichtige Vertreter der raumwirtschaftlichen Forschung dem Erklärungsbeitrag der klassischen theoretischen Ansätze für raumwirtschaftliche Fragen kritisch gegenüber. Ein interessanter Aspekt hierbei ist, dass in den Fällen, in denen entweder Nachfrage, Angebot oder auch beides räumlich verteilt sind, es zu unterschiedlichen Ortspreisen kommt. Somit besteht kein einheitlicher Marktpreis und die Marktform der vollständigen Konkurrenz ist nicht gegeben (vgl. Schöler 2005a, S. 79 f.).⁸

Aus den Arbeiten von Launhardt und Hotelling zur räumlichen Preistheorie, Absatzgebieten und den Standorten von Unternehmen entwickelt sich das Gebiet der Marktformen im Raum. In der Literatur sind die Beiträge von Launhardt und Hotelling auch bekannt als Launhardt-Hotelling-Modell (vgl. Schöler 2005a, S. 18; Palander 1935, S. 231). Hierbei ist der spezielle Fall des Dyopols in der Punktmarktvariante angesprochen (vgl. Schöler 2005a, S. 18). Insbesondere die Annahmen in diesem Modell führen über kritisches Reflektieren zur Entwicklung des Forschungsfeldes. Bereits die Arbeit von Palander (1935) zeigt, dass Agglomerationen mit dem Ansatz von Hotelling nicht zweifelsfrei erklärt werden können. Hotelling (1929) gelangt zu der Aussage, dass zwei Firmen, die auf einem linearen Markt das gleiche Produkt verkaufen, sich in einem Zentrum ansiedeln und ihr gemeinsames Marktgebiet minimieren. Währenddessen Palander (1935, S. 245 ff.) bei der Analyse des gleichen Problems ein räumliches Muster aufzeigen kann, welches, um Preis-

⁸ Im Fall der Konzentration der Nachfrage und des gestreuten Angebotes führt die Existenz von Lagerrenten bei zentrumsnahen Produzenten zu keinen Nullgewinnen über den Wettbewerb (vgl. Schöler 2005a, S. 80).

wettbewerb zu vermeiden, zu einem Abstand der Unternehmen zueinander führt. Smithies (1941) merkt ebenfalls kritisch an, dass das Ergebnis von Hotelling von der Annahme der perfekten unelastischen Konsumentennachfrage abhängig ist. Werden lineare Nachfragefunktionen angenommen, kommt es zu keiner Konzentration in einem Zentrum. Anhand der von Ponsard (1983, S. 106 ff.) geführten Diskussion über die Weiterentwicklungen des Ansatzes von Hotelling zeigt sich, dass eine Vielzahl an Erweiterungen vorliegt, die das Ziel allgemeingültiger Aussagen verfolgen. Beispielsweise werden spieltheoretische Ansätze, veränderte Annahmen zur Nachfrageelastizität (Steven (1961)), mehrere Standorte eines Unternehmens (Teitz (1968)) und Produktdifferenzierung (Eaton und Kierzkowski (1984)) in das Modell eingeführt. Weiterhin werden auch Eigenschaften der Modellformulierung und deren Auswirkung auf das Ergebnis untersucht (Gannon (1972)). Die wachsende Anzahl an Erweiterungen führt auch dazu, dass Beckmann anmerkt (vgl. Ponsard 1983, S. 107), die Annahmen nicht einfach genug und Ergebnisse im räumlichen Oligopol zu kompliziert seien und zu kontroversen Ergebnissen führen (vgl. Beckmann 1972, S. 37). Mehr als ein Jahrzehnt später zeigt sich noch immer keine eindeutige Richtung. So beziehen sich beispielsweise Beckmann und Thisse (1987) in ihrem Überblick zu Standorttheorien ebenfalls auf Hotelling (1929) und diskutieren unterschiedliche Erweiterungen.

Die dem Launhardt-Hotelling-Modell ursprünglich zugrunde liegende Frage des Zusammenhangs zwischen Standortwahl, Marktform und Preissystem bei wenigen Anbietern ist durch die Erweiterungen diskutiert, dennoch, wie geschildert, offensichtlich nicht abschließend beantwortet und nicht in einem allgemeinen Ansatz formuliert. Es bleibt bei der Diskussion räumlicher Oligopole unter unterschiedlichen Annahmen. So können die Beiträge von Launhardt und Hotelling als ein spezielles Problem der Diskussion um Marktformen und Raum angesehen werden (vgl. Schöler 2005a). Schöler (2005a) unterteilt dieses Forschungsfeld der Marktformen im Raum in den Monopolmarkt, den Wettbewerbsmarkt und in Besonderheiten bei beiden Marktformen.

Weiterentwicklung der Ansätze von Christaller und Lösch zum Zentrale-Orte-System. Das von Christaller (1933) vorgestellte Modell der zentralen Orte wird von Lösch (1962) weitergehend formalisiert und um zusätzliche Marktnetze ergänzt, die unterschiedliche Marktgebietsgrößen je nach Gut aufweisen (vgl. Bathelt und Glückler 2003, S. 113 f.; Schöler 2005a, S. 174 ff.). Zudem entwickelt er ein Raumsystem, welches Raumsektoren mit höherer und geringerer Ballung der Produktion und diskontinuierliche Bevölkerungs-

2 Entwicklung der Raumwirtschaftstheorie bis zur New Economic Geography

verteilung zulässt, sodass städtereiche und städtearme Gebiete entstehen (vgl. Lösch 1962, S. 79 ff., S. 86 ff.). Wie bereits anhand der bisherigen Ausführungen deutlich geworden ist, zielen die Weiterentwicklungen der theoretischen Ansätze auf eine Verallgemeinerung und auf eine Anpassung an die Realität ab. Schätzl (2003, S. 81 ff.) zeichnet ebenfalls für den Ansatz der zentralen Orte eine solche Entwicklung nach. Durch Änderung von Annahmen zum Raum und zum Konsum verfolgen Berry und Garrison (1958) und Berry, Barnum et al. (1962) das Ziel, die Theorie der zentralen Orte, beispielsweise über uneinheitlich verteilte Kaufkraft, der Wirklichkeit weiter anzupassen (vgl. Schätzl 2003, S. 81). Auch Parr und Denike (1970, S. 574 ff.) merken an, dass einige Erweiterungen, wie die um technologischen Fortschritt oder Bevölkerungsveränderungen, realitätsnähere Ergebnisse liefern. Im Hinblick auf den statischen Charakter des Modells der zentralen Orte diskutiert u. a. White (1974, 1977) einige dynamische Modelle, die unterschiedliches Nachfrageverhalten durch einen räumlichen Interaktionsparameter, Fixkosten oder auch Skalenerträge berücksichtigen. Des Weiteren werden Wachstums-, Schrumpfungsprozesse und Stabilität im Kontext der Theorie der zentralen Orte diskutiert (vgl. Allen und Sanglier 1979, 1981; Schätzl 2003, S. 82 ff.). Diese untersuchen u. a., welche hierarchische Ordnung von Städten bei einem Bevölkerungs- und/oder bei Einkommenswachstum entsteht.

Ein Blick in die Lehrbücher bzw. umfassendere Abhandlungen (Schätzl (2003) und Schöler (2005a)) und in neuere Artikel (Blotevogel (2002), Gornig (2002) und Mulligan et al. (2012)) zeigt, dass die Beiträge zu theoretischen Erweiterungen, die direkt das Zentrale-Orte-Modell anpassen, in den 1980er-Jahren abnehmen und heute gleichfalls auf jene aus dieser Zeit oder gleich auf die Arbeiten von Christaller und Lösch referenzieren. Nach den 1980er-Jahren entwickelt sich allerdings die empirische und angewandte wirtschaftsgeographische Forschung auf dem Gebiet des Zentrale-Orte-Konzepts weiter, welches auf dem Zentrale-Orte-Modell aufbaut (vgl. Bathelt und Glückler 2003, S. 113 ff.; Kulke 2013, S. 162 ff.).⁹ Passend zu dieser Entwicklung ist, dass Isard (1956) und Böventer (1963) weitere Entwicklungen in der raumwirtschaftlichen Forschung in einem allgemeineren Ansatz sehen, der die einzelnen Partialtheorien der Raumwirtschaft in einer generellen Theorie zusammenfasst. Böventer (1963) arbeitet beispielsweise die Gemeinsamkeiten der Theorien von Christaller und Lösch zu den zentralen Orten heraus, stellt weitere Theorien der Raumwirtschaft dar und zeigt auf, wie sich die einzelnen Theorien ergänzen. Auch Isard (1956) verbindet einzelne Theorien und erweitert den Ansatz von Lösch um eine weitere Agglomeration und um die bereits oben erwähnten Thünenschen Ringe.

⁹ Diese Entwicklung steht auch im Zusammenhang mit dem in den 1960er- und 1970er-Jahren beginnenden Einzug des Zentrale-Orte-Konzepts in die Raumordnungsplanung (vgl. Danielzyk 2002).

In den 1980er-Jahren reflektiert Mulligan (1984) den Stand der raumwirtschaftlichen Forschung zu Agglomerationen und Zentrale-Orte-Modellen. Er kommt zu dem Schluss, dass die Forschung zu den Zentrale-Orte-Modellen nach Christaller und Lösch dynamische Anpassungsprozesse fokussieren sollte. Hierbei sind alle räumlichen Interaktionen zur systematischen Anpassung und Selbstorganisation zu bedenken, unter Berücksichtigung von agglomerativen Kräften, die simultan auf den verschiedenen räumlichen Ebenen wirken (vgl. Mulligan 1984, S. 37). Der Diskussionsbeitrag von Mulligan (1984) ist deshalb interessant, da Anknüpfungspunkte der verschiedenen Ansätze zueinander für eine Erforschung von Agglomerationen und räumlicher Interaktion aufgezeigt werden. Hieraus kann auch, wie bereits von Isard und von Böventer gefordert, deren engere Verzahnung für eine umfassendere Erklärung raumwirtschaftlicher Zusammenhänge nachvollzogen werden. Einige Jahre später publizieren Fujita, Ogawa und Thisse (1988) einen Ansatz, der die räumliche oligopolistische Wettbewerbstheorie mit der Zentrale-Orte-Theorie zusammenbringt. Hierbei werden neben substitutionalen auch komplementäre Güter berücksichtigt, denn die Autoren sehen in der Nachfrage nach komplementären Gütern eine wichtige Ursache für räumliche Agglomeration von Firmen und Konsumenten in einem Zentrale-Orte-System. Ende der 1990er-Jahre publizieren Fujita und Mori (1997) und Fujita, Krugman und Mori (1999) Ansätze, in denen sie anhand von allgemeinen mikroökonomischen Gleichgewichtsmodellen und der Annahme von monozentrischen Städten über Bevölkerungswachstum ein System von hierarchischen Orten nachzeichnen. Insoweit liegen Arbeiten vor, die den Weg einer Synthese einzelner Ansätze gehen.

Im Zuge der Diskussion in den 1960er-Jahren um die Realitätsnähe der Zentrale-Orte-Theorie wird diese auch mit der Rank-Size-Rule verbunden (vgl. Ponsard 1983, S. 109 f.). Die Rank-Size-Rule stellt eine Beziehung zwischen dem an der Bevölkerung bemessenen Rang einer Stadt und ihrer Einwohnerzahl her (vgl. Gabaix 1999). Beckmann (1958) findet heraus, dass die empirische Rank-Size-Rule mit der Theorie hierarchischer Marktnetze nach Lösch korrespondiert.

2.2.3 Die Entwicklung der New Economic Geography (NEG) am Ende des 20. Jahrhunderts

Zuletzt wird noch auf die jüngere raumwirtschaftliche Forschung zu Agglomerationen bzw. Zentrum-Peripherie-Muster eingegangen. Diese ist insbesondere mit den Werken von Krugman (1991) und Fujita, Krugman und Venables (2001) in den 1990er-Jahren auf brei-

2 Entwicklung der Raumwirtschaftstheorie bis zur New Economic Geography

tes Interesse in der ökonomischen Diskussion gestoßen (vgl. Fujita 2010). Aus raumwirtschaftlicher Sicht sind an den Beiträgen und der damit aufkommenden Forschung nicht die grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen zentripetalen und zentrifugalen Kräften (vgl. Lösch 1962, z. B. S. 48 ff., S. 63 f. oder auch Christaller 1933, z. B. S. 99 ff.) sowie die Idee von zirkulär-kumulativen Prozessen (vgl. Myrdal 1956)¹⁰ oder die der Vorwärts- und Rückwärtskopplung (vgl. Hirschman 1958)¹¹, wie auch externe Erträge (vgl. Marshall 1925, S. 267 ff.)¹² neu (vgl. Roos 2002, S. 84 ff.). Diese Aspekte werden, beispielsweise u. a. von den soeben indirekt zitierten Autoren, bereits länger in der volkswirtschaftlichen Forschung und der Raumwirtschaftstheorie diskutiert. Neu ist deren zusammenhängende Formulierung in einem mikroökonomischen Totalmodell.

Fujita, Krugman und Venables (2001) stellen ein mikroökonomisches Gleichgewichtsmodell vor, welches steigende Skalenerträge, monopolistische Konkurrenz, Transportkosten und räumliche Bewegungen von Produktionsfaktoren in einem nichtlinearen Zusammenhang abbildet. Die ersten Modelle der NEG bilden Agglomerationen über steigende Skalenerträge und über die Kopplung von Konsumenten mit (industriellen) Produzenten differenzierter Güter ab. Die Entwicklung von Agglomerationen wird unter Berücksichtigung von Transportkosten und der Variation des Anteils der Arbeitskräfte nachvollzogen. Ein räumliches Gleichgewicht ergibt sich, wenn keine Reallohndifferenzen zwischen den mobilen Arbeitskräften bestehen und durch Wanderungsbewegungen dieser auch kein höherer Reallohn erzielt werden kann. In einem solchen Fall haben diese keinen Anreiz für eine Wanderung. Ein formaler Überblick über die einzelnen Annahmen in dem Modell wird weiter unten gegeben. Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit der im Folgenden ange-

¹⁰ Myrdal wird in der Literatur als einer der Vertreter der Polarisationstheorien gesehen (vgl. Bathelt und Glückler 2003, S. 71). Insbesondere steht er mit seinem Ansatz der zirkulären Verursachung kumulativer Prozesse für das regionale Wachstumspolkonzept. Dieser Ansatz besagt, dass die Veränderung einer ökonomischen Größe über Kopplungseffekte eine gleichgerichtete Veränderung anderer ökonomischer Größen nach sich zieht. Dies gilt sowohl in positiver wie auch negativer Hinsicht. So entstehen beispielsweise über Agglomerationsvorteile, wie z. B. steigende Skalenerträge, Wachstumszentren auf der einen und periphere Regionen auf der anderen Seite (vgl. Eckey 2008, S. 120 f., Schätzl 2003, S. 161 ff.). Myrdal (1956) formuliert zudem auch Entzugs- und Ausbreitungseffekte, mit welchen sich das Zentrum-Peripherie-Gebilde ausbildet.

¹¹ Hirschman wird wie Myrdal zu den Polarisationstheoretikern gezählt (vgl. Schätzl 2003, S. 164). Er formuliert in seiner Theorie sektorale und regionale Polarisationsansätze; so gehen von führenden Branchen über Kopplungseffekte Wachstumsimpulse auf andere Branchen über (vgl. Schätzl 2003, S. 164). Vorwärtskopplung beschreibt einen Prozess, bei dem Output auch als Einsatzprodukt für etwas Neues genutzt werden kann. Rückwärtskopplung entsteht durch Bedienung von Vorleistungsnachfrage durch heimische Produktion (vgl. Hirschman 1958, S. 98 ff.).

¹² Die Marshall'schen externen Erträge bezeichnen Agglomerationsvorteile ganzer Industrien, die auf Informationsspillover (vereinfachter Kommunikations- und Ideenaustausch durch räumliche Nähe), verfügbarer Zulieferindustrien und einem großen lokalen Arbeitsmarkt beruhen (vgl. Roos 2002, S. 66 ff.). Dieser ist sowohl für Arbeitgeber von Vorteil, der qualifiziertes Personal sucht, als auch für die Arbeitnehmer, die Arbeitgeber bzw. Orte suchen, die deren Qualifikation nachfragen.

sprochenen Erweiterungen sind dennoch einige Annahmen besprochen. Das Grundmodell (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 45 ff.) geht von zwei Regionen aus und teilt die Ökonomie in zwei Sektoren auf, in einen industriellen und in einen landwirtschaftlichen Sektor. Der industrielle Sektor ist unabhängig vom Ort und produziert mit steigenden Skalenerträgen unter monopolistischer Konkurrenz differenzierte Güter.¹³ Als Input setzt dieser Sektor industrielle Arbeitskräfte und einen Satz an Fixkosten ein. Der landwirtschaftliche Sektor produziert unter konstanten Skalenerträgen und bietet diese auf einem Markt mit perfektem Wettbewerb an. Die Arbeitskräfte des industriellen Sektors sind mobil, während die des landwirtschaftlichen Sektors immobil sind. Für den Transport von industriellen Gütern fallen Transportkosten zwischen den beiden Regionen an, der Transport der landwirtschaftlichen Produkte ist hingegen kostenlos.

Weiterentwicklung der NEG. Mittlerweile liegen für das von Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 45–77) dargestellte Grundmodell einige Erweiterungen vor, zu denen nachfolgend ein strukturierter Überblick gegeben wird. Einerseits finden sich in der NEG-Literatur Erweiterungen, die Bezug auf bereits bestehende Theorien nehmen. Andererseits liegen Erweiterungen vor, die aktuellere Aspekte der volkswirtschaftlichen Diskussion aufgreifen. Einfluss auf die NEG-Entwicklung haben u. a. die Diskussionen in der Wachstumstheorie (vgl. z. B. Fujita und Thisse 2003), die um Innovationsprozesse (vgl. z. B. Martin und Ottaviano 1999) oder auch die der Außenhandelstheorie (vgl. z. B. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 237 ff.). Das Feld des Außenhandels ist bisher in der hier vorgenommenen Darstellung der Raumwirtschaftstheorie vernachlässigt. Grund dafür ist, dass regionale Wirkungen staatlicher Interventionen durch Zölle und Exportsubventionen nicht Gegenstand dieser Arbeit sind. Dennoch werden NEG-Erweiterungen angeführt, die auf internationalen Handel eingehen. Für die vorliegende Arbeit steht jedoch nicht der internationale Handel im Vordergrund, sondern beispielsweise Erweiterung um Vorleistungsverflechtungen. Letztlich kann auch ein als internationaler Handel bezeichneter Austausch von Waren als einer zwischen Regionen verstanden werden. Zunächst bietet es sich jedoch an, auf Erweiterungen zu Raumstrukturen einzugehen, da diese an bereits erwähnte Theorien anknüpfen.

¹³ Fujita, Krugman und Venables (2001) beziehen sich bei der Formulierung der monopolistischen Konkurrenz auf das von Dixit und Stiglitz (1977) vorgestellte Modell.

Erweiterungen zur Analyse hierarchischer Raumstrukturen. Die Forschung zu räumlichen Strukturen im Kontext der NEG ist in einigen Punkten bereits in dem Abschnitt zu hierarchischen Marktnetzen angesprochen. Fujita und Krugman (1995), Fujita und Mori (1997) und Fujita, Krugman und Mori (1999) zeichnen in einer Reihe von Beiträgen zum NEG-Modellansatz sowohl die Entwicklung einer monozentrischen Stadt als auch von hierarchischen Städtesystemen nach (vgl. Fujita und Krugman 2004, S. 146 f.). Aufbauend auf dem Grundmodell fügen sie Landnutzung und Transportkosten im landwirtschaftlichen Sektor ein und heben die Annahme der vollständig eingeschränkten räumlichen Arbeitskräftemobilität in der Landwirtschaft auf. Hierüber kann sich in dem Modell eine monozentrische Struktur herausbilden (vgl. Fujita und Krugman 1995). Weiterhin zeigen sie mit dem modifizierten Modell über Bevölkerungswachstum ein hierarchisches Agglomerationssystem. Bei diesem ist es möglich, dass mit wachsender Bevölkerung auch das landwirtschaftliche Hinterland positive Veränderungen realisieren kann (vgl. Fujita und Mori 1997). Fujita, Krugman und Mori (1999) untersuchen weiterhin, welche gleichgewichtigen Lösungen sich bei multiplen Industrien einstellen, deren Produkte auf Seite der Konsumenten unterschiedliche Preiselastizitäten aufweisen. So kommt es hierdurch zu einem räumlichen Muster von Absatzgebieten für unterschiedliche Produkte. Mit steigender Bevölkerung entwickelt sich auch ein Netz an Industrien unterschiedlicher Ordnung, die sich in Agglomerationen niedrigerer Ordnung im Abstand von kritischen Distanzen zu den anderen Marktgebieten der gleichen Ordnung ansiedeln. Krugman (1996) zeigt, wie ein System von zentralen Orten, ähnlich wie bei Lösch, modellendogen durch eine kleine Änderung¹⁴ der räumlichen Ausgangsbedingung nachgezeichnet werden kann. Basis hierfür bilden ebenfalls das Grundmodell und die Annahmen einer im Raum mit einheitlicher Dichte verteilten mobilen Industrie sowie eine auf einer Kreislinie an mehreren Orten verteilten immobilien Landwirtschaft (vgl. Fujita 2010, S. 27 f.). Die Erweiterungen der NEG zeigen die Möglichkeit auf, im Rahmen eines mikroökonomischen Totalmodells monozentrische und hierarchische Raumstrukturen abzubilden. Diese Strukturen werden endogen über zentripetale und zentrifugale Kräfte ausgebildet. Der Ansatz von Fujita, Krugman und Mori (1999) kann auch über die unterschiedliche Reichweite von Gütern ein hierarchisches Absatznetz (Agglomerationsnetz) mit monozentrischen Ballungen entwickeln. Im Hinblick auf die in dieser Arbeit vorliegenden Forschungsfragen kann festgehalten werden, dass die Landnutzung im landwirtschaftlichen Sektor in den Erweiterungen berücksichtigt wird, jedoch in den industriellen Sektoren und für die Konsumenten unbeachtet bleibt. Die Wirkungen dieser Größe im Kontext eines allgemeinen Gleichgewichtsmodells

¹⁴ Krugman (1996) spricht von einer Perturbation.

zu berücksichtigen, würde eine zusätzliche zentrifugale Kraft einführen, wobei hieraus zugleich auch Einkommen für die Immobilienbesitzer anfielen.

Erweiterungen zur Analyse von integrierter Produktion. Eine zweite Welle an Erweiterungen wird in der Literatur unter der Überschrift des internationalen Handels und der Integration von Nationen diskutiert (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001). Allerdings fallen hierunter Erweiterungen, die Vorleistungsverflechtungen bei beschränkter Arbeitskräftemobilität modellieren und nicht explizit Zölle oder Exportsubventionen thematisieren. Insofern werden nachfolgend insbesondere Erweiterungen betrachtet, welche Vorleistungsverflechtungen in den NEG-Ansatz einführen. In einer Reihe von Beiträgen in der Mitte der 1990er-Jahre, an denen jeweils Venables beteiligt ist, wird das Grundmodell um vertikal und horizontal verbundene Industrien erweitert (vgl. Fujita 2010, S. 25 f.). Venables (1996a) stellt ein Modell mit immobilen Arbeitskräften und zwei industriellen Sektoren dar, die vertikal¹⁵ miteinander verflochten sind und beide unter monopolistischer Konkurrenz produzieren. Zur gleichen Zeit publizieren Krugman und Venables (1995) ein sehr ähnliches Modell, wobei hier nur ein industrieller Sektor existiert, der sowohl Vorleistungsgüter als auch Endprodukte für den Konsumgütermarkt anbietet. Die industriellen Arbeitskräfte sind gleichfalls immobil. In beiden Modellen verursacht der Transport der industriellen Güter zwischen den Regionen (Nationen) Transportkosten. Wesentliches Ergebnis dieser Modelle ist, dass industrielle Agglomerationen über Vorleistungsverflechtungen in Abhängigkeit der Transportkosten erklärt werden. Der Einsatz von Vorleistungen erzeugt neben den Kosten im Produktionsprozess auch eine Nachfrage. Puga und Venables (1996) bauen das von Krugman und Venables (1995) vorgestellte Modell weiter aus, indem sie mehrere industrielle Wirtschaftszweige gestalten, die jeweils einen bestimmten Anteil an Gütern der anderen Wirtschaftszweige als Vorprodukt einsetzen. Zugleich bieten sie einen Teil ihrer Produkte auf dem Konsumgütermarkt an. Weiterhin setzen die industriellen Wirtschaftszweige ebenso landwirtschaftliche Güter als Vorprodukt ein. Über die Erhöhung der Anzahl industrieller Produzenten wird die langfristige geographische Verteilung der Industrie bei einem generellen industriellen Wachstum¹⁶ von benachbarten Ländern untersucht. Wesentliches Ergebnis der Untersuchung ist, dass über industrielles Wachstum eine erhöhte Arbeitsnachfrage und steigende Löhne in diesem Sektor resultieren. Letztere wirken nun dispers den agglomerierenden Kräften (steigende Ska-

¹⁵ Vertikal verbunden bedeutet hier, dass der eine Sektor a Vorleistungen an den anderen Sektor b liefert und dieser seine Produkte auf dem Markt für den Konsumenten (Konsum) anbietet ($a \rightarrow b \rightarrow \text{Konsum}$).

¹⁶ Das Wachstum wird über steigende Effizienz erreicht. Hierdurch ist es möglich, dass – bei unverändertem quantitativem Einsatz von Land in der Landwirtschaft – Arbeitskräfte aus diesem Sektor in den industriellen wechseln.

lenerträge, Vorleistungsverflechtungen, monopolistische Konkurrenz in Verbindung mit entsprechenden Transportkosten) entgegen. Wandert eine Industrie in ein Land mit geringerem Lohn ab, kommt es u. a. über die Vorleistungsverflechtung und den wachsenden Absatzmarkt (wachsende Vorleistungsnachfrage und Endkonsumentennachfrage) zu einem Wachstumsprozess. Mit diesem Ansatz wird letztlich ein Industrialisierungsprozess nachgezeichnet, der sich von Land zu Land ausbreitet. Für die vorliegende Arbeit ist an diesem Ansatz interessant, dass für die Produktion von landwirtschaftlichen Gütern Land als Produktionsfaktor benötigt wird. Eine weitergehende Berücksichtigung dieses Parameters findet jedoch nicht statt. Er wird lediglich für die Modellierung einer steigenden Produktivität in der Landwirtschaft benötigt, mit dem Ziel, dass Arbeitskräfte vom landwirtschaftlichen in den industriellen Sektor wechseln können.

Erweiterungen zur Analyse von Wachstumsprozessen und Innovationen. Ab Ende der 1990er-Jahre wird im Kontext der NEG vermehrt das Thema Wachstum von Regionen und damit auch Divergenz- und Konvergenzprozesse von Regionen diskutiert. Beispielsweise wird (endogenes) Wachstum unter Berücksichtigung von endogener Kapitalbildung und/oder Wissens-, Innovations-Spillover-Effekten bei unterschiedlicher Kapital- und Arbeitskräftemobilität untersucht, u. a. von Baldwin (1999), Baldwin et al. (2001), Fujita und Thisse (2003) und Martin und Ottaviano (1999) (vgl. Fujita und Thisse 2003).

Baldwin (1999) zeigt unter der Annahme immobilien Kapitals, immobilier Kapitaleigentümer und immobilier Arbeitskräfte, dass eine symmetrische Aufteilung der Industrie auf Regionen bei hinreichend niedrigen Handelskosten instabil wird. Über steigende Marktzinsen sowie einen resultierenden höheren industriellen Kapitalstock kann sich ein Zentrum-Peripherie-Muster ausbilden. Martin und Ottaviano (1999) entwickeln ein Modell, dass neben Kapital zusätzlich Forschungs- und Entwicklungs-Spillover (F&E-Spillover) berücksichtigt. Endogene Wachstumsprozesse werden in Abhängigkeit von globalen und lokalen F&E-Spillover, Transaktionskosten (die auch als Handelskosten bezeichnet werden) und Investitionen diskutiert. Hierbei führen beispielsweise lokale F&E-Spillover von Unternehmen zu Unternehmen zu einer zunehmenden Konzentration und einer wachsenden Innovationsrate. Der Mechanismus zwischen Konzentration und Spillover-Effekten ist so modelliert, dass je mehr Unternehmen sich in einer Region konzentrieren, desto geringer sind die Kosten für weitere F&E-Anstrengungen. Sinkende Transaktionskosten beschleunigen nun die Wachstumsrate, da die F&E-Kosten in der einen Region geringer ausfallen. Jedoch kann mit einem Wachstum der größeren auch eines der kleineren Region unter

bestimmten Parameterkonstellationen einhergehen.¹⁷ Baldwin et al. (2001) stellen einen sehr ähnlichen Ansatz vor¹⁸, wobei sie zwei Agglomerationskräfte, die Nachfragekopplung und den eben beschriebenen Kopplungseffekt über Wissen, und einen dispers wirkenden Wettbewerbseffekt beschreiben. Durch das Wachstum in einer Region verschärft sich der Wettbewerb mit negativen Auswirkungen auf den Gewinn. Hierdurch resultieren nun rückläufige Investitionen in den Wachstumsregionen. In Abhängigkeit zu den Transport- bzw. Transaktionskosten zwischen den Regionen resultieren unterschiedliche Zustände der Verteilung der Industrie und des Einkommens. Bei geringen Kosten der Wissensdiffusion ist in dem Modellrahmen auch ein aufholendes Wachstum der peripheren Region bis zur Einkommenskonvergenz möglich. Fujita und Thisse (2003) heben in ihrer Erweiterung die Annahme der beschränkten Arbeitskräftemobilität im Innovationssektor auf. Der von ihnen modellierte Innovationssektor entwickelt neue Produktvarianten für den industriellen Sektor, wobei jede neue Produktvariante ein neues Unternehmen bedeutet und hierüber Wachstum entsteht. Durch die Annahme mobiler qualifizierter Arbeitskräfte im Innovationssektor, mobilen Kapitals (Wissen/Patente) sowie durch die Modellierung von regionalen Wissens-Spillover-Effekten resultiert der Nachfrage- und Produktivitätseffekt für die räumliche Verteilung der Sektoren.¹⁹ Ergebnis ihrer Analyse ist, dass sich bei hinreichend niedrigen Transportkosten der Innovationssektor und ein moderner Sektor, der differenzierte Güter anbietet, in einer Region konzentrieren; wobei auch hier die periphere Region bei stark wachsender Agglomeration besser gestellt ist. Zuletzt sei auf einen jüngeren Beitrag eingegangen, welcher im NEG-Modell einen Sektor mit nicht handelbaren Gütern diskutiert. Cerina und Mureddu (2009) zeigen, dass bei relativ hoher Bedeutung eines nicht handelbaren Gutes, welches von regionalen Wissens-Spillover profitiert, die Peripherie bei zunehmender Agglomeration schlechter gestellt sein kann. Somit ist diese nicht, wie in den zuvor vorgestellten Modellen, positiv von dem Wachstumsprozess beeinflusst.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im NEG-Modellrahmen Innovationen und Wachstum modelliert werden, die Ergebnisinterpretationen jedoch durchaus widersprüchlich sein können. Die Erweiterung der NEG findet insbesondere über die Verbindung mit

¹⁷ Im dargestellten Fall von Martin und Ottaviano (1999) liegen ein hoher Anteil an industriellen Gütern, eine geringe Substitutionselastizität zwischen den industriellen Gütern, geringe F&E-Kosten, ein großer Markt und geringe Handelskosten vor. Das führt dazu, dass bei steigender Konzentration und einem geringen Anstieg der Handelskosten aus Sicht der kleineren importierenden Region, beide Regionen profitieren können.

¹⁸ Die dem Modell zugrunde liegenden Annahmen lauten wie folgt: Arbeitskräfte und Kapital sind immobil, es existiert ein Lerneffekt der Internationalisierung, der mit dem Kapital verbunden ist, welches als Wissen interpretiert wird. Die Konsumenten treffen zusätzlich eine intertemporale Sparsentscheidung, die vom Zinssatz und einem Zeitpräferenzparameter abhängt.

¹⁹ Hierbei unterscheiden sie in einen traditionellen Sektor (bisher der Agrarsektor), einen modernen Sektor (bisher der industrielle Sektor) und in einen Innovationssektor.

Ansätzen der neuen Wachstumstheorie statt (vgl. Baldwin et al. 2001). In den hier dargestellten Erweiterungen, die nach derzeitigem Kenntnisstand als stellvertretend angesehen werden können, findet über die Formulierung von zwei Regionen (Punkte) und reduzierbaren Handelskosten (auch Transportkosten genannt) hinaus keine weitere Berücksichtigung von raumwirtschaftlichen Faktoren, wie z. B. Land oder Regionsgröße, statt.

Erweiterungen zur vertieften Analyse des Arbeitsmarktes. Mit Blick auf den Arbeitsmarkt werden Erweiterungen diskutiert, die unterschiedliche Bereitschaft zur Migration und heterogene Qualifikation von Arbeitskräften untersuchen. Denkbar ist, dass ein kritischer Wert an Lohn Differenz für ein Individuum besteht, der überschritten werden muss, damit ein Ortswechsel als lohnend empfunden wird. Der Grad der Bereitschaft zu einem Wechsel des Wohn- und Arbeitsortes zwischen Regionen kann von verschiedenen Faktoren abhängen. Einige wenige seien kurz erwähnt: So kann dieser von einer besonderen Präferenz für einen Ort (beispielsweise aufgrund der klimatischen Bedingungen oder der Kultur) bestimmt sein, sodass von einer eingeschränkten Mobilität ausgegangen werden kann. Ferner können auch familiäre/partnerschaftliche Beweggründe eine Ortsbindung motivieren. Des Weiteren ist es auch vorstellbar, dass je nach Qualifikationsgrad unterschiedliche Mobilitätsverhalten vorliegen oder auch erst möglich sind.

Ludema und Wooton (1997) diskutieren die Wirkung heterogener Arbeitskräfte und unterschiedlicher Arbeitskräftemobilität vor dem Hintergrund von Integrationsprozessen von Regionen. In ihrem Modell wird für die mobilen Arbeitskräfte ein Faktor für die Bereitschaft des Wegzugs eingeführt. Über industrielle Arbeitskräfte mit geringer Bereitschaft zur Migration ist ein weiterer Aspekt für disperse industrielle Verteilung modelliert. Befund ihrer Analyse ist, dass das NEG-Modellergebnis – zusätzlich zu den Transportkosten – vom Grad der Arbeitskräftemobilität abhängt. Diese beeinflusst wiederum den Grad der Agglomerationen bzw. die kritischen Punkte zur Ausbildung eines Zentrum-Peripherie-Muster. Ausgehend von symmetrischen Regionen und hohen Transportkosten bildet sich bei sinkenden Transportkosten ebenfalls ein Zentrum-Peripherie-Muster. Ist die Bereitschaft für den Fortzug gering, wandern aus der peripheren Region nicht alle industriellen Arbeitskräfte ab, sobald die Nachfrage- und Kostenkopplungseffekte ihre Wirkung entfalten. Bei geringer Bedeutung der Transportkosten kommt es zu einer Redispersion.

Zu diesem sogenannten bell-shaped-Verlauf gelangen auch Tabuchi und Thisse (2002), die heterogene Wahrnehmungen (Vorlieben) der Arbeitskräfte für bestimmte Regionen einführen. Diese heterogenen Geschmäcker wirken als disperse Kraft und führen bei niedrigen Transportkosten zu einem entsprechenden Verhalten der Arbeitskräfte.

Differenzierter untersuchen beispielsweise Mori und Turrini (2005) in einem NEG-Modell die Wirkungen heterogener Qualifikationsstrukturen der Arbeitskräfte bei vertikal sowie horizontal differenzierten Gütern. Über die horizontalen Güter ist die Produktvielfalt gewährleistet und über die vertikal differenzierten Güter werden unterschiedliche Qualitätsausprägungen berücksichtigt. Die Herstellung unterschiedlicher Qualitäten ist nun mit der Qualifikation der Arbeitskräfte verbunden. Zur Herstellung eines industriellen Gutes werden qualifizierte Arbeitskräfte und ein Vorleistungsgut benötigt. Dieses Vorleistungsgut wird von den geringer qualifizierten Arbeitskräften hergestellt. Es kann ohne Transportkostenaufschläge gehandelt werden, während für das industrielle Gut Transportkosten anfallen. Zudem nehmen Mori und Turrini für die industriellen Güter einen Term in ihr Modell auf, der sich unterproportional zur Entfernung entwickelt. Hintergrund hierfür ist, dass die wahrgenommene Qualität²⁰ eines Gutes mit der Entfernung abnimmt. In Verbindung mit dem Konsumentennutzen folgt, dass ein importiertes Gut aus einer anderen Region eine geringere Qualität aufweist und hierfür Kosten in Höhe des Faktors anfallen. Diese Modellspezifikationen führen dazu, dass bei hohen Kosten (hoher Qualitätsverlust) und niedrigen Transportkosten ein Zentrum-Peripherie-Muster bestehen bleibt. Ein weiteres Ergebnis ist, dass sich die hochqualifizierten Arbeitskräfte tendenziell konzentrieren und eine räumliche Segmentierung erklärt werden kann.²¹

Weiterhin wird die Auswirkung von mobilen qualifizierten Arbeitskräften in dem bereits erwähnten Beitrag von Fujita und Thisse (2003) diskutiert. Hier trägt die Annahme von mobilen qualifizierten Arbeitskräften zur Produktivitäts- und Nachfrageentwicklung sowie zum endogenen Wachstum bei.

Russek (2010) diskutiert zusätzlich, welches Gleichgewicht im NEG-Modellrahmen mit einem industriellen Sektor und einem landwirtschaftlichen Sektor resultiert, wenn sowohl die qualifizierten als auch die geringer qualifizierten Arbeitskräfte mobil sind. Jedoch wird angenommen, dass die letztere Gruppe mit Kosten für die Migration konfrontiert ist, während die erste Gruppe dies nicht ist. In dem Grundmodell wirken die immobilen Arbeitskräfte als disperses Gegengewicht zu den mobilen Arbeitskräften. Durch die Mobilitätsannahme resultiert grundsätzlich eine weitere Nachfragekopplung, welche zu einem höheren Einkommen in einer Region führen kann. Bei vollständig mobilen Arbeitskräften ist das einzige stabile Gleichgewicht ein Zentrum-Peripherie-Muster. Kosten für den Umzug der Arbeitskräfte hingegen wirken als Verharrungskräfte, sodass bei imperfekt mobilen, gerin-

²⁰ Die Qualität wird wichtiger, sobald eine geringe Substitutionselastizität zwischen den Gütervarianten vorliegt.

²¹ Die Diskussion aller möglichen räumlichen Ergebnisse kann in dem Beitrag der Autoren (Mori und Turrini (2005, S. 214 ff.)) nachvollzogen werden.

ger qualifizierten Arbeitskräften ein Wandel eines räumlichen Gleichgewichts einer größeren Änderung der Transportkosten als im Grundmodell bedarf. Zu beachten ist, dass im Beitrag von Russek (2010) sowohl die hochqualifizierten als auch die geringer qualifizierten Arbeitskräfte im industriellen Sektor beschäftigt sind. Ein gewisser Teil der Letzteren arbeitet zudem im Agrarsektor.

Erweiterungen zur Analyse von Bodennutzung und Regionsgröße. Obwohl die NEG von ihren Schöpfern in den Kontext raumwirtschaftlicher Theorien, beispielsweise der von Christaller, Lösch und Thünen, gestellt wird (vgl. Fujita, Krugman und Mori 1999; Fujita 2012), findet eine Erweiterung um Land als Produktionsfaktor oder auch um Distanz, die in einem bestimmten Zusammenhang mit der Regionsgröße steht, kaum Berücksichtigung. Ein Ansatzpunkt zur Berücksichtigung von Land und Distanz findet sich in den NEG-Modellen, die urbane Strukturen untersuchen.

Von Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 133 ff.) wird ein Modell für eine Thünensche Ökonomie vorgestellt. Landnutzung wird in diesem über den landwirtschaftlichen Sektor berücksichtigt, der für die Produktion seines Gutes Land und Arbeit einsetzen muss. Hierbei ist bei der Nutzung von Boden Miete/Pacht zu entrichten, welche bis an den Rand der landwirtschaftlichen Zone auf Null fällt. Die Landrente steht hierüber in einem inversen Zusammenhang mit der Distanz zu einem industriellen Zentrum. Währenddessen setzt der industrielle Sektor nur Arbeit ein und ist somit keinen Kosten der Bodennutzung ausgesetzt. Die Produktionstechnologie der Sektoren sowie das Konsumentenverhalten folgen ansonsten den üblichen Annahmen.²² Weiterhin wird die Distanz über Kosten für den Transport modelliert, die für beide Güter anfallen.

Einen anderen Ansatz verfolgt Helpman (1995), indem er in der Nutzenfunktion der Konsumenten den Konsum von Agrarprodukten durch den von Wohndienstleistungen austauscht. Eine Produktion von Wohnungen wird jedoch nicht vorgenommen. Jede Region ist mit einem gewissen Wohnungsbestand ausgestattet. Für die Produktion des industriellen Gutes wird lediglich Arbeit benötigt. Der Preis für eine Wohneinheit wird in Abhängigkeit der Bevölkerung im Verhältnis zum Hausbestand ausgedrückt. Hierbei können bei uneinheitlicher Verteilung von Hausbestand und Bevölkerung unterschiedliche Mietpreise anfallen. Der Wert des Wohnungsbestandes in den Regionen bleibt dennoch unverändert.

²² Die Industrie produziert unter steigenden Skalenerträgen und monopolistischer Konkurrenz Gütervarianten. Das landwirtschaftliche Gut wird unter perfektem Wettbewerb hergestellt. Die Konsumenten zeigen eine bestimmte Vorliebe für Gütervielfalt der industriellen Güter und geben jeweils einen bestimmten Anteil ihres Einkommens für die beiden Güter aus.

Da sich der Mietpreis mit zunehmender Bevölkerung und bei unverändertem Häuserbestand steigend verhält, wirkt dieser den agglomerativen Kräften entgegen.²³

Tabuchi (1998) trifft gleichfalls die Annahme, dass die Konsumenten Wohndienstleistungen in Anspruch nehmen. Weiterhin werden von den Konsumenten industrielle Gütervarianten und ein landwirtschaftliches Gut nachgefragt. Die angenommene Raumstruktur weist wie bei Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 133 ff.) ein Zentrum auf (Central Business District (CBD)). Für die Arbeitskräfte fallen nun beim Weg zur Arbeit im Zentrum Pendlerkosten an, die mit der Entfernung zum CBD ansteigen; die Mietkosten nehmen hingegen mit der Entfernung zum CBD ab. Sämtliche Miet- und Pachteinnahmen fließen an Eigentümer außerhalb der Region ab. Für die Produktion des industriellen Gutes muss wiederum kein Land eingesetzt werden. Der landwirtschaftliche Sektor hingegen, der am Rand der Stadt verortet ist, muss eine Pacht aufbringen, die zugleich der geringsten Miete in den vom Zentrum entferntesten Wohngebieten entspricht. Das Modell von Tabuchi (1998) führt bei hohen Transportkosten zu einer Gleichverteilung, bei mittleren zu einem Zentrum-Peripherie-Muster und bei niedrigen Transportkosten zu einer Dispersion der Arbeitskräfte. Die Regionen sind, wie in der NEG üblich, symmetrisch.

Rund zehn Jahre später stellen Pflüger und Tabuchi (2008) einen Ansatz vor, in welchem Land als Produktionsfaktor für den industriellen Bereich berücksichtigt wird. Hierbei geht der Einsatz von Arbeit als Fixkosten und der von Land als variable Kosten in die Produktion ein. Die Konsumenten fragen nur industrielle Güter nach, was bedeutet, dass sie keinen Boden im Sinne von Wohnraum nachfragen und somit keine Miete oder Pacht entrichten. Da das Land wie bei Helpman (1995)²⁴ gleichmäßig auf die Bevölkerung verteilt ist, kommen ihnen erstens die Einnahmen aus der Bodennutzung zu Produktionszwecken zu und zweitens entsprechen die Miet- bzw. Pachteinnahmen dem Anteil der Bevölkerung in einer Region. Weiterhin steigt die von der Industrie zu entrichtende Miete/Pacht mit zunehmender Dichte der Bevölkerung, sodass hierüber steigende Produktionskosten folgen. In dem NEG-Modellrahmen bedeutet das, dass der Nachfragekopplung, die bei sinkenden Transportkosten zu einem stabilen Zentrum-Peripherie-Muster führen kann, eine umgekehrt wirkende Preisreaktion entgegensteht.²⁵ In einem weiteren Schritt führen Pflüger und Tabuchi (2008) in Anlehnung an Helpman (1995) zusätzlich Bodennutzung zu Wohnzwecken ein. Dies bedeutet, dass auch Miet- und Pachtzahlungen für die Kon-

²³ Im Einzelnen hängen die Ergebnisse zudem von der Aufteilung des Konsums auf die Wohnungsdienstleistungen und industriellen Produkte sowie von der Substitutionselastizität zwischen den industriellen Gütern ab.

²⁴ Hier wird von Immobilienbestand/Wohnungsbestand (Housing-Stock) gesprochen.

²⁵ Mit welcher Parameterkonstellation welche Wirkungen hervorgerufen werden, ist im Einzelnen dem Diskussionsbeitrag zu entnehmen.

2 Entwicklung der Raumwirtschaftstheorie bis zur New Economic Geography

sumenten anfallen und somit eine weitere dispers wirkende Kraft auftritt. Die Annahmen zur einheitlichen Eigentumsverteilung des Bodens auf die Individuen und der daraus resultierenden Einnahmen bleiben unverändert (vgl. Pflüger und Tabuchi 2008). Insofern schlagen sich bei Wanderungsbewegungen die sich ergebenden Preis- und Einkommensveränderungen des Bodenmarktes in den Regionen unterschiedlich nieder. Während die Preisveränderungen des Bodenmarktes direkt lokal in einer Region wirken, resultieren Einkommensveränderungen für alle Individuen global.

Zuletzt sei der Beitrag aus jüngerer Zeit von Frohwerk (2011) erwähnt. Von Interesse ist hieran insbesondere, dass er die Größe einer Region über asymmetrische Ausgangsbedingungen in verschiedenen Modellansätzen der NEG diskutiert. Die NEG-Modelle gehen in der Regel von symmetrischen Regionen aus, um den Einfluss von externen Faktoren auszublenden. In der Folge resultieren räumliche Lösungen mit einer Gleichverteilung der wirtschaftlichen Aktivität auf die Regionen oder mit einem Zentrum-Peripherie-Muster. Die Größe wird in den von Frohwerk (2011) diskutierten Modellen nicht als Größe im Sinne der Fläche thematisiert, sondern sie leitet sich aus der Verteilung von immobilien Arbeitskräften und damit aus der Verschiebung von deren Kaufkraft ab. Letztlich führt somit die uneinheitliche Verfügbarkeit einer immobilien Ressource zu einer nachvollziehbaren Erklärung von räumlich stabilen Gleichgewichten mit einem unterschiedlichen Anteil an Konzentration der wirtschaftlichen Aktivität.

Die NEG-Erweiterungen, die Raum oder Land explizit berücksichtigen, bilden diese über die Transportkosten und zusätzlich über Mieten und Pacht ab. Einerseits wird letztere eingeführt um die Thünensche Ökonomie mit den Nutzungszonen nachzubilden und andererseits wird die Regionsgröße über Arbeitskräfteanteile mit Einfluss auf den Mietpreis dargestellt. Eine weitergehende Betrachtung des geographisch zur Verfügung stehenden Raumes und seiner Nutzung findet jedoch nicht statt. Auch wird kein Bezug auf innerhalb einer Region zurückzulegende Strecken genommen. Insofern stellt eine Region mit Blick auf die Transportkosten nach wie vor einen Punkt dar.

3 Formale Elemente der New Economic Geography

Nach dem vorhergehenden dogmengeschichtlichen Überblick, wird im folgenden Unterkapitel zunächst auf formale Elemente des Grundmodells der NEG eingegangen. Im Anschluss werden zwei Ansätze mit Bezug zu der Fragestellung dieser Arbeit diskutiert. Diese berücksichtigen Land und Landnutzung im Modellrahmen der NEG und sind dabei einige der wenigen Diskussionsbeiträge, die diesen Aspekt explizit betrachten.

3.1 Der NEG-Modellansatz

Für die Darstellung des Grundmodells werden der Ansatz von Fujita, Krugman und Venables (2001, Kap. 4 und 5) und die Formulierung und Ausführungen von Schöler (2010, S. 31 ff.) wiedergegeben. Das Grundmodell der NEG ist ein mikroökonomisches Totalmodell, welches die räumlichen Verteilungswirkungen von Produktion, Einkommen und Konsum unter Beachtung von kostenverursachendem Gütertransport (Export und Import) und der Migration von Arbeitskräften diskutiert. Es umfasst die gesamte Ökonomie und nimmt dabei Regionen als Punkte im Raum an, deren Größe sich über den Anteil an Arbeitskräften bestimmt. Modelliert sind die Produktion von heterogenen industriellen und homogenen landwirtschaftlichen Gütern, der Konsum der Güter durch den Endkonsumenten und die Einkommensentstehung bzw. -verteilung.

Ein wesentliches Element der NEG ist das Dixit-Stiglitz-Modell (vgl. Dixit und Stiglitz 1977) mit monopolistischer Konkurrenz und heterogenen industriellen Gütern, die durch sinkende Durchschnittskosten auf der Unternehmensebene berücksichtigt werden (vgl. Schöler 2010, S. 23). Für die räumliche Variante des Dixit-Stiglitz-Modells der NEG werden Standorte von Unternehmen und Transportkosten eingeführt (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 45). Die Transportkosten sind nach dem „Eisberg-Ansatz“ gestal-

tet, damit kein Transportkostensektor zu berücksichtigen ist. Das bedeutet, dass ein Teil der Güter auf dem Weg „schmilzt“, bzw. muss, entsprechend den Kosten des Transportes, ein Vielfaches des (Wertes des) Gutes auf den Weg geschickt werden (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 49). Der physische Teilverlust des Gutes beim Transport entspricht also den realen Transportkosten.

3.1.1 Nachfrage

Die Nachfrageseite wird durch eine Obernutzen- und eine Subnutzenfunktion bestimmt. Die Obernutzenfunktion teilt hierbei den Konsum eines repräsentativen Haushaltes auf das landwirtschaftliche Gut und die heterogenen industriellen Güter auf. Die Subnutzenfunktion bildet den Konsum der heterogenen industriellen Güter ab. Hierbei ist die Vorliebe für Gütervielfalt oder mit anderen Worten die Wahrnehmung der Unterschiedlichkeit zwischen den industriellen Gütern über eine konstante Substitutionselastizität modelliert. Die Obernutzenfunktion ist eine Cobb-Douglas-Nutzenfunktion mit den Mengen M für die heterogenen industriellen Güter und A für die homogenen landwirtschaftlichen Güter. Sie lautet:

$$U = M^\mu A^{1-\mu}, \quad (3.1)$$

wobei μ die konstante partielle Nutzenelastizität die Vorliebe für die industriellen Güter und $1 - \mu$ die für das landwirtschaftliche Gut angibt (vgl. Schöler 2010, S. 31). Es gilt, dass die Summe der Exponenten den Wert eins annimmt ($\mu + (1 - \mu) = 1$). Die Subnutzenfunktion ist eine CES-Funktion (Constant-Elasticity-of-Substitution) und hat die Form:

$$M = \left[\int_0^n m(i)^\rho di \right]^{1/\rho}, \quad 0 < \rho < 1. \quad (3.2)$$

Die industrielle Menge M ist hierbei durch n unterschiedliche Varianten von $m(i)$ (Konsum einer Variante) beschrieben (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 46). Alternativ kann für die Darstellung der Subnutzenfunktion mit der Anzahl n an unterschiedlichen Varianten die Summenschreibweise wie bei Schöler (2010, S. 33 ff.) gewählt werden, der hier im Weiteren gefolgt wird:

$$M = \left[\sum_{i=1}^n m(i)^\rho \right]^{1/\rho}, \quad 0 < \rho < 1. \quad (3.3)$$

Wie verschiedenartig die industriellen Gütervarianten aus Sicht des Konsumenten wahrgenommen werden, bestimmt ρ . Ein Wert gegen eins zeigt an, dass es sich bei den industriellen Gütervarianten um nahezu homogene Güter bzw. um nahezu perfekte Substitute handelt. Nähert sich ρ dem Wert null, werden die Güter weniger als Substitute betrachtet und die Bedeutung der einzelnen Gütervarianten für den Konsumenten steigt. Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 46) definieren die Substitutionselastizität zwischen industriellen Gütervarianten als $\sigma \equiv \frac{1}{1-\rho}$. Ferner wird ein einheitlicher Mengenkonsument der industriellen Varianten angenommen. Damit folgt mit $m(i) = m$ für $M = \left[\sum_{i=1}^n m^\rho \right]^{1/\rho} = n^{1/\rho} m$, dass mit höherer Anzahl an Gütervarianten gleichfalls M und der Nutzen steigen (vgl. Schöler 2010, S. 33).

Der Konsum des landwirtschaftlichen Gutes und der industriellen Güter wird auf der oberen Ebene unter Beachtung der Einkommensrestriktion

$$Y = p(A)A + GM = A + GM \quad (3.4)$$

optimiert (vgl. Schöler 2010, S. 31 f.). Der Preis für das landwirtschaftliche Gut $p(A)$ wird auf den Wert eins normiert (Numéraire-Gut) und für die industriellen Güter wird G als Preisindex verwandt. Somit wird das Einkommen für den wertmäßigen Konsum der beiden Güterarten aufgebraucht. Für die Nutzenmaximierung unter der Nebenbedingung des Einkommens ergibt sich die Lagrange-Funktion

$$\mathcal{L} = M^\mu A^{1-\mu} + \kappa [Y - A - GM]. \quad (3.5)$$

Aus den Ableitungen erster Ordnung ergibt sich im Optimum, dass der Konsum entsprechend den Exponenten der Cobb-Douglas-Nutzenfunktion aufgeteilt wird mit²⁶

²⁶ Wird $p(A) = 1$ nicht eingesetzt, resultiert für das landwirtschaftliche Gut statt des Ergebnisses in (3.7) die Gleichung $p(A)A = (1 - \mu)Y$.

$$GM = \mu Y \quad \text{und} \quad (3.6)$$

$$A = (1 - \mu)Y. \quad (3.7)$$

Als Nächstes ist die Subnutzenfunktion (3.3) für die industriellen Gütervarianten zu optimieren, wofür der Darstellung bei Schöler (2010, S. 33 ff.) gefolgt wird. Die Gleichung (3.6) zeigt, dass der Anteil μY des Einkommens für die industriellen Güter aufgewandt wird. Für die einzelnen Varianten $m(i)$ muss der Preis $p(i)$ aufgebracht werden, womit sich die Budgetrestriktion $\sum_{i=1}^n m(i)p(i) = \mu Y$ ergibt. Die Lagrange-Funktion zur Maximierung der Menge lautet:

$$\mathcal{L} = \left[\sum_{i=1}^n m(i)^\rho \right]^{1/\rho} + \kappa \left[\mu Y - \sum_{i=1}^n m(i)p(i) \right]. \quad (3.8)$$

Alternativ können auch, wie in der Darstellung des Modells mit Boden weiter unten oder bei Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 46 f.), die Ausgaben minimiert werden, um die Menge M zu konsumieren: $\mathcal{L} = \sum_{i=1}^n m(i)p(i) + \kappa \left[\frac{\mu Y}{G} - \sum_{i=1}^n m(i)^\rho \right]^{1/\rho}$ (Dualproblem).

Nach Berechnen der partiellen Ableitungen für zwei Gütervarianten i und j lässt sich die folgende Relation der Mengen und Preise formulieren:

$$\frac{m(j)^{\rho-1}}{m(i)^{\rho-1}} = \frac{p(j)}{p(i)}. \quad (3.9)$$

Umformen der Gleichung (3.9) und Verwenden der Definition für die Substitutionselastizität σ liefert:

$$m(j) = m(i) \left(\frac{p(i)}{p(j)} \right)^\sigma. \quad (3.10)$$

Dem Konsum der Gütervarianten ist noch die Budgetrestriktion der Haushalte gegenüberzustellen. Durch Verwenden der Gleichung (3.10) in der Budgetrestriktion der Haushalte $\sum_{j=1}^n m(j)p(j) = \mu Y$ resultiert

$$m(i) = p(i)^{-\sigma} \sum_{j=1}^n p(j)^{\sigma-1} \mu Y \quad (3.11)$$

und mit $G^{1-\sigma} = \sum_{j=1}^n p(j)^{1-\sigma} \Leftrightarrow G \equiv \left[\sum_{j=1}^n p(j)^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)}$ sowie unter Beachtung von (3.6) kann der Ausdruck wie folgt geschrieben werden:

$$m(i) = p(i)^{-\sigma} G^{\sigma-1} \mu Y = \left[\frac{p(i)}{G} \right]^{-\sigma} M. \quad (3.12)$$

Der Ausdruck (3.12) gibt die Nachfrage nach Variante i der industriellen Güter an, welche durch den Preis für diese Variante, durch den Preis aller anderen industriellen Güter und durch das Einkommen beschrieben wird. Ist G konstant, entspricht die Preiselastizität der Nachfrage $-\sigma$ bzw. reagiert die Nachfrage isoelastisch bezüglich $p(i)$ (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 48; Schöler 2010, S. 34).

Die gesamte Menge an industriellen Gütern kann nun mit (3.12) und $\rho = (\sigma - 1)/\sigma$ bestimmt werden, indem diese in (3.3) verwandt werden:

$$\begin{aligned} M &= \left[\sum_{i=1}^n \left(p(i)^{-\sigma} G^{\sigma-1} \mu Y \right)^\rho \right]^{1/\rho} = G^{\sigma-1} \mu Y \left[\sum_{i=1}^n p(i)^{1-\sigma} \right]^{-\sigma/(1-\sigma)} \\ &= \mu Y G^{\sigma-1} G^{-\sigma} = \frac{\mu Y}{G}. \end{aligned} \quad (3.13)$$

Da der Konsum unter Beachtung der Budgetbeschränkung optimiert ist, können die Ergebnisse (Gleichungen (3.6) und (3.7)) in die Nutzenfunktion eingesetzt werden, wodurch sich die indirekte Nutzenfunktion

$$U = \mu^\mu (1 - \mu)^{1-\mu} Y G^{-\mu} p(A)^{-(1-\mu)} \quad (3.14)$$

ergibt, bei der $G^{-\mu} p(A)^{-(1-\mu)}$ den Preisindex für den Güterkonsum darstellen (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 48 f.). Es wird angenommen, dass die Gütervarianten zu einem einheitlichen Preis angeboten werden – bereits oben ist ein einheitlicher Mengenkonsument der einzelnen industriellen Gütervarianten unterstellt. Der Preisindex für die industriellen Güter lässt sich dann in Verbindung mit der Anzahl an angebotenen Varianten durch den folgenden Ausdruck beschreiben:

$$G = \left[\sum_{j=1}^n p(j)^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)} = \left[n p(j)^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)} = n^{1/(1-\sigma)} p(M). \quad (3.15)$$

Es zeigt sich, dass der Preisindex von der Anzahl an angebotenen Gütern und der Substitutionselastizität abhängt. Je differenzierter die industriellen Gütervarianten wahrgenommen werden, desto größer ist die Rückwirkung auf den Preisindex bei einer Änderung der Anzahl n an industriellen Varianten.

3.1.2 Transportkosten

Der Raum wird im NEG-Modell, respektive in der von Fujita, Krugman und Venables (2001) dargestellten räumlichen Variante des Dixit-Stiglitz-Modells, erzeugt, indem diskret im Raum verteilte Produktionsstandorte $r, s \in R$ eingeführt werden (vgl. Schöler 2010, S. 35). Der Ab-Werk-Preis eines industriellen Gutes, welches in der Region r hergestellt wird, beträgt $p(M)_r$. Für den Transport eines Gutes von dem Produktionsstandort r zum Konsumort s können Kosten in Höhe von τ_{rs} anfallen.²⁷ Die Transportkosten sind als „Eisbergkosten“ modelliert. Dies bedeutet, dass ein Teil der Menge auf dem Weg entsprechend den Transportkosten verbraucht wird. Am Konsumort kommt daher die Menge $1/\tau_{rs}$ an bzw. muss von jeder Einheit das wertmäßig τ_{rs} -fache auf den Weg gebracht werden, damit eine Einheit am Ziel ankommt. Der industrielle Güterpreis stellt sich in dem Modell von Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 49 ff.) aus Konsumentensicht damit als

$$p(M)_{rs} = p(M)_r \tau_{rs} \quad (3.16)$$

dar. Der Preis für die landwirtschaftlichen Güter ist analog zu gestalten, sofern der Gütertransport kostenverursachend ist. Es wird jedoch angenommen, dass für die landwirtschaftlichen Güter keine Transportkosten anfallen, wie auch der Ab-Werk-Preis der landwirtschaftlichen Güter auf den Wert eins normiert ist. Für den Preisindex der industriellen Güter ergibt sich

$$G_s = \left[\sum_{r=1}^R n_r (p(M)_r \tau_{rs})^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)}. \quad (3.17)$$

Mit dem Ausdruck $\mu Y_s (p(M)_r \tau_{rs})^{-\sigma} G_s^{\sigma-1}$ ist hierbei die Nachfrage nach industriellen Gütern am Konsumort s angegeben. Die aus Sicht eines Unternehmens am Produktionsort r

²⁷ Im Weiteren werden r und s sowohl für Laufindizes wie auch als Regionsbezeichnungen im Zwei-Regionen-Fall verwandt. Hierbei gelte $r, s \in R$ mit $r = s, \dots, R$ bzw. $r = 1, \dots, R$ und $s = r, \dots, R$ bzw. $s = 1, \dots, R$. Das bedeutet, dass alle Produktionsstandorte auch Konsumorte darstellen können, wie auch in sich Lieferungen einer Region berücksichtigt sind.

relevante Absatzmenge bzw. die gesamte Nachfrage nach in r hergestellten und in die Konsumorte s versandten Güter, beläuft sich – unter Beachtung, dass ein τ_{rs} -faches auf den Weg gebracht werden muss – auf

$$q(M)_r = \mu \sum_{s=1}^R Y_s (p(M)_r \tau_{rs})^{-\sigma} G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}. \quad (3.18)$$

Die konsumierte Menge eines industriellen Gutes bestimmt sich demnach durch das Einkommen am Konsumort, den Preisindex sowie den Ab-Werk-Preis. Der Preis an den Konsumorten verändert sich proportional mit dem Ab-Werk-Preis durch die Multiplikation mit den Transportkosten. Die Preiselastizität der Nachfrage für ein Gut, wie auch für die aggregierte Nachfrage über alle Konsumorte, bleibt daher konstant und ist $-\sigma$ (vgl. Schöler 2010, S. 36).

3.1.3 Angebot

Für die Modellierung der Güterproduktion nehmen Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 50 ff.) an, dass das landwirtschaftliche Gut unter konstanten Skalenerträgen hergestellt und auf einem perfekten Wettbewerbsmarkt verkauft wird. Das industrielle Gut weist hingegen fallende Durchschnittskosten (in NEG-Modellbeschreibungen auch als steigende Skalenerträge bezeichnet) und die Marktform der monopolistischen Konkurrenz auf. Für die Herstellung des industriellen Gutes durch eine Firma werden als einziger Faktor Arbeitskräfte in Höhe l_M benötigt. Erforderlich ist hierbei ein fixer Einsatz F und ein von der Outputmenge abhängiger Einsatz $c_M q_M$:

$$l_M = F + c_M q_M. \quad (3.19)$$

Aufgrund sinkender Durchschnittskosten, der Vorliebe für Gütervielfalt der Konsumenten und der Möglichkeit einer unbegrenzten Anzahl an anzubietenden Gütervarianten wird ein Produkt von einem Unternehmen an einem Standort produziert. Die Anzahl der Unternehmen entspricht damit der Variantenanzahl. Der Gewinn eines Unternehmens am Standort r ergibt sich unter Berücksichtigung des Nominallohns w_{Mr} und des Ab-Werk-Preises $p(M)_r = p_{Mr}$:

$$\Pi_r = p_{Mr}q_{Mr} - w_{Mr}(F + c_Mq_{Mr}). \quad (3.20)$$

Für die Bedingung erster Ordnung resultiert mit dem Ausdruck (3.18), der den Konsum der Haushalte darstellt, und unter der Annahme, dass die Preisgestaltung eines Unternehmens den Preisindex nicht beeinflussen kann (vgl. Schöler 2010, S. 36 f.):

$$\frac{\partial \Pi_r}{\partial p_{Mr}} = q_{Mr} + p_{Mr} \left(\mu - \sigma p_{Mr}^{-\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \sum_{s=1}^R Y_s G_s^{\sigma-1} \right) - c_M w_{Mr} \left(\mu - \sigma p_{Mr}^{-\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \sum_{s=1}^R Y_s G_s^{\sigma-1} \right). \quad (3.21)$$

Dies lässt sich vereinfachen und nach dem Preis für das industrielle Gut umstellen. Es folgt der industrielle Güterpreis²⁸

$$p_{Mr} = \frac{\sigma}{\sigma-1} c_M w_{Mr} = \frac{c_M w_{Mr}}{\rho}. \quad (3.22)$$

Der Preis setzt sich aus den Grenzkosten $c_M w_{Mr}$ und einem Gewinnaufschlag (Mark-up) $\frac{\sigma}{\sigma-1}$ zusammen. Unter der Annahme des freien Marktzu- und Marktabgangs erzielen die Unternehmen langfristig keine Gewinne (Nullgewinnbedingung $\Pi_r = 0$). Durch Einsetzen des Preises in die Gewinnfunktion

$$\Pi_r = w_{Mr} c_M q_{Mr} \frac{1}{\sigma-1} - w_{Mr} F \quad (3.23)$$

ergibt sich die Outputmenge

$$q_M^* = \frac{F}{c_M} (\sigma - 1). \quad (3.24)$$

Für die eingesetzte Menge an Arbeit (3.19) folgt mit der optimalen Menge

$$l^* = F + c_M q_M^* = F\sigma. \quad (3.25)$$

²⁸ Die Bedingung zweiter Ordnung für ein lokales Maximum $\frac{\partial^2 \Pi_r}{\partial p_{Mr}^2} < 0$ ist wegen $\frac{\partial \Pi_r}{\partial p_{Mr}} = p_{Mr}(1 - \sigma) + \sigma c_M w_{Mr}$ erfüllt (vgl. hierzu Schöler 2010, S. 37).

Die Anzahl an Arbeitskräften, die durch die Menge der Unternehmen am Ort r nachgefragt werden, lässt sich dabei durch $n_r l^* = L_{Mr}$ beschreiben. Hieraus folgt für die Anzahl der Unternehmen

$$n_r = \frac{L_{Mr}}{l^*} = \frac{L_{Mr}}{F\sigma}. \quad (3.26)$$

Bei Nullgewinnen der Unternehmen und bei Vernachlässigung von Vorratsproduktion gilt, dass die nachgefragte der produzierten Menge q_{Mr}^* entspricht (vgl. Schöler 2010, S. 37 f.). Umstellen der Gleichung (3.18) nach dem industriellen Güterpreis unter Beachtung der Menge q_{Mr}^* ergibt:

$$p_{Mr}^\sigma = \frac{\mu}{q_{Mr}^*} \sum_{s=1}^R Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma}. \quad (3.27)$$

Indem die Gleichung (3.22) in (3.27) eingesetzt wird, resultiert der Nominallohn am Standort r :

$$w_{Mr} = \frac{\sigma-1}{\sigma} \frac{1}{c_M} \left[\frac{\mu}{q_{Mr}^*} \sum_{s=1}^R Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \right]^{1/\sigma}. \quad (3.28)$$

Die Gleichung besagt, dass sich die Nominallöhne in r bei steigendem Gesamteinkommen an den Standorten s gleichfalls anheben. Zudem ist w_{Mr} umso höher, je geringer die Transportkosten τ_{rs} und je höher der Preisindex G_s ist (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 53). Um die Reallöhne zu erhalten, ist der Nominallohn mit dem Index der Lebenshaltungskosten ins Verhältnis zu setzen:

$$\omega_{Mr} = \frac{w_{Mr}}{G_r^\mu p_{Ar}^{1-\mu}}. \quad (3.29)$$

3.1.4 Standardisierung

Zur Vereinfachung des Modells werden Standardisierungen vorgenommen (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 54 f.). Die Einheit, in der die Produktionsmenge angegeben ist, wird so gewählt, dass sich der optimale Output und der optimale Arbeitseinsatz $q_M^* = l_M^*$ entsprechen. Hierfür muss der marginale Arbeitseinsatz

$$c_M = \frac{\sigma - 1}{\sigma} \quad (3.30)$$

gewählt werden. Anwenden der Standardisierung auf die Gleichung (3.22) führt zu sich entsprechenden Werten für den industriellen Preis und Nominallohn ($p_{Mr} = w_{Mr}$). Weiterhin soll der fixe Arbeitseinsatz

$$F = \frac{\mu}{\sigma} \quad (3.31)$$

betragen, wodurch dieser eine Verbindung zum Ausgabenanteil der Konsumenten für die industriellen Güter aufweist. Mit der Gleichung (3.31) kann die Anzahl der Unternehmen durch die Anzahl der Arbeitskräfte in r und dem Ausgabenanteil ausgedrückt werden, es ist $n_r = L_{Mr}/\mu$. Einsetzen der Standardisierungen des fixen und marginalen Arbeitseinsatzes in Gleichung (3.24) liefert zudem $q_M^* = \mu$, womit der Zusammenhang $q_M^* = \mu = l^*$ gilt.

Mit den Standardisierungen lassen sich der Preisindex und der Nominallohn vereinfachen. Für das Preisniveau folgt für die Gleichung (3.17) mit $n_s = L_{Ms}/\mu$ und $w_{Ms} = p_{Ms}$

$$G_r = \left[\frac{1}{\mu} \sum_{s=1}^R L_{Ms} (w_{Ms} \tau_{sr})^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)} \quad (3.32)$$

und der Nominallohn (3.28) vereinfacht sich mit (3.30) und $q_M^* = \mu$ zu

$$w_{Mr} = \left[\sum_{s=1}^R Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \right]^{1/\sigma} . \quad (3.33)$$

3.1.5 Simulationsgleichungen und numerische Modellösung im Zwei-Regionen-Fall

Um das Modell zu vervollständigen, ist noch die Definition des Einkommens notwendig (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 61 ff.). Dieses ergibt sich aus der Summe des industriellen und des landwirtschaftlichen Einkommens der Haushalte. In den zwei Sektoren des Modells arbeiten L_A Beschäftigte in der Landwirtschaft und L_M in der Industrie. Wobei $L_M = \mu$ und $L_A = 1 - \mu$ mit $L = L_M + L_A = 1$ wegen $l^* = \mu$ gilt. Die Beschäftigten in der Landwirtschaft erhalten einen Nominallohn in Höhe von w_A und die

in der Industrie von w_M . Da der landwirtschaftliche Sektor als Numéraire gewählt ist, wird nicht nur $p_A = 1$ sondern auch $w_A = 1$ gewählt. Werden mit λ_r der Anteil einer Region an den industriellen Arbeitskräften und mit ϕ_r der an den landwirtschaftlichen bezeichnet, ist $L_{Mr} = \mu\lambda_r$ und $L_{Ar} = (1 - \mu)\phi_r$. Das Einkommen in der Region r beträgt damit

$$Y_r = \mu\lambda_r w_{Mr} + (1 - \mu)\phi_r \overbrace{w_{Ar}}^{=1} . \quad (3.34)$$

Und der Preisindex ändert sich mit $L_{Ms} = \mu\lambda_s$ zu

$$G_r = \left[\sum_{s=1}^R \lambda_s (w_{Ms} \tau_{sr})^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)} . \quad (3.35)$$

Für die Modellierung der Wanderungsbewegungen wird angenommen, dass langfristig Haushalte in die Regionen migrieren, die einen Lohn oberhalb des durchschnittlichen Reallohns $\bar{\omega} = \sum_r \lambda_r \omega_r$ aufweisen. Die Dynamik $\dot{\lambda}$ der Änderung des Anteils an Beschäftigten in r ist dabei durch die Geschwindigkeit der Änderung γ , der Abweichung vom durchschnittlichen Reallohn und dem Anteil an Beschäftigten beschrieben mit $\dot{\lambda} = \gamma(\omega_r - \bar{\omega}) \lambda_r$ (vgl. Schöler 2010, S. 42). Im Zwei-Regionen-Fall, der nachfolgend wie bei Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 65 ff.) dargestellt ist, reduziert sich der Vergleich jedoch auf die Reallohndifferenz zwischen den beiden Regionen.

Die Gleichungen des Modells lauten für zwei Regionen 1 und 2, unter den Annahmen, dass die Arbeitskräfte des landwirtschaftlichen Sektors immobil und hälftig verteilt sind, keine Transportkosten für die landwirtschaftlichen Güter anfallen, Transportkosten für die industriellen Güter nur im Fall von interregionalem Transport relevant sind und $\lambda_1 = \lambda$ und $\lambda_2 = (1 - \lambda)$ gilt, wie folgt:

$$Y_1 = \mu\lambda w_{M1} + \frac{1-\mu}{2}, \quad (3.36)$$

$$Y_2 = \mu(1-\lambda)w_{M2} + \frac{1-\mu}{2}, \quad (3.37)$$

$$G_1 = \left[\lambda w_{M1}^{1-\sigma} + (1-\lambda)w_{M2}^{1-\sigma} \tau^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)}, \quad (3.38)$$

$$G_2 = \left[\lambda w_{M1}^{1-\sigma} \tau^{1-\sigma} + (1-\lambda)w_{M2}^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)}, \quad (3.39)$$

$$w_{M1} = \left[Y_1 G_1^{\sigma-1} + Y_2 G_2^{\sigma-1} \tau^{1-\sigma} \right]^{1/\sigma}, \quad (3.40)$$

$$w_{M2} = \left[Y_1 G_1^{\sigma-1} \tau^{1-\sigma} + Y_2 G_2^{\sigma-1} \right]^{1/\sigma}, \quad (3.41)$$

$$\omega_1 = w_{M1} G_1^{-\mu}, \quad (3.42)$$

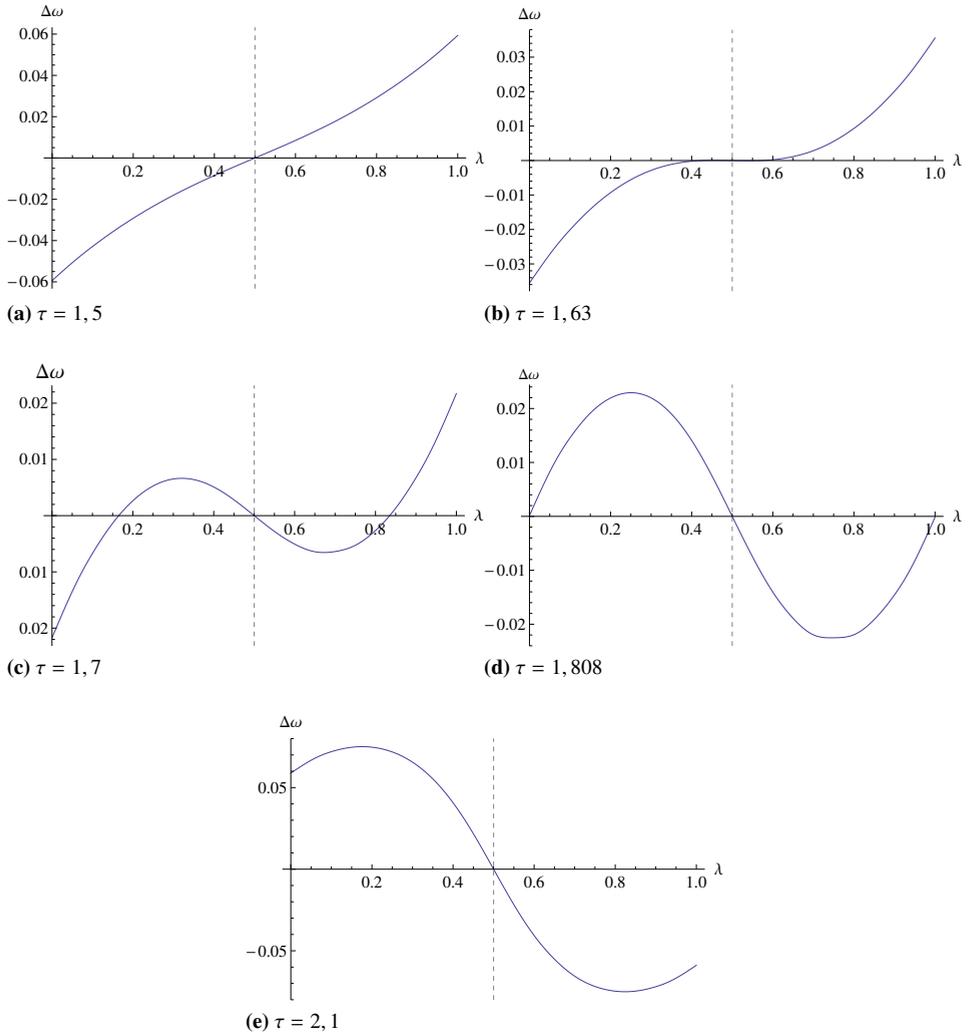
$$\omega_2 = w_{M2} G_2^{-\mu}. \quad (3.43)$$

Die nachfolgenden Grafiken zeigen einige Modellergebnisse, anhand derer die langfristigen stabilen räumlichen Lösungen abgeleitet werden. Dargestellt ist die Differenz der Reallöhne in den Regionen ($\Delta\omega = \omega_1 - \omega_2$) gegenüber dem industriellen Arbeitskräfteteil der Region 1 (λ) zu bestimmten Werten von τ, σ und μ . Ein langfristig stabiles räumliches Ergebnis liegt vor, wenn zwischen den Regionen keine Reallohndifferenzen mehr bestehen und ein Individuum somit keinen Anreiz hat den Standort zu wechseln. Eine Arbeitskraft wandert annahmegemäß langfristig an einen anderen Standort, wenn dort höhere Reallöhne zu erwarten sind. Es können sich Lösungen ergeben, bei denen zwar Reallohndifferenzen bestehen, jedoch bereits alle Arbeitskräfte in der Region mit den höheren Reallöhnen angesiedelt sind. Folglich mögen zwar Reallohndifferenzen im Vergleich der Regionen vorliegen, jedoch bestehen keine zwischen den Individuen. In diesem Fall liegt eine vollständige Agglomeration der industriellen Arbeitskräfte in einer Region vor. In der entleerten Region verbleiben die immobilien landwirtschaftlichen Arbeitskräfte. Eine solche räumliche Verteilung, mit einem industriellen Zentrum und einem landwirtschaftlichen Hinterland, wird auch als Zentrum-Peripherie-Muster bezeichnet. Die Werte von λ liegen entsprechend bei null oder eins.

Die Ergebnisse sind Resultat einer numerischen Approximation (blockweise Iteration) des soeben dargestellten nicht-linearen Gleichungssystem. Das Abbruchkriterium, bei welchem zwischen zwei aufeinanderfolgenden Iterationsschritten t die Gleichungen für eine Region r als erfüllt angesehen werden, lautet $\psi = |(w_{r,t} - w_{r,t-1}) / w_{r,t-1}| = 0,0001$ (vgl. Schöler 2010, S. 44). Die Differenz des Nominallohns zwischen zwei Iterationsschritten

wird in diesem Fall als ausreichend niedrig betrachtet, sodass alle weiteren Gleichungen gelöst werden können und ein Ergebnis vorliegt.

Abbildung 3.1.1: Reallohndifferenzkurven bei unterschiedlichen Transportkosten mit $\sigma = 5$ und $\mu = 0,4$



Quelle: Darstellung (a), (c), (e) wie Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 66 f.), erweitert um (b) und (d).

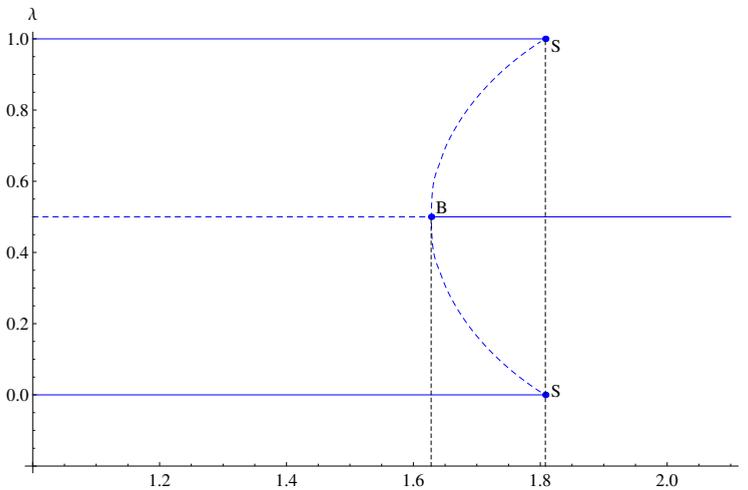
Die Abbildungen 3.1.1(a), (b), (e) zeigen, dass nur bei einem Wert von $\lambda = 0,5$ eine Modelllösung vorliegt, bei der keine Reallohndifferenz besteht. Diese Situation muss jedoch

3 Formale Elemente der New Economic Geography

kein stabiles Gleichgewicht bedeuten. In der Abbildung 3.1.1(a) mit $\tau = 1,5$ ist zu sehen, dass mit zunehmender Ballung der Industrie in Region 1 die Lohndifferenz zunimmt. Das heißt, es kann ein höherer Reallohn (steigender Nominallohn und sinkendes Preisniveau mittels vermiedener Transportkosten) durch Konzentration der Industrie erreicht werden. Es resultiert ein Zentrum-Peripherie-Muster mit einem industriellen Kern und einer landwirtschaftlichen Peripherie. Abbildung 3.1.1(e) mit $\tau = 2,1$ hingegen gibt eine Situation an, in der bei $\lambda < 0,5$, was einer geringeren Ballung der Arbeitskräfte in Region 1 als in Region 2 entspricht, Arbeitskräfte aus der Region 2 aufgrund der positiven Reallohndifferenz einen Anreiz haben in Region 1 zu migrieren. Ist $\lambda > 0,5$, wird die Reallohndifferenz negativ und die Arbeiter haben einen Anreiz sich in die Region 2 zu verlagern. Hier stellt $\lambda = 0,5$, die symmetrische Verteilung der Industrie auf beide Regionen, ein stabiles Gleichgewicht dar. Bei einem Transportkostensatz von $\tau = 1,7$ (vgl. Abbildung 3.1.1(c)) sind insgesamt drei stabile und zwei instabile Gleichgewichte ersichtlich. Stabile Gleichgewichte liegen bei einem Anteil der industriellen Arbeitskräfte der Region 1 von $\lambda = 0$ (Agglomeration in der Region 2), $\lambda = 1$ (Agglomeration in der Region 1) und $\lambda = 0,5$ (symmetrische Verteilung) vor. Die beiden anderen Gleichgewichte, die Schnittpunkte der Reallohndifferenzkurve mit der x-Achse bei $\lambda \approx 0,17$ und $\lambda \approx 0,83$, sind instabil. Steigt oder sinkt λ ein wenig, zeigt sich in der linksseitigen Umgebung eine negative oder in der rechtsseitigen Umgebung eine positive Reallohndifferenz. Bei einer negativen Reallohndifferenz in der Nähe von $\lambda \approx 0,17$ und bei einer positiven in der Nähe von $\lambda \approx 0,83$ setzen Wanderungsbewegungen ein, die zu einer vollständigen Ballung der Industrie in Region 1 bzw. Region 2 führen. Tritt im ersten Fall eine positive und im zweiten Fall eine negative Reallohndifferenz auf, führt dies wiederum zur symmetrischen Verteilung der Industrie (vgl. Schöler 2010, S. 44 ff.).

Zusammenfassend können die Ergebnisse in dem sogenannten Bifurkationsdiagramm (τ - λ -Diagramm) betrachtet werden, welches in Abbildung 3.1.2 dargestellt ist. Hierin sind all jene Punkte abgetragen, bei denen keine Reallohndifferenz zwischen den Regionen besteht, wie auch jene Punkte, die bei Konzentration der Industrie in einer der beiden Regionen ein stabiles Gleichgewicht angeben. Die durchgezogenen Linien stellen stabile und die gestrichelten Linien instabile Gleichgewichte dar. Für $1 < \tau \leq S$ sind räumlich stabile Gleichgewichte mit Konzentration der Industrie in einer der beiden Regionen und für $B \leq \tau < \infty$ Gleichgewichte mit einer symmetrischen Aufteilung ersichtlich. Der Punkt, bis zu dem eine Konzentration der Industrie eine stabile räumliche Lösung ist, wird als Sustainpoint (hier S) bezeichnet. Als Breakpoint (hier B) ist der Wert von τ benannt, ab dem eine stabile räumliche Gleichverteilung der Industrien vorliegt.

Abbildung 3.1.2: Räumliche Gleichgewichte bei unterschiedlichen Transportkosten mit $\sigma = 5$ und $\mu = 0,4$



Quelle: Darstellung wie Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 68).

Der Breakpoint und die Sustainpoints können auch analytisch weitergehend betrachtet werden. Hierfür ist den Fragen nachzugehen, unter welchen Bedingungen eine Agglomeration der Industrie in einer der beiden Regionen und unter welchen Bedingungen eine Gleichverteilung auf beide Regionen eine stabile räumliche Lösung darstellt (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 69 ff. Schöler 2010, S. 47 ff.). Besteht eine Agglomeration der Industrie in Region 1, ist $\lambda = 1$. Damit dies auch eine stabile Lösung ist, muss $\omega_1 \geq \omega_2$ gelten. Es sei angemerkt, dass die Diskussion aus Sicht der Region 1 geführt wird, jedoch gelten die Argumente auch für Region 2 mit entsprechenden Anpassungen (z. B. $\lambda = 0$, $\omega_2 \geq \omega_1$, etc.). Es wird unterstellt, dass $w_{M1} = 1$ ist, woraus für die Gleichungen (3.36) bis (3.43) $Y_1 = \frac{1+\mu}{2}$, $Y_2 = \frac{1-\mu}{2}$, $G_1 = 1$, $G_2 = \tau$, $\omega_1 = 1$ folgt und

$$\omega_2 = \left[\frac{1+\mu}{2} \tau^{1-\sigma} + \frac{1-\mu}{2} \tau^{\sigma-1} \right]^{1/\sigma} \tau^{-\mu}. \quad (3.44)$$

Die Gleichung (3.44) gibt im ersten Term das Einkommen in der Region 1 und im zweiten das der Region 2 an. Da Region 2 das landwirtschaftliche Hinterland ist, müssen alle industriellen Güter importiert werden, was der Term $\tau^{-\mu}$ angibt. Mit den Werten $\mu = 0,4$,

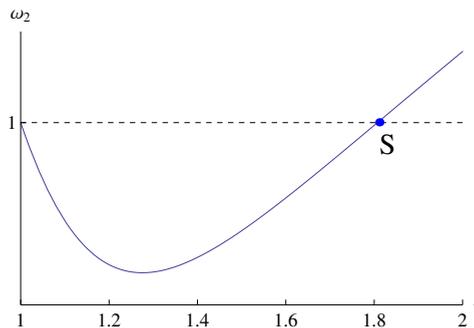
3 Formale Elemente der New Economic Geography

$\sigma = 5$ und $1 \leq \tau \leq 2$ resultiert für ω_2 der in Abbildung 3.1.3 wiedergegebene Verlauf. Einsetzen für $\omega_2 = 1$ und der anderen Werte sowie Auflösen der Gleichung nach τ liefert zudem den Wert des Sustainpoints bei $\tau_{Sustain} \approx 1,807$. Wie die Abbildung verdeutlicht, bleibt der Reallohn in der Region 2 bis zu diesem Punkt unterhalb des Reallohns in der Region 1. Bei höheren Transportkostensätzen liegt der Reallohn in der Region 2 jedoch höher als in der Region 1, womit die Ballung der Industrie in der Region 1 nicht länger ein stabiles Gleichgewicht darstellt. Der Verlauf der Kurve wird hierbei von σ bestimmt. Ein höheres σ führt zu einem geringeren Wert von $\tau_{Sustain}$. Im Punkt $\tau = 1$ gilt gleichfalls $\omega_2 = 1$. Um zu untersuchen, wie sich ω_2 in der Nähe dieses Punktes verhält, kann $\omega_2^\sigma = \frac{1+\mu}{2}\tau^{1-\sigma-\mu\sigma} + \frac{1-\mu}{2}\tau^{\sigma-1-\mu\sigma}$ differenziert und nach

$$\frac{d\omega_2}{d\tau} = \mu \frac{1 - 2\sigma}{\sigma} \quad (3.45)$$

umgestellt werden. Für niedrige Transportkostensätze verhält sich ω_2 fallend, denn mit $\sigma > 1$ nimmt die Gleichung (3.45) negative Werte an ($d\omega_2/d\tau < 0$). Für den Bereich $1 \leq \tau < \tau_{Sustain}$ gilt damit $\omega_2 < \omega_1$.

Abbildung 3.1.3: Sustainpoint bei $\sigma = 5$ und $\mu = 0,4$



Quelle: Darstellung wie Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 71).

Als Nächstes untersuchen Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 71 ff.), ab welchem Punkt ein symmetrisches auch ein stabiles Gleichgewicht ist. Hierfür ist zu analysieren, wie sich die Reallohndifferenzkurve bei Veränderung des Anteils an Arbeitskräften in der Nähe des symmetrischen Gleichgewichts verhält. Gesucht ist $d\Delta\omega/d\lambda$. Mit $\lambda = 0,5$ resultiert, dass sich die Nominallöhne, die Preisniveaus, das Gesamteinkommen wie auch

die Reallöhne in den Regionen entsprechen. Für die Gleichungen (3.36) bis (3.41) ergibt sich $Y_1 = Y_2 = \frac{1}{2}$, $w_{M1} = w_{M2} = 1$ und $G_1 = G_2 = \left[\frac{1+\tau^{1-\sigma}}{2}\right]^{1/(1-\sigma)}$. Es wird angenommen, dass in der Umgebung des symmetrischen Gleichgewichts gleich große Veränderungen mit umgekehrten Vorzeichen in den Regionen vorliegen (vgl. Schöler 2010, S. 49). Für das Einkommen lässt sich $dY = dY_1 = -dY_2$, mit $dY_1 = \mu w_{M1} d\lambda + \mu \lambda dw_{M1}$ und $dY_2 = -\mu w_{M2} d\lambda + \mu(1 - \lambda) dw_{M2}$ aus (3.36) und (3.37) ableiten. Die Änderung des Einkommens in der Nähe des symmetrischen Gleichgewichtes kann mit $\lambda = 0,5$ und $w_{M1} = w_{M2} = 1$ angegeben werden mit

$$dY = \mu d\lambda + \frac{\mu}{2} dw. \quad (3.46)$$

Entsprechendes Vorgehen für den Preisindex und unter Beachtung, dass $dw_1 = -dw_2$ gilt, ergibt sich das totale Differential

$$\frac{dG}{G} = \frac{1 - \tau^{1-\sigma}}{G^{1-\sigma}(1 - \sigma)} \left(d\lambda + \frac{1 - \sigma}{2} dw \right). \quad (3.47)$$

Und für den Nominallohn und den Reallohn resultiert mit diesem Vorgehen:

$$\sigma dw = \frac{1 - \tau^{1-\sigma}}{G^{1-\sigma}} \left(dY - (\sigma - 1) Y \frac{dG}{G} \right), \quad (3.48)$$

$$G^\mu dw = dw - \mu \frac{dG}{G}. \quad (3.49)$$

Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 73) definieren einen Term, der als Handelshemmnis (vgl. Schöler 2010, S. 50) verstanden werden kann und in der Form $z = \frac{1 - \tau^{1-\sigma}}{1 + \tau^{1-\sigma}}$ verwandt wird. Mit $G = \left[\frac{1 + \tau^{1-\sigma}}{2}\right]^{1/(1-\sigma)} \Leftrightarrow 1 + \tau^{1-\sigma} = 2G^{1-\sigma}$ (vgl. Darstellung Preisindex im symmetrischen Fall $\lambda = 1/2$), kann der Handelshemmnis-Term umformuliert werden zu

$$\frac{1 - \tau^{1-\sigma}}{G^{1-\sigma}} = 2z. \quad (3.50)$$

Einsetzen des Ausdrucks (3.50) in die Gleichungen (3.47) und (3.48) sowie Ersetzen von dY durch die Gleichung (3.46) und Einfügen von $Y = 1/2$ führt zu

$$\sigma dw = -\frac{2zd\lambda(\mu - z)}{-\sigma + z\mu + z^2(\sigma - 1)} \quad \text{und} \quad (3.51)$$

$$\frac{dG}{G} = -\frac{2z\sigma d\lambda(1 - z\mu)}{(1 - \sigma)(-\sigma + z\mu + z^2(\sigma - 1))}. \quad (3.52)$$

Verwenden dieser Gleichungen in der Gleichung (3.49) liefert den Ausdruck:

$$\frac{d\omega}{d\lambda} = \frac{2zG^{-\mu} z(\mu^2\sigma + \sigma - 1) + \mu(1 - 2\sigma)}{\sigma - 1} \frac{1}{-\sigma + z\mu + z^2(\sigma - 1)}. \quad (3.53)$$

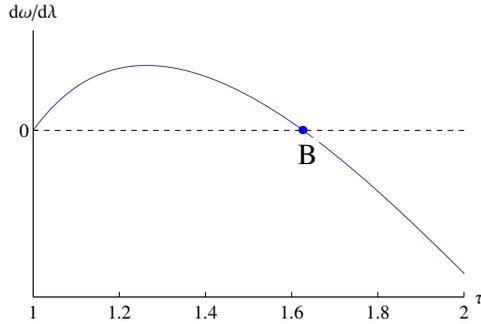
Ist ausgehend von einer Gleichverteilung der Industrie auf beide Regionen die sich ergebende Änderung des Reallohns bei einer Änderung des Anteils der Arbeitskräfte kleiner als null (es gilt in diesem Fall für den Ausdruck (3.53) $d\omega/d\lambda < 0$), liegt ein stabiles symmetrisches Gleichgewicht vor. Bei $d\omega/d\lambda > 0$ besteht für die Arbeitskräfte der Anreiz, von einer Region in eine andere zu wandern. Die Abbildung 3.1.4 zeigt den Verlauf des zu $d\omega/d\lambda$ mit den üblichen Werten gehörenden Graphen. Hierbei gibt der Punkt *B* den Wert an, ab dem das symmetrische Gleichgewicht stabil ist. Dieser Punkt stellt den bereits erwähnten Breakpoint dar. Der zugehörige kritische Wert (hier τ_{Break}) lässt sich berechnen. Einsetzen von z und von $d\omega/d\lambda = 0$ ergibt:

$$\tau_{Break} = \frac{(\mu^2\sigma + \sigma - 1) + \mu(1 - 2\sigma)}{(\mu^2\sigma + \sigma - 1) - \mu(1 - 2\sigma)}. \quad (3.54)$$

Mit den entsprechenden Werten für $\mu = 0,4$ und $\sigma = 5$ resultiert $\tau_{Break} \approx 1,63$.

3.1.6 Modellzusammenhänge

Zuletzt sei noch auf die Dynamik in dem Modell eingegangen. Hierfür wird abermals der symmetrische Fall ($w_{M1} = w_{M2}, L_{M1} = L_{M2}, \dots, dw_{M1} = -dw_{M2}$, etc.) herangezogen und die relativen Änderungen betrachtet (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 55 ff.). Anhand der Ableitungen der Nominallohngleichung (3.32) und des Preisindex (3.33) lassen sich die relativen Veränderungen wie folgt schreiben:

Abbildung 3.1.4: Breakpoint bei $\sigma = 5$ und $\mu = 0,4$


Quelle: Darstellung wie Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 74).

$$(1 - \sigma) \frac{dG}{G} = \frac{L_M}{\mu} \frac{G^{\sigma-1}}{w_M^{\sigma-1}} (1 - \tau^{1-\sigma}) \left(\frac{dL_M}{L_M} + (1 - \sigma) \frac{dw_M}{w_M} \right) \quad \text{und} \quad (3.55)$$

$$\sigma \frac{dw_M}{w_M} = \frac{Y}{w_M} \frac{G^{\sigma-1}}{w_M^{\sigma-1}} (1 - \tau^{1-\sigma}) \left(\frac{dY}{Y} + (\sigma - 1) \frac{dG}{G} \right). \quad (3.56)$$

Durch ineinander Einsetzen der Gleichungen, Verwenden der Definition von z und der Bedingung, dass im symmetrischen Fall aus der Nominallohngleichung und der Preisniveau-gleichung $1 + \tau^{1-\sigma} = \frac{\mu}{L_M} \frac{G^{1-\sigma}}{w_M^{1-\sigma}} = \frac{w_M}{Y} \frac{G^{1-\sigma}}{w_M^{1-\sigma}}$ folgt, ergibt sich der Ausdruck für die Veränderung des Gesamteinkommens:

$$\frac{dY}{Y} = \left(\frac{\sigma}{z} + z(1 - \sigma) \right) \frac{dw_M}{w_M} + z \frac{dL_M}{L_M}. \quad (3.57)$$

Die Gleichung (3.55) verdeutlicht, dass bei $\tau > 1$ und einem vollkommen elastischen Angebot an Arbeit ($dw/w = 0$) eine positive Veränderung der Arbeitskräfte ($dL_M/L_M > 0$) eine negative Wirkung auf den Preisindex ($dG/G < 0$) nach sich zieht. Dies wird als Preisindexeffekte bezeichnet und bedeutet, dass die größere industrielle Agglomeration ein geringeres Preisniveau besitzt (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 56). Unter den gleichen Voraussetzungen führt eine höhere Nachfrage bzw. ein höheres Einkommen wegen $1/z$ zu einem überproportionalen Beschäftigungszuwachs, wie Gleichung (3.57) zeigt. Diesen Effekt bezeichnen Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 56 f.) als Hei-

3 Formale Elemente der New Economic Geography

matmarkteffekt. Zudem gehen mit $dw/w > 0$ in dieser Gleichung über $dY/Y > 0$ steigende Nominallöhne einher. Mit steigender Beschäftigung in einer Region zeigen sich demnach steigende Nominallöhne, ein sinkendes Preisniveau wie auch steigende Reallöhne. Die Gleichung (3.56) zeigt jedoch, dass mit sinkendem Preisindex die Nominallöhne gleichfalls fallen, was ebenso auf den Zuzug zurückzuführen ist. Der Gesamteffekt aus diesen beiden gegenläufigen Effekten ist in den numerischen Simulationen abgebildet (vgl. Schöler 2010, S. 41). Damit der Reallohn nicht dauerhaft steigt, kann aus der Veränderung des Reallohns $\frac{d\omega}{\omega} = \frac{dw_M}{w_M} - \mu \frac{dG}{G}$, ohne Beachtung der Transportkosten $z = 1$ und mit den Gleichungen (3.55) und (3.56) die „No-Black-Hole“-Annahme formuliert werden, die sich aus

$$\frac{d\omega}{\omega} = (1 - \mu) \frac{dY}{Y} + \underbrace{\left(\frac{\sigma}{\sigma - 1} \mu - 1 \right)}_{<0?} \frac{dL_M}{L_M} \quad (3.58)$$

ableiten lässt (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 58 f.). In der vorhergehenden Gleichung (3.58) ist der Term gekennzeichnet, der bei einem Zuzug von Arbeitskräften entweder positiv oder negativ wirken kann. Folgende Bedingung lässt sich formulieren, soll dieser Term einer Steigerung des Reallohns entgegenwirken:

$$\frac{\sigma - 1}{\sigma} > \mu. \quad (3.59)$$

Anhand der formalen Form der NEG lassen sich die folgenden Eigenschaften festmachen (vgl. hierzu Schöler 2010, S. 51). Die industriellen Arbeitskräfte wandern bei einer bestehenden Reallohndifferenz in die Region mit dem höheren Reallohn. Aufgrund der Ein-Produkt-Struktur der Unternehmen in Verbindung mit der steigenden Nachfrage in der Zuwanderungsregion wächst auch die Industrie in dieser Region. Die Reallöhne in den Regionen sind das Ergebnis der Deflationierung des Nominallohns mit dem regionalen Preisniveau. Der regionale Preisindex wiederum setzt sich aus den Nominallöhnen der Regionen und den Transportkosten für importierte industrielle Güter zusammen. So führen hohe Importe zu einem hohen Preisindex und zu geringen Reallöhnen. Die Nominallöhne beruhen hierbei auf den Güterpreisen bzw. den Faktorkosten für die industriellen Güter. Weiterhin zeigt sich bei hohen Importen ein geringer industrieller Besitz mit höheren durchschnittlichen Kosten²⁹, was entsprechende Wirkungen auf den Güterpreis und den Reallohn entfaltet. Damit „lohnt“ sich der Konsum von regionalen Gütern in der größeren

²⁹ Die Fixkosten F bzw. der mengenunabhängige Arbeitseinsatz erhalten eine größere Bedeutung (vgl. (3.19)).

Region umso mehr. Ergebnis der Simulationsrechnungen bei Veränderung der Transportkosten ist, dass bei niedrigen Transportkosten eine Agglomeration der Industrie in einer Region bzw. ein Zentrum-Peripherie-Muster die vorherrschende Lösung ist. Bei hohen Transportkosten hingegen, stellt die Gleichverteilung der Industrie und Arbeitskräfte das langfristig stabile räumliche Gleichgewicht dar.

3.2 Erweiterungen mit Bezug zur Bodennutzung:

Der Modellansatz von Helpman (1995)

Ein Ansatz zur Berücksichtigung eines Immobilienbestandes im NEG-Modell ist der Diskussionsbeitrag *The Size of Regions* von Helpman (1995). Hierin wird der immobile landwirtschaftliche Sektor durch einen Immobiliensektor ausgetauscht. Dieser soll die treibende Kraft für eine Dispersion der Arbeitskräfte und in Folge für die wirtschaftliche Aktivität im Raum sein. Der Immobiliensektor steht damit der Agglomerationen verursachenden Wirkung des industriellen Sektors entgegen (vgl. Helpman 1995, S. 1). Anders als in der Darstellung bei Helpman (1995) wird nachfolgend eine ausführlichere und für die Vergleichbarkeit mit dem Grundmodell an das vorherige Vorgehen angelehnte Form gewählt.

3.2.1 Nachfrage

Immobilien (synonym wird auch der Begriff Wohnung oder Wohnen verwandt) sind ausschließlich in der Nutzenfunktion der Konsumenten berücksichtigt. Diese setzt sich aus dem Konsum der industriellen Güter M und der Nachfrage nach Wohnen H zusammen:

$$U = M^\mu H^{1-\mu} \quad \text{mit } \mu + (1 - \mu) = 1. \quad (3.60)$$

Die Subnutzenfunktion bleibt unverändert und entspricht der Gleichung (3.2). Die Notation und Definition der Substitutionselastizität bleibt ebenfalls unverändert. Die Haushalte geben ihr Einkommen für die Menge M der industriellen Güter mit dem Preisindex G und für das Wohnen H mit dem Preis $p(H)$ aus. Die Budgetrestriktion der Haushalte beträgt damit

$$Y = MG + Hp(H). \quad (3.61)$$

Die optimalen Mengen resultieren, indem auf den zwei Ebenen (der Nutzenfunktion und der Subnutzenfunktion) die Lagrange-Ansätze und die Ableitungen 1. Ordnung gebildet werden. Aus der Budgetrestriktion und dem Nutzen folgt, dass die Haushalte entsprechend der Potenzen der Nutzenfunktion das Einkommen auf die Güter aufteilen. Es ergeben sich die folgenden Zusammenhänge:

$$\mu Y = MG, \quad (3.62)$$

$$(1 - \mu)Y = Hp(H). \quad (3.63)$$

Mit der Gleichung (3.62) kann die Budgetrestriktion $\sum_{i=1}^n m(i)p(i) = \mu Y$ auf der Ebene der industriellen Güter mit $i = 1, \dots, n$ Varianten formuliert werden, welche die Menge $m(i)$ und den Preis $p(i)$ abbildet. Analoges Vorgehen zum Kapitel 3.1 unter Berücksichtigung der Regionen sowie der Transportkosten entsprechend dem Eisbergansatz, liefert die optimale Konsummenge

$$m_r = q(M)_r = \mu \sum_{s=1}^R Y_s (p(M)_r \tau_{rs})^{-\sigma} G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}. \quad (3.64)$$

3.2.2 Angebot

Das Vorgehen zur Herleitung der Preissetzung und der Angebotsmenge der industriellen Produzenten entspricht im Wesentlichen der im Grundmodell, welche im Unterkapitel 3.1.3 dargestellt wurde. Abweichend zum Grundmodell nimmt Helpman (1995) nicht die typischen Standardisierungen vor, weshalb nachfolgend zur Nachvollziehbarkeit zentrale Annahmen und Ergebnisse der Herleitung angegeben sind.³⁰

Das industrielle Gut wird wie bisher durch den Einsatz an Arbeitskräften hergestellt. Hierbei setzt sich die Funktion aus einem fixen Input F und einem variablen q_M zusammen:³¹

³⁰ Wie sich zeigt, kann auf die Standardisierung verzichtet werden, wenn für die Simulationen die relativen Verhältnisse für die einzelnen sich in den Regionen entsprechenden Simulationsgrößen herangezogen werden (z. B. Y_1/Y_2 , etc.).

³¹ Abweichend zum Grundmodell wird auf den Term c_M , der den marginalen Einsatz steuert, verzichtet.

$$l_M = F + q_M. \quad (3.65)$$

Die Gewinnfunktion der industriellen Unternehmen für die Region r lautet wie folgt: $\Pi_r = p_{Mr}q_{Mr} - w_{Mr}l_{Mr}$. Einsetzen der Gleichungen (3.64) und (3.65) in die Gewinngleichung und Maximieren dieser führt zu dem gewinnmaximalen Preis

$$p_{Mr} = \frac{\sigma}{\sigma - 1} w_{Mr}. \quad (3.66)$$

Unter der Annahme von Nullgewinnen resultiert aus der Gewinnfunktion der Preis

$$p_{Mr} = \left(\frac{F}{q_{Mr}} + 1 \right) w_{Mr}. \quad (3.67)$$

Aus den Gleichungen (3.66) und (3.67) lässt sich die gewinnmaximale Menge

$$q_{Mr} = F(\sigma - 1) \quad (3.68)$$

ableiten. Diese führt in Verbindung mit der Produktionsfunktion (3.65) zu dem optimalen Arbeitseinsatz

$$l^* = F\sigma \quad (3.69)$$

(welcher dem Ergebnis im Grundmodell entspricht, vgl. 3.25). In der Region r kann die Anzahl an Arbeitskräften L_{Mr} mittels Multiplikation des optimalen Arbeitseinsatzes mit der Anzahl der Unternehmen n_r durch $L_{Mr} = n_r l^*$ ermittelt werden. Damit lässt sich die Anzahl der Unternehmen in einer Region anhand des folgenden Ausdrucks beschreiben

$$n_r = \frac{L_{Mr}}{F\sigma}. \quad (3.70)$$

Durch Gleichsetzen von angebotener Menge (3.68) und nachgefragter Menge (3.64) sowie Beachten des gewinnmaximalen Preises (3.66) ergibt sich die Nominallohnleichung

$$w_{Mr} = \frac{\sigma - 1}{\sigma} \left[\frac{\mu}{F(1 - \sigma)} \sum_{s=1}^R Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \right]^{1/\sigma} \quad (3.71)$$

mit $s, r = 1, \dots, R$ Regionen. Der Preisindex für eine Region nimmt hierbei die Form $G_r = \left[\sum_{s=1}^R n_s p_s^{1-\sigma} \tau_{sr} \right]^{1/(1-\sigma)}$ (vgl. hierzu Gleichung (3.17)) an. Wird die Anzahl der Unternehmen durch die Gleichung (3.70) und der Preis durch die Gleichung (3.66) ersetzt, resultiert der Preisindex

$$G_r = \left[\sum_{s=1}^R \frac{L_{Ms}}{F\sigma} \left(\frac{\sigma}{\sigma-1} w_{Ms} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr} \right]^{1/(1-\sigma)}. \quad (3.72)$$

3.2.3 Simulationsgleichungen und numerische Modelllösung im Zwei-Regionen-Fall

Um eine geschlossene Formulierung des Modells zu erhalten, wird noch das Einkommen in den Regionen benötigt. Die Haushalte in der Region r erhalten einerseits den Nominallohn w_{Mr} und andererseits das Einkommen, welches für Wohnen ausgegeben wird. Hierbei ist der Immobilienbestand im Modell von Helpman (1995) einheitlich auf die Arbeitskräfte aufgeteilt. Die Gleichung (3.63) besagt, dass für Wohnen $(1 - \mu)Y$ ausgegeben wird, womit dies gleichzeitig den Einnahmen $Y_H = (1 - \mu)Y$ entspricht. Somit ergibt sich für eine Region r , die den Anteil λ_r an den Arbeitskräften hält, das Einkommen

$$Y_r = w_{Mr}L_{Mr} + (1 - \mu)Y\lambda_r. \quad (3.73)$$

Die Gleichung $Y_H = (1 - \mu)Y$ kann zu $\mu Y = \frac{\mu}{1-\mu} Y_H$ und mit $\mu Y = \sum_{s=1}^R w_{Ms}L_{Ms}$ zu $Y_H = \frac{1-\mu}{\mu} \sum_{s=1}^R w_{Ms}L_{Ms}$ umgeformt werden, was eingesetzt in Gleichung (3.73)

$$Y_r = w_{Mr}L_{Mr} + \lambda_r \frac{1-\mu}{\mu} \sum_{s=1}^R w_{Ms}L_{Ms} \quad (3.74)$$

ergibt.

Im Zwei-Regionen-Fall, mit den Regionen 1 und 2, ergeben sich für das Einkommen die Gleichungen

$$Y_1 = w_{M1}L_{M1} + \lambda \frac{1-\mu}{\mu} (w_{M1}L_{M1} + w_{M2}L_{M2}) \quad \text{und} \quad (3.75)$$

$$Y_2 = w_{M2}L_{M2} + (1-\lambda) \frac{1-\mu}{\mu} (w_{M1}L_{M1} + w_{M2}L_{M2}), \quad (3.76)$$

mit $\lambda_1 = \lambda$ bzw. $\lambda_2 = (1-\lambda)$. Die Nominallohngleichungen für die beiden Regionen lauten

$$w_{M1} = \frac{\sigma-1}{\sigma} \left[\frac{\mu}{F(\sigma-1)} (Y_1 G_1^{\sigma-1} + Y_2 G_2^{\sigma-1} \tau^{1-\sigma}) \right]^{1/\sigma} \quad \text{und} \quad (3.77)$$

$$w_{M2} = \frac{\sigma-1}{\sigma} \left[\frac{\mu}{F(\sigma-1)} (Y_1 G_1^{\sigma-1} \tau^{1-\sigma} + Y_2 G_2^{\sigma-1}) \right]^{1/\sigma}, \quad (3.78)$$

wobei der Transport von Gütern innerhalb einer Region kostenlos ist. Der Transport von Gütern zwischen den Regionen nimmt hingegen Werte von $\tau \geq 1$ an. Der jeweilige Preisindex in den Regionen beträgt

$$G_1 = \left[\frac{\lambda}{\mu} \left(\frac{\sigma}{\sigma-1} w_{M1} \right)^{1-\sigma} + \frac{1-\lambda}{\mu} \left(\frac{\sigma}{\sigma-1} w_{M2} \right)^{1-\sigma} \tau^{1-\sigma} \right]^{1/1-\sigma} \quad \text{und} \quad (3.79)$$

$$G_2 = \left[\frac{\lambda}{\mu} \left(\frac{\sigma}{\sigma-1} w_{M1} \right)^{1-\sigma} \tau^{1-\sigma} + \frac{1-\lambda}{\mu} \left(\frac{\sigma}{\sigma-1} w_{M2} \right)^{1-\sigma} \right]^{1/1-\sigma}. \quad (3.80)$$

Um die räumlich gleichgewichtigen Lösungen zu erhalten, betrachtet Helpman (1995) den relativen Nutzen zwischen zwei Individuen in den Regionen. Aus der Nutzenfunktion (3.60) und der Gleichung (3.62) kann der Individualnutzen u_r (Pro-Kopf-Nutzen) in den Regionen bestimmt werden, indem durch die Anzahl an Arbeitskräften dividiert wird.³² Es ergibt sich

³² Abweichend zu Fujita, Krugman und Venables (2001) verwendet Helpman (1995) den Individualnutzen statt dem Reallohn. Wobei dies der Nutzen der industriellen Arbeitskräfte ist, da immobile landwirtschaftliche Arbeitskräfte unbeachtet bleiben.

$$u_1 = \left[\frac{H_1}{L_{M1}} \right]^{1-\mu} \left[\frac{\mu Y_1}{L_{M1} G_1} \right]^\mu \quad \text{und} \quad (3.81)$$

$$u_2 = \left[\frac{H_2}{L_{M2}} \right]^{1-\mu} \left[\frac{\mu Y_2}{L_{M2} G_2} \right]^\mu. \quad (3.82)$$

Der relative Nutzen eines Individuums folgt aus dem Quotienten der beiden Gleichungen (3.81) und (3.82):

$$\frac{u_1}{u_2} = \left[\frac{H_1}{H_2} \frac{L_{M2}}{L_{M1}} \right]^{1-\mu} \left[\frac{Y_1}{Y_2} \frac{G_2}{G_1} \frac{L_{M2}}{L_{M1}} \right]^\mu. \quad (3.83)$$

Ein Wert von eins bedeutet, dass die Arbeitskräfte in den Regionen das gleiche Nutzenniveau realisieren. Bei einem Wert von $u_1/u_2 < 1$ ist eine Arbeitskraft in der Region 1 schlechter gestellt, als in der Region 2. Für Werte von $u_1/u_2 > 1$ stellt sich dieser Sachverhalt aus Sicht einer Arbeitskraft der Region 2 dar.

Für die numerischen Simulationen müssen noch die entsprechenden Verhältnisse der Gleichungen des Einkommens, des Preisindex und des Nominallohns gebildet werden. Eine Standardisierung muss nicht vorgenommen werden, da sich die Fixkosten im Vergleich der Regionen eliminieren. Es ergibt sich für das Einkommen

$$\frac{Y_1}{Y_2} = \frac{1 + \frac{1-\mu}{\mu} \left(\frac{w_{M2}}{w_{M1}} \frac{L_{M2}}{L_{M1}} + 1 \right)}{\frac{w_{M2}}{w_{M1}} \frac{L_{M2}}{L_{M1}} + (1-\lambda) \frac{1-\mu}{\mu} \left(1 + \frac{w_{M2}}{w_{M1}} \frac{L_{M2}}{L_{M1}} \right)} \quad (3.84)$$

und für den Preisindex

$$\frac{G_2}{G_1} = \frac{1 + \frac{L_{M1}}{L_{M2}} \left(\frac{w_{M1}}{w_{M2}} \right)^{1-\sigma} \tau^{1-\sigma}}{\frac{L_{M1}}{L_{M2}} \left(\frac{w_{M1}}{w_{M2}} \right)^{1-\sigma} + \tau^{1-\sigma}}. \quad (3.85)$$

Zuletzt ist das Verhältnis der Nominallöhne in den Regionen zu bilden, welches die folgende Form annimmt:

$$\frac{w_{M1}}{w_{M2}} = \frac{1 + \frac{Y_2}{Y_1} \left(\frac{G_2}{G_1} \right)^{\sigma-1} \tau^{1-\sigma}}{\tau^{1-\sigma} + \frac{Y_2}{Y_1} \left(\frac{G_2}{G_1} \right)^{\sigma-1}}. \quad (3.86)$$

Werden für die numerischen Simulationen $\sigma = 2$ und $\mu = 0,6$ gewählt, wie es in der Abbildung Figure 3 bei Helpman (1995) der Fall ist, resultieren die in den Abbildungen 3.2.1(a) bis 3.2.1(e) dargestellten Ergebnisse.³³ Ersichtlich ist, dass entgegen den Ergebnissen des Grundmodells mit zunehmenden Transportkosten ein Zentrum-Peripherie-Muster das langfristig stabile Gleichgewicht darstellt. Bei eher geringen Transportkosten führt die Modellformulierung von Helpman (1995) zu räumlich stabile Lösungen bei einer Gleichverteilung der Arbeitskräfte auf die Regionen.

Die Abbildungen 3.2.1(b) bis 3.2.1(d) verdeutlichen, dass bei vergleichsweise hohen Transportkosten eine Gleichverteilung der Arbeitskräfte auf beide Regionen keine räumlich stabile Lösung ist. Ausgehend von einer Gleichverteilung zeigt sich beispielsweise in der Abbildung 3.2.1(c) im Punkt B, dass sich eine Arbeitskraft der Region 2 durch einen Umzug in die Region 1 besser stellen kann. Sie erreicht durch die Wanderung einen höheren Nutzen. Eine Betrachtung der Extrempunkte zeigt jedoch auch, dass die Arbeitskräfte in der Region 1 einen Anreiz haben in die Region 2 zu migrieren, sollten alle Arbeitskräfte in der Region 1 ansässig sein. Ihr Nutzen steigt, sobald sie in die Region 2 abwandern. Stellt die Region 2 die industrielle Agglomeration dar, ist ebenso ersichtlich, dass ein Anreiz zur Verlagerung von Arbeitskräften besteht. Da der in der Region 1 erreichbare Nutzen höhere Werte aufweist. Der Anreiz zu Wanderung bei vorliegender vollständiger Konzentration der industriellen Arbeitskräfte in einer der beiden Regionen findet in den Punkten A und C jeweils ein Ende. Diese Punkte markieren die Umkehr der Nutzenrelation im Vergleich der Regionen. Linksseitig des Punktes A liegt der Wert des Nutzens der Region 1 über dem der Region 2. Somit liegt ein Anreiz zur Abwanderung aus der Region 2 vor. Rechtsseitig des Punktes C stellt sich dies umgekehrt dar. Hier liegt der Nutzen, der in der Region 2 erzielt werden kann, über dem der Region 1, was zu Wanderungsbewegungen hin zur Region 2 führt. In dem Abschnitt zwischen den Punkten A und B in der Abbildung 3.2.1(c) kann der Nutzen aus Sicht der Arbeitskräfte in der Region 1 durch einen Umzug in die Region 2 gesteigert werden. Ähnlich verhält es sich im Abschnitt zwischen den Punkten B und C, hier führt eine Abwanderung aus der Region 2 zu einem höheren Nutzen der Individuen.

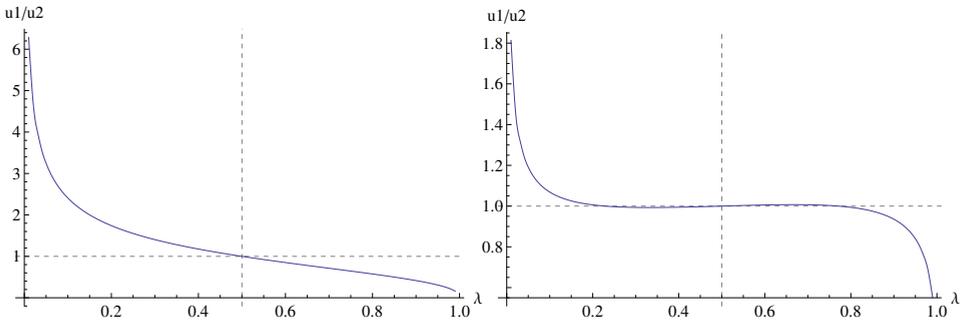
Sind all jene Punkte, zu denen keine Nutzendifferenz besteht, in einem τ - λ -Diagramm abgetragen, ergibt sich das Bifurkationsdiagramm für das Modell von Helpman (1995) mit den gewählten Parametern ($\sigma = 2$, $\mu = 0,6$). Die Abbildung 3.2.1(e) zeigt das entsprechende Diagramm. Die durchgezogenen Linien geben hierbei die stabilen räumlichen Gleichgewichte an. Wie sich bereits in der Abbildung 3.2.1(d) zeigt, verlagern sich mit

³³ Ferner ist für die Simulationen $L_{M1} = \lambda L_M$ und $L_{M2} = (1 - \lambda)L_M$ mit $L_M = 1$ gewählt.

3 Formale Elemente der New Economic Geography

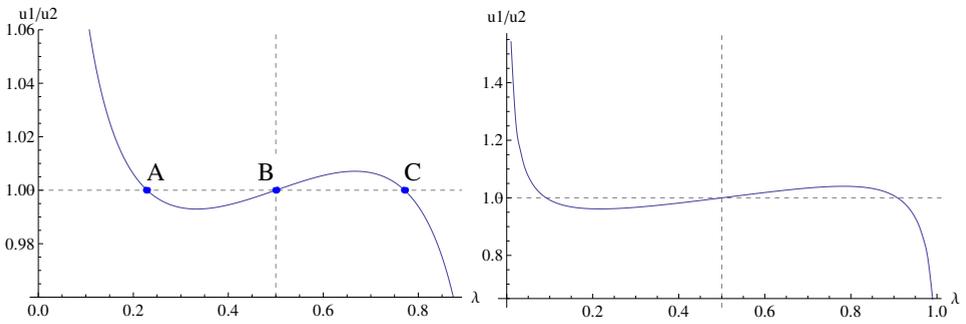
steigenden Transportkosten die Punkte A und C in Richtung einer vollständigen Konzentration der industriellen Arbeitskräfte in einer der beiden Regionen. Bestehen vergleichsweise geringe Transportkosten, erfolgt eine Dispersion der ökonomischen Aktivität im Raum mit jeweils gleich hohen Anteilen an industriellen Arbeitskräften.

Abbildung 3.2.1: Relation des Individualnutzens bei unterschiedlichen Transportkosten mit $\sigma = 2$ und $\mu = 0,6$



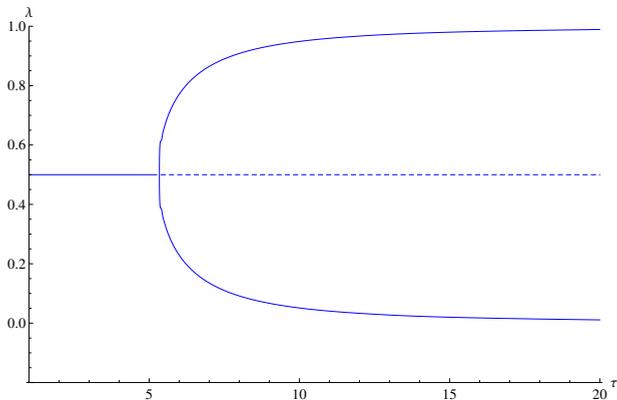
(a) $\tau = 1$

(b) $\tau = 6$



(c) $\tau = 6$, Ausschnitt gewählt wie Helpman (1995)

(d) $\tau = 8$



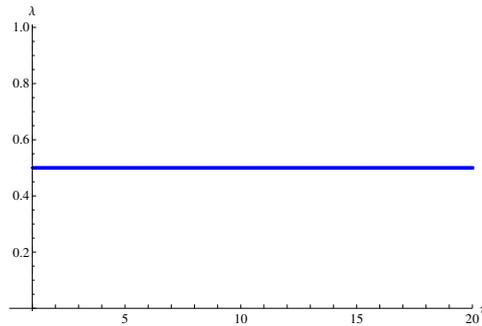
(e) Bifurkationsdiagramm für $u_1/u_2 = 1$, gestrichelte Linien geben instabile Gleichgewichte an

Quelle: Eigene Berechnung, Darstellung in Anlehnung an Helpman (1995).

3 Formale Elemente der New Economic Geography

Werden die Werte wie in den bisherigen Simulationen mit $\sigma = 5$ und $\mu = 0,4$ gesetzt, ergibt sich, dass nur die räumliche Gleichverteilung der Arbeitskräfte auf die Regionen ein langfristiges Gleichgewicht darstellt. Die nachfolgende Abbildung 3.2.2 verdeutlicht dies anhand des Bifurkationsdiagramms.

Abbildung 3.2.2: Langfristige Gleichgewichte bei unterschiedlichen Transportkosten mit $\sigma = 5$ und $\mu = 0,4$



Quelle: Eigene Darstellung, Berechnung in Anlehnung an Helpman (1995).

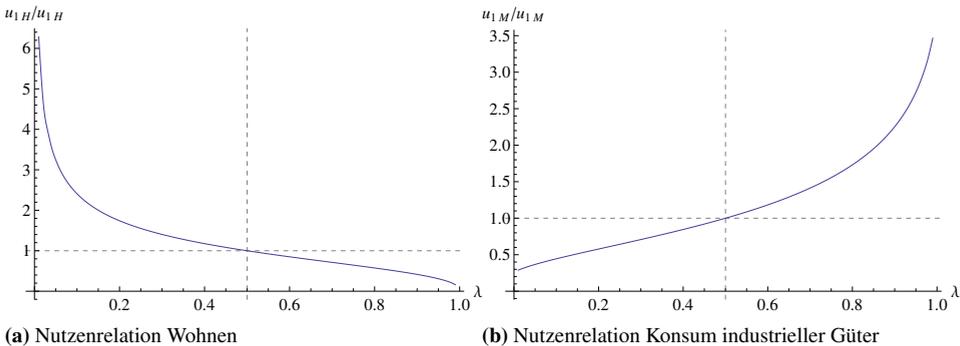
3.2.4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse des Modellansatzes von Helpman (1995) sind Resultat der relativen Verknappung eines fixen Immobilienbestandes bei zunehmender Anzahl an Arbeitskräften in einer Region. Hierdurch entsteht eine dispersive Kraft, die den Ballungstendenzen bei zunehmenden Transportkosten der industriellen Produktion entgegensteht. Die beiden Abbildungen 3.2.3(a) und 3.2.3(b) zeigen bei einem Transportkostensatz von $\tau = 6$ einerseits das Nutzenverhältnis in den Regionen durch den Konsum von Wohndienstleistungen und andererseits das durch den Konsum der industriellen Güter. Deutlich wird, dass der Nutzen, der mit Wohnen einhergeht, aus Sicht eines in der Region 1 lebenden Individuums mit zunehmender Agglomeration abnimmt und ab $\lambda = 0,5$ der Nutzen von Wohnen in der Region 2 aus Sicht der Arbeitskräfte in der Region 1 attraktiver erscheint. Für den Konsum der industriellen Güter ist der entgegengesetzte Verlauf ersichtlich. Hier steigt der Nutzen mit zunehmender Ballung.

Welcher dieser beiden Kräfte eine höhere Bedeutung besitzt, hängt, wie gezeigt, von der Parametersetzung für die Substitutionselastizität und der Güterkonsumzusammensetzung

der privaten Haushalte ab. Bei geringer Substitutionselastizität und einem höheren Ausgabenanteil für Konsumgüter als für Wohndienstleistungen resultiert bei steigenden interregionalen Transportkosten ein Zentrum-Peripherie-Muster. Dieses Ergebnis steht dem im Grundmodell abgeleiteten Verlauf bei steigenden Transportkosten entgegen. Werden die Parameter wie im Grundmodell gewählt, die einer Erhöhung der Substitutionselastizität (wahrgenommene Unterschiede zwischen den industriellen Gütern nehmen ab) und einer Verringerung des Anteils des industriellen Güterkonsums entsprechen, zeigt sich nur eine Gleichverteilung der ökonomischen Aktivität als räumlich stabiles Modellergebnis. Auf weitere Untersuchungen dieser Zusammenhänge wird verzichtet. Von Interesse für diese Arbeit ist, dass sich mit der Berücksichtigung eines Immobiliensektors in der Nutzenfunktion der Haushalte im Modell von Helpman (1995) für bestimmte Parameterkonstellationen die im Grundmodell aufgezeigten räumlichen Konzentrationsbewegungen bei steigenden Transportkosten umkehren können.

Abbildung 3.2.3: Zerlegung der Relation des Individualnutzens bei $\tau = 6$, $\sigma = 2$ und $\mu = 0,6$



Quelle: Eigene Darstellung, Berechnung in Anlehnung an Helpman (1995).

Bei den Modellergebnissen von Helpman (1995) ist für die Interpretation zu beachten, dass der Häuserbestand auf die gesamten Arbeitskräfte gleichmäßig verteilt ist und das Pro-Kopf-Einkommen hieraus unabhängig vom Ort einheitlich ausfällt (vgl. (3.75) und (3.76)). Räumlich differenzierte Einkommen aus der Vermietung von Wohnungen sind somit nicht berücksichtigt. Die Mietpreise sind synonym für den Nutzen aus Anmietung verwandt (Helpman 1995), welcher sich wie gezeigt mit den Werten von λ verändert. Das Einkommen aus Vermietung reagiert jedoch nicht räumlich differenziert aufgrund

von durch Zuzug und Fortzug veränderter Nachfrage. Eingang in die Simulationen findet ein veränderter Nutzen bei unterschiedlichen Graden an Ballung der Arbeitskräfte in den Regionen. Bei einem einheitlichen Bestand an Häusern in den Regionen, wie es hier in den nach Helpman (1995) nachvollzogenen Simulationen der Fall ist, reduziert sich der Individualnutzenvergleich für Wohndienstleistungen auf das Verhältnis der Anzahl an Arbeitskräften in den Regionen (vgl. hierzu die Gleichung (3.83)). Der Bestand an Häusern in den einzelnen Regionen hebt sich in diesem Fall beim Bilden der Verhältnisse auf und bleibt damit unbeachtet. Zudem ist anzumerken, dass Mietpreise oder auch Bodennutzung in den Kostenkalkülen der industriellen Unternehmen nicht betrachtet wurde. Wie im NEG-Grundmodell wird auch bei Helpman (1995) die Größe einer Region letztlich durch die Anzahl an Arbeitskräften bestimmt. Der einer Region zur Verfügung stehende Boden findet in dem Modell ebenfalls keine Berücksichtigung.

3.3 Erweiterungen mit Bezug zur Bodennutzung:

Der Modellansatz von Pflüger und Tabuchi (2008)

Pflüger und Tabuchi (2008) berücksichtigen in ihrem Ansatz zusätzlich zu einem Immobiliensektor die Kosten für die Bodennutzung, mit denen sich die industriellen Güterproduzenten konfrontiert sehen. Wie im Modell von Helpman (1995) ersetzen Pflüger und Tabuchi (2008) den Konsum landwirtschaftlicher Produkte durch die Wohnnutzung, wobei der Bestand an Immobilien ebenfalls einheitlich auf die Arbeitskräfte verteilt ist. Auch bei der Modellierung der Nachfrage der privaten Haushalte folgen Pflüger und Tabuchi (2008) dem Ansatz von Helpman (1995), weshalb für das Vorgehen zur Optimierung des Nutzens und zur Ableitung der optimalen Konsummengen auf das vorhergehende Unterkapitel verwiesen wird.³⁴ Der betrachtete individuelle Nutzen wie auch die Formulierung des Angebotes weichen von dem Ansatz von Helpman (1995) ab, weshalb beide nachfolgend dargestellt werden.

³⁴ Pflüger und Tabuchi (2008) verwenden in ihrem Ansatz eine leicht modifizierte Nutzenfunktion der Form $U = \frac{1}{(1-\mu)^{1-\mu}} M^\mu H^{1-\mu}$ statt wie Helpman (1995) von $U = M^\mu H^{1-\mu}$. Hierbei ergeben sich die gleichen optimalen Konsummengen und eine abweichende indirekte Nutzenfunktion, in der Art, dass die partiellen Elastizitäten nicht aufgeführt sind. Der Cobb-Douglas-Preisindex entspricht sich jedoch.

3.3.1 Einkommen und indirekter Nutzen

Das Einkommen in der Region r setzt sich aus dem Nominallohn w_{Mr} der Arbeitskräfte L_{Mr} und dem Einkommen aus der Vermietung $p_{HM_s}H_s$ zusammen:

$$Y_r = w_{Mr}L_{Mr} + \frac{L_{Mr}}{L_M} \sum_{s=1}^R p_{HM_s}H_s \quad (3.87)$$

mit $L_M = \sum_{r=1}^R L_{Mr}$, $r, s = 1, \dots, R$. Als individuellen indirekten Nutzen wählen Pflüger und Tabuchi (2008) das Pro-Kopf-Gesamteinkommen, welches durch den Cobb-Douglas-Preisindex realisiert wird:

$$v_r = \frac{Y_r/L_{Mr}}{G^\mu p_{HM_r}^{1-\mu}} \quad (3.88)$$

Hieraus folgt für die Simulationsrechnungen im Zwei-Regionen-Fall, dass als Entscheidungsgrundlage der industriellen Arbeitskräfte für eine mögliche Migration von einer in eine andere Region das Verhältnis des in den Regionen erreichbaren individuellen Nutzens herangezogen ist. Dieses nimmt die folgende Form an:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{Y_1}{Y_2} \frac{L_2}{L_1} \left(\frac{G_2}{G_1} \right)^\mu \left(\frac{p_{HM2}}{p_{HM1}} \right)^{1-\mu} \quad (3.89)$$

3.3.2 Angebot

Für die Produktion des industriellen Gutes wird im Modell von Pflüger und Tabuchi (2008) zusätzlich zum Arbeitseinsatz, der mit $l = F$ als fixer Einsatz gestaltet ist, ein variabler Einsatz an Boden $H = c_M q_{Mr}$ benötigt. Die Kosten eines Unternehmens für eine Gütervariante i lauten unter Berücksichtigung der Faktorkosten $w_{Mr}F + p_{HM_r}c_M q_{Mr}(i)$. Hierbei gibt p_{HM_r} den Preis für die Bodennutzung, c_M den marginalen Einsatz an Boden und q_{Mr} die produzierte bzw. nachgefragte Gütermenge an. Mit dem Preis p_{Mr} für die industriellen Güter lässt sich die Gewinnfunktion formulieren:

3 Formale Elemente der New Economic Geography

$$\begin{aligned}\Pi_r &= q_{Mr}p_{Mr} - (w_{Mr}F + p_{HM_r}c_Mq_{Mr}) \\ &= q_{Mr}(p_{Mr} - p_{HM_r}c_M) - w_{Mr}F.\end{aligned}\quad (3.90)$$

Maximieren der Gewinnfunktion und Verwenden der Gleichung (3.64) für die optimale Konsummenge liefert den Preis

$$p_{Mr} = \frac{\sigma}{\sigma - 1} p_{HM_r}c_M. \quad (3.91)$$

Unter der Annahme, dass die Unternehmen langfristig Nullgewinne realisieren, folgt aus der Gewinnfunktion der Preis

$$p_{Mr} = p_{HM_r}c_M + \frac{w_{Mr}}{q_{Mr}}F. \quad (3.92)$$

Aus den Gleichungen (3.91) und (3.92) resultiert für den Bodenpreis $p_{HM_r} = \frac{w_{Mr}}{q_{Mr}} \frac{F}{c_M} (\sigma - 1)$, was zu dem Nominallohnsatz

$$w_{Mr} = \frac{p_{Mr}q_{Mr}}{F\sigma} \quad (3.93)$$

führt. Da die Nachfrage nach Arbeitskräften dem fixen Input entspricht, folgt aus dem Arbeitsvolumen $L_{Mr} = n_r l$ die Anzahl an Unternehmen

$$n_r = \frac{L_{Mr}}{F}. \quad (3.94)$$

Um den Einsatz an Boden einer Region zu erhalten, ist H mit der Anzahl an Unternehmen in der Region zu multiplizieren, sodass $H_r = c_M q_{Mr} n_r$ folgt. Mit den Gleichungen (3.93), (3.91) und (3.63) ergibt sich

$$H_r = \frac{w_{Mr}}{p_{HM_r}} L_{Mr} (\sigma - 1) + \frac{(1 - \mu) Y_r}{p_{HM_r}}, \quad (3.95)$$

bzw. folgt nach dem Nominallohn umgestellt

$$w_{Mr} = \frac{p_{HM_r} H_r - (1 - \mu) Y_r}{L_{Mr}(\sigma - 1)}. \quad (3.96)$$

Die Gleichungen (3.91), (3.93) und (3.96) führen zu der Produktionsmenge unter Berücksichtigung des Einsatzes an Boden und des fixen Inputs an Arbeit von

$$q_{Mr} = \frac{p_{HM_r} H_r - (1 - \mu) Y_r}{L_{Mr} p_{HM_r}} \frac{F}{c_M}. \quad (3.97)$$

Anhand der Gleichungen (3.91), (3.93) und (3.97) zeigt sich, dass der Ab-Werk-Preis vom Nominallohn und vom Bodenpreis abhängt. Mit den Gleichungen lässt sich auch $w_{Mr} = \frac{p_{HM_r} H_r - (1 - \mu) Y_r}{(\sigma - 1) L_{Mr}}$ formulieren, respektive kann auch (3.96) betrachtet werden, woran deutlich wird, dass auch der Lohnsatz vom Bodenpreis abhängt.

Wird der industrielle Nominallohn aus den Gleichungen (3.93), (3.64) und (3.91) bestimmt, ist berücksichtigt, dass die produzierte auch der nachgefragten Menge an industriellen Gütern entspricht. Unter Berücksichtigung von Eisbergtransportkosten, die für die Beförderung der industriellen Güter zwischen den Regionen anfallen, folgt der Nominallohn

$$w_{Mr} = \frac{\left(\frac{\sigma}{\sigma-1} p_{HM_r} c_M\right)^{1-\sigma} \mu \left[\sum_{s=1}^R Y_s \tau_{rs}^{1-\sigma} G_s^{\sigma-1}\right]}{\sigma F}. \quad (3.98)$$

3.3.3 Simulationsgleichungen und numerische Modelllösungen im Zwei-Regionen-Fall

Um das Modell zu lösen, ist noch der Bodenpreis zu bestimmen. Pflüger und Tabuchi (2008) nehmen an, dass die Regionen gleich groß sind, was bedeutet, dass für den Bestand an Boden in den Regionen $H_1 = H_2 = H$ gilt. Den Bodenpreis in der Region 1 wählen sie als Numéraire ($p_{HM_1} = 1$) und die Arbeitskräfte sind wie üblich auf $L_M = 1$ normiert. Abweichend zu dem Vorgehen von Pflüger und Tabuchi (2008) wird hier nicht der Bodenpreis einer Region als Numéraire gesetzt. Stattdessen werden die Verhältnisse der regionalen Nominallöhne, der Preisindizes, der Gesamteinkommen und der Bodenpreise ermittelt, da dies aus dem individuellen indirekten Nutzenverhältnis (vgl. Gleichung (3.89)) folgt. Das Bodenpreisverhältnis p_{HM_1}/p_{HM_2} für den Zwei-Regionen-Fall ist dabei implizit aus den Gleichungen (3.95) und (3.87) bestimmbar. Mit den vorliegenden Annahmen und im

3 Formale Elemente der New Economic Geography

Zwei-Regionen-Fall folgt für die Ausstattung mit Boden

$$H_1 = H = \frac{w_{M1}L_{M1}(\sigma - 1)}{p_{HM1}} + \frac{(1 - \mu)Y_1}{p_{HM1}}, \quad (3.99)$$

$$H_2 = H = \frac{w_{M2}L_{M2}(\sigma - 1)}{p_{HM2}} + \frac{(1 - \mu)Y_2}{p_{HM2}} \quad (3.100)$$

und für das Einkommen in den Regionen

$$Y_1 = w_{M1}L_{M1} + L_{M1}(Hp_{HM1} + Hp_{HM2}), \quad (3.101)$$

$$Y_2 = w_{M2}L_{M2} + L_{M2}(Hp_{HM1} + Hp_{HM2}). \quad (3.102)$$

Aus den Gleichungen (3.99) und (3.101) sowie (3.100) und (3.102) können durch Einsetzen und Umstellen nach dem Nominallohn und dem Gesamteinkommen die folgenden Zusammenhänge in Abhängigkeit des Bodenpreises abgeleitet werden:

$$w_{M1} = \frac{p_{HM1}H(1 - (1 - \mu)L_{M1}) - (1 - \mu)p_{HM2}HL_{M1}}{(\sigma - \mu)L_{M1}}, \quad (3.103)$$

$$w_{M2} = \frac{p_{HM2}H(1 - (1 - \mu)L_{M2}) - (1 - \mu)p_{HM1}HL_{M2}}{(\sigma - \mu)L_{M2}} \quad (3.104)$$

und

$$Y_1 = \frac{p_{HM1}H(1 + (\sigma - 1)L_{M1}) + p_{HM2}HL_{M1}(\sigma - 1)}{(\sigma - \mu)}, \quad (3.105)$$

$$Y_2 = \frac{p_{HM2}H(1 + (\sigma - 1)L_{M2}) + p_{HM1}HL_{M2}(\sigma - 1)}{(\sigma - \mu)}. \quad (3.106)$$

Das Ins-Verhältnis-Setzen der Lösungen (3.103) und (3.104) sowie von (3.105) und (3.106) liefert für die Bodenpreise und die regionalen Gesamteinkommen

$$\frac{p_{HM1}}{p_{HM2}} = \frac{\frac{w_{M1}}{w_{M2}} \frac{L_{M1}}{L_{M2}} (1 - (1 - \mu)L_{M2}) + (1 - \mu)L_{M1}}{(1 - \mu) \frac{w_{M1}}{w_{M2}} L_{M1} + (1 - (1 - \mu)L_{M1})} \quad (3.107)$$

und

$$\frac{Y_1}{Y_2} = \frac{\frac{p_{HM1}}{p_{HM2}} (1 + (\sigma - 1)L_{M1} + (\sigma - 1)L_{M1})}{(1 + (\sigma - 1)L_{M2}) + \frac{p_{HM1}}{p_{HM2}} (\sigma - 1)L_{M2}}. \quad (3.108)$$

Der Quotient der Bodenpreise ist abhängig vom Nominallohnverhältnis, welches mittels der Gleichung (3.98) bestimmt werden kann. Es resultiert

$$\frac{w_{M1}}{w_{M2}} = \left(\frac{p_{HM1}}{p_{HM2}} \right)^{1-\sigma} \frac{1 + \frac{Y_2}{Y_1} \left(\frac{G_2}{G_1} \right)^{\sigma-1} \tau^{1-\sigma}}{\tau^{1-\sigma} + \frac{Y_2}{Y_1} \left(\frac{G_2}{G_1} \right)^{\sigma-1}}. \quad (3.109)$$

Damit ist die optimale Nachfrage nach den industriellen Gütern berücksichtigt. Außerdem sind über die Gleichung (3.95) die optimale Nachfrage nach Boden und die gewinnmaximalen Anforderungen beachtet. Zuletzt ist noch aus dem Zusammenhang $G_r = \left[\sum_{s=1}^R n_s p_{Ms}^{1-\sigma} \tau^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)}$ (vgl. zur Herleitung Gleichung (3.17)) das industrielle Preisindexverhältnis zu erheben, welches mit den Gleichungen (3.94) und der aus Gleichung (3.91) abzuleitenden Beziehung $p_{M1}/p_{M2} = p_{HM1}/p_{HM2}$ die Form

$$\frac{G_1}{G_2} = \left[\frac{L_{M1} \left(\frac{p_{HM1}}{p_{HM2}} \right)^{1-\sigma} + L_{M2} \tau^{1-\sigma}}{L_{M1} \left(\frac{p_{HM1}}{p_{HM2}} \right)^{1-\sigma} \tau^{1-\sigma} + L_{M2}} \right]^{1/(1-\sigma)} \quad (3.110)$$

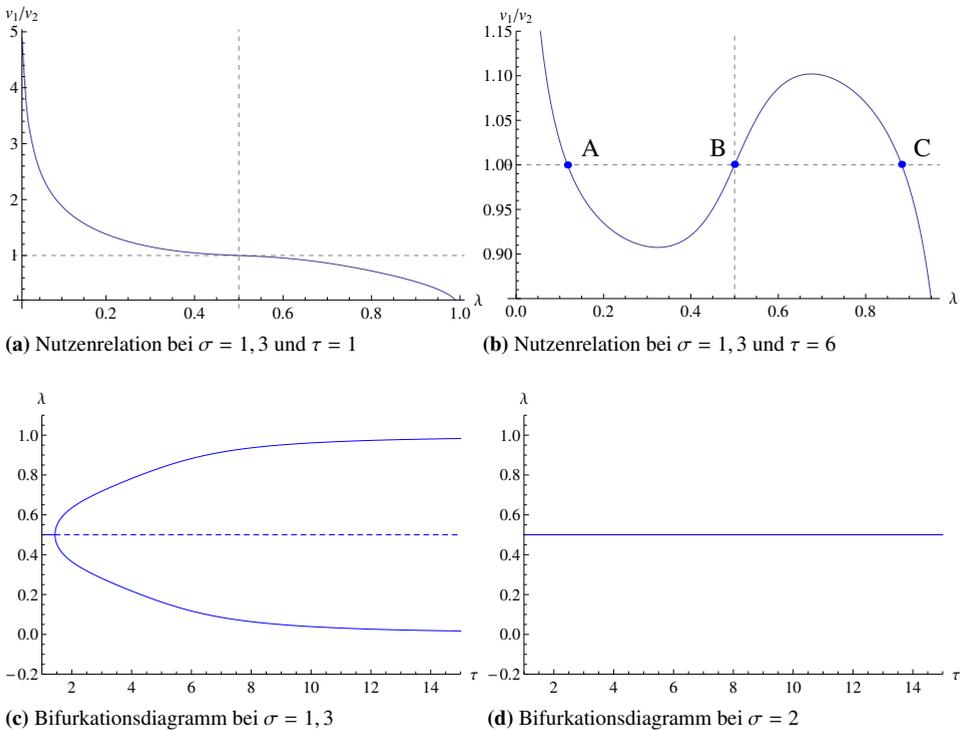
annimmt. Mit den aufgeführten Gleichungen (3.108) bis (3.110) und der Gleichung (3.89) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{Y_1}{Y_2} \frac{L_2}{L_1} \left(\frac{G_2}{G_1} \right)^\mu \left(\frac{p_{HM2}}{p_{HM1}} \right)^{1-\mu}$ für den Nutzen ist es möglich, durch Setzen von Startwerten für den Nominallohn die numerischen Simulationen durchzuführen.

Für die Werte $\sigma = 1,3$ sowie $\sigma = 2$ und $\mu = 0,6$ ergibt sich der in der Abbildung 3.3.1 dargestellte Verlauf. Die Abbildungen 3.3.1(a) bis 3.3.1(c) zeigen bei einer ausgeprägten Vorliebe für Gütervielfalt ein sich mit zunehmenden Transportkosten (ab $\tau \approx 1,4$) entwickelndes Zentrum-Peripherie-Muster. Der in Abbildung 3.3.1(b) zu sehende Verlauf der Nutzenrelation der beiden Regionen weist für λ -Werte kleiner als der Wert von Punkt A einen Wanderungsanreiz der Arbeitskräfte aus der Region 2 in Richtung Region 1 auf. Im Raum zwischen den Punkten A und B können sich die Arbeitskräfte besser stellen, wenn sie in Region 2 abwandern. Zwischen den Punkten B und C liegt der Nutzen in der Region 1 höher, was zu entsprechenden Wanderungen der Arbeitskräfte führt. Anreize zu weiteren Wanderungen, die zu einer zunehmenden Ballung der Arbeitskräfte jenseits des Punktes C in der Region 1 führen, sind nicht ersichtlich, da hier der Nutzen in der Region 2 höher liegt. Nimmt die Vorliebe für Gütervielfalt ab, ergibt sich ein langfristig stabiles räum-

3 Formale Elemente der New Economic Geography

liches Gleichgewicht bei einer Gleichverteilung der Arbeitskräfte. Die Modellergebnisse des Ansatzes nach Pflüger und Tabuchi (2008) entsprechen in ihren Zusammenhängen denen des Ansatzes nach Helpman (1995), wobei die Berücksichtigung von Boden als zusätzlicher Produktionsfaktor dazu führt, dass Agglomerationen selbst bei vergleichsweise hohen Transportkosten erst bei einer stark ausgeprägten Vorliebe für Güervielfalt auftreten.

Abbildung 3.3.1: Individualnutzenverhältnis und Bifurkationsdiagramm bei $\sigma = 1, 3$, $\sigma = 2$ und $\mu = 0, 6$



Quelle: Eigene Darstellung, Berechnung in Anlehnung an Pflüger und Tabuchi (2008).

3.3.4 Zusammenfassung

Wesentliches Ergebnis des Modells von Pflüger und Tabuchi (2008), welches Wohnen bei den privaten Haushalten und Boden als Produktionsfaktor bei den Unternehmen berücksichtigt, ist, dass sich Agglomerationen nur bei geringer Substitutionselastizität³⁵ zwischen den industriellen Gütern ausbilden können. Die dispersiven Kräfte des Bodenmarktes wirken bei realistischen Werten von σ zwischen sechs und acht stärker, als die agglomerierende Wirkung des industriellen Sektors (vgl. Pflüger und Tabuchi 2008). Pflüger und Tabuchi (2008) merken an, dass für die Erklärung von Ballungen der ökonomischen Aktivität weitere Agglomerationskräfte zu berücksichtigen sind. Ein Überblick über die Kombinationen, zu denen eine symmetrische Aufteilung nicht mehr stabil ist, findet sich bei Pflüger und Tabuchi (2008) im Anhang ihres Diskussionsbeitrages.

Wie bereits Helpman (1995) gehen Pflüger und Tabuchi (2008) davon aus, dass die Einkommen aus dem Bodenmarkt einheitlich auf die Arbeitskräfte verteilt sind. Für Rückschlüsse auf die Verteilung der Arbeitskräfte auf die Regionen wird als relevante Größe das Gesamteinkommen pro Kopf betrachtet, welches sich aus dem Einkommen aus Erwerbstätigkeit im industriellen Sektor und aus Immobilieneinkünften zusammensetzt. Zu bedenken ist, dass die Einkünfte aus Kapital- und Immobilienanlagen nicht einheitlich verteilt sind. So besitzen im Jahr 2008 die vermögendsten 20 Prozent rund 75 Prozent des Nettoimmobilienvermögens (vgl. Clamor und Henger 2013). Auch wird im Modell keine Unterteilung in Wohnbauten und Nichtwohnbauten, bzw. in die entsprechende Bodennutzung vorgenommen. Beim Betrachten der numerischen Ergebnisse ist zudem zu beachten, dass sich für die Unternehmen die Kosten der Bodennutzung variabel gestalten. Somit sind keine, sich aus der Bodennutzung ergebenden, sinkenden Durchschnittskosten über eine Fixkostendegression modelliert. Letztlich wird wie bei Helpman (1995) die Größe einer Region über den Anteil an Arbeitskräften definiert.

3.4 Zusammenfassung des Kapitels 3

Mit diesem Kapitel sind die formalen Grundlagen des NEG-Standardmodells eingeführt und im Kontext dessen zwei wesentliche Erweiterungen diskutiert, die einen Bodenmarkt berücksichtigen. Agglomerationen erklären sich im Grundmodell durch Anreize zur Ballung der Industrie und der mobilen Arbeitskräfte. Diese sind Kostenersparnisse oder Preis-

³⁵ Ein kleiner Wert von σ entspricht einer hohen Vorliebe für Gütervielfalt.

vorteile (Preisindexeffekt) und Vorteile eines großen Absatzmarktes (Heimatmarkteffekt). Dem entgegen steht ein Wettbewerbseffekt, der aus zunehmender Nachfrage nach Produktionsfaktoren resultiert und den Preisvorteilen entgegenwirkt. Eine Agglomeration bildet sich im Zwei-Regionen-Zwei-Sektoren-Modell aus, wenn die Transportkosten für den interregionalen Güterhandel hinreichend niedrig sind. Hierbei treten, trotz bestehender Transportkosten für den regionalen Im- und Export, Größenvorteile der Produktion und weitere Preisvorteile u. a. durch Transportkosteneinsparungen bei Nachfragekonzentration auf. Die vorgestellten Erweiterungen setzen insbesondere an dem dispers wirkenden Wettbewerbseffekt an. Das von Helpman (1995) erweiterte Modell unterscheidet sich vom Grundmodell durch drei Aspekte: Erstens ist der immobile landwirtschaftliche Sektor durch einen Immobiliensektor ersetzt. Zweitens werden nur industrielle Arbeitskräfte betrachtet und drittens ist ein bei zunehmender Konzentration steigender Immobilienpreis eingeführt. Im Modell von Pflüger und Tabuchi (2008) stellt der Immobiliensektor zusätzlich einen Kostenfaktor für die Produktion der industriellen Gütern dar und wirkt ebenfalls den Ballungskräften der Industrie und der Arbeitskräfte entgegen.

Wesentliche Erkenntnis des Modellvergleichs ist, dass die zusätzlich eingeführten – und mit zunehmender Konzentration der Arbeitskräfte und Industrie steigenden – Immobilienpreise zu erheblichen, einer Agglomeration entgegenwirkenden Kräften führen. Während sich im Grundmodell eine Gleichverteilung der Industrie erst ab einem bestimmten Transportkostensatz ergibt, resultiert in den beiden Erweiterungen bei niedrigen Transportkosten eine Gleichverteilung und bei zunehmenden Transportkosten eine Konzentration. Die steigenden Immobilienpreise wirken bei niedrigen Transportkosten den Ballungsvorteilen entgegen. Während steigende Transportkosten zu Zentrum-Peripherie-Mustern führen können, da hierdurch die Transportkosten vermieden und Konzentrationsvorteile genutzt sind. Zu beachten ist, dass sich für die Erweiterungen erst bei niedrigen Werten der Substitutionselastizität Zentrum-Peripherie-Muster zeigen. Die Vorliebe für ein großes Angebot an differenzierten industriellen Gütern ist hierbei hoch.

Aus Sicht einer Region, die aufgrund einer zunehmenden Konzentration mit den Preiserhöhungen der Bodennutzung umzugehen hat, ist es interessant, die Bodennutzung und Raumüberwindungskosten umfassender zu diskutieren. Insbesondere können im Vergleich der Regionen erhebliche Unterschiede in der Ausstattung mit Ressourcen bestehen. Diese müssen nicht, wie in den bisherigen Erweiterungen angenommen, einheitlich auf die Regionen aufgeteilt vorliegen. So kann beispielsweise eine Region über mehr Boden verfügen oder bereits einen höheren Bestand an Immobilien aufweisen. Zudem mögen unter-

schiedliche Segmente des Immobilienmarktes bestehen. So wird in der Regel in Bodennutzungsformen für Industrie/Gewerbe, Wohnen und Landwirtschaft unterschieden, auf die regionale Planer Einfluss nehmen.

Auch ist es interessant, die Annahmen eines einheitlichen Immobilieneinkommens pro Kopf, welches unabhängig von der regionalen Nachfrage ist, aufzugeben. Denn es ist davon auszugehen, dass das regionale Gesamteinkommen auch dadurch beeinflusst ist, ob Einkünfte aus dem Boden- und Immobilienmarkt in einer Region verbleiben oder aus ihr abfließen. Im folgenden Kapitel sind die soeben genannten Aspekte diskutiert. Um auch die Raumüberwindung innerhalb einer Region abzubilden, sind zudem intraregionale Transportkosten berücksichtigt.

4 Boden, Regionsgröße, inter- und intraregionale Transportkosten im NEG-Modell

Ziel der New Economic Geography ist es, systematisch die wirkenden Kräfte für eine Agglomeration oder Dispersion von Produktion und Beschäftigung im Raum zu diskutieren. Fujita drückt dies wie folgt aus:

„The defining issue of the new economic geography is how to explain the formation of a large variety of economic agglomeration (or concentration) in geographical space.“ (Fujita und Krugman 2004, S. 140)

Eine wesentliche Bedeutung kommt damit dem verwandten Raumbegriff zu. In dem Modell von Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 45 ff.) wird der Raum über Kosten zur Raumüberwindung beim Transport von Gütern zwischen Regionen abgebildet. Die weiter unten dargestellten Modellergebnisse berücksichtigen Raum zusätzlich als Gut, indem Boden sowohl für den Produktionsprozess der industriellen und landwirtschaftlichen Güter als auch zum Wohnen benötigt wird. Die Modellierung ist an die der NEG-Modelle von Fujita, Krugman und Venables (2001) angelehnt, wobei Raum erstens in Form von verfügbarem Boden und zweitens durch Transportkosten abgebildet wird, die bei einem Gütertransport innerhalb einer Region und zwischen Regionen anfallen. Im Unterschied zu bisherigen Erweiterungen ist die Bodennutzung in drei Marktsegmente unterteilt und in der Produktion wie auch im Konsum in Form von Cobb-Douglas-Funktionen berücksichtigt. Insgesamt liegt ein 2-Regionen-3-Sektoren-Modell vor.

Raum bzw. Boden stellt damit ein knappes Gut dar, welches in die Kalküle der Wirtschaftssubjekte einfließt. Unternehmen nehmen für die Produktion von Gütern Boden in Anspruch sowie die Arbeitskräfte Boden für Wohnraum benötigen. Untersucht ist, welche räumliche Verteilung der ökonomischen Aktivität im Raum folgt, wenn neben der

Industrie und der Haushalte, die Landwirtschaft Boden nachfragt. Die Bodenaufteilung ist hierbei exogen gegeben, um unterschiedliche Szenarien zu betrachten, die beispielsweise historisch bedingt vorliegen oder auch durch einen Planer gegeben sein können. Um die Raumüberwindung innerhalb der Region zu berücksichtigen, werden in einem weiteren Schritt Transportkosten hinzugefügt, die bei Güterbewegungen innerhalb einer Region anfallen (intraregionale Transportkosten) und in Anlehnung an die Größe der Region gestaltet sind.

Weitere bisher nicht im Rahmen der NEG diskutierte Aspekte sind die der Bodenverfügbarkeit in Verbindung mit der Bodenplanung. In Ballungsräumen kann beispielsweise der für Wohnzwecke zur Verfügung stehende Boden auf Kosten einer anderen Nutzungsform ausgeweitet werden, um bei einem Zuzug von Arbeitskräften einem Preisdruck auf die von den privaten Haushalten zu zahlenden Mieten und Immobilienpreise zu begegnen. Um den Einfluss der Bodennutzungsplanung und des verfügbaren Bodens einer Region zu diskutieren, sind diese Aspekte in einer einfachen Form berücksichtigt. Der verfügbare Boden stellt hierbei in seiner physischen Summe über alle Nutzungsformen den betrachteten Boden dar, der einer Ökonomie in einem abgegrenzten Territorium (Region) zur Verfügung steht. Dieser Boden ist wiederum in die drei Nutzungsformen unterteilt. Die Summe des Bodens aller Regionen entspricht nun ebenfalls dem gesamten betrachteten Boden, an dem die einzelnen Regionen jeweils einen Anteil besitzen, der zugleich die Größe einer Region angibt.³⁶

Für die Produktion von industriellen und landwirtschaftlichen Gütern sowie für die Wohnnutzung durch die industriellen Arbeiter muss Boden in Anspruch genommen werden. Die Wohnnutzung der landwirtschaftlichen Arbeiter wird vernachlässigt, bzw. wird angenommen, dass diese auf dem Hof wohnen und den Preis für die Wohnnutzung nicht beeinflussen. Es entsteht damit zwischen dem industriellen und dem landwirtschaftlichen Sektor und den privaten Haushalten des industriellen Sektors eine Konkurrenz um den Boden in einer Region. Helpman (1995) folgend ist angenommen, dass die Einkommen aus der Bodennutzung in das Gesamteinkommen einer Region eingeht.³⁷ Für die Diskussion der räumlichen Gleichgewichte wird wie bei Fujita, Krugman und Venables (2001) der

³⁶ Im Folgenden sind die Begriffe Boden, Raum, Fläche und – als analoger Begriff für die privaten Haushalte – der Begriff Wohnen synonym verwandt.

³⁷ Diese Annahme kann zur Diskussion von räumlichen Wirkungen von Einkommenstransfers oder regional uneinheitlichen Eigentumsstrukturen aufgelöst werden. Denkbar sind Situationen, in denen beispielsweise die Landwirtschaft einer Region Eigentümerin des Bodens ist (vgl. hierzu beispielsweise Borck und Pflüger 2015), welcher zur Ausweitung der industriellen Standorte und zum Wohnen in den Regionen benötigt wird. Hieraus können Einkommenstransfers zwischen den Regionen und/oder den Sektoren folgen.

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

Reallohn der industriellen Arbeiter betrachtet. Dies erfolgt zum einen aufgrund der in der Realität³⁸ ungleichen Verteilung des Immobilienvermögens. Zum anderen wird in dieser Arbeit das Einkommen aus Erwerbstätigkeit als langfristige Entscheidungsgrundlage für eine Migration der Arbeitskräfte betrachtet. Für den Bodensektor wird auf eine explizite Modellierung verzichtet, es wird unterstellt, dass die Preisbildung dem Verhältnis des genutzten zum verfügbaren Boden folgt (vgl. Pflüger und Tabuchi 2008).

Wie in den NEG-Modellen üblich ist angenommen, dass der industrielle Sektor mit fallenden Durchschnittskosten unter monopolistischer Konkurrenz produziert und die anderen Sektoren mit konstanten Skalenerträgen unter vollständigem Wettbewerb. Die landwirtschaftlichen Arbeiter sind immobil und auf die Regionen einheitlich verteilt. Währenddessen sind die industriellen Arbeitskräfte mobil und ziehen langfristig in die Region, in der sie den höchsten Reallohn erzielen.

Der in dieser Arbeit vorgestellte Modellansatz erweitert die Diskussion über die räumliche Verteilung der wirtschaftlichen Aktivität, indem ein umfassenderer Raumbegriff in die NEG eingeführt wird. Dies erfolgt durch die Berücksichtigung des insgesamt für alle Regionen und des für die einzelnen Regionen zur Verfügung stehenden Bodens. Anhand der Unterteilung in drei Bodennutzungsformen ist es möglich, Auswirkungen von regional unterschiedlicher Bodennutzung bei gleich oder auch unterschiedlich großen Regionen zu betrachten. Der einer Region zur Verfügung stehende Boden wie auch seine Aufteilung nehmen über Bodennutzungspreise Einfluss auf das langfristige räumliche Gleichgewicht. Letztlich ist die bei einem Gütertransport zurückzulegende Strecke innerhalb einer Region durch intraregionale Transportkosten modelliert. Somit ist der Raum/die Größe einer Region durch die Bodenressourcen und die intraregionalen Transportkosten berücksichtigt.

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

Modelliert sind die Regionen r und s , denen jeweils ein bestimmter Anteil an Boden zur Verfügung steht, der auf die einzelnen Nutzungsformen aufgeteilt ist. Unterschieden ist in

³⁸ In einer Auswertung von Mikrodaten durch das IW-Köln zeigt sich beispielsweise für Deutschland, dass die vermögendsten 20 % der Bevölkerung rund 75 % des Nettoimmobilienvermögens besitzen (vgl. Clamor und Henger 2013). Innerhalb der Europäischen Union zeigt sich ein regional unterschiedlicher Anteil an Haushalten, denen die Immobilie gehört, in der sie wohnen. Dieser reicht beispielsweise von rund 44 % in Deutschland bis rund 90 % in der Slowakei (vgl. Arrondel et al. 2014). Hierbei ist die Verteilung innerhalb der Länder auf einzelne Bevölkerungsgruppen ungleich.

verfügbaren und in nachgefragten Boden, was wesentlich für die Preismodellierung der Bodennutzung nach den Bodenmarktsegmenten ist. Die Bodenaufteilung der Regionen ist beschrieben durch die Anteile b_r und b_s am gesamten zur Verfügung stehenden Boden B . Der verfügbare Boden einer Region ergibt sich aus der Multiplikation des Anteils mit dem gesamten verfügbaren Boden. Damit folgt für den Boden in der Region r : $B_r = b_r B$ und für die Region s : $B_s = b_s B$. Der Boden innerhalb einer Region, beispielsweise in der Region r , teilt sich in verfügbaren Boden für die Industrie $b_{Mr,frac}$, die Landwirtschaft $b_{Ar,frac}$ und Wohnen $b_{Hr,frac}$ auf, wobei $b_{Mr,frac} + b_{Ar,frac} + b_{Hr,frac} = 1$ gilt. Für die Sektoren in den Regionen r und s lässt sich der verfügbare Boden durch die folgenden Ausdrücke angeben, die hier beispielhaft für die Region r dargestellt sind³⁹:

$$B_{Mr,re} = b_r B b_{Mr,frac}, \quad (4.1)$$

$$B_{Ar,re} = b_r B b_{Ar,frac}, \quad (4.2)$$

$$B_{Hr,re} = b_r B b_{Hr,frac}. \quad (4.3)$$

Der von den Sektoren in Anspruch genommene Boden ergibt sich aus der Anzahl der Arbeitskräfte, multipliziert mit einem spezifischen Bodenbedarf pro Kopf. Die spezifischen Werte bilden sich, indem die gesamtwirtschaftlichen Werte der Bodenaufteilung für die Sektoren durch die Anzahl der relevanten Arbeitskräfte der Sektoren geteilt werden.⁴⁰ Die Arbeitskräfte der Industrie sind mit L_M und die der Landwirtschaft mit L_A bezeichnet. Die Summe der Arbeitskräfte L ist dabei auf eins normiert:

$$L = L_M + L_A = 1. \quad (4.4)$$

Der insgesamt betrachtete Boden B ist für die Berechnung der spezifischen Werte in Boden für Industrie B_M , Boden für Landwirtschaft B_A und Boden zur Wohnnutzung B_H unterteilt, wobei der Gesamtwert B ebenfalls auf eins normiert ist,

$$B = B_M + B_A + B_H = 1. \quad (4.5)$$

³⁹ Das Subskript *re* steht für "[re]source", die verfügbare Ressource, und *frac* für "[frac]tion", den Anteil.

⁴⁰ Für die Wohnnutzung sind, aufgrund der Annahme immobilier landwirtschaftlicher Arbeitskräfte und der Annahme, dass diese den Bodennutzungspreis für Wohnen nicht beeinflussen, nur die mobilen Arbeitskräfte der Industrie betrachtet.

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

Für die einzelnen Sektoren stellen sich die spezifischen Werte des Bodenbedarfs pro Kopf damit wie folgt dar:

$$k_M = \frac{B_M}{L_M}, \quad (4.6)$$

$$k_A = \frac{B_A}{L_A}, \quad (4.7)$$

$$k_H = \frac{B_H}{L_M}. \quad (4.8)$$

Für die Kosten der Raumüberwindung werden, wie in den NEG-Modellen üblich, Eisbergtransportkosten angenommen. Hierdurch wird die Modellierung eines Transportsektors vermieden. Diese Form von Transportkosten bedeutet, dass auf dem Weg ein Teil des transportierten Gutes „schmilzt“. Entsprechend den Kosten für den zurückzulegenden Weg muss ein Vielfaches auf den Weg geschickt werden. Damit führen die Transportkosten aus Sicht des Empfängers zu einem Aufschlag gegenüber dem Ab-Werk-Preis, der hier mit τ bezeichnet ist.

Nachfolgend ist schrittweise die Modellherleitung wiedergegeben, die zu einem nicht-linearen Gleichungssystem führt, welches die Grundlage für numerische Simulationen bildet. Zielgrößen sind hierbei die regionalen Reallöhne. In den Simulationen sind zu verschiedenen Parameterkonstellationen Punkte gesucht, bei denen keine Reallohndifferenz zwischen den Regionen besteht. Ist ein solcher Zustand erreicht, liegt ein räumliches Gleichgewicht für die Verteilung der Arbeitskräfte und der Produktion auf die Regionen vor.

4.1.1 Nachfrage

Die Konsumenten weisen eine Cobb-Douglas-Nutzenfunktion für die Güter der drei Sektoren Industrie, Landwirtschaft und Boden auf.⁴¹ Die Sektoren sind in der Cobb-Douglas-Nutzenfunktion multiplikativ miteinander verbunden, wobei Exponenten sie gewichten. Aufgeteilt ist die Nachfrage auf differenzierte industrielle Güter M (Sektor M) mit dem

⁴¹ An dieser Stelle soll auf zwei Veröffentlichungen hingewiesen werden, die parallel während der Manuskripterstellung der vorliegenden Arbeit erschienen sind. Das sind Wang und Yang (2014) und Wang (2016). In den beiden Beiträgen wird ebenfalls die Aufteilung des Konsums der privaten Haushalte auf die heterogenen industriellen Güter, das homogene landwirtschaftliche Gut und Wohnen vorgenommen. In der Produktionsfunktion der Industrie oder bei der landwirtschaftlichen Produktion ist der Einsatz von Boden hingegen nicht berücksichtigt.

4 Boden, Regionsgröße, inter- und intraregionale Transportkosten im NEG-Modell

Exponenten μ_M , auf landwirtschaftliche Erzeugnisse A (Sektor A) mit dem Exponenten μ_A , sowie auf Wohndienstleistung $B_{H,d}$ (Sektor B_H) mit dem Exponenten μ_H . Die Exponenten addieren sich in der hier verwendeten Cobb-Douglas-Nutzenfunktion zu eins, womit zugleich der Homogenitätsgrad angegeben ist. Da sich die Exponenten zu eins addieren, entspricht der jeweilige Exponent dem Konsumanteil des Gutes. Die folgende Nutzenfunktion wird verwendet:

$$U = M^{\mu_M} A^{\mu_A} B_{H,d}^{\mu_H} \quad (4.9)$$

mit $\mu_M + \mu_A + \mu_H = 1$.

Für die differenzierten Güter des Sektors M ist weiterhin eine CES-Subnutzenfunktion⁴² der Form

$$M = \left[\int_0^n (m(i))^\rho di \right]^{\frac{1}{\rho}} \quad (4.10)$$

angenommen, mit $0 < \rho < 1$.

In der Subnutzenfunktion gehen die unterschiedlichen Gütervarianten dabei symmetrisch ein, was wiederum Auswirkungen für die Anbieter von differenzierten industriellen Produkten hat. Es bedeutet, dass jeder Anbieter letztlich einen gleich großen Marktanteil hält. Der Parameter ρ in der Subnutzenfunktion zeigt die Vorliebe für Gütervielfalt an. Die in der Gleichung (4.10) angegebenen Grenzen für ρ ergeben sich aus folgender Argumentation: Ist $\rho = 1$, folgt $M = \int_0^n (m(i)) di$ und die Gütervielfalt für den Konsumenten ist unerheblich, Gütervarianten sind perfekte Substitute. Andererseits folgt mit $\rho = 0$, dass die Gütervarianten komplementär zueinander wahrgenommen werden.

Aufgrund der Subnutzenfunktion ergibt sich eine zweistufige Verfahrensweise um die nutzenmaximalen Gütermengen zu bestimmen. In einem ersten Schritt erfolgt die Maximierung des Nutzens unter der Vorgabe der gesamten Ausgaben E , die zugleich dem gesamten Einkommen Y entsprechen. Auf der zweiten Stufe sind die Ausgaben für die differenzierten Güter minimiert und den, auf der ersten Stufe ermittelten, nutzenmaximalen Aggregaten gleichgesetzt. Für die Konsumenten gilt beim Konsum der differenzierten industriellen Güter der Preisindex G , für das landwirtschaftliche Gut der Preis p_A und der Preis p_{BH} als Bodennutzungspreis. Durch Multiplikation der konsumierten Menge des jeweiligen Gutes mit dem zugehörigen Preis ergeben sich die Ausgaben

⁴² Die Buchstaben *CES* stehen hierbei für Constant Elasticity of Substitution – konstante Substitutionselastizität.

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

$$E = GM + p_A A + p_{BH} B_{H,d}. \quad (4.11)$$

Diesen Ausgaben stehen die Einnahmen der Konsumenten aus Arbeit und dem Bodensektor gegenüber. Die Arbeitskräfte erhalten einen industriellen Lohn von w_M , einen landwirtschaftlichen Lohn von w_A und die Einkünfte y_B aus dem Bodensektor:

$$Y = w_M L_M + w_A L_A + y_B, \quad (4.12)$$

wobei L_M für die Anzahl der industriellen und L_A für die Anzahl landwirtschaftlicher Arbeiter steht. Die Einnahmen aus dem Bodensektor ergeben sich aus der Menge des genutzten Bodens multipliziert mit dem Preis:

$$y_B = B_{M,d} p_{BM} + B_{A,d} p_{BA} + B_{H,d} p_{BH}. \quad (4.13)$$

Die Subskripte H , M und A stehen für *[H]ousing*, *[M]anufacturing*, *[A]griculture* und d für Nachfrage. Dementsprechend steht $B_{M,d}$ für die in Anspruch genommene Menge an Boden der Industrie und p_{BM} ist der dazugehörige Preis.

Das zu lösende Nutzenmaximierungsproblem der Konsumenten kann nun wie folgt formuliert werden:

$$\max \rightarrow U = M^{\mu_M} A^{\mu_A} B_{H,d}^{\mu_H} \text{ s.t. } Y = GM + p_A A + p_{BH} B_{H,d} \quad (4.14)$$

bzw. als Lagrange-Formulierung:

$$\mathcal{L}(M, A, B_{H,d}, \kappa) = M^{\mu_M} A^{\mu_A} B_{H,d}^{\mu_H} - \kappa (GM + p_A A + p_{BH} B_{H,d} - Y). \quad (4.15)$$

Die partiellen Ableitungen erster Ordnung lauten:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial M} = \mu_M M^{\mu_M - 1} A^{\mu_A} B_{H,d}^{\mu_H} - \kappa G \stackrel{!}{=} 0, \quad (4.16)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial A} = \mu_A M^{\mu_M} A^{\mu_A - 1} B_{H,d}^{\mu_H} - \kappa p_A \stackrel{!}{=} 0, \quad (4.17)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial H} = \mu_B M^{\mu_M} A^{\mu_A} B_{H,d}^{\mu_H - 1} - \kappa p_H \stackrel{!}{=} 0, \quad (4.18)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \kappa} = GM + p_A A + p_{BH} B_{H,d} - Y \stackrel{!}{=} 0. \quad (4.19)$$

Durch Umstellen und Gleichsetzen der partiellen Ableitungen lassen sich die nutzenoptimalen Mengen der ersten Stufe bestimmen. Aus den Gleichungen (4.16) und (4.17), (4.16) und (4.18), (4.17) und (4.18) folgen:

$$A p_A \frac{1}{\mu_A} = M G \frac{1}{\mu_M}, \quad (4.20)$$

$$B_{H,d} p_{BH} \frac{1}{\mu_H} = M G \frac{1}{\mu_M}, \quad (4.21)$$

$$A p_A \frac{1}{\mu_A} = B_{H,d} p_{BH} \frac{1}{\mu_H}. \quad (4.22)$$

Die Verwendung von (4.19), (4.20) und (4.22) ergibt, dass die in monetären Einheiten gemessene optimale Menge an landwirtschaftlichen Gütern genau dem Anteil der Ausgaben des Konsumenten für diese Güter multipliziert mit dem Einkommen entspricht:

$$\mu_A Y = A p_A. \quad (4.23)$$

Analoges Vorgehen für die restlichen Gleichungen führt zu den optimalen Mengen in Verbindung mit dem für die Güter aufzubringenden Preis,

$$\mu_M Y = M G \quad \text{und} \quad (4.24)$$

$$\mu_H Y = B_{H,d} p_{BH}. \quad (4.25)$$

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

Anhand der Gleichungen (4.23) bis (4.25) und (4.9) lässt sich die indirekte Nutzenfunktion

$$U = \mu_M^{\mu_M} \mu_A^{\mu_A} \mu_H^{\mu_H} \frac{Y}{G^{\mu_M} P_A^{\mu_A} P_{BH}^{\mu_H}} \quad (4.26)$$

bestimmen, die mit $G^{-\mu_M} P_A^{-\mu_A} P_{BH}^{-\mu_H}$ den Preisindex der Lebenshaltung angibt.

Bei der Optimierung der Subnutzenfunktion (4.10) ergibt sich das folgende zu lösende Problem: Die Ausgaben der differenzierten Güter sind unter Vorgabe der optimalen Menge zu minimieren:

$$\min \rightarrow \int_0^n m(i) p_M(i) di \quad \text{s.t.} \quad \left[\int_0^n m(i)^\rho di \right]^{\frac{1}{\rho}} = M^*. \quad (4.27)$$

Das Problem wird wie im Grundmodell (siehe Kapitel 3.1) mit Hilfe des Lagrange-Ansatzes für zwei Güterarten i und j des industriellen Güterangebots gelöst:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}(i, j, \kappa) = & \int_0^i m(i) p_M(i) di + \int_i^j m(j) p_M(j) dj \\ & - \kappa \left(\left[\int_0^i m(i)^\rho di + \int_i^j m(j)^\rho dj \right]^\rho - M \right). \end{aligned} \quad (4.28)$$

Werden die Ableitungen erster Ordnung gebildet und gleichgesetzt, resultiert die Menge für das Gut i in Abhängigkeit von der Menge des Gutes j und dem Preisverhältnis der beiden Güter zueinander:

$$m(i) = \left(\frac{p_M(i)}{p_M(j)} \right)^{\frac{1}{\rho-1}} m(j). \quad (4.29)$$

Durch Substituieren der Gleichungen (4.28) in (4.10) ist die optimale Menge M berücksichtigt und Auflösen nach der Gütervariante j ergibt:

$$m(j) = p_M(j)^{\frac{1}{\rho-1}} \frac{M}{\left[\int_0^i p_M(i)^{\frac{\rho}{\rho-1}} di \right]^{\frac{1}{\rho}}}. \quad (4.30)$$

Die Berücksichtigung des Preises für die Variante j und des Integrals über alle Güterva-

rianten des industriellen Gutes liefert die gesamten Ausgaben für die industriellen Güter, die ebenso durch die Gleichung (4.24) mit GM angegeben sind:

$$\int_0^n p_M(j)m(j) dj = \int_0^n p_M(j)^{\frac{\rho}{\rho-1}} \frac{M}{\left[\int_0^i p_M(i)^{\frac{\rho}{\rho-1}} di \right]^{\frac{1}{\rho}}} dj = MG. \quad (4.31)$$

Diese Gleichung lässt sich vereinfachen und nach dem Preisindex G der industriellen Güter über alle Gütervarianten auflösen. Es ergibt sich:

$$G = \left[\int_0^n p_M(j)^{\frac{\rho}{\rho-1}} dj \right]^{\frac{\rho-1}{\rho}}. \quad (4.32)$$

Die Menge kann durch die Optimierung auf der ersten Stufe mit der Gleichung (4.24) angegeben werden, umgestellt nach M folgt:

$$M = \mu_M \frac{Y}{G}. \quad (4.33)$$

Mittels der Gleichungen (4.30), (4.33), dem Preisindex G aus Gleichung (4.32) für alle Gütervarianten ($i = 0, \dots, n$) und mit $\rho = (\sigma - 1)/\sigma$ lässt sich formulieren:

$$m(j) = \frac{M}{\left[\int_0^n p_M(i)^{\frac{\rho}{\rho-1}} di \right]^{\frac{1}{\rho}}} p_M(j)^{\frac{1}{\rho-1}} \quad (4.34)$$

$$= \mu_M \frac{Y}{G} \frac{p_M(j)^{\frac{1}{\rho-1}}}{\left[G^{\frac{\rho}{\rho-1}} \right]^{\frac{1}{\rho}}} \quad (4.35)$$

$$= \mu_M Y G^{\sigma-1} p_M(j)^{-\sigma}. \quad (4.36)$$

Die Gleichung (4.36) besagt, dass die konsumierte Menge einer Gütervariante von dem Ausgabenanteil für alle industriellen Güter, dem Preisindex und der Substitutionselastizität der Gütervarianten sowie dem eigenen Preis abhängt.

4.1.2 Industrielles Angebot

Für die Produktion von industriellen und landwirtschaftlichen Gütern werden Arbeitskräfte und Boden eingesetzt. In den Sektoren herrschen jedoch, wie im Modell von Krugman (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001), unterschiedliche Marktformen. Der industrielle Sektor weist einen monopolistischen Wettbewerb und fallende Durchschnittskosten auf. Hingegen produziert der landwirtschaftliche Sektor unter perfektem Wettbewerb und mit konstanten Skalenerträgen.

Die monopolistische Konkurrenz oder auch das heterogene Polypol ist durch die differenzierten industriellen Güter beschrieben, deren Austauschverhältnis über die Substitutionselastizität angegeben ist. Aufgrund der fallenden Durchschnittskosten und der Vorliebe für Güervielfalt wird genau ein differenziertes Produkt von genau einem Unternehmen hergestellt. Ursache hierfür ist, dass über die fallenden Durchschnittskosten ein Unternehmen mit einem größeren Output konkurrierende Teilnehmer unterbieten kann. Zudem folgt aus der CES-Subnutzenfunktion, dass die Anbieter von Produktvarianten gleich große Marktanteile halten. Dies führt zu der monopolistischen Macht, unter der die Unternehmen ihren Gewinn maximieren. Da keine Markteintrittsbeschränkungen bestehen, ergeben sich dennoch Nullgewinne, da bei positiven Gewinnen neue Unternehmen auf dem Markt aktiv werden.⁴³ Des Weiteren liegt dieser Marktform die Eigenschaft zugrunde, dass die Unternehmen davon ausgehen, dass ihr Marktverhalten keine Reaktionen bei anderen Anbietern hervorruft (vgl. Schöler 1999, S. 188). Die Formulierung der industriellen Produktion wird in Anlehnung an die Ansätze von u. a. Amiti und Cameron (2007), Brakman et al. (2009, S. 153 f.), Ethier (1982), Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 241 ff., S. 261), Krugman und Venables (1995), Puga (1999) und Venables (1996b, S. 188 ff.) vorgenommen.

Industrielle Produktion. Um eine Gütervariante $m(i)$ herzustellen, setzt ein Unternehmen Arbeit (l_M) und Boden (b_M) ein. Der Produktionsprozess sei durch eine Cobb-Douglas-Technologie beschrieben. In dieser Technologie geben die Exponenten die partiellen Produktionselastizitäten an. Mit α wird der Anteil des Einsatzes an Arbeitskräften und mit $(1 - \alpha)$ der des Bodens gekennzeichnet; hierbei gilt: $0 < \alpha < 1$. Die daraus folgenden totalen Kosten $C(q_M)$, die in der Gleichung 4.37 angegeben sind, berücksichtigen nun mit dem Koeffizienten F die Fixkosten und mit c_M den marginalen Einsatz:

⁴³ Ein in den Markt eintretendes Unternehmen könnte die gleiche Produktvariante bei geringerer Produktionsmenge und höheren Kosten zum gleichen Preis oder die gleiche Menge zu einem geringeren Preis anbieten, indem der Gewinnaufschlag kleiner ausfällt oder null beträgt.

$$C(q_M) = w_M^\alpha P_{BM}^{1-\alpha} (F + c_M q_M). \quad (4.37)$$

Die Kostenfunktion zeigt, dass somit F Einheiten des Inputs als Fixkosten und c_M Einheiten als marginale Kosten anfallen (vgl. Brakman et al. 2009, S. 154; Krugman und Venables 1995, S. 863; Puga 1999, S. 307 f.; Venables 1996b, S. 190). Die Ableitung der Durchschnittskostenfunktion zeigt, dass sinkende Durchschnittskosten bestehen.⁴⁴ Der Gewinn eines Unternehmens ergibt sich, indem die Kosten vom Umsatz abgezogen werden:

$$\Pi_M = p_M q_M - C(q_M). \quad (4.38)$$

Durch das Einsetzen der Kostenfunktion in die Gewinnfunktion kann die Preissetzungsregel der Unternehmen ermittelt werden. Die Optimierung der Gewinnfunktion

$$\Pi_M = p_M q_M - w_M^\alpha P_{BM}^{1-\alpha} (F + c_M q_M) \quad (4.39)$$

liefert

$$p_M = w_M^\alpha P_{BM}^{1-\alpha} c_M - \frac{q_M}{\frac{\partial q_M}{\partial p_M}}. \quad (4.40)$$

Der letzte Ausdruck auf der rechten Seite der Gleichung wird durch die Ableitung der Nachfrage der Konsumenten nach dem Preis ersetzt; das entspricht der Marshall'schen Nachfrage nach m (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 51). Aus $m = q_M$ folgt $-q_M / \frac{\partial q_M}{\partial p_M} = \frac{p_M}{\sigma}$. Die Preissetzungsregel der Unternehmen in Abhängigkeit von den Faktorpreisen für Arbeit und Boden lautet nun:

$$p_M = w_M^\alpha P_{BM}^{1-\alpha} \frac{\sigma}{\sigma - 1} c_M. \quad (4.41)$$

Unter der Nullgewinnbedingung und durch Verwenden der Preissetzungsregel (4.41) in der Gewinnfunktion errechnet sich die folgende Angebotsmenge:

⁴⁴ Die Ableitung der Durchschnittskostenfunktion $C_D = C(q_M)/q_M$ nach dem Output zeigt zudem sinkende Durchschnittskosten $\frac{\partial C_D(q_M)}{\partial q_M} = -w_M^\alpha P_{BM}^{1-\alpha} F q_M^{-2} < 0$.

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

$$q_M = \frac{F}{c_M}(\sigma - 1). \quad (4.42)$$

Die Gleichung besagt, dass die Angebotsmenge von dem Verhältnis aus fixem und marginalem Input und von der Substitutionselastizität abhängt.

Zur Vereinfachung sind Normierungen vorgenommen: Einheiten können so gewählt werden, dass Variablen sich substituieren, ohne dass davon die Ergebnisse beeinflusst sind. In den NEG-Modellen sind üblicherweise Einheiten für den marginalen und fixen Input gewählt. Für den marginalen Input wird hier $c_M = \frac{\sigma-1}{\sigma} = \rho$ und für den fixen Input $F = \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} \sigma^{-1}$ gesetzt. Weitere Vereinfachungen bringt es, die industriellen und landwirtschaftlichen Arbeitskräfte in Bezug zu den Exponenten der Nutzenfunktion zu setzen:

$$L_M = \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A}, \quad (4.43)$$

$$L_A = \frac{\mu_A}{\mu_M + \mu_A}. \quad (4.44)$$

Diese Vereinfachungen führen für das industrielle Gut zum Preis

$$p_M = w_M^\alpha P_{BM}^{1-\alpha}. \quad (4.45)$$

Industrielle Lohngleichung mit Boden und Regionen. Nachdem der Güterpreis und die Angebotsmenge der Unternehmen beschrieben sind, werden im nächsten Schritt Regionen eingeführt und die gleichgewichtigen Löhne durch Zusammenführen von Angebot und Nachfrage ermittelt. Die Regionen sind erzeugt, indem die Subskripte $r = s, \dots, R$ bzw. $s = r, \dots, R$, Eisberg-Transportkosten τ und Anteile für die Aufteilung der industriellen und landwirtschaftlichen Arbeitskräfte λ_r und ϕ_r eingeführt werden (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001). Der gleichgewichtige Lohn folgt, wenn sich die von den Unternehmen angebotene und die von den Konsumenten nachgefragte Menge entsprechen. Durch Gleichsetzen der Gleichung (4.36) mit der Menge q_M folgt für die Region r :

$$m_r = \sum_{s=r}^R \mu_M Y_s G_s^{\sigma-1} (p_{Mr} \tau_{rs})^{-\sigma} \tau_{rs} = q_M. \quad (4.46)$$

Unter Verwendung der Preissetzungsregel (4.45) und der Normierungen in Gleichung (4.42) ergibt sich ein nominaler Lohn von

$$w_{Mr} = \left(p_{BMr}^{\alpha-1} \left[\frac{\mu_M}{q_{Mr}^*} \sum_{s=r}^R Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \right]^{1/\sigma} \right)^{1/\alpha} \text{ bzw. von} \quad (4.47)$$

$$w_{Mr} = \left(p_{BMr}^{\alpha-1} \left[(\mu_M + \mu_A) \sum_{s=r}^R Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \right]^{1/\sigma} \right)^{1/\alpha}. \quad (4.48)$$

Die Gleichungen (4.47) und (4.48) besagen, dass der Lohn in einer Region u. a. abhängig ist vom Preis für die Bodennutzung durch die Industrie in dieser Region, vom Einkommen der Arbeitskräfte in den Regionen bzw. ihrem Konsum industrieller Güter und vom Preis für den Transport dieser Güter an den Konsumort.

Bestimmung des industriellen Preisindex mit Boden. Der Preisindex G der industriellen Güter wird durch die Gleichung (4.32) beschrieben. Zur Vereinfachung wird hier angenommen, wie auch bei Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 48), dass für alle Gütervarianten der Preis p_M gilt. Aus Sicht eines Konsumortes s werden industrielle Güter von verschiedenen Orten bezogen, was durch einen Laufindex der Lieferbeziehungen zu den Regionen $r = s, \dots, R$ berücksichtigt ist. Der Preisindex in einer Region s mit n Unternehmen lässt sich durch die folgende Gleichung ausdrücken:

$$G_s = \left[\sum_{r=s}^R n_r (p_{Mr} \tau_{rs})^{\frac{\rho}{\rho-1}} \right]^{\frac{\rho-1}{\rho}}. \quad (4.49)$$

Die Anzahl an Unternehmen n_r in einer Region ergibt sich aus folgendem Zusammenhang: Multipliziert man die einzelbetriebliche Nachfrage nach Arbeitskräften (l_M) mit der Anzahl an Unternehmen, lässt sich daraus die Anzahl an Arbeitskräften in der Region bestimmen: $L_{Mr} = l_M n_r$. Aufgelöst nach n_r resultiert:

$$n_r = \frac{L_{Mr}}{l_M}. \quad (4.50)$$

Unter Berücksichtigung des fixen und des variablen Einsatzes, der einzelbetrieblichen Nachfrage nach Boden $b_M^* = l_M^* k_M$ (vgl. hierzu die Herleitung der spezifischen Werte

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

in Gleichung (4.6)) und unter Verwendung von Gleichung (4.42) sowie der Normierungen lässt sich die Nachfrage nach Arbeitskräften eines Unternehmens durch

$$l_M = \frac{\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A}}{k_M^{1-\alpha}} \alpha^\alpha (1 - \alpha)^{1-\alpha} \quad (4.51)$$

ausdrücken.⁴⁵ Da die industriellen Unternehmen eine einheitliche Produktionsfunktion aufweisen, kann die vorhergehende Gleichung in (4.50) eingesetzt werden. Es resultiert daraus für die Anzahl an Unternehmen in einer Region r

$$n_r = \frac{L_{Mr}}{\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A}} k_M^{1-\alpha} \alpha^{-\alpha} (1 - \alpha)^{\alpha-1}. \quad (4.52)$$

Folgende Schritte sind nun noch durchzuführen, um den Preisindex in Abhängigkeit von Lohn und Bodenpreis darzustellen: Erstens werden n_r und p_{Mr} in (4.49) durch die soeben bestimmte Anzahl an Unternehmen und durch die Gleichung (4.45) ersetzt. Zweitens wird $L_{Mr} = \lambda_r L_M$ in Verbindung mit der Gleichung (4.43) eingesetzt. Letztlich resultiert für den Preisindex der Region s

$$G_s = \left[k_M^{1-\alpha} \alpha^{-\alpha} (1 - \alpha)^{\alpha-1} \sum_{r=s}^R \lambda_r \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \tau_{rs} \right)^{\frac{\rho}{\rho-1}} \right]^{\frac{\rho-1}{\rho}} \quad (4.53)$$

mit dem Laufindex $r = s, \dots, R$.

4.1.3 Landwirtschaftliches Angebot

Der landwirtschaftliche Sektor produziert auf einem Markt mit vollständigem Wettbewerb unter konstanten Skalenerträgen. Dies bedeutet für die landwirtschaftlichen Unternehmen, dass die Marktteilnehmer keinen Einfluss auf den Marktpreis haben und eine weitere Einheit an Input immer die gleiche Änderung an Output hervorruft. Zudem liegen bei vollständigem Wettbewerb keine Markteintrittsbeschränkungen vor, sodass über den Wettbewerb die Nullgewinnbedingung gegeben ist. Abweichend zum Grundmodell wird im landwirtschaftlichen Sektor zusätzlich zum Produktionsfaktor Arbeit Boden als weiterer Input eingesetzt.

⁴⁵ Verwenden der Gleichung (4.6) und berücksichtigen von fixem und marginalem Einsatz (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 261) liefert $l_M = \frac{F + c_M q_M}{k_M^{1-\alpha}} \alpha^\alpha (1 - \alpha)^{1-\alpha}$.

4 Boden, Regionsgröße, inter- und intraregionale Transportkosten im NEG-Modell

Die Produktion der landwirtschaftlichen Güter erfolgt ebenfalls mit einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion⁴⁶. Ergebnis der Produktion ist die Menge q_A , die unter Einsatz von Arbeit l_A und Boden b_A hergestellt wird. Der Bedarf an Boden ist auch hier beschrieben durch die eingesetzten Arbeitskräfte multipliziert mit dem spezifischen Wert k für Bodenbedarf pro Einheit Arbeitskraft $b_A = l_A k_A$. Die Produktionsfunktion lautet:

$$q_A = l_A^\beta b_A^{1-\beta}. \quad (4.54)$$

Es gilt hierbei: $\beta + (1 - \beta) = 1$. Damit ist die Produktionsfunktion homogen vom Grad eins. Der Einsatz an Boden in der Produktion lässt sich mit Hilfe des spezifischen Wertes durch die Arbeitskräfte ausdrücken:

$$q_A = l_A k_A^{1-\beta}. \quad (4.55)$$

Die Kosten eines landwirtschaftlichen Unternehmens ergeben sich aus der Menge an eingesetzten Produktionsfaktoren multipliziert mit den Faktorpreisen:

$$C(q_A) = l_A w_A + b_A p_{BA} = l_A (w_A + k_A p_{BA}). \quad (4.56)$$

Um die gleichgewichtigen Mengen und Preise zu bestimmen, ist zuerst eine Kostenminimierung unter Beachtung der Produktionsmöglichkeiten vorgenommen. Es resultiert die Gesamtkostenfunktion:

$$C(q_A) = w_A^\beta p_{BA}^{(1-\beta)} q_A (1 - \beta)^{\beta-1} \beta^{-\beta}. \quad (4.57)$$

Anschließend erfolgt durch Gewinnmaximierung ($\max \rightarrow \Pi_A = p_A q_A - C(q_A)$) die Berechnung der Preissetzungsregeln. Man erhält: $p_A = w_A^\beta p_{BA}^{(1-\beta)} (1 - \beta)^{\beta-1} \beta^{-\beta}$. In einem weiteren Schritt findet der Abgleich mit der über die Nutzenmaximierung bestimmten Nachfrage der privaten Konsumenten statt, welche mit der Gleichung 4.23 gegeben ist. Dem Ansatz von Fujita, Krugman und Venables (2001) folgend, ist angenommen, dass für den Transport landwirtschaftlicher Güter keine Kosten zu berücksichtigen sind.⁴⁷ Im Ergebnis

⁴⁶ Im Grundmodell hingegen ist eine limitationale Produktionsfunktion mit festem Inputkoeffizienten $L_A/q_A = \text{const.}$ unterstellt.

⁴⁷ Zudem wird im Weiteren vereinfachend angenommen, dass die landwirtschaftlichen Güter lokal angeboten werden.

resultiert für den nominalen Lohn der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte:

$$w_A = \left[\frac{\mu_A}{q_A} p_{BA}^{\beta-1} Y (1-\beta)^{1-\beta} \beta^\beta \right]^{\frac{1}{\beta}}. \quad (4.58)$$

Für den Preis des landwirtschaftlichen Gutes ergibt sich unter der – in der NEG üblichen – Annahme, dass der Nominallohn in der Landwirtschaft eins beträgt ($w_{Ar} = w_{As} = 1$) bzw. als Numéraire gesetzt wird in einer Region r :

$$p_{Ar} = p_{BAr}^{1-\beta} (1-\beta)^{\beta-1} \beta^{-\beta}. \quad (4.59)$$

4.1.4 Darstellung der Simulationsgleichungen

Für die Analyse der Ergebnisse werden die Simulationsrechnungen auf die zwei Regionen r und s beschränkt. Da ein unterbestimmtes, analytisch nicht lösbares, nicht-lineares Gleichungssystem vorliegt, werden die Ergebnisse der Simulationsrechnung über numerische Näherungslösungen erzeugt. Nachfolgend sind die Simulationsgleichungen sowie vorgenommene Vereinfachungen und Setzungen aufgeführt.

Arbeitskräfte in den Regionen:

$$L_{Mr} = \lambda_r L_M, \quad (4.60)$$

$$L_{Ms} = \lambda_s L_M, \quad (4.61)$$

$$L_{Ar} = \phi_r L_A, \quad (4.62)$$

$$L_{As} = \phi_s L_A, \quad (4.63)$$

mit $(1 - \lambda_r) = \lambda_s$ (Anteil der industriellen Arbeitskräfte in den Regionen) und $(1 - \phi_r) = \phi_s$ (Anteil der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte in den Regionen);

Bestimmung der Bodenpreise⁴⁸:

$$p_{BMr} = \left(1 + \frac{B_{Mr,d}}{B_{Mr,re}} \right), \quad (4.64)$$

$$p_{BMs} = \left(1 + \frac{B_{Ms,d}}{B_{Ms,re}} \right), \quad (4.65)$$

$$p_{BAr} = \left(1 + \frac{B_{Ar,d}}{B_{Ar,re}} \right), \quad (4.66)$$

$$p_{BA_s} = \left(1 + \frac{B_{As,d}}{B_{As,re}} \right), \quad (4.67)$$

$$p_{B Hr} = \left(1 + \frac{B_{Hr,d}}{B_{Hr,re}} \right), \quad (4.68)$$

$$p_{BH_s} = \left(1 + \frac{B_{Hs,d}}{B_{Hs,re}} \right); \quad (4.69)$$

Bodeninanspruchnahme und spezifische Werte:

$$B_{Mr,d} = L_M \lambda_r k_M, \quad (4.70)$$

$$B_{Ms,d} = L_M (1 - \lambda_r) k_M, \quad (4.71)$$

$$B_{Ar,d} = L_A \phi_r k_A, \quad (4.72)$$

$$B_{As,d} = L_A (1 - \phi_r) k_A, \quad (4.73)$$

$$B_{Hr,d} = L_M \lambda_r k_H, \quad (4.74)$$

$$B_{Hs,d} = L_M (1 - \lambda_r) k_H, \quad (4.75)$$

$$k_M = B_M / L_M, \quad (4.76)$$

$$k_A = B_A / L_A, \quad (4.77)$$

$$k_H = B_H / L_M; \quad (4.78)$$

Landwirtschaftliche Preise:

$$p_{Ar} = p_{BAr}^{1-\beta} (1 - \beta)^{\beta-1} \beta^{-\beta}, \quad (4.79)$$

$$p_{As} = p_{BA_s}^{1-\beta} (1 - \beta)^{\beta-1} \beta^{-\beta}; \quad (4.80)$$

⁴⁸ Die Herleitung der Bodenpreise findet sich im Kapitel D (S. 285) des Anhangs.

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

Preisindex der Lebenshaltung:

$$I_{Mr} = G_r^{\mu_M} p_{Ar}^{\mu_A} p_{BMr}^{\mu_H}, \quad (4.81)$$

$$I_{Ms} = G_s^{\mu_M} p_{As}^{\mu_A} p_{BMs}^{\mu_H}; \quad (4.82)$$

Preisindex der industriellen Güter:

$$G_r = \left[k_M^{1-\alpha} \alpha^{-\alpha} (1-\alpha)^{\alpha-1} \left(\lambda_r \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \tau_{rr} \right)^{1-\sigma} + (1-\lambda_r) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \tau_{sr} \right)^{1-\sigma} \right) \right]^{\frac{1}{1-\sigma}}, \quad (4.83)$$

$$G_s = \left[k_M^{1-\alpha} \alpha^{-\alpha} (1-\alpha)^{\alpha-1} \left(\lambda_s \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \tau_{ss} \right)^{1-\sigma} + (1-\lambda_s) \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \tau_{rs} \right)^{1-\sigma} \right) \right]^{\frac{1}{1-\sigma}}; \quad (4.84)$$

Gesamteinkommen in den Regionen:

$$Y_r = w_{Mr} L_{Mr} + w_{Ar} L_{Ar} + p_{BMr} B_{Mr,d} + p_{BMr} B_{Hr,d} + p_{BAr} B_{Ar,d}, \quad (4.85)$$

$$Y_s = w_{Ms} L_{Ms} + w_{As} L_{As} + p_{BMs} B_{Ms,d} + p_{BMs} B_{Hs,d} + p_{BAS} B_{As,d}; \quad (4.86)$$

Nominallohn der industriellen Arbeitskräfte:

$$w_{Mr} = \left(p_{BMr}^{\alpha-1} \left[(\mu_M + \mu_A) (Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma}) \right]^{1/\sigma} \right)^{1/\alpha}, \quad (4.87)$$

$$w_{Ms} = \left(p_{BMs}^{\alpha-1} \left[(\mu_M + \mu_A) (Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} + Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma}) \right]^{1/\sigma} \right)^{1/\alpha}; \quad (4.88)$$

Reallohn der industriellen Arbeitskräfte:

$$\omega_{Mr} = \frac{w_{Mr}}{I_{Mr}}, \quad (4.89)$$

$$\omega_{Ms} = \frac{w_{Ms}}{I_{Ms}}. \quad (4.90)$$

Nach Darstellung der Gleichungen wird näher auf die weiteren Annahmen eingegangen. Die Cobb-Douglas-Exponenten bestimmen sich in Anlehnung an statistische Daten für Deutschland. Mit anderen Worten: Es erfolgt die Aufteilung von Arbeit und Boden für die Produktion sowie die Aufteilung des privaten Konsums nach Güterarten in der Nutzenfunktion.

Weiterhin sind Werte für die Bodenaufteilung zu bestimmen. Hierfür sind bereits die Variablen b_r und b_s eingeführt, die den Anteil am insgesamt verfügbaren Boden angeben. Über die Variablen $b_{Mr,frac}$, $b_{Ms,frac}$, $b_{Ar,frac}$, $b_{Ai,frac}$, $b_{Hr,frac}$ und $b_{Hi,frac}$ kann Einfluss auf die Aufteilung des Bodens innerhalb einer Region genommen werden. Diese kann aus unterschiedlichen Gründen von Region zu Region variieren. Einerseits mögen die natürlichen Gegebenheiten einer Region hierfür ursächlich sein. Andererseits gestaltet die Gesellschaft aktiv die Bodennutzung. Beispielsweise werden über Politikmaßnahmen und Verwaltungshandeln anhand von Flächennutzungsplänen Bodennutzungen festgelegt. Nachfolgend sind die weiteren Größen und, sofern für die Berechnung dieser notwendig, weitere Gleichungen gelistet. Die Werte, die in der Ausgangssituation symmetrischer Regionen als gesetzt betrachtet werden, sind genannt:

1. Nominallohn der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte:

$$w_{Ar} = w_{As} = 1,$$

2. Insgesamt betrachteter Boden:

$$B = 1,$$

3. Anteil r an B :

$$b_r = \text{zu setzen},$$

4. Anteil s an B :

$$b_s = \text{zu setzen},$$

5. Anteil industrieller Boden in r : (zu setzen)

$$b_{Mr,frac} = 0,04,$$

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

6. Anteil industrieller Boden in s : (zu setzen)
 $b_{Ms,frac} = 0,04,$
7. Anteil landwirtschaftlicher Boden in r : (zu setzen)
 $b_{Ar,frac} = 0,90,$
8. Anteil landwirtschaftlicher Boden in s : (zu setzen)
 $b_{As,frac} = 0,90,$
9. Anteil wohnungswirtschaftlicher Boden in r : (zu setzen)
 $b_{Hr,frac} = 0,06,$
10. Anteil wohnungswirtschaftlicher Boden in s : (zu setzen)
 $b_{Hs,frac} = 0,06,$
11. Verfügbarer industrieller Boden in r :
 $b_{Mr,re} = Bb_r b_{Mr,frac},$
12. Verfügbarer industrieller Boden in s :
 $b_{Ms,re} = Bb_s b_{Ms,frac},$
13. Verfügbarer landwirtschaftlicher Boden in r :
 $b_{Ar,re} = Bb_r b_{Ar,frac},$
14. Verfügbarer landwirtschaftlicher Boden in s :
 $b_{As,re} = Bb_s b_{As,frac},$
15. Verfügbarer wohnungswirtschaftlicher Boden in r :
 $b_{Hr,re} = Bb_r b_{Hr,frac},$
16. Verfügbarer wohnungswirtschaftlicher Boden in s :
 $b_{Hs,re} = Bb_s b_{Hs,frac},$
17. Spezifischer Wert Bodenbedarf Industrie: (zu errechnen)
 $k_M = 0,05,$
18. Spezifischer Wert Bodenbedarf Landwirtschaft: (zu errechnen)
 $k_A = 7,2,$
19. Spezifischer Wert Bodenbedarf Wohnen: (zu errechnen)
 $k_H = 0,07,$
20. Anteil Arbeitseinsatz Industrie: (zu setzen)
 $\alpha = 0,99,$

21. Anteil Bodeneinsatz Industrie:

$$(1 - \alpha),$$

22. Anteil Arbeitseinsatz Landwirtschaft: (zu setzen)

$$\beta \approx 0,024,$$

23. Anteil Bodeneinsatz Landwirtschaft:

$$(1 - \beta),$$

24. Anteil Konsum Industriegüter: (zu setzen)

$$\mu_M = 0,7,$$

25. Anteil Konsum landwirtschaftliche Güter: (zu setzen)

$$\mu_A = 0,1,$$

26. Anteil Konsum Dienstleistungen der Grundstücks- und Wohnungswirtschaft (zu setzen):

$$\mu_H = 0,2.$$

Aus Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes lassen sich Werte für die genannten Aufteilungen ableiten. Die Bodennutzung in Deutschland teilt sich auf die industrielle, die landwirtschaftliche und die Nutzung zum Wohnen in rund 4 %, 90 % und 6 % auf (vgl. Statistisches Bundesamt 2013). Damit liegen Ausgangswerte für $b_{Mr,frac}$, $b_{Ms,frac}$, $b_{Ar,frac}$, $b_{As,frac}$, $b_{Hr,frac}$ und $b_{Hs,frac}$ vor. Die Setzungen für die Exponenten in der Produktion sowie die Aufteilung des privaten Konsums auf die unterschiedlichen Konsumgüter erfolgt in Anlehnung an die Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes (vgl. Statistisches Bundesamt 2012). Für die Aufteilung des privaten Konsums auf Gütergruppen ergeben sich die Werte $\mu_M = 0,7$, $\mu_A = 0,1$, $\mu_H = 0,2$ und für die Exponenten der Produktion $\alpha = 0,99$. Die Exponenten für die Produktion sind, wie erwähnt, der Input-Output-Tabelle entnommen. Für den industriellen Sektor werden die vom Grundstücks- und Wohnungswesen bezogenen Vorleistungen ins Verhältnis zum gesamten Output gesetzt. Zur Bestimmung des Einsatzes an Arbeitskräften in der Landwirtschaft können die partiellen Produktionselastizitäten aus den Bedingungen für eine effiziente Produktion ermittelt werden. Weiterhin kann auch die Agrarstrukturerhebung des Statistischen Bundesamtes herange-

zogen werden. Es lässt sich für $\beta \approx 0,024$ ableiten.⁴⁹ Bei den weiteren Berechnungen ist unterstellt, dass in den Regionen einheitliche Produktionstechnologien vorliegen. Zudem ist angenommen, dass bei Änderungen der Bodenaufteilung in den Regionen darauf nicht mit Veränderungen der Produktionstechnologie reagiert wird. Der spezifische Bodenbedarf wird über die Bodennutzungswerte im Ausgangszustand gebildet. Sie liegen bei rund $k_M \approx 0,05$, $k_A \approx 7,2$, $k_H \approx 0,07$.

4.1.5 Diskussion des Einflusses des Bodenpreises, der Regionsgröße und intraregionaler Transportkosten im symmetrischen Fall

Die wesentlich wirkenden Mechanismen im Modell von Fujita, Krugman und Venables (2001) sind mit dem Preisindexeffekt und dem Heimatmarkteffekt beschrieben (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 55 ff.). Der Preisindexeffekt beschreibt das Verhalten des Preisniveaus bei Zuzug von Arbeitskräften. Kommt es in einer Region zu einer Zuwanderung an Arbeitskräften, sinkt dort das Preisniveau. Durch den Zuzug resultiert eine Erhöhung der Produktion und es werden über vermiedene Importe Transportkosten eingespart. Weiterhin kann ein niedrigeres Preisniveau im Allgemeinen durch eine Reduzierung der Transportkosten erreicht werden. Mit einem sinkenden Preisniveau in einer Region gehen steigende Reallöhne einher, was anziehend auf Arbeitskräfte aus anderen Regionen wirkt und zu einer weiteren Zuwanderung führt. Als Gegenbewegung zu dem eben beschriebenen Arbeitskräfte anziehenden Effekt zeigen sich sinkende Nominallohne bei steigender Anzahl an Arbeitskräften. Die Zuwanderung findet ein Ende, sobald sich die beiden gegenläufigen Effekte aufheben. In diesem Zustand führt eine weitere Zuwanderung nicht zu einer Erhöhung des Reallohns (vgl. hierzu auch Schöler 2010, S. 41).

Der Heimatmarkteffekt besagt, dass ein größerer Markt attraktiv für Konsumenten ist. Über die Vorliebe für Gütervielfalt der Konsumenten und über die Modellformulierung, dass mit steigender Anzahl an Arbeitskräften auch die der Unternehmen und der differenzierten Güter zunimmt, wirkt nun ein größerer Markt attraktiv auf die Konsumenten. Auch

⁴⁹ Eine Anlehnung an die Input-Output-Tabelle findet für die Landwirtschaft nicht statt. Aus den Bedingungen für eine effiziente Produktion wurde unter den gegebenen Restriktionen auf der gesamtwirtschaftlichen Ebene die Formel $\beta[\alpha] := (\frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{\mu_A}{\mu_A + \mu_M} (1 - B_H)) / (B_A - \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{\mu_A}{\mu_A + \mu_M} (1 - B_H))$ ermittelt. Hieraus lässt sich ein Wert von $\beta \approx 0,024$ ausrechnen. In der Agrarstrukturerhebung ist der genutzte Boden, inklusive des eigenen landwirtschaftlichen Bodens, genannt. Ein in der Agrarstrukturerhebung angegebener Wert zur Messung der Arbeitsleistung ist die Arbeitskräfte-Einheit (AK-E). Setzt man diese ins Verhältnis zu der genutzten Fläche, ergibt sich für Betriebe mit einer landwirtschaftlich genutzten Fläche ab 20 ha, dass rund 2,4 AK-E (insgesamt durchschnittlich 3,1 AK-E) bei einem Einsatz von 100 Einheiten Boden (gemessen in Hektar (ha)), benötigt werden, um den landwirtschaftlichen Output herzustellen (vgl. Statistisches Bundesamt 2008).

kann der größere Markt interessant für Unternehmen sein. Da bei einem Zuzug von Arbeitskräften tendenziell das Gesamteinkommen steigt (vgl. Brakman et al. 2009, S. 121 ff.), vergrößert sich ebenfalls der Absatzmarkt. Welche Gleichgewichte sich einstellen, wird über numerische Simulationen dargestellt.

Für das dargestellte Modell mit intraregionalen Transportkosten, Bodenpreisen und Bodennutzung sind nachfolgend für ein besseres Verständnis der wesentlichen Zusammenhänge die dynamischen Prozesse und Anreizwirkungen auf die Wirtschaftssubjekte untersucht. Hierfür wird als erste Annäherung ein symmetrisches Gleichgewicht zwischen den beiden Regionen angenommen, wobei eine lineare Beziehung zwischen sich entsprechenden Größen in den Regionen vorliegen mag. Das bedeutet, dass in der Nähe des symmetrischen Gleichgewichts Veränderungen des Preisindex, des Bodenpreises und des Nominallohns in einer Region zu einer gleich hohen Veränderung dieser Größen mit umgekehrten Vorzeichen in der anderen Region führen. Damit gilt der Zusammenhang $dG = dG_r = -dG_s$, $dp_{BM} = dp_{BMr} = -dp_{BM_s}$ und $dw_M = dw_{Mr} = -dw_{Ms}$. Die Ausgangssituation im symmetrischen Gleichgewicht ist beschrieben durch zwei Regionen für die gilt, dass sie mit $B_r = B_s$ eine einheitliche Größe aufweisen. Zudem teilen sie ihren verfügbaren Boden gleich auf mit $b_{Mr,frac} = b_{Ms,frac}$, $b_{Ar,frac} = b_{As,frac}$ und $b_{Hr,frac} = b_{Hs,frac}$. Ferner seien symmetrische inter- und intraregionale Transportkosten angenommen. Hieraus ergibt sich, dass $\tau_{rs} = \tau_{sr} = \tau$ und $\tau_{rr} = \tau_{ss}$ gilt. Durch die symmetrische räumliche Aufteilung folgt in Verbindung mit $\lambda = 1 - \lambda$, dass einheitliche Nominallöhne $w_{Mr} = w_{Ms}$ und einheitliche Preise für die Landnutzung $p_{BMr} = p_{BM_s}$, $p_{BAr} = p_{BA_s}$, $p_{B Hr} = p_{B Hs}$ und die industriellen Preisindizes $G_r = G_s$ vorliegen. Die Ableitungen des Preisindex in den Regionen, die mit den Gleichungen (4.83) und (4.84) angegeben sind, liefern nach einigen Umformungen:

$$(1 - \sigma) \frac{dG}{G} = k_M^{1-\alpha} \alpha^{-\alpha} (1 - \alpha)^{\alpha-1} \lambda \left(w^\alpha p_{BM}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{1}{G^{1-\sigma}} \left(\tau_{rr}^{1-\sigma} - \tau^{1-\sigma} \right) \left(\frac{d\lambda}{\lambda} + (1 - \sigma) \left(\alpha \frac{dw_M}{w_M} + (1 - \alpha) \frac{dp_{BM}}{p_{BM}} \right) \right). \quad (4.91)$$

Durch Substituieren von G im symmetrischen Fall ergibt sich:

$$(1 - \sigma) \frac{dG}{G} = \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma} - \tau^{1-\sigma}}{\tau_{rr}^{1-\sigma} + \tau^{1-\sigma}} \left(\frac{d\lambda}{\lambda} + (1 - \sigma) \left(\alpha \frac{dw_M}{w_M} + (1 - \alpha) \frac{dp_{BM}}{p_{BM}} \right) \right). \quad (4.92)$$

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

Bei der zuvor aufgeführten Gleichung sind die Subskripte aufgrund des symmetrischen Gleichgewichts weggelassen. Weiterhin kann die Gleichung (4.92) durch Definition einer Variablen

$$Z \equiv \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma} - \tau^{1-\sigma}}{\tau_{rr}^{1-\sigma} + \tau^{1-\sigma}} \quad (4.93)$$

weiter umgeformt werden zu

$$\frac{dG}{G} = \frac{1}{1-\sigma} Z \frac{d\lambda}{\lambda} + \alpha Z \frac{dw_M}{w_M} + (1-\alpha) Z \frac{dp_{BM}}{p_{BM}}. \quad (4.94)$$

Unter Verwendung der Nominallohngleichungen (4.87) und (4.88) ergibt sich nach Ableitung im symmetrischen Gleichgewicht:

$$\begin{aligned} \alpha \sigma \frac{dw_M}{w_M} = & \frac{(\mu_M + \mu_A) p_{BM}^{(1-\alpha)\sigma} G^{\sigma-1} Y}{w_M^{\alpha\sigma}} \left((\tau_{rr}^{1-\sigma} - \tau^{1-\sigma}) \left(\frac{dY}{Y} + (\sigma-1) \frac{dG}{G} \right) \right. \\ & \left. + (\tau_{rr}^{1-\sigma} + \tau^{1-\sigma}) (\alpha-1) \sigma \frac{dp_{BM}}{p_{BM}} \right). \end{aligned} \quad (4.95)$$

Werden analog zu dem vorherigen Vorgehen $w_M^{\alpha\sigma}$ und der Term Z eingesetzt, folgt:

$$\frac{dw_M}{w_M} = \frac{Z}{\alpha\sigma} \left((\sigma-1) \frac{dG}{G} + \frac{dY}{Y} \right) - \frac{1-\alpha}{\alpha} \frac{dp_{BM}}{p_{BM}}. \quad (4.96)$$

Um die Veränderung des Gesamteinkommens in Abhängigkeit des Anteils an Arbeitskräften, des Nominallohns und des Bodenpreises zu erhalten, sind die Gleichungen (4.94) und (4.96) nach dG/G aufzulösen und anschließend gleichzusetzen. Es resultiert:

$$\frac{dY}{Y} = Z \frac{d\lambda}{\lambda} + \left(Z(1-\sigma) + \frac{\sigma}{Z} \right) \left(\alpha \frac{dw_M}{w_M} + (1-\alpha) \frac{dp_{BM}}{p_{BM}} \right). \quad (4.97)$$

Die Ableitungen der Gleichungen (4.64) und (4.68) für die Miet- und Pachtpreise in der Region r liefern unter Beachtung der Gleichungen (4.70), (4.74), (4.1) und (4.3) sowie von

$db_r = 0$ zudem die folgenden Zusammenhänge:⁵⁰

$$dp_{BMr} = \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} \frac{k_M \lambda_r}{b_r b_{Mr,frac}} \left(\frac{d\lambda_r}{\lambda_r} - \frac{db_{Mr,frac}}{b_{Mr,frac}} \right), \quad (4.98)$$

wobei im symmetrischen Fall mit $b_r = b_s = 1/2$ folgender Ausdruck resultiert:

$$dp_{BM} = \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} \frac{2k_M \lambda}{b_{M,frac}} \left(\frac{d\lambda}{\lambda} - \frac{db_{M,frac}}{b_{M,frac}} \right). \quad (4.99)$$

Für den Mietpreis von Wohnraum folgt:

$$dp_{BMr} = \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} \frac{k_H \lambda_r}{b_r b_{Hr,frac}} \left(\frac{d\lambda_r}{\lambda_r} - \frac{db_{Hr,frac}}{b_{Hr,frac}} \right), \quad (4.100)$$

bzw. für den symmetrischen Fall:

$$dp_{BH} = \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} \frac{2k_H \lambda}{b_{H,frac}} \left(\frac{d\lambda}{\lambda} - \frac{db_{H,frac}}{b_{H,frac}} \right). \quad (4.101)$$

Wirkende Effekte durch Zuzug von Arbeitskräften. Aus den Gleichungen (4.94), (4.96) und (4.97) lassen sich, unter der Voraussetzung $0 \leq Z \leq 1$, die folgenden Beziehungen ablesen: Eine Zuwanderung von Arbeitskräften in eine Region führt zu einem sinkenden Preisniveau für industrielle Produkte (Preisindexeffekt). Weiterhin führt der Zuzug zu einer Vergrößerung des Marktes und zu tendenziell steigenden Nominallöhnen (vgl. Gleichungen (4.96) und (4.97)). Mit einem wachsenden Markt resultiert wiederum ein höherer Zuzug und ein größeres Güterangebot (Heimatmarkteffekt). Diese steigende Variantenzahl an industriellen Produkten ergibt sich über die Ein-Produkt-Unternehmen und über den proportionalen Zusammenhang zwischen der Anzahl an Unternehmen und der an Arbeitskräften (vgl. hierzu Gleichung (4.52)). Letztlich muss bei einem größeren Markt ein geringerer Anteil an Gütervarianten importiert werden, was sich entsprechend auf den Preisindex auswirkt. Anhand der Nachfrage nach industriellen Gütern im Zwei-Regionen-Fall wird zudem ein Wettbewerbseffekt deutlich. Mittels der Gleichung (4.46) lässt sich die Nachfrage nach industriellen Produkten der Region r schreiben als

⁵⁰ Beispielsweise liefert das Einsetzen von Gleichung (4.70) $B_{Mr,d} = L_M \lambda k_M$ und von Gleichung (4.1) $B_{Mr,re} = b_r b_{Mr,frac}$ sowie von $L_M = \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A}$ für den Preis $p_{BMr} = 1 + \frac{\lambda \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} k_M}{b_r b_{Mr,frac}}$. Für den Bodenpreis zur Wohnnutzung wird analog vorgegangen.

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

$m_r = p_{Mr}^{-\sigma} \mu_M (Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma})$. Sinkt nun der Preisindex G_r , da Arbeitskräfte in die Region r ziehen, sieht sich ein Unternehmen bei gegebenem Preis p_{Mr} mit einer sinkenden Nachfrage konfrontiert – auf das Unternehmen wirkt der gesteigerte Wettbewerb vorerst negativ. Allerdings steigt bei einem Zuzug von Arbeitskräften, wie bereits erwähnt, auch das Gesamteinkommen, was zu einer steigenden Nachfrage führt, von der die Unternehmen nun profitieren. Zugleich wirkt jedoch der rückläufige Preisindex für industrielle Produkte verringernd auf den Nominallohn; ebenso der Bodennutzungspreis, der sich mit einer wachsenden Anzahl an industriellen Arbeitskräften steigend verhält, wie die Gleichungen (4.99) und (4.101) verdeutlichen. Ersichtlich ist anhand des letzten Terms in diesen Gleichungen, dass eine Ausweitung bzw. Verknappung des Bodenangebotes für die jeweilige Nutzungsform den Bodennutzungspreis senkt bzw. hebt. Hierüber ist abgebildet, dass die Administration in der Region über die Bodennutzungsplanung eine Einflussmöglichkeit auf den Bodenpreis hat. Zu bedenken ist dabei jedoch, dass der Boden endlich ist und eine Erhöhung einer Verwendung des Bodens eine Verknappung mindestens einer anderen Nutzungsform nach sich zieht. Die Stärke der Wirkung hängt zudem von den spezifischen Werten für die Bodeninanspruchnahme ab.

Die soeben angeführten Effekte wirken für Werte der Variable Z im Bereich zwischen null und eins. Im symmetrischen Gleichgewicht ist dies der Fall, wenn für $\tau_{rr} = \tau_{ss}$ und $\tau_{rr} \leq \tau = \tau_{rs} = \tau_{sr}$ gilt. Hierbei ist $Z = 1$ für $\tau \rightarrow \infty$ (unendlich hohe Transportkosten zwischen den Regionen) und $Z = 0$ für $\tau = 1$ (keine Transportkosten). Sind die Werte von $\tau_{rr} > \tau$, wird $Z < 0$, was so lange der Fall ist, bis $\tau_{rr} \leq \tau$ gilt. Das bedeutet, dass sich die für die Gleichungen (4.94), (4.96) und (4.97) beschriebenen Effekte für negative Z -Werte umkehren. Dieses Szenario kann auftreten, wenn der intraregionale Transport von Gütern innerhalb einer Region aufgrund der zu überwindenden Distanz höhere Kosten verursacht, als der interregionale Transport zwischen zwei Regionen. Wird die Annahme des symmetrischen Gleichgewichts aufgegeben, kann Z aufgrund der innerhalb einer Region zu überwindenden Distanz negativ werden. Hieraus folgt ein relativer Vorteil für kleine Regionen, bzw. Agglomerationen, bei denen intraregionale Transportkosten geringer ausfallen. Dem entgegen wirkt der Bodenpreis, der sich mit zunehmender Bodennutzung steigend verhält. Bei den unten aufgeführten Ergebnissen der numerischen Simulationen ist daher u. a. diskutiert, welche Standorte für Konsumenten und Produzenten in großen bzw. kleinen Region attraktiv sind und welche Auswirkungen auf das räumliche Gleichgewicht durch Eingriffe eines sozialen Planers in die Bodenaufteilung resultieren.

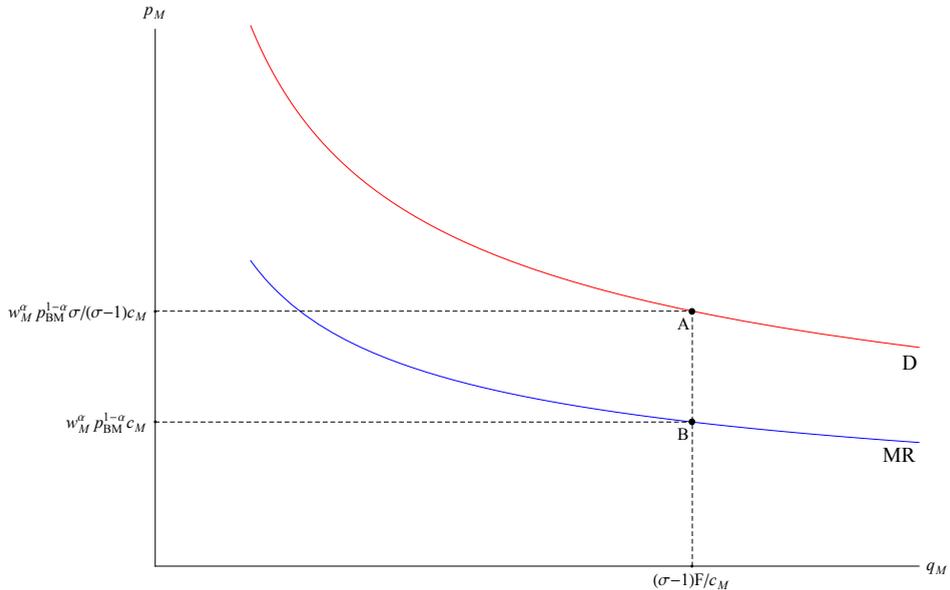
Wirkende Effekte bei Unternehmensverlagerungen. Bereits beschrieben sind die Wirkungsmechanismen im Zusammenhang mit den Arbeitskräften. Im folgenden Absatz ist die Unternehmensperspektive eingenommen. Um für das vorliegende Modell die Anreizwirkungen auf ein Unternehmen abzubilden, wird die Diskussion dieser an die von Neary (2001, S. 538 ff.) für das Grundmodell geführten angelehnt. Hierfür werden die Nachfrage (D), der Grenzerlös (MR), die Durchschnittskosten (AC) und die Grenzkosten (MC) benötigt. Die Nachfrage aus Sicht eines Unternehmens (unabhängig vom Ort) ist mit der Gleichung (4.46) bestimmt. Sie beträgt $D : m = p_M^{-\sigma} \mu_M Y G^{\sigma-1}$. Die erste Ableitung der Nachfragefunktion nach dem Preis p_M ist kleiner als null und zeigt damit an, dass sich die Nachfrage in Bezug auf den Preis fallend verhält. Da die zweite Ableitung größer als null ist, nimmt die Nachfragekurve eine konvexe Form an. Der Grenzerlös kann aus der Nachfragegleichung bestimmt werden. Auflösen nach p_M , Einsetzen in den Erlös eines Unternehmens $q_M p_M$ und Differenzieren nach q_M liefert $MR : d(p_M q_M)/dq_M = \frac{\sigma-1}{\sigma} p_M$. Aus den Gleichungen (4.37) und (4.42) lassen sich die Durchschnittskosten bestimmen: $AC : C(q_M)/q_M = w_M^\alpha p_{BM}^{1-\alpha} c_M \frac{\sigma}{\sigma-1}$.⁵¹ Zuletzt bleiben noch die Grenzkosten, für die sich $MC : dC(q_M)/dq_M = w_M^\alpha p_{BM}^{1-\alpha} c_M$ ergibt. Im Gewinnmaximum ist der Preis durch die Gleichung (4.41) ($p_M = w_M^\alpha p_{BM}^{1-\alpha} \frac{\sigma}{\sigma-1} c_M$) beschrieben. Hiermit lässt sich ableiten, dass im Gewinnmaximum $MR = MC$ und $AC = p_M > MC$ vorliegt. Es ergibt sich die Grafik 4.1.1. Im Punkt A entsprechen sich der Preis und die Durchschnittskosten; zudem stellt A den Schnittpunkt der nutzen- und gewinnmaximalen Preis-Mengen-Kombination dar.⁵² Im Punkt B entsprechen sich unter der Nullgewinnbedingung die Grenzerlöse und die Grenzkosten des Unternehmens und es ergibt sich die gewinnmaximale Menge.

Aus Unternehmenssicht resultieren nun die folgenden Anreizwirkungen in Bezug auf eine mögliche Verlagerung der Produktion: Verlagert ein Unternehmen seinen Standort, bewegt sich die Nachfragekurve D (siehe Abbildung 4.1.1) aus Sicht dieses Unternehmens über die zunehmende Konkurrenz (Angebot eines weiteren Gutes) nach unten. Wie bereits beschrieben, führt eine Erhöhung der Güteranzahl in einer Region zu einer Vermeidung von Transportkosten und zu einer Verringerung des Preisindex. Aus der Nachfrage nach einem Gut, wie sie mit der Gleichung (4.36) angegeben ist, kann diese Bewegung abgelesen werden. Weiterhin verlagert sich mit der abnehmenden Nachfrage auch die Grenzerlöskurve nach unten (vgl. hierzu Gleichung (4.46)). Zugleich heben die in einer Region ansie-

⁵¹ Aus $C(q_M) = w_M^\alpha p_{BM}^{1-\alpha} (F + c_M q_M)$ ergibt sich für $C(q_M)/q_M = w_M^\alpha p_{BM}^{1-\alpha} (\frac{F}{q_M} + c_M)$. Umstellen der Gleichung (4.42) liefert $\frac{F}{q_M} = \frac{c_M}{\sigma-1}$. Wird die rechte Seite dieser Gleichung in die Durchschnittskostenfunktion eingesetzt, folgt für die Durchschnittskosten $C(q_M)/q_M = w_M^\alpha p_{BM}^{1-\alpha} c_M \frac{\sigma}{\sigma-1}$.

⁵² Die Menge ist in der Gleichung (4.42) mit $q_M = F \frac{\sigma-1}{c_M}$ angegeben.

Abbildung 4.1.1: Anreizwirkungen aus Sicht eines industriellen Unternehmens



Quelle: Eigene Darstellung.

delnde Firma und die damit einhergehenden Arbeitsplätze den Nominallohn. Abgelesen werden kann dies an den Gleichungen (4.85) und (4.87) bzw. (4.96) und (4.97). Die bisher beschriebenen Effekte wirken einer Ansiedlung des Unternehmens entgegen. Jedoch stellen der steigende Nominallohn und der sinkende Preisindex, wie beschrieben, einen Anreiz zur Migration von Arbeitskräften aus anderen Regionen dar. Die neuen Arbeitskräfte führen zu einem erhöhten Konsum, was aus Sicht des einzelnen Unternehmens zu einer steigenden Nachfrage führt und der Verschiebung der Nachfragekurve nach unten entgegenwirkt. Zu beachten ist, dass über den sinkenden Preisindex eine weitere Wirkung auf den Nominallohn existiert: Ein fallender Preisindex ruft eine Verringerung des Nominallohns hervor (vgl. (4.96)), sodass hierüber eine Kostenreduktion, respektive eine Verlagerung der Grenzkostenkurve nach unten und damit eine steigende Profitabilität resultiert. Der Ansiedlung steht allerdings die mit dem Zuzug einhergehende zunehmende Bodennutzung und damit ein höherer Bodenpreis entgegen (vgl. hierzu (4.98) und (4.100)). In der Folge belastet dies einerseits durch höhere Lebenshaltungs- und Produktionskosten (steigender industrieller Preisindex) die Reallöhne, was wiederum entsprechend auf die Nachfrage wirkt. Andererseits führen diese, sofern das Einkommen aus dem Boden-

markt nicht aus der Region abfließt, zu einem gestiegenen Gesamteinkommen, wie in der Gleichung (4.85) ersichtlich ist. Ein weiterer Effekt, der sich aus dem höheren Lohn und den gestiegenen Bodenpreisen ergibt, ist ein steigender Preis(index). Das folgt einerseits aus der Preissetzungsregel der Unternehmen und andererseits aus Gleichung (4.94). Die Wirkungen auf den Nominallohn und den Reallohn sind anhand der Gleichungen (4.96) und (4.89) nachvollziehbar. Deutlich ist, dass der Nominallohn durch den steigenden Bodenpreis sinkt, der Preisindex jedoch steigt; der Reallohn und damit sowohl der Anreiz zum Zuzug als auch die Nachfrage nehmen ab. Der Bodenpreis hat wie der Nominallohn (Faktorkosten) Einfluss auf die Profitabilität eines Unternehmens. Durch den steigenden Bodenpreis nimmt diese ab. Die räumlichen Gesamteffekte bei Reallohngleichheit in den Regionen sind anhand weiter unten folgenden numerischen Simulationen erhoben.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Verlagerung eines Unternehmens von einer Region in eine andere davon abhängt, ob ein großer Markt mit mehr Konsumenten zu steigenden Umsätzen und einer höheren Profitabilität führt oder ob steigende Faktorkosten dominieren und den Vorteilen des größeren Marktes entgegenstehen. Aus Sicht der Arbeitskräfte lohnt sich eine Verlagerung für sie, wenn ein höherer Reallohn resultiert. Hier entscheidet sich im Zusammenspiel aus sinkendem industriellem Preisindex, steigendem Bodenpreis für die privaten Konsumenten und den Bewegungen beim Nominallohn, ob auch für den Konsumenten der größere Markt und damit ein Umzug attraktiv ist.

Analyse des Reallohns. Von Interesse für das räumliche Gleichgewicht ist der Reallohn in den Regionen. Dieser dient bei der Interpretation der Simulationsergebnisse als Entscheidungsgröße. Es wird davon ausgegangen, dass die Arbeitskräfte bei einer bestehenden Reallohndifferenz langfristig in die Region mit dem höheren Reallohn umsiedeln. Insofern sind nachfolgend die Dynamiken im Zusammenhang mit dem Reallohn diskutiert. Durch totales Differenzieren des Reallohns $\omega_M = \frac{w_M}{I_M}$ mit $I_M = G^{\mu_M} p_A^{\mu_A} p_{BH}^{\mu_H}$ ergibt sich

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{dw_M}{w_M} - \mu_M \frac{dG}{G} - \mu_H \frac{dp_{BH}}{p_{BH}} - \mu_A \frac{dp_A}{p_A}. \quad (4.102)$$

Weiterhin resultiert mit den Gleichungen (4.94) und (4.96):

$$\frac{d\omega}{\omega} = \frac{dY}{Y} \left(\frac{1}{\alpha} - \mu_M \right) + \frac{d\lambda}{\lambda} \left(\frac{\mu_M}{\rho} - \frac{1}{\alpha} \right) - \frac{dp_{BM}}{p_{BM}} \left(\frac{1-\alpha}{\alpha} \right) - \mu_H \frac{dp_{BH}}{p_{BH}} - \mu_A \frac{dp_A}{p_A}. \quad (4.103)$$

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

Mit $w_A = 1$ kann für $p_A = p_{BA}^{1-\beta} \frac{1}{(1-\beta)^{1-\beta\beta}}$ eingesetzt werden. Das totale Differential von p_A ergibt $\left(\frac{1-\beta}{\beta}\right)^\beta p_{BA}^{1-\beta} \frac{dp_{BA}}{p_{BA}}$. Hiermit folgt für die Gleichung (4.103):

$$\begin{aligned} \frac{d\omega}{\omega} = & \frac{dY}{Y} \underbrace{\left(\frac{1}{\alpha} - \mu_M\right)}_{(a)} + \frac{d\lambda}{\lambda} \underbrace{\left(\frac{\mu_M}{\rho} - \frac{1}{\alpha}\right)}_{(b)} - \underbrace{\frac{dp_{BM}}{p_{BM}}}_{(d)} \underbrace{\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)}_{(c)} \\ & - \mu_H \underbrace{\frac{dp_{BH}}{p_{BH}}}_{(e)} - \mu_A(1-\beta) \underbrace{\frac{dp_{BA}}{p_{BA}}}_{(f)}. \end{aligned} \quad (4.104)$$

Ersichtlich ist anhand der Gleichung (4.104), dass eine Erhöhung des Gesamteinkommens einen positiven Einfluss auf den Reallohn hat. Da $0 < \alpha < 1$ und $0 < \mu_M < 1$ gilt, ist der Ausdruck (a), mit dem die Veränderung des Gesamteinkommens multipliziert wird, immer größer null. Ob auch eine Erhöhung der Anzahl an Arbeitskräften zu einem höheren Reallohn führt, ist abhängig vom Vorzeichen des Terms (b). Für $\alpha < \frac{\rho}{\mu_M}$ ist der Einfluss negativ, für $\alpha > \frac{\rho}{\mu_M}$ positiv und bei $\alpha = \frac{\rho}{\mu_M}$ hat eine Wanderungsbewegung keinen Einfluss auf die Veränderung des Reallohns. Ähnlich lässt sich die Wirkung des Terms (c) und damit die des Bodenpreises für die industrielle Nutzung auf den Reallohn beschreiben. Da per Definition $0 < \alpha < 1$ ist, folgt, dass der Term (c) positive Werte annimmt und damit eine positive Preisveränderung negative Wirkung auf den Reallohn entfaltet. In Anlehnung an die von Fujita, Krugman und Venables (2001, S. 59) formulierte „No-Black-Hole“-Bedingung lässt sich der Term (b) für einen negativen Einfluss einer Veränderung der Arbeitskräfte schreiben als

$$\alpha\mu_M < \rho. \quad (4.105)$$

Die Ungleichung besagt, dass der Ausgabenanteil der privaten Haushalte für industrielle Güter multipliziert mit dem Anteil des Einsatzes an industriellen Arbeitern bei der Produktion von industriellen Gütern kleiner als die zwischen null (komplementäre Güter) und eins (perfekte Substitute) normierte Substitutionsbeziehung der industriellen Gütervarianten sein muss. Mit den aus der Statistik entnommenen Werten für Deutschland ($\mu_M = 0,7$ und $\alpha = 0,99$) wird die Ungleichung (4.105) für Werte von ρ größer ca. 0,69 ($\sigma \approx 3,2$) erfüllt.

Zu bedenken ist noch, dass sich bei den Termen (d), (e) und (f) in bestimmten Fällen das Vorzeichen ändern kann. Die Gleichungen (4.99) und (4.101) verdeutlichen für den Bo-

dennutzungspreis der Endkonsumenten und der Industrie, dass sich bei einer Änderung des Bodenanteils, die höher als eine Änderung der industriellen Arbeitskräfte ausfällt, das Vorzeichen wechselt, beispielsweise von (d). Jedoch stellt eine Erhöhung des Bodenanteils einer Nutzungsform die Reduzierung des Bodenanteils mindestens einer anderen dar. Zum besseren Verständnis der Wirkungsweise sei angenommen, dass für die industrielle Produktion und zum Wohnen die gleichen Bodenanteile vorliegen und eine Änderung gleichfalls nur diese beiden Nutzungsformen betrifft. Ferner bleibe der Anteil an industriellen Arbeitskräften unverändert. Ob sich in diesem Fall insgesamt eine positive oder eine negative Wirkung einstellt, hängt von den spezifischen Werten k_H und k_M ab. Wird der Boden zugunsten der Industrie erhöht und ist $k_M < k_H$, folgt $|dp_{BM}| < |dp_{BH}|$ mit $dp_{BH} > 0$, $dp_{BM} < 0$. Insgesamt resultiert damit eine Preiserhöhung. Die gleiche Wirkungsweise ergibt sich prinzipiell auch für die landwirtschaftliche Nutzung. Es wird jedoch angenommen, dass $\phi_r = \phi_s = 1/2$ gilt. Da hieraus $d\phi = 0$ folgt, führt eine Erhöhung/Reduzierung des landwirtschaftlichen Bodens immer zu einer Preissenkung/einem Preisanstieg. Für eine Beurteilung der Wirkungen bei einer Veränderung von mehr als zwei Nutzungsformen muss betrachtet werden, wie hoch die prozentuale Änderung für die einzelnen Nutzungsformen ist, welcher Bodenanteil erhöht bzw. welcher reduziert wird und welche spezifischen Werte bestehen. Die aus den statistischen Angaben für Deutschland abgeleiteten Werte ergeben die folgende Reihenfolge: $k_M = 0,05 < k_H = 0,07 < k_A = 7,2$. Die Wirkungen auf den Reallohn werden jedoch nochmals gewichtet, die Preisveränderung für den Wohnungsmarkt mit μ_H und die der Landwirtschaft mit $(1 - \beta)\mu_A$. Für den industriellen Bereich sind die Wirkungen bereits beschrieben. Einsetzen der Werte wie oben angegeben mit $\alpha = 0,99$, $\beta = 0,024$, $\mu_M = 0,7$, $\mu_A = 0,1$, $\mu_H = 0,2$ und für $\sigma = 6 \Rightarrow \rho = 0,833$ ⁵³ liefert für die Gleichung (4.104):

$$\frac{d\omega}{\omega} \approx 0,31 \frac{dY}{Y} + (-0,17) \frac{d\lambda}{\lambda} - 0,0101 \frac{dp_{BM}}{p_{BM}} - 0,2 \frac{dp_{BH}}{p_{BH}} - 0,0976 \frac{dp_{BA}}{p_{BA}}. \quad (4.106)$$

In diesem Fall zeigt sich, dass eine Änderung des Gesamteinkommens ein positives hohes Gewicht aufweist und eine Änderung der Arbeitskräfte mit einem geringeren negativen Gewicht Einfluss auf den Reallohn nimmt. Bei gleich großen relativen Änderungen der Bodennutzungspreise würde die für Wohnen eine größere Wirkung auf den Reallohn entfalten als die für Landwirtschaft. Das geringste Gewicht weist die relative Preisände-

⁵³ Mit $\sigma = 3$ wird der Term (b) vor $d\lambda/\lambda$ mit einem Wert von rund 0,03 positiv.

rung für die Bodennutzung der Industrie auf. Welche räumlichen Verteilungswirkungen sich zu unterschiedlichen Substitutionselastizitäten, Arbeitskräfteanteilen, Transportkosten, Bodenanteilen der Regionen und Bodennutzungsaufteilungen innerhalb der Regionen ergeben, wird im Zwei-Regionen-Fall im Rahmen der numerischen Simulationen diskutiert. Festgehalten werden kann, dass eine Erhöhung des Gesamteinkommens eine positive Wirkung auf den Reallohn hat. Für Parametersetzungen ähnlich denen der folgenden Simulationen zeigt sich bei einer Zuwanderung von Arbeitskräften eine negative Wirkung auf den Reallohn.⁵⁴ Auf die Wirkungen von Preisveränderungen im Bodensektor wird nachfolgend noch detaillierter eingegangen, da hierbei sowohl eine Preis- als auch eine Einkommenskomponente auftritt.

4.1.6 Sustain- und Breakpoint Analyse

Sustainpoint Analyse. Als wesentliches Ergebnis der Simulationsläufe werden räumliche Gleichgewichtszustände ermittelt, zu denen keine Reallohndifferenz mehr zwischen den Regionen besteht. Dennoch kann für die Arbeitskräfte in einer Region ein Anreiz für eine Migration bestehen. Dies ist der Fall, wenn durch die Wanderung ein höherer Reallohn als zuvor erreicht würde. Nicht alle gefundenen Punkte der Reallohngleichheit bei unterschiedlicher Verteilung der Arbeitskräfte (Werten von λ) und unterschiedlicher Höhe der Transportkosten (τ) bilden auch eine räumlich stabile Aufteilung der industriellen Aktivität auf die Regionen ab. Um zu prüfen, ob die gefundene Aufteilung der Arbeitskräfte bei Reallohngleichheit auch ein stabiles Gleichgewicht darstellt, ist diesem der Reallohn bei vollständiger Konzentration der Arbeitskräfte in einer der beiden Regionen (Zentrum-Peripherie-Muster) gegenübergestellt. Kann hierdurch ein höherer Reallohn realisiert werden, so stellt die gefundene Lösung zu Werten von $0 < \alpha < 1$ kein langfristig stabiles räumliches Gleichgewicht dar. In den Simulationsläufen ist hierfür untersucht, bis zu welchem Transportkostenniveau ein Zentrum-Peripherie-Muster (Verteilung von Arbeitskräften mit $\lambda_r = 1$ bzw. $\lambda_s = 1$) einen stabilen Zustand darstellt. Der Punkt, ab dem dies nicht mehr der Fall ist, wird als Sustainpoint bezeichnet (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 68 ff.).

Für die Berechnung des Sustainpoints werden die Simulationsgleichungen im Zwei-Regionen-Fall herangezogen. Ansatzpunkt der Untersuchung des Sustainpoints ist die Frage,

⁵⁴ Für Werte um $\sigma = 3$ und kleiner wird für $\alpha = 0,99$ und $\mu_M = 0,7$ der Einfluss positiv. Damit fördern ausgeprägt wahrgenommene Unterschiede zwischen einzelnen industriellen Gütervarianten Ballungstendenzen durch einen höheren Reallohn.

ob ein initiales Zentrum-Peripherie-Muster eine stabile räumliche Verteilung darstellt. Ein stabiler Zustand liegt vor, sofern das Reallohnverhältnis der beiden Regionen die folgende Bedingung erfüllt: $\omega_r/\omega_s \geq 1$ bei $\lambda_r = 1$. Das heißt, alle Arbeitskräfte befinden sich in der Region r und es besteht kein Anreiz für einen Fortzug. Ab welchem Punkt die Bedingung nicht mehr erfüllt ist, hängt von den im Modell veränderbaren Größen ab. Dies sind einerseits die Transportkosten und andererseits die Setzungen oder auch die Annahmen zur Aufteilung des Bodens. Die zu untersuchende Fragestellung lautet demnach, unter welchen Bedingungen mit $\lambda_r = 1$ folgendes gilt:

$$\frac{\omega_s}{\omega_r} = \frac{w_{Ms} I_{Mr}}{w_{Mr} I_{Ms}} > 1. \quad (4.107)$$

Durch Einsetzen der Gleichungen (4.87) und (4.88) für den Nominallohn sowie der Gleichungen (4.81) und (4.82) für die Preisindizes resultiert

$$\frac{\omega_s}{\omega_r} = \frac{\left(p_{BMs}^{\alpha-1} [(\mu_M + \mu_A)(Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss} + Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr})]^{1/\sigma} \right)^{1/\alpha}}{\left(p_{BMr}^{\alpha-1} [(\mu_M + \mu_A)(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs})]^{1/\sigma} \right)^{1/\alpha}} \quad (4.108)$$

$$\frac{G_r^{\mu_M} p_{Ar}^{\mu_A} p_{BMr}^{\mu_H}}{G_s^{\mu_M} p_{As}^{\mu_A} p_{BMs}^{\mu_H}} > 1.$$

Gesucht ist der kritische Wert für die Transportkosten, bei gegebener Verteilung der Arbeitskräfte und weiterer Parameter (Größe der Region, Höhe der Bodennutzungspreise, Konsumaufteilung, etc.), ab dem der potentielle Reallohn in der Region s über dem der Region r liegt. Bei $\lambda_r = 1$ vereinfacht sich die Gleichung (4.108), da einige Parameter, die von $\lambda_r = 1$ und $\lambda_s = 0$ abhängen, ihren Maximalwert annehmen oder wegfallen. Für den Bodennutzungspreis in den Regionen (p_{BMr}, p_{BMs}), den die Konsumenten aufzubringen haben, ergibt sich beispielsweise $p_{BMr} = 1 + B_{Mr,d}/B_{Mr,re} = 1 + L_M \lambda_r k_M / B_{Mr,re} = 1 + L_M k_M / b_r B b_{Mr,frac}$ und $p_{BMs} = 1 + B_{Ms,d}/B_{Ms,re} = 1 + L_M \lambda_s k_M / B_{Ms,re} = 1$. Zudem nehmen die Variablen, die den Anteil der Arbeitskräfte in einer Region angeben, die Werte $L_{Ms} = 0$ und $L_{Mr} = 1 = L_M$ an. Weitere Vereinfachungen bringt es, den landwirtschaftlichen Sektor als Numéraire zu setzen und die landwirtschaftlichen Arbeitskräfte jeweils zur Hälfte auf die beiden Regionen aufzuteilen. Einsetzen dieser Vereinfachungen in die Gleichungen (4.60) bis (4.90), welche wiederum in der Gleichung (4.108) verwandt werden, führt zu folgender Ungleichung:

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

$$\begin{aligned}
 \frac{\omega_s}{\omega_r} &= \left\{ \overbrace{\left(\frac{1 + (B_M/b_s b_{Ms,frac})}{1 + (B_M/b_r b_{Mr,frac})} \right)^{\alpha-1}}^{\text{Relation Bodenpreis für } M} \right. \\
 &\left. \left\{ \overbrace{\left[\left(\frac{1}{2} \frac{\mu_A}{\mu_A + \mu_M} + \frac{B_A}{2} + \frac{B_A^2}{b_s 4b_{As,frac}} \right) \tau_{rs}^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \right]}^{Y_s} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. \begin{aligned} &\stackrel{(1)}{+} \overbrace{\left(\frac{1}{2} \frac{\mu_A}{\mu_A + \mu_M} + \frac{B_A + B_H + 1}{2} + \frac{1}{b_r} \left(\frac{B_A^2}{4b_{Ar,frac}} + \frac{B_M^2}{b_{Mr,frac}} + \frac{B_H^2}{b_{Hr,frac}} \right) \right)}^{Y_r \dots} \right. \\ &\quad \left. \left. \left[\overbrace{\left(\frac{\mu_M}{\mu_A + \mu_M} \right)}^{\dots Y_r} \tau_{rr}^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \right] \right] \right\} \right. \\
 &\quad \left. \left[\left(\frac{1}{2} \frac{\mu_A}{\mu_A + \mu_M} + \frac{B_A}{2} + \frac{B_A^2}{b_s 4b_{As,frac}} \right) \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + \left(\frac{1}{2} \frac{\mu_A}{\mu_A + \mu_M} + \frac{B_A + B_H + 1}{2} + \frac{1}{b_r} \left(\frac{B_A^2}{4b_{Ar,frac}} + \frac{B_M^2}{b_{Mr,frac}} + \frac{B_H^2}{b_{Hr,frac}} \right) \right) \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + w_{Mr} \frac{\mu_M}{\mu_A + \mu_M} \right] \right\}^{1/\sigma} \\
 &\left. \left\{ \overbrace{\left(\frac{\tau_{rr}}{\tau_{rs}} \right)^{\mu_M} \left(\frac{1 + (B_A/2b_r b_{Ar,frac})}{1 + (B_A/2b_s b_{As,frac})} \right)^{(1-\beta)\mu_A} \left(1 + \frac{B_H}{b_r b_{Hr,frac}} \right)^{\mu_H}} \right\}^{\text{Relation Preisindex } I_{Mr}/I_{Ms}} \right. \\
 &\left. > 1. \right.
 \end{aligned} \tag{4.109}$$

In der hier aufgeführten Ungleichung sind die Größen soweit ersetzt, dass eine Form resultiert, aus der die Abhängigkeit von den zu setzenden Parametern ersichtlich ist. In der Gleichung (4.109) zeigen sich die Abhängigkeiten, anhand derer zu diskutieren ist, ob ein Zentrum-Peripherie-Muster mit $\lambda_r = 1$ ein stabiles Gleichgewicht darstellen kann. Der erste Term auf der rechten Seite der Gleichung gibt den Einfluss des Verhältnisses des industriellen Bodenpreises der Regionen auf die Nominallöhne an. Hierin enthalten

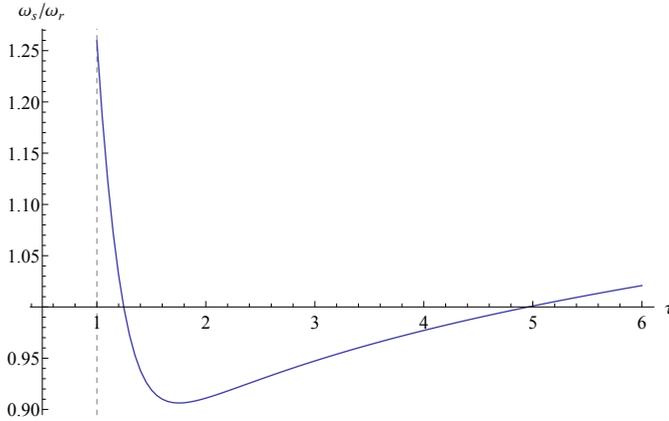
ist die Größe der Regionen sowie der Bodenanteil, der für die industrielle Nutzung zur Verfügung steht. Der zweite Term, der mit Y_s überschrieben ist, berücksichtigt das Gesamteinkommen in der Region s , welches im Fall von $\lambda_r = 1$ aus den Einnahmen der Landwirtschaft und jenen aus der landwirtschaftlichen Bodennutzung resultiert. Das Gesamteinkommen wird nun noch mit dem Preisindex multipliziert, bzw. mit dem Term, der nach den vorgenommenen Einsetzungen verbleibt, den Transportkosten für von r nach s importierte Güter. Während der Block vor dem mit (1) gekennzeichneten Additionszeichen die (potentiellen) Einnahmen der industriellen Arbeiter in s aus dem Konsum der in s produzierten Güter darstellt, steht der Block hinter dem Zeichen bis zur schließenden eckigen Klammer für die Einnahmen aus Exporten. Der Term nach dem Bruchstrich (welcher auf die schließende eckige Klammer folgt) gibt den Nominallohn in r an. Dieser Term entspricht – bis auf die Transportkosten – dem in der Region s . Insgesamt zeigen sich beim Vergleich der Reallöhne in den Regionen die Abhängigkeit von der Größe der Region (b_r, b_s), die Bedeutung der Wahl der Bodenaufteilung innerhalb der Regionen ($b_{Ms,frac}, b_{Mr,frac}, b_{Hs,frac}, b_{Hr,frac}, b_{As,frac}, b_{Ar,frac}$) und die Bedeutung der Größe der Sektoren hinsichtlich des Ausgabenanteils (μ_M, μ_H, μ_A) und ihres allgemeinen Bodenanteils (B_M, B_H, B_A). Offensichtlich wird, dass die Bodenpreise in den Regionen voneinander abweichen, sobald die Bodenaufteilung innerhalb dieser unterschiedlich gewählt wird.

Bleiben die Transportkosten vorerst unberücksichtigt ($\tau_{rs} = \tau_{sr} = \tau_{ss} = \tau_{rr} = 1$), reduziert sich die Ungleichung (4.109) im Fall $\lambda_r = 1$ auf

$$\frac{\omega_s}{\omega_r} = \left(\frac{1 + \frac{B_M}{b_s b_{Ms,frac}}}{1 + \frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}}} \right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \left(\frac{1 + \frac{B_A}{2b_s b_{As,frac}}}{1 + \frac{B_A}{2b_r b_{Ar,frac}}} \right)^{(1-\beta)\mu_A} \left(1 + \frac{B_H}{b_r b_{Hr,frac}} \right)^{\mu_H} > 1. \quad (4.110)$$

Hieran wird deutlich, dass die Größe der Regionen, die Aufteilung des Bodens innerhalb einer Region sowie die Produktionstechnologie und die Konsumaufteilung bestimmen, ob ein Zentrum-Peripherie-Muster für kleinste Werte von τ auch eine räumlich stabile Situation darstellt. Zu Veranschaulichung der Ungleichung (4.109) ist in der nachstehenden Abbildung 4.1.2 der funktionale Zusammenhang zwischen der Reallohndifferenz und den Transportkosten beispielhaft abgebildet. Die hierfür gewählten Parameter finden sich unterhalb der Abbildung. Schnittpunkte mit der x-Achse bei dem Wert eins stellen den Sustainpoint bzw. die Sustainpoints dar.

Abbildung 4.1.2: Funktionaler Zusammenhang zwischen Transportkosten und Reallohnverhältnis bei $\lambda_r = 1$



(a) Gleich große Regionen mit $b_r = b_s = 0,5$; $\sigma = 5$; $B_A = b_{Ar,frac} = b_{As,frac} = 0,9$; $B_M = b_{Mr,frac} = b_{Ms,frac} = 0,04$; $B_H = b_{Hr,frac} = b_{Hs,frac} = 0,06$; $\mu_M = 0,7$; $\mu_A = 0,1$; $\mu_H = 0,2$; $\alpha = 0,99$; $\beta \approx 0,024$; $\tau_{rs} = \tau_{sr} = \tau$; $\tau_{rr} = \tau_{ss} = 1$

Quelle: Eigene Darstellung.

Ersichtlich ist, dass bis zu dem ersten Schnittpunkt mit der x-Achse für $\lambda_r = 1$ kein stabiles Gleichgewicht existiert. Bis zu dem Schnittpunkt liegt der Reallohn in der Region s über dem in der Region r . Liegen die Transportkosten über dem Niveau des ersten Sustains, ergeben sich bis zu dem zweiten Schnittpunkt mit der x-Achse in der Region r höhere Reallöhne als in der Region s . Durch Einsetzen der in dem Beispiel gewählten Parameter in die Ungleichung (4.109) resultiert die folgende Form bzw. die zweite Ungleichung, bleiben die Exponenten erhalten:

$$\left(\frac{0,9625\tau^4 + (1,2625 + w_{Mr}0,875)\tau^{-4}}{0,9625 + (1,2625 + w_{Mr}0,875)} \right)^{\frac{1}{4,95}} \tau^{-0,7} 3^{0,2} > 1, \quad (4.111)$$

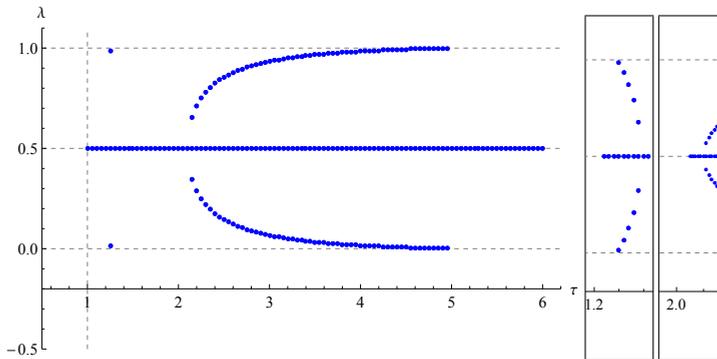
$$\left(\frac{0,9625\tau^{\sigma-1} + (1,2625 + w_{Mr}0,875)\tau^{1-\sigma}}{0,9625 + (1,2625 + w_{Mr}0,875)} \right)^{\frac{1}{\sigma\alpha}} \tau^{-\mu_M} 3^{0,2} > 1. \quad (4.112)$$

Für Werte von $w_{Mr} \geq 1$ und $\sigma > 1$ resultiert mit steigendem τ , dass der mit $\tau^{\sigma-1}$ multiplizierte Term wächst und der Term mit $\tau^{1-\sigma}$ abnimmt, jedoch umso weniger, je höher der

Nominallohn ist. Der Ausdruck in der Klammer wiederum verhält sich für Steigerungen von τ bis zum Wendepunkt in der Abbildung 4.1.2 vorerst fallend und danach steigend. Zudem verhält sich $\tau^{-\mu_M}$ mit zunehmendem τ sowie auch bei steigendem μ_M fallend. Mit $\tau = 1$ folgt für den gesamten Ausdruck $\omega_s/\omega_r > 1$. Hierbei ergibt sich für den Block bis 3^{0.2} der Wert Eins. Damit führt in diesem Beispiel der Term, der den Preis für die Bodennutzung in der Region r repräsentiert $\left(1 + \frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}}\right)^{\mu_H}$, siehe Gleichung (4.110), zu dem instabilen Gleichgewicht des Zentrum-Peripherie-Musters. Auf eine weitere generelle analytische Lösung der Sustainpoints wird verzichtet. Stattdessen finden sich an den entsprechenden Stellen numerische Approximationen der Sustainpoints.

Breakpoint Analyse. Ein Breakpoint liegt vor, sobald ein Gleichgewicht, welches durch eine Verteilung der Arbeitskräfte auf die Regionen beschrieben ist, instabil wird. Das bedeutet, dass eine Arbeitskraft bei Abwanderung in eine andere Region einen höheren Reallohn erzielen kann. In der Literatur wird hierfür der symmetrische Fall untersucht (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 71 ff.). In dem bereits angeführten Beispiel sind die Regionen gleich groß und es existieren symmetrische Gleichgewichte. In einem τ - λ -Diagramm können all die Punkte der Simulationsrechnung abgetragen werden, bei denen keine Reallohndifferenzen bestehen. In der Abbildung 4.1.3 sind entlang der y-Achse die Anteile der Arbeitskräfte in der Region r ablesbar und entlang der x-Achse die Transportkosten, zu denen jeweils keine Reallohndifferenz zwischen den Regionen vorliegt. Die gerahmten Abbildungen in der Abbildung 4.1.3 verdeutlichen in der Vergrößerung, dass um die Werte $\tau = 1, 3$ und $\tau = 2, 1$ herum jeweils ein Breakpoint vorliegt.

Abbildung 4.1.3: Bifurkationsdiagramm ($\Delta\omega = \omega_r - \omega_s = 0$) zur visuellen Bestimmung der Breakpoints



Gleich große Regionen mit $b_r = b_s = 0,5$; $\sigma = 5$; $B_A = b_{Ar,frac} = b_{As,frac} = 0,9$; $B_M = b_{Mr,frac} = b_{Ms,frac} = 0,04$; $B_H = b_{Hr,frac} = b_{Hs,frac} = 0,06$; $\mu_M = 0,7$; $\mu_A = 0,1$; $\mu_H = 0,2$; $\alpha = 0,99$; $\beta \approx 0,024$; $\tau_{rr} = \tau_{ss} = 1$

Quelle: Eigene Darstellung.

Wie die nachfolgenden Abbildungen zeigen, verläuft die Kurve der Reallohndifferenz ($\Delta\omega = \omega_r - \omega_s$) um die Stelle $\tau = 1,30$ herum (vgl. Abbildung 4.1.4(b)), wie auch in der Nähe des Wertes $\tau = 2,1$ (vgl. Abbildung 4.1.4(e)) bei $\lambda = 0,5$ horizontal.

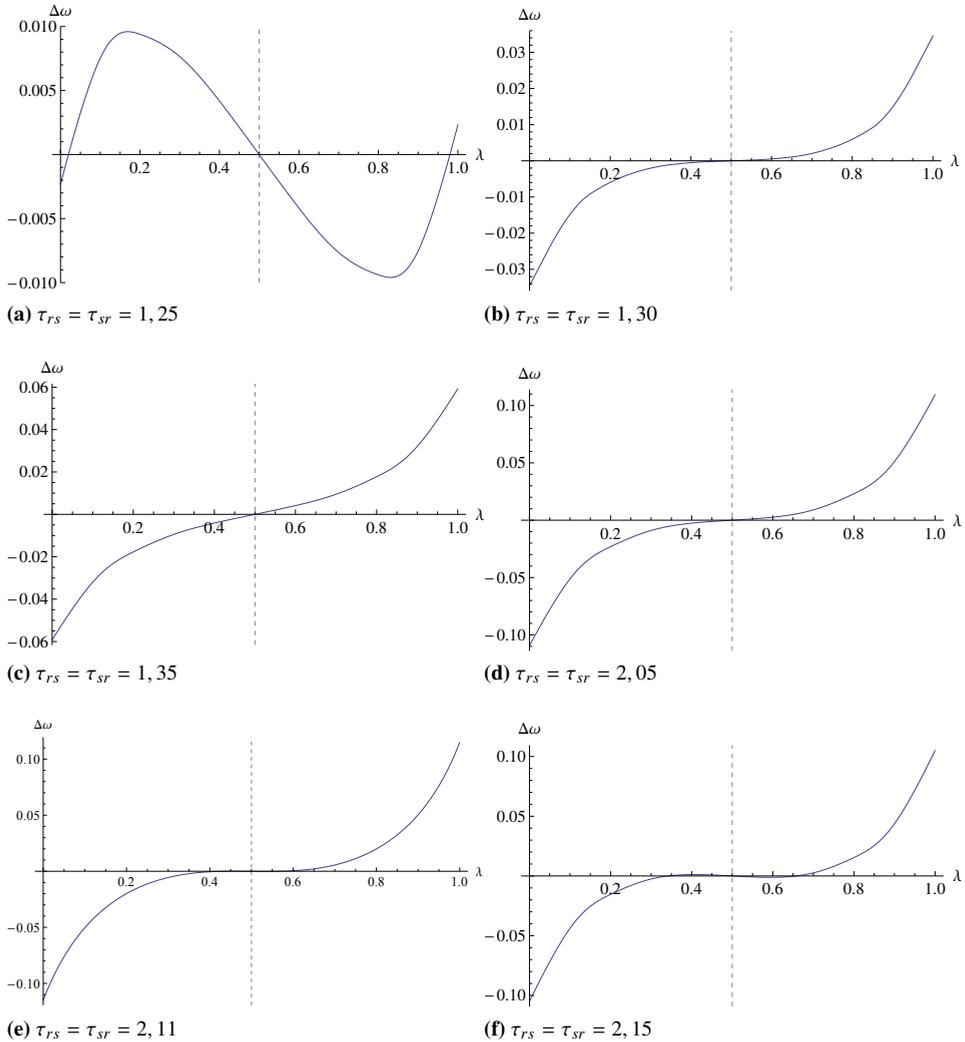
Für die Untersuchung der Breakpoints stellt sich die Frage, wie die Reallohndifferenz bei einer Veränderung des Anteils der Arbeitskräfte und der Transportkosten reagiert. Ausgehend von dem Punkt der Reallohnleichheit in den Regionen ist der Zustand mit $\lambda = 1/2$ stabil, wenn sich bei einer Erhöhung/Verringerung von λ ein negativer/positiver Wert der Reallohndifferenz ergibt.⁵⁵ Resultiert in Folge eines steigenden λ ein positives Ergebnis, ist die aktuelle Verteilung der Arbeitskräfte auf die Regionen instabil. Der Zuzug in die Region r führt zu einem höheren Reallohn in der Region r gegenüber der Region s . Ein Wert von null stellt dabei den Breakpoint dar. Dies ist der Punkt in der Kombination aus Transportkosten und $\lambda = 1/2$, ab dem eine Wanderung zu einem höheren Reallohn führen kann. Im Fall des symmetrischen Gleichgewichts ist es daher zur Berechnung der Breakpoints üblich, $d(\omega_r - \omega_s)/d\lambda$ zu bestimmen (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001, S. 71 ff.; Puga 1999, S. 328 ff.; Schöler 2010, S. 48 ff.). Bei dieser Ausgangssituation entsprechen sich die Größen in den Regionen, wodurch die Subskripte verzichtbar werden. Weiterhin folgt auf eine Änderung einer Größe in einer Region eine gleich große Ände-

⁵⁵ Es gilt im Folgenden: $\lambda_r = \lambda$ und $\lambda_s = 1 - \lambda$.

rung mit umgekehrten Vorzeichen der entsprechenden Größe in der anderen Region. Die zu untersuchenden Gleichungen werden hierdurch stark vereinfacht. Bei der vorliegenden Modellformulierung, mit der Möglichkeit, Regionen unterschiedlicher Größe abzubilden und regional abweichender Bodenaufteilung, kann es vorkommen, dass bei $\lambda = 1/2$ kein räumliches Gleichgewicht existiert.

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

Abbildung 4.1.4: Visuelle Bestimmung der Breakpoints am Beispiel gleich großer Regionen



Gleich große Regionen mit $b_r = b_s = 0,5$; $\sigma = 5$; $B_A = b_{Ar,frac} = b_{As,frac} = 0,9$; $B_M = b_{Mr,frac} = b_{Ms,frac} = 0,04$; $B_H = b_{Hr,frac} = b_{Hs,frac} = 0,06$; $\mu_M = 0,7$; $\mu_A = 0,1$; $\mu_H = 0,2$; $\alpha = 0,99$; $\beta \approx 0,024$; $\tau_{rr} = \tau_{ss} = 1$

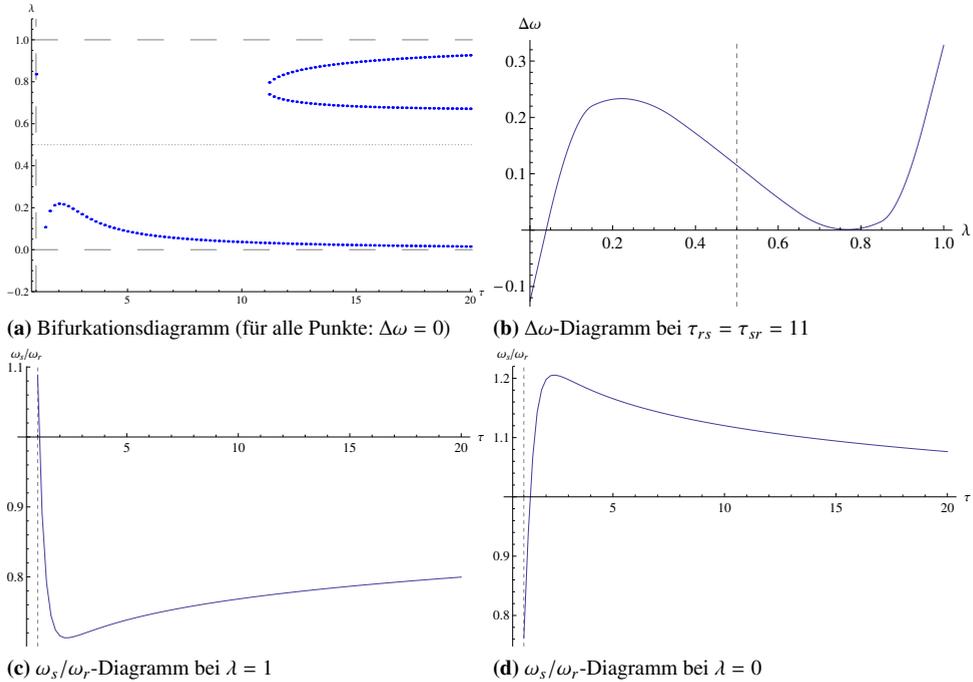
Quelle: Eigene Darstellung.

Zunächst sei jedoch kurz auf das angeführte Beispiel mit Regionen gleicher Größe und äquivalenter Aufteilung der Bodennutzung eingegangen. Anhand der Abbildungen 4.1.4(b)

und 4.1.4(e) ist ersichtlich, dass um den Schnittpunkt des $\Delta\omega$ -Graphen mit der x-Achse dieser horizontal verläuft. Weiterhin verhalten sich die Veränderungen der Bodennutzungspreise bei einer Änderung des Anteils an den Arbeitskräften durch die einheitliche Größe und Bodenaufteilung gleich linear in den Regionen. Insofern entsprechen Änderungen in einer Region gleich großen in der anderen. Zu beachten ist jedoch, dass mit der vorgenommenen Modellformulierung die Wirkungen von internen Transportkosten und die Wahl der Bodenaufteilung innerhalb einer Region untersucht werden. Der soeben geschilderte symmetrische Fall stellt nur eine mögliche Ausgangssituation dar. Der Frage, inwieweit die horizontale Eigenschaft der Funktion um den Breakpoint herum auch für andere Parameterkonstellationen gilt, wird nachfolgend nachgegangen.

Die Diagramme in Abbildung 4.1.5 und 4.1.6 geben den Verlauf des Bifurkationsdiagramms und der Reallohndifferenzkurve im Fall räumlich unterschiedlich großer Regionen an. Ersichtlich ist, dass ein Übergang von einem Gleichgewicht in ein anderes auch zu Werten von $\lambda \neq 1/2$ stattfindet. Ein typischer Bifurkationsverlauf im τ - λ -Diagramm resultiert, wenn der (rechte) Tiefpunkt der Reallohndifferenzkurve die x-Achse berührt und die Reallohndifferenzkurve bei steigenden Werten von τ diese schneidet. Abweichend von den Lösungen im NEG-Grundmodell von Fujita, Krugman und Venables (2001), stellt der Tiefpunkt (ggf. auch der Hochpunkt) und nicht mehr der Wendepunkt einen Breakpoint dar. Aufgrund der nicht-linearen Modellzusammenhänge kann, anders als im symmetrischen Gleichgewicht, bei dem die Reallohndifferenzkurve um den Breakpoint herum horizontal verläuft, nicht davon ausgegangen werden, dass die Änderungen in einer Region gleich große Änderungen in der anderen Region hervorrufen. Dennoch erweckt die Abbildung 4.1.5(a) den Eindruck, es liege eine Symmetrie um den Breakpoint herum vor. Folglich wäre auf Symmetrie der Reallohndifferenzgleichung um die Extrempunkte herum zu untersuchen. Zudem stellt der Extrempunkt in diesem Fall eine Nullstelle dar, bzw. tangiert der Graph die x-Achse. Ergibt sich, dass um den Breakpoint herum immer die symmetrische Eigenschaft gilt, können die das Gleichungssystem vereinfachenden Eigenschaften $dY = dY_r = -dY_s$, $dI = dI_r = -dI_s$, $dw = dw_r = -dw_s$, etc., eingeführt werden. Mit Blick auf die Abbildung 4.1.6(a) und Abbildung 4.1.6(b) zeigt sich ein Interpretationsspielraum für die Vermutung, ob die Reallohndifferenzgleichung um den Breakpoint herum symmetrische Eigenschaften aufweist, womit die das Gleichungssystem vereinfachenden Symmetrieeigenschaften nicht angewandt werden können.

Abbildung 4.1.5: Visuelle Bestimmung der Breakpoints am Beispiel unterschiedlich großer Regionen I

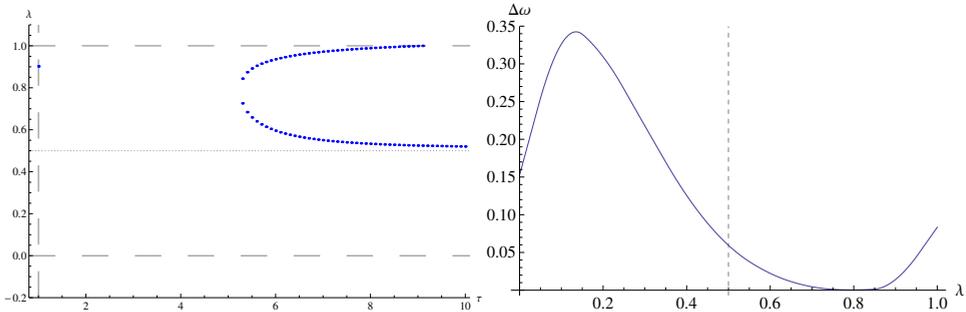


Unterschiedliche große Regionen mit $b_r = 0,6$; $b_s = 0,4$; $\sigma = 4$; $B_A = b_{As,frac} = 0,9$; $b_{Ar,frac} = 0,7$; $B_M = b_{Ms,frac} = 0,04$; $b_{Mr,frac} = 0,12$; $B_H = b_{Hs,frac} = 0,06$; $b_{Hr,frac} = 0,18$; $\mu_M = 0,7$; $\mu_A = 0,1$; $\mu_H = 0,2$; $\alpha = 0,99$; $\beta \approx 0,024$; $\tau_{rr} = \tau_{ss} = 1$.

Quelle: Eigene Darstellung.

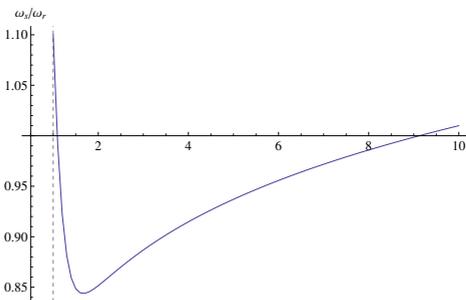
Weitere Auffälligkeiten finden sich beim Betrachten der Sustainpoints. Anhand der Abbildungen 4.1.5(c) und 4.1.5(d) ist erkennbar, dass das Zentrum-Peripherie-Muster für $\lambda = 1$ und $\lambda = 0$ ebenfalls eine mögliche Lösung darstellt. Währenddessen zeigt sich in den Abbildungen 4.1.6(c) und 4.1.6(d) lediglich für Werte von $\lambda = 1$ und ab $\tau \approx 1,1$ sowie unter $\tau \approx 9,1$ eine vollständige Agglomeration in der Region r . Bei $\lambda = 0$, was gleichbedeutend mit einer Agglomeration in der Region s ist, bleibt das Reallohnverhältnis stets bei $\omega_s/\omega_r < 1$.

Abbildung 4.1.6: Visuelle Bestimmung der Breakpoints am Beispiel unterschiedlich großer Regionen II

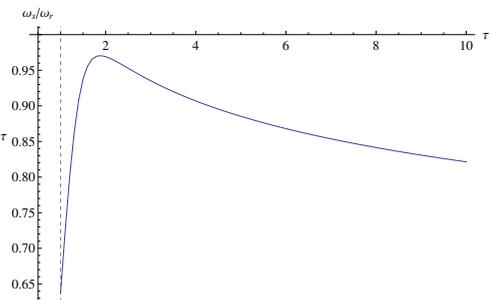


(a) Bifurkationsdiagramm (für alle Punkte: $\Delta\omega = 0$)

(b) $\Delta\omega$ -Diagramm bei $\tau_{rS} = \tau_{sR} = 5, 25$



(c) ω_s/ω_r -Diagramm bei $\lambda = 1$



(d) ω_s/ω_r -Diagramm bei $\lambda = 0$

Unterschiedliche große Regionen mit $b_r = 0, 8$; $b_s = 0, 2$; $\sigma = 5$; $B_A = b_{As,frac} = b_{Ar,frac} = 0, 9$;
 $B_M = b_{Ms,frac} = b_{Mr,frac} = 0, 04$; $B_H = b_{Hs,frac} = b_{Hr,frac} = 0, 06$; $\mu_M = 0, 7$; $\mu_A = 0, 1$;
 $\mu_H = 0, 2$; $\alpha = 0, 90$; $\beta \approx 0, 024$; $\tau_{rr} = \tau_{ss} = 1$.

Quelle: Eigene Darstellung.

Es zeigt sich, dass die herkömmliche Diskussion zur Breakpoint Analyse hier nicht geführt werden kann. Insbesondere die Graphen der Abbildung 4.1.5 und der Abbildung 4.1.6 verdeutlichen, dass bei unterschiedlich großen Regionen Situationen vorliegen können, zu denen erstens das symmetrische Gleichgewicht für ein vergleichsweise großes Intervall an Transportkosten nicht vorliegt. Damit scheidet die Annahme von $\lambda = 1/2$ als Ausgangssituation im Hinblick auf allgemeine Aussagen hin aus. Zweitens sind die symmetrischen Eigenschaften der Reallohndifferenzkurve um einen Breakpoint herum nicht ohne weitere analytische Betrachtungen zu vermuten. Hieraus folgt nun, dass eine Änderung einer Größe in einer Region nicht zwingend eine gleich große Änderungen mit umgekehrten Vorzeichen in der anderen Region zur Folge hat. Für die Nachvollziehbarkeit der Real-

lohndifferenzkurve im Zwei-Regionen-Fall für das hier vorliegende Modell, ist dennoch ihr Verhalten bei einer Veränderung des Anteils an Arbeitskräften zu diskutieren. Von Interesse sind hierbei weniger einzelne kritische Punkte, sondern vielmehr eine Erklärung des Verlaufs der Reallohndifferenzkurve. Zudem bietet es sich an, den Einfluss der intra-regionalen Transportkosten, der Regionsgröße sowie der Preise für die Bodennutzung zu betrachten.

Verhalten der Reallohndifferenzkurve. Bei der zu untersuchenden Reallohndifferenzgleichung sind nun auch nicht wie üblich die Subskripte verzichtbar. Es ergibt sich:

$$\Delta\omega = \omega_r - \omega_s = \frac{w_{Mr}}{I_{Mr}} - \frac{w_{Ms}}{I_{Ms}} = 0. \quad (4.113)$$

Durch Einsetzen der Gleichungen (4.87), (4.88), (4.81) und (4.82) folgt

$$\Delta\omega = \frac{w_{Mr}}{G_r^{\mu_M} p_{Ar}^{\mu_A} p_{BMr}^{\mu_H}} - \frac{w_{Ms}}{G_s^{\mu_M} p_{As}^{\mu_A} p_{BMs}^{\mu_H}} = 0, \quad (4.114)$$

bzw. liefert das Verwenden der Nominallohngleichungen

$$\begin{aligned} \Delta\omega = & \frac{\left(p_{BMr}^{\alpha-1} [(\mu_M + \mu_A)(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma})]^{1/\sigma} \right)^{1/\alpha}}{G_r^{\mu_M} p_{Ar}^{\mu_A} p_{BMr}^{\mu_H}} \\ & - \frac{\left(p_{BMs}^{\alpha-1} [(\mu_M + \mu_A)(Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss} + Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma})]^{1/\sigma} \right)^{1/\alpha}}{G_s^{\mu_M} p_{As}^{\mu_A} p_{BMs}^{\mu_H}} = 0. \end{aligned} \quad (4.115)$$

Das totale Differential der Gleichung (4.114) nimmt die folgende Form an:

$$\begin{aligned} d\Delta\omega = & \frac{w_{Mr}}{G_r^{\mu_M} p_{Ar}^{\mu_A} p_{BMr}^{\mu_H}} \left(\frac{dw_{Mr}}{w_{Mr}} - \mu_M \frac{dG_r}{G_r} - \mu_A \frac{dp_{Ar}}{p_{Ar}} - \mu_H \frac{dp_{BMr}}{p_{BMr}} \right) \\ & - \frac{w_{Ms}}{G_s^{\mu_M} p_{As}^{\mu_A} p_{BMs}^{\mu_H}} \left(\frac{dw_{Ms}}{w_{Ms}} - \mu_M \frac{dG_s}{G_s} - \mu_A \frac{dp_{As}}{p_{As}} - \mu_H \frac{dp_{BMs}}{p_{BMs}} \right). \end{aligned} \quad (4.116)$$

Anhand der Gleichung (4.116) ist ersichtlich, dass für die weitere Untersuchung die totalen Differentiale des Nominallohns, der Preisindizes und der Preise sowie des Gesamteinkom-

mens (der Nominallohn hängt vom Gesamteinkommen ab, siehe Gleichung (4.115)) zu bilden sind. Die Gleichungen (4.115) und (4.116) deuten bereits an, dass die Berechnungen der totalen Differentiale und das ineinander Einsetzen eine komplexe Form annehmen. Für die Berechnungen im Detail wird auf den Anhang ab Seite 244 ff. verwiesen. Hierbei wird wie folgt vorgegangen: Zuerst sind die totalen Differentiale der Preise für die Bodennutzung gebildet (vgl. Gleichungen (B.1) bis (B.6), S. 244 bzw. Gleichungen (4.117) bis (4.122)), da diese von dem Anteil der Arbeitskräfte in einer Region abhängen. Zur Reduzierung der Variablen wird die Normierung des verfügbaren Bodens auf den Wert eins herangezogen. Hiermit gilt für zwei Regionen r und s , dass der Boden in der Region s durch den in der Region r ausgedrückt werden kann. Es ist $b_s = 1 - b_r$. Zur weiteren Vereinfachung sei die Perspektive eines Simulationslaufes eingenommen, bei dem die Größe der Regionen wie auch die Bodenaufteilung gegeben sind. Somit können die Veränderung der Bodenaufteilung und die der Größe der Regionen als vorerst gesetzt betrachtet werden. Die Preise der Bodennutzungsformen stehen damit im Zusammenhang mit der Veränderung der Bevölkerungsanteile. Aus den Gleichungen (4.64) bis (4.78) folgt

$$dp_{BMr} = \frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}} d\lambda - \underbrace{\frac{\lambda B_M}{b_r b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac}}_{=0} - \underbrace{\frac{\lambda B_M}{b_r^2 b_{Mr,frac}} db_r}_{=0} = \frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}} d\lambda \quad (4.117)$$

und für die anderen Preise resultiert

$$dp_{BM_s} = -\frac{B_M}{b_s b_{Ms,frac}} d\lambda, \quad (4.118)$$

$$dp_{BHr} = \frac{B_H}{b_r b_{Hr,frac}} d\lambda, \quad (4.119)$$

$$dp_{BH_s} = -\frac{B_H}{b_s b_{Hs,frac}} d\lambda, \quad (4.120)$$

$$dp_{BAr} = 0 \quad \text{mit } \phi_r = 1/2 \text{ und} \quad (4.121)$$

$$dp_{BA_s} = 0 \quad \text{mit } \phi_s = 1/2. \quad (4.122)$$

Im Anhang finden sich auf Seite 244 mit den Gleichungen (B.1) bis (B.6) die totalen Differentiale inklusive der Veränderungen der Bodenanteile.

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

In einem weiteren Schritt werden die totalen Differentiale des industriellen Preisindex (vgl. Gleichungen (B.11) bis (B.16)), des Nominallohns (vgl. Gleichungen (B.17) bis (B.21)) und des Gesamteinkommens (vgl. Gleichungen (B.22) bis (B.24)) berechnet. Wird die Region r beispielhaft herangezogen, ergibt sich für den industriellen Preisindex

$$\begin{aligned}
 (1 - \sigma)G_r^{1-\sigma} \frac{dG_r}{G_r} &= \frac{k_M^{1-\alpha}}{\alpha^\alpha(1-\alpha)^{1-\alpha}} \\
 &\left[\left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \tau_{rr} \right)^{1-\sigma} d\lambda - \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \tau_{sr} \right)^{1-\sigma} d\lambda \right. \\
 &+ \lambda(1-\sigma)\alpha \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \tau_{rr} \right)^{1-\sigma} \frac{dw_{Mr}}{w_{Mr}} \\
 &+ (1-\lambda)(1-\sigma)\alpha \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \tau_{sr} \right)^{1-\sigma} \frac{dw_{Ms}}{w_{Ms}} \\
 &+ \lambda(1-\sigma)(1-\alpha) \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \tau_{rr} \right)^{1-\sigma} \frac{dp_{BMr}}{p_{BMr}} \\
 &+ (1-\lambda)(1-\sigma)(1-\alpha) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \tau_{sr} \right)^{1-\sigma} \frac{dp_{BMs}}{p_{BMs}} \\
 &+ (1-\lambda)(1-\sigma) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \tau_{sr} \right)^{1-\sigma} \frac{d\tau_{sr}}{\tau_{sr}} \\
 &\left. + \lambda(1-\sigma) \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \tau_{rr} \right)^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rr}}{\tau_{rr}} \right], \tag{4.123}
 \end{aligned}$$

für den Nominallohn

$$\begin{aligned}
 \sigma\alpha w_{Mr}^{\alpha\sigma} \frac{dw_{Mr}}{w_{Mr}} &= (\alpha-1)\sigma(\mu_M + \mu_A) \left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \right) p_{BMr}^{(\alpha-1)\sigma} \frac{dp_{BMr}}{p_{BMr}} \\
 &+ p_{BMr}^{(\alpha-1)\sigma} (\mu_M + \mu_A) \left(G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} dY_r + (\sigma-1) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{dG_r}{G_r} \right. \\
 &+ G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} dY_s + (\sigma-1) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{dG_s}{G_s} \\
 &\left. + (1-\sigma) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rr}}{\tau_{rr}} + (1-\sigma) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rs}}{\tau_{rs}} \right) \tag{4.124}
 \end{aligned}$$

und für das Gesamteinkommen

$$\begin{aligned}
 dY_r = & \left(\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} w_{Mr} + B_M + B_H + \frac{2\lambda B_M^2}{b_r b_{Mr,frac}} + \frac{2\lambda B_H^2}{b_r b_{Hr,frac}} \right) d\lambda \\
 & + \lambda \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} dw_{Mr} - \left(\frac{\lambda^2 B_M^2}{b_r^2 b_{Mr,frac}} + \frac{\lambda^2 B_H^2}{b_r^2 b_{Hr,frac}} + \frac{B_A^2}{4b_r^2 b_{Ar,frac}} \right) db_r \\
 & - \frac{\lambda^2 B_M^2}{b_r b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac} - \frac{\lambda^2 B_H^2}{b_r b_{Hr,frac}^2} db_{Hr,frac} - \frac{B_A^2}{4b_r b_{Ar,frac}^2} db_{Ar,frac}.
 \end{aligned} \tag{4.125}$$

Die Gleichungen (4.123), (4.124) und (4.125) finden sich ebenfalls im Anhang (Gleichungen (B.11), (B.17) und (B.22)) sowie die entsprechenden Gleichungen für die Region s (Gleichungen (B.12), (B.18) und (B.24)). Die Ergebnisse der Differentiale für die Bodennutzungspreise und $b_s = 1 - b_r$ werden nun in den Differentialen des Nominallohns und des Preisindex berücksichtigt. Die entsprechenden Berechnungen finden sich im Anhang mit den Gleichungen (B.13) bis (B.21).

Systematisches Darstellen aller resultierender Differentiale (vgl. die Darstellung, S. 254 f.) zeigt, dass grundsätzlich über Einsetzen oder Eliminationsverfahren die Lösung $d\Delta\omega/d\lambda$ bestimmbar ist. Jedoch sind bereits nach Einsetzen des Gesamteinkommens in die Nominallohngleichungen umfangreiche Lösungen zu erkennen (siehe Gleichungen (B.25) und (B.26) im Anhang).

Für das Differential der Reallohndifferenz (4.116) folgt mit den Gleichungen (4.121) und (4.122):

$$\begin{aligned}
 d\Delta\omega = & \frac{w_{Mr}}{G_r^{\mu_M} P_{Ar}^{\mu_A} P_{BHr}^{\mu_H}} \left(\frac{dw_{Mr}}{w_{Mr}} - \mu_M \frac{dG_r}{G_r} - \mu_H \frac{dp_{BHr}}{p_{BHr}} \right) \\
 & - \frac{w_{Ms}}{G_s^{\mu_M} P_{As}^{\mu_A} P_{BHs}^{\mu_H}} \left(\frac{dw_{Ms}}{w_{Ms}} - \mu_M \frac{dG_s}{G_s} - \mu_H \frac{dp_{BHs}}{p_{BHs}} \right).
 \end{aligned} \tag{4.126}$$

Mit den vereinfachenden Annahmen (Bodenaufteilung und Transportkosten kurzfristig konstant) sind die Differentialgleichungen im Anhang mit dem Ausdruck (B.27) auf Seite 258 als lineares Gleichungssystem bzw. in Matrixform geschrieben, wobei sich die nicht-linearen Ausdrücke in den Koeffizienten ($a_{11} - a_{44}$ und $b_1 - b_4$) wiederfinden. Für die Matrixform sind die Gleichungen (B.15) und (B.16) der industriellen Preisindizes in den

Regionen sowie der Nominallohne (B.25) und (B.26) nach $d\lambda$ umgestellt. In den Gleichungen der Nominallohne sind die Gesamteinkommen (Gleichungen (B.22) und (B.23)) berücksichtigt, sodass sich die ursprünglich sechs Gleichungen (Nominallohne, Preisindizes, Gesamteinkommen in den beiden Regionen) auf die vier in der Matrixform dargestellten reduzieren. Im Anhang A findet sich ab Seite 258 die Darstellung inklusive der Koeffizienten, nachfolgend wird lediglich die Matrixform wiedergegeben:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & -a_{12} & -a_{13} & -a_{14} \\ -a_{21} & a_{22} & -a_{23} & -a_{24} \\ -a_{31} & -a_{32} & a_{33} & 0 \\ -a_{41} & -a_{42} & 0 & a_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dw_{Ms} \\ dw_{Mr} \\ dG_r/G_r \\ dG_s/G_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d\lambda b_1 \\ d\lambda b_2 \\ d\lambda b_3 \\ d\lambda b_4 \end{bmatrix}. \quad (4.127)$$

Um für $d\Delta\omega/d\lambda$ eine Form zu erhalten, die zugleich eine Interpretation in Abhängigkeit von den zu setzenden Parametern erlaubt, sind die folgend aufgezählten Operationen vorgenommen (im Detail finden sich die Berechnungen im Anhang ab Seite 260): Lösungen für die Differentialausdrücke finden, diese in die Gleichung (4.126) einsetzen (vgl. Gleichung (B.28) und (B.29)) sowie isolieren von und teilen durch $d\lambda$. Dies liefert eine umfangreiche Lösung (vgl. Gleichung (B.30)). Sind zusätzlich noch die Koeffizienten berücksichtigt, resultiert eine sehr umfangreiche Gleichung, die schwer zu interpretieren ist und aus der kritische Werte für einen Breakpoint nicht einfach ableitbar sind. Aufgrund dessen wird auf die bereits berechneten Differentialausdrücke und die Simulationsergebnisse Bezug genommen, um die Veränderung der Reallohndifferenz zu diskutieren und Zusammenhänge wie auch kritische Punkte herauszuarbeiten.

Veränderungsanalyse der Reallohndifferenz. Da sich bei der Analyse der Veränderung der Reallohndifferenzgleichung bei einer Veränderung des Anteils an Arbeitskräften keine kompakten und sinnvoll zu interpretierenden Ausdrücken ergeben, werden die sie bestimmenden Größen betrachtet. Dies erfolgt, indem die totalen Differentiale der Größen mit ihren Abhängigkeiten und die Wirkungen der Variablen auf die abhängige Variable diskutiert werden. Die angegebene Wirkungsrichtung gibt hierbei den Effekt auf die abhängige Variable bei positiver Veränderung der jeweiligen Größe an.

Im folgenden Schritt wird die Veränderung der Reallohndifferenz bei Veränderung des Anteils an Arbeitskräften, der Bodenaufteilung und der Transportkosten mit dieser Herangehensweise betrachtet, um die wirkenden Effekte zu verdeutlichen. Aus der Gleichung (4.116) können die über den geschweiften Klammern angegebenen Einflüsse auf die Reallohndifferenz abgelesen werden:

$$d\Delta\omega(\underbrace{dw_{Mr}}_{>0}, \underbrace{dG_r}_{<0}, \underbrace{dp_{Ar}}_{<0}, \underbrace{dp_{BHr}}_{<0}, \underbrace{dw_{Ms}}_{<0}, \underbrace{dG_s}_{>0}, \underbrace{dp_{As}}_{>0}, \underbrace{dp_{BHs}}_{>0}). \quad (4.128)$$

Deutlich wird, dass zum Beschreiben des Verhaltens der Reallohndifferenz die totalen Differentiale des Nominallohns und der Preise zu untersuchen sind. Der Nominallohn hängt darüber hinaus vom Gesamteinkommen ab, welches daher ebenfalls zu betrachten ist. Aus den im Anhang dargestellten Ausdrücken (B.19) und (B.20) für die Veränderung des Nominallohns, hier für die Region r wiedergegeben (vgl. (B.19))

$$\begin{aligned} \sigma\alpha W_{Mr}^{\alpha\sigma} \frac{dw_{Mr}}{W_{Mr}} = & p_{BMr}^{(\alpha-1)\sigma} (\mu_M + \mu_A) \left((\alpha - 1)\sigma \frac{1}{p_{BMr}} \left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \right) \right. \\ & \left(\frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}} d\lambda - \frac{\lambda B_M}{b_r^2 b_{Mr,frac}} db_r - \frac{\lambda B_M}{b_r b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac} \right) \\ & + G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} dY_r + G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} dY_s \\ & + (\sigma - 1) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{dG_r}{G_r} + (\sigma - 1) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{dG_s}{G_s} \\ & \left. + (1 - \sigma) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rr}}{\tau_{rr}} + (1 - \sigma) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rs}}{\tau_{rs}} \right), \end{aligned} \quad (4.129)$$

lassen sich die folgenden Wirkungszusammenhänge ableiten:

$$dw_{Mr}(\underbrace{d\lambda}_{<0}, \underbrace{db_r}_{>0}, \underbrace{db_{Mr,frac}}_{>0}, \underbrace{dY_r}_{>0}, \underbrace{dY_s}_{>0}, \underbrace{dG_r}_{>0}, \underbrace{dG_s}_{>0}, \underbrace{d\tau_{rr}}_{<0}, \underbrace{d\tau_{rs}}_{<0}), \quad (4.130)$$

$$dw_{Ms}(\underbrace{d\lambda}_{>0}, \underbrace{db_r}_{<0}, \underbrace{db_{Ms,frac}}_{>0}, \underbrace{dY_r}_{>0}, \underbrace{dY_s}_{>0}, \underbrace{dG_r}_{>0}, \underbrace{dG_s}_{>0}, \underbrace{d\tau_{ss}}_{<0}, \underbrace{d\tau_{sr}}_{<0}). \quad (4.131)$$

Analoges Vorgehen für die Preisindizes liefert für Gleichungen (B.15) und (B.16)

$$dG_r(\underbrace{d\lambda}_{\cong 0}, \underbrace{db_r}_{\cong 0}, \underbrace{db_{Mr,frac}}_{<0}, \underbrace{db_{Ms,frac}}_{<0}, \underbrace{dw_{Mr}}_{>0}, \underbrace{dw_{Ms}}_{>0}, \underbrace{d\tau_{rr}}_{>0}, \underbrace{d\tau_{sr}}_{>0}), \quad (4.132)$$

$$dG_s(\underbrace{d\lambda}_{\cong 0}, \underbrace{db_r}_{\cong 0}, \underbrace{db_{Mr,frac}}_{<0}, \underbrace{db_{Ms,frac}}_{<0}, \underbrace{dw_{Mr}}_{>0}, \underbrace{dw_{Ms}}_{>0}, \underbrace{d\tau_{ss}}_{>0}, \underbrace{d\tau_{rs}}_{>0}) \quad (4.133)$$

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

und für die anderen Preise aus den Gleichungen (B.8), (B.10), (B.4), (B.6), (B.1) und (B.3)

$$dp_{Ar}(\overbrace{db_r}^{<0}, \overbrace{db_{Ar,frac}}^{<0}), \quad (4.134)$$

$$dp_{As}(\overbrace{db_r}^{>0}, \overbrace{db_{As,frac}}^{<0}), \quad (4.135)$$

$$dp_{B Hr}(\overbrace{d\lambda}^{>0}, \overbrace{db_r}^{<0}, \overbrace{db_{Hr,frac}}^{<0}), \quad (4.136)$$

$$dp_{B Hs}(\overbrace{d\lambda}^{<0}, \overbrace{db_r}^{>0}, \overbrace{db_{Hs,frac}}^{<0}), \quad (4.137)$$

$$dp_{B Mr}(\overbrace{d\lambda}^{>0}, \overbrace{db_r}^{<0}, \overbrace{db_{Mr,frac}}^{<0}) \quad \text{und} \quad (4.138)$$

$$dp_{B Ms}(\overbrace{d\lambda}^{<0}, \overbrace{db_r}^{>0}, \overbrace{db_{Ms,frac}}^{<0}). \quad (4.139)$$

Die totalen Differentiale des Gesamteinkommens (vgl. Gleichung (B.22) und (B.24)) in den Regionen zeigen die folgenden Abhängigkeiten:

$$dY_r(\overbrace{d\lambda}^{>0}, \overbrace{dw_{Mr}}^{>0}, \overbrace{db_r}^{<0}, \overbrace{db_{Mr,frac}}^{<0}, \overbrace{db_{Hr,frac}}^{<0}, \overbrace{db_{Ar,frac}}^{<0}), \quad (4.140)$$

$$dY_s(\overbrace{d\lambda}^{<0}, \overbrace{dw_{Ms}}^{>0}, \overbrace{db_r}^{>0}, \overbrace{db_{Ms,frac}}^{<0}, \overbrace{db_{Hs,frac}}^{<0}, \overbrace{db_{As,frac}}^{<0}). \quad (4.141)$$

Veränderungsanalyse zum Anteil der Arbeitskräfte. Die zuvor dargestellten Ausdrücke zeigen die Reaktion der jeweiligen Größe bei einer Veränderung (Erhöhung) der in den Klammern angeführten Größen. Zunächst sind die Variablen aufgeführt, die die Reallohndifferenz beeinflussen. Gesucht wird jedoch die Veränderung der Reallohndifferenz bei einer Veränderung des Arbeitskräfteanteils. Von Interesse sind bei der Analyse von

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta\omega}{d\lambda} = & \frac{w_{Mr}}{G_r^{\mu_M} p_{Ar}^{\mu_A} p_{BHr}^{\mu_H}} \left(\frac{dw_{Mr}}{w_{Mr}d\lambda} - \mu_M \frac{dG_r}{G_r d\lambda} - \mu_A \frac{dp_{Ar}}{p_{Ar}d\lambda} - \mu_H \frac{dp_{BHr}}{p_{BHr}d\lambda} \right) \\ & - \frac{w_{Ms}}{G_s^{\mu_M} p_{As}^{\mu_A} p_{BHs}^{\mu_H}} \left(\frac{dw_{Ms}}{w_{Ms}d\lambda} - \mu_M \frac{dG_s}{G_s d\lambda} - \mu_A \frac{dp_{As}}{p_{As}d\lambda} - \mu_H \frac{dp_{BHs}}{p_{BHs}d\lambda} \right) \end{aligned} \quad (4.142)$$

(vgl. Ausdruck (4.126)) die Einflüsse der Größen, von denen $\frac{d\Delta\omega}{d\lambda}$ abhängig ist:

$$\frac{d\Delta\omega}{d\lambda} \left(\overbrace{\frac{dw_{Mr}}{d\lambda}}^{\cong 0}, \overbrace{\frac{dG_r}{d\lambda}}^{\cong 0}, \overbrace{\frac{dp_{Ar}}{d\lambda}}^{-}, \overbrace{\frac{dp_{BHr}}{d\lambda}}^{<0}, \overbrace{\frac{dw_{Ms}}{d\lambda}}^{\cong 0}, \overbrace{\frac{dG_s}{d\lambda}}^{\cong 0}, \overbrace{\frac{dp_{As}}{d\lambda}}^{-}, \overbrace{\frac{dp_{BHs}}{d\lambda}}^{<0} \right). \quad (4.143)$$

Während sich für die Veränderung des Bodennutzungspreises für die Konsumenten und die industriellen Unternehmen eine eindeutige Wirkungsrichtung für $d\lambda$ ergibt, ist dies für die Nominallöhne, die Gesamteinkommen und die Preisindizes in den Regionen nicht der Fall. Nimmt der Anteil der Bevölkerung in einer Region zu, führt dies zu steigenden Bodennutzungspreisen. Für die Analyse der anderen Größen ist für beide Regionen stellvertretend die Region r betrachtet.

Aus Sicht der Region r verringert sich der Nominallohn als direkte Folge einer Erhöhung von $d\lambda$ (vgl. hierzu den Ausdruck (4.130)). Jedoch wirkt ein positives $d\lambda$ erhöhend auf das Gesamteinkommen, von welchem der Nominallohn ebenso abhängt. Der Nominallohn reagiert wiederum positiv auf ein steigendes Gesamteinkommen (vgl. Gleichung (4.130) und (4.140)). Somit verzeichnet er über das Gesamteinkommen indirekt eine der direkten Wirkung von $d\lambda$ entgegenstehende Bewegung. Aus der Gleichung des totalen Differentials des Gesamteinkommens dY_r (Gleichung (B.22) bzw. (4.125)) lässt sich der Term

$$\left(\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} w_{Mr} + B_M + B_H + \frac{2\lambda B_M^2}{b_r b_{Mr,frac}} + \frac{2\lambda B_H^2}{b_r b_{Hr,frac}} \right) d\lambda \quad (4.144)$$

und aus der Gleichung des totalen Differentials des Nominallohns dw_{Mr} (Gleichung (B.19)) der Term

$$\frac{(\alpha - 1) (\mu_M + \mu_A) p_{BMr}^{(\alpha-1)\sigma}}{\alpha w_{Mr}^{\alpha\sigma} p_{BMr}} \left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \right) \frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}} d\lambda \quad (4.145)$$

isolieren. Ist (4.144) > (4.145), folgt, dass die Gesamtwirkung von $d\lambda$ auf den Nominal-

lohn positiv ist. Bei $(4.144) < (4.145)$ ergibt sich eine entsprechend negative Wirkung und bei $(4.144) = (4.145)$ neutralisieren sich die Effekte. Anhand der Ausdrücke (4.144) und (4.145) ist ersichtlich, dass ein steigendes λ das Gesamteinkommen erhöht, was sich auch positiv auf den Betrag des Terms für den Nominallohn niederschlägt. Jedoch führt ein steigender Anteil an Arbeitskräften zu einer Erhöhung der Bodennutzungspreise, welche reduzierend auf den Betrag des Ausdrucks (4.145) wirken. Das heißt, der Erhöhung des Gesamteinkommens steht die Reduktion des Nominallohns über den Preismechanismus der Bodennutzungspreise gegenüber. Wie die Darstellungen der Abhängigkeiten in den Ausdrücken (4.130) und (4.140) zeigen, verhält sich der Nominallohn bei fallendem Gesamteinkommen fallend, wie auch das Gesamteinkommen bei fallendem Nominallohn fällt. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass im Ausdruck (4.145) der Preisindex G_r vorkommt, der auf sinkende Nominallöhne ebenfalls sinkend reagiert (vgl. Ausdruck (4.132)) und damit zu einer Erhöhung von Ausdruck (4.145) beiträgt. Allerdings wirkt dem der gleiche Mechanismus mit umgekehrten Vorzeichen für Y_s und G_s entgegen. Denn die Erhöhung von λ bringt eine Verringerung der Arbeitskräfte in der Region s mit sich.

Für die Betrachtung des Gesamteffekts der Nominallohnänderungen bezüglich einer Änderung der Aufteilung der Arbeitskräfte auf die Reallohndifferenzgleichung ist zu prüfen, inwieweit aus dem Quotienten $\frac{dw_{Mr}}{d\lambda} / \frac{dw_{Ms}}{d\lambda}$ oder auch aus der Differenz Aussagen ableitbar sind. Aus den Gleichungen (B.25) und (B.26) lässt sich dieser Quotient bilden, der aufgrund seines Umfangs nicht hier, sondern im Anhang angeführt ist (siehe Gleichung (B.31)). An diesem Quotienten ist zu erkennen, dass das Ergebnis von der Raumaufteilung ($b_r, b_s = 1 - b_r$), der Bodennutzung innerhalb der Regionen, der initialen Verteilung der Arbeitskräfte und den Transportkosten zwischen und innerhalb der Regionen beeinflusst ist (bleiben im Nenner und Zähler die Größen unbeachtet, die für beide Regionen gleichermaßen gelten). Anhand des ersten Bruchs auf der rechten Seite der Gleichung (B.31) $\left(\left(\alpha \sigma \frac{w_{Ms}^{\sigma\alpha}}{w_{Ms}} - \lambda \mu_M \frac{\tau_{ss}^{1-\sigma} G_s^{\sigma-1}}{P_{BMs}} \right) / \left(\alpha \sigma \frac{w_{Mr}^{\sigma\alpha}}{w_{Mr}} - \lambda \mu_M \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma} G_r^{\sigma-1}}{P_{BMr}} \frac{P_{BMr}^{(\alpha-1)\sigma}}{P_{BMs}^{(\alpha-1)\sigma}} \right) \right)$ wird deutlich, dass sowohl die Werte des Nominallohns selbst als auch die Preisindizes die Wirkungsrichtung mitbestimmen.

Weiterhin ist auffällig, dass kleine Werte für b_r und $b_{Mr,frac}$ zu einem höheren Betrag des Ausdrucks (4.144) führen, mit anderen Worten zu einem höheren Gesamteinkommen. Für den Betrag des Ausdrucks (4.145) (Nominallohn) resultiert jedoch wiederum keine einheitliche Wirkung. Einerseits führen kleine Werte von b_r und $b_{Mr,frac}$ über einen abnehmenden Wert des Nenners zu einem höheren Betrag der Terme (4.144) und (4.145). Andererseits verknüpft sich dadurch der verfügbare Boden, woraus über steigende Bo-

dennutzungspreise ein geringerer Betrag des Terms (4.145) resultiert. Zusätzlich wird die Höhe des Betrags des Terms (4.145) durch die Transportkosten innerhalb einer Region und durch jene, die beim Export von industriellen Gütern in die andere Region auftreten, beeinflusst. Da $\sigma > 1$ gilt, reduzieren hohe Transportkosten den Betrag des Terms (4.145). Letztlich kann keine finale Wirkungsrichtung bestimmt werden. Diese ist über die Simulationen erhoben, dennoch zeigen sich in der Diskussion die wirkenden Kräfte und Zusammenhänge.

Der Gleichung (B.15) ist der nachfolgende Term zu entnehmen, mit welchem die Wirkung $dG_r/d\lambda$ diskutiert werden kann:

$$\begin{aligned}
 & \left. \frac{\overbrace{G_r^\sigma k_M^{1-\alpha}}^{<0}}{\alpha^\alpha (1-\alpha)^{1-\alpha} (1-\sigma)} \right\} \\
 & \underbrace{- \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr}^{1-\sigma} + (1-\sigma)(1-\alpha) \lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma}}{p_{BMr}} \frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}}}_{<0 (a)} \\
 & \underbrace{+ \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rr}^{1-\sigma} - (1-\sigma)(1-\alpha)(1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{sr}^{1-\sigma}}{p_{BMs}} \frac{B_M}{(1-b_r) b_{Ms,frac}}}_{>0 (b)} \left. \right\} d\lambda.
 \end{aligned} \tag{4.146}$$

Die Terme des Ausdrucks (4.146) sind umgestellt, sodass die unter (a) und (b) zusammengefassten Terme einheitlich positiv bzw. negativ wirken. Ist (a) $>$ (b) bzw. (a) $<$ (b), wirkt eine positive Veränderung von $d\lambda$ auch positiv bzw. negativ auf den Preisindex in der Region r . Durch Umformen des Ausdrucks (4.146) lassen sich weitere Bedingungen formulieren:

$$\begin{aligned}
 & \overbrace{\frac{G_r^\sigma k_M^{1-\alpha}}{\alpha^\alpha (1-\alpha)^{1-\alpha} (1-\sigma)}}^{<0} \left\{ \right. \\
 & \overbrace{- \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr}^{1-\sigma} \left(1 - (1-\sigma)(1-\alpha)(1-\lambda) \frac{1}{p_{BMs} (1-b_r) b_{Ms,frac}} \frac{B_M}{} \right)}^{(c)} \\
 & \left. + \overbrace{\left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rr}^{1-\sigma} \left(1 + (1-\sigma)(1-\alpha) \lambda \frac{1}{p_{BMr} b_r b_{Mr,frac}} \frac{B_M}{} \right)}^{(d)} \right\} d\lambda. \\
 & \underbrace{\hspace{15em}}_{(e)} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{(f)} \quad (4.147)
 \end{aligned}$$

Für die Diskussion des Ausdrucks (4.147) sei angenommen, in der Region r soll eine Erhöhung der Anzahl an Arbeitskräften zu einem sinkenden Preisindex führen ($dG_r/d\lambda < 0$). Hierfür folgt, dass erstens $(e) > -1$ bzw. $(1-\alpha)\lambda \frac{1}{p_{BMr} b_r b_{Mr,frac}} \frac{B_M}{} > \frac{1}{\sigma-1}$ sein muss. Zweitens hat die Bedingung $|(d)| > |(c)|$ zu gelten. Weiterhin zeigt sich, je kleiner die Faktorkosten und die Transportkosten in der Region r und je größer die Faktorkosten und die Transportkosten in der Region s sind, desto eher wird $|(d)| > |(c)|$ erfüllt. Die Größen σ und α gelten für beide Regionen gleichermaßen und werden deshalb in dieser Diskussion nicht weiter betrachtet. Unmittelbar folgt aus einem zunehmenden λ ein geringerer Preisindex in der Region r . Die unter (f) zusammengefassten Ausdrücke offenbaren jedoch entgegengesetzte Wirkungen: Bei einem zunehmenden λ steigt der Bodennutzungspreis, was der Erfüllung der aus (e) abgeleiteten Bedingung entgegensteht. Ferner tragen kleine Werte von b_r und $b_{Mr,frac}$ (kleiner Divisor) sowohl zu einer Erfüllung als auch über den Preismechanismus der Bodennutzung zu einer Nicht-Erfüllung der Bedingung bei. Die aus Sicht der Region r dargestellten Wirkungszusammenhänge gelten auch für die Region s . Zu beachten ist jedoch, dass sich $d\lambda$ für die Übertragung der Wirkungsrichtungen fallend verhalten muss, da $\lambda_s = 1 - \lambda$ gilt.

Die Diskussion der einzelnen Größen ($dw_r, dY_r, dG_r, dp_{BMr}$) für $d\lambda$ zeigt, dass die Wirkung von $d\lambda$ auf $\Delta\omega$ letztlich von dem Wert einer Vielzahl zum Teil interdependenter Größen abhängt, die auf den Reallohn entgegengesetzten Einfluss nehmen. Insofern sind die räumlichen Wirkungen und Gleichgewichte anhand von numerischen Simulationen ermittelt, deren Ergebnisse sich im nächsten Unterkapitel finden.

Veränderungsanalyse zur Bodenaufteilung. Um die Wirkungen einer Veränderung des Anteils an nutzbarem Boden und der Bodenaufteilung innerhalb einer Region auf den Reallohn nachzuvollziehen, werden die entsprechenden Abhängigkeiten und Wirkungsrichtungen herausgearbeitet. Zunächst wird die Wirkung der Größe db_r betrachtet, welche den Anteil am Boden der Region r anzeigt, wobei für $b_s = 1 - b_r$ eingesetzt ist. Aus dem Ausdruck (4.128) für die Veränderung der Reallohndifferenz und den Darstellungen der Abhängigkeiten für die Veränderungen des Nominallohns, des Gesamteinkommens und der Preise (vgl. Ausdrücke (4.130) bis (4.141)) ergibt sich:

$$\frac{d\Delta\omega}{db_r} \left(\overbrace{\frac{dw_{Mr}}{db_r}}^{\geq 0}, \overbrace{\frac{dG_r}{db_r}}^{\geq 0}, \overbrace{\frac{dp_{Ar}}{db_r}}^{> 0}, \overbrace{\frac{dp_{BHR}}{db_r}}^{> 0}, \overbrace{\frac{dw_{Ms}}{db_r}}^{\geq 0}, \overbrace{\frac{dG_s}{db_r}}^{\geq 0}, \overbrace{\frac{dp_{As}}{db_r}}^{< 0}, \overbrace{\frac{dp_{BHS}}{db_r}}^{< 0} \right). \quad (4.148)$$

Erneut ist der Effekt auf die Reallohndifferenz nicht eindeutig (vgl. Gleichung (4.148)). Für die Nominallöhne und die industriellen Preisindizes ist sowohl ein positiver als auch ein negativer oder neutraler Einfluss möglich. Nimmt beispielsweise der Anteil an verfügbarem Boden der Region r zu, wirkt sich dies direkt positiv auf den Nominallohn in der Region r und negativ auf den in der Region s aus. Indirekt ergibt sich über das Gesamteinkommen konträr dazu eine Wirkung mit umgekehrten Vorzeichen für den Nominallohn. So nehmen das Gesamteinkommen und damit der Nominallohn in der Region r bei steigendem b_r ab und die in der Region s zu. Diese Bewegungen erklären sich über die Bodennutzungspreise. In der Region r gehen diese bei Erhöhung des verfügbaren Bodens zurück, die Preise in der Region s aber nehmen zu, was den nominellen Wert des Einkommens aus Boden verringert bzw. erhöht. Die Wirkung auf den Preisindex ist ebenfalls nicht eindeutig. Ist wie bisher die Region r beispielhaft betrachtet, kann für eine Analyse aus dem totalen Differential des Preisindexes aus der Gleichung (B.15) der Ausdruck

$$\frac{(1-\alpha)^\alpha}{\alpha^\alpha} G_r^\sigma k_M^{1-\alpha} B_M \left(\underbrace{\left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{sr}^{1-\sigma}}{p_{BMs}} \frac{(1-\lambda)^2}{(1-b_r)^2 b_{Ms,frac}}}_{(g)} - \underbrace{\left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma}}{p_{BMr}} \frac{\lambda^2}{b_r^2 b_{Mr,frac}}}_{(h)} \right) db_r \quad (4.149)$$

herangezogen werden. Der Ausdruck ist für $(g) < (h)$ negativ. In diesem Fall führt eine Erhöhung von b_r zu einer Reduzierung des Preisindexes in der Region r . Dieser Punkt

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

wird eher erreicht umso höher bzw. geringer die Faktorkosten, die Transportkosten und der Anteil an Boden (b_r) für die industrielle Produktion in der Region s bzw. in der Region r sind. Begünstigend wirkt sich zudem ein hohes λ aus. Ebenfalls ist zu beachten, dass eine Erhöhung von b_r verringernd auf p_{BM_r} und erhöhend auf p_{BM_s} wirkt. Gleichfalls gilt innerhalb der Regionen, dass bei Erhöhung von $b_{Mr,frac}$ oder auch $b_{Ms,frac}$ eine negative Reaktion von p_{BM_r} bzw. von p_{BM_s} folgt (vgl. Ausdrücke (4.138) und (4.139)).

Mit Blick auf den Nominallohn sind abermals die entsprechenden Ausdrücke aus den Gleichungen des totalen Differentials (B.22) für das Gesamteinkommen mit

$$-\overbrace{\left(\frac{\lambda^2 B_M^2}{b_r^2 b_{Mr,frac}} + \frac{\lambda^2 B_H^2}{b_r^2 b_{Hr,frac}} + \frac{B_A^2}{4b_r^2 b_{Ar,frac}} \right)}^{<0} db_r \quad (4.150)$$

und aus der Gleichung (B.19) für den Nominallohn mit

$$\underbrace{(\mu_M + \mu_A) \frac{\overbrace{\alpha - 1}^{<0}}{\alpha} \frac{w_{Mr}}{w_{Mr}^{\alpha\sigma}} \frac{p_{BM_r}^{(\alpha-1)\sigma}}{p_{BM_r}} \left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \right)}_{>0} \overbrace{\left(-\frac{\lambda B_M}{b_r^2 b_{Mr,frac}} db_r \right)}^{<0} \quad (4.151)$$

zu untersuchen. Die Wirkung einer Erhöhung des Anteils einer Region am verfügbaren Boden auf den Nominallohn ist negativ, wenn die Einkommensverluste aus der Bodennutzung höher ausfallen als der Betrag des komplexen Ausdrucks (4.151). Einerseits wirken einige Größen erhöhend auf den Betrag des Ausdrucks (4.151). So folgt dies durch eine Reduzierung des Preises p_{BM_r} sowie über ein höheres Gesamteinkommen in der Region s (vgl. Ausdruck (4.141)), was die Exporte von Region r nach Region s stärkt. Andererseits wirken das sinkende Gesamteinkommen Y_r sowie der Nenner des letzten Terms im Ausdruck (4.151) verringernd auf den Betrag. Der Einfluss von G_r , G_s und w_{Mr} ist im komplexen Wirkungsgeflecht von Nominallohn, Preisindex und Gesamteinkommen nicht einfach ablesbar. Einen Überblick über die den Nominallohn bestimmenden Größen in den Regionen unter Berücksichtigung von dY_r und dY_s liefern die Gleichungen (B.25) und (B.26) im Anhang. Ob ein positiver oder ein negativer Einfluss auf den Nominallohn und die Reallohndifferenz resultiert, hängt von den Werten der Größen für die Aufteilung der Bodennutzung, dem Anteil an Arbeitskräften, den Preisindizes, den Faktorkosten und den Transportkosten in den Regionen sowie von den Exponenten der industriellen Produk-

tionsfunktion, dem Konsumanteil für industrielle Produkte und der Substitutionselastizität ab. Die Ergebnisse zu unterschiedlichen Werten von λ und weiterer Größen können den weiter unten folgenden numerischen Simulationen entnommen werden.

Veränderungsanalyse zu den Bodennutzungsanteilen. Die Auswirkungen bei einer Veränderung der Bodennutzungsaufteilung sind ebenfalls stellvertretend für die Regionen anhand der Region r erörtert. Für die Reallohndifferenzgleichung ergeben sich die im Folgenden dargestellten direkten Wirkungen, die aus den totalen Differentialen (vgl. hierzu auch (4.128), (4.130) bis (4.137)) abgelesen werden können:

$$\frac{d\Delta\omega}{db_{Mr,frac}} \left(\overbrace{\frac{dw_{Mr}}{db_{Mr,frac}}}^{>0}, \overbrace{\frac{dG_r}{db_{Mr,frac}}}^{>0}, \overbrace{\frac{dG_s}{db_{Mr,frac}}}^{<0} \right), \quad (4.152)$$

$$\frac{d\Delta\omega}{db_{Ms,frac}} \left(\overbrace{\frac{dw_{Ms}}{db_{Ms,frac}}}^{<0}, \overbrace{\frac{dG_r}{db_{Ms,frac}}}^{>0}, \overbrace{\frac{dG_s}{db_{Ms,frac}}}^{<0} \right), \quad (4.153)$$

$$\frac{d\Delta\omega}{db_{Hr,frac}} \left(\overbrace{\frac{dp_{BHR}}{db_{Hr,frac}}}^{>0} \right), \quad (4.154)$$

$$\frac{d\Delta\omega}{db_{Hs,frac}} \left(\overbrace{\frac{dp_{BHS}}{db_{Hs,frac}}}^{<0} \right), \quad (4.155)$$

$$\frac{d\Delta\omega}{db_{Ar,frac}} \left(\overbrace{\frac{dp_{Ar}}{db_{Ar,frac}}}^{>0} \right), \quad (4.156)$$

$$\frac{d\Delta\omega}{db_{As,frac}} \left(\overbrace{\frac{dp_{As}}{db_{As,frac}}}^{<0} \right). \quad (4.157)$$

Die Reaktion der Reallohndifferenz weist bei einer Erhöhung von $b_{Mr,frac}$ über den Nominallohn (vgl. Gleichung (B.19)) in die gleiche und über den Einfluss der Preisindizes (vgl. Gleichung (B.15)) in die entgegengesetzte Richtung. Ein sinkender Effekt ist über einen steigenden Anteil der Nutzungsformen bzw. über den Preismechanismus der Bodennutzungspreise grundsätzlich auszumachen (vgl. Gleichung (B.1) bis Gleichung (B.6)). Anzumerken ist, dass eine Erhöhung des Anteils einer Nutzungsform am verfügbaren Boden

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

bei unverändertem b_r nur durch eine Reduktion des Anteils mindestens einer anderen Nutzungsform möglich ist. Wie bereits zuvor lassen sich für die Diskussion der wirkenden Kräfte Terme aus den totalen Differentialen isolieren. Der Ausdruck (4.152) verdeutlicht, dass für $d\Delta\omega/db_{Mr,frac}$ die totalen Differentiale von dw_{Mr} , dG_r und dG_s zu betrachten sind.

Für die Darstellung der Terme sei auf die Ausdrücke (B.32) bis (B.34) im Anhang verwiesen. Das totale Differential des Nominallohns liefert die bereits bekannten Zusammenhänge, dass mit Erhöhung des verfügbaren Bodens in einer Region der Nominallohn zwar abnimmt (über $b_{Mr,frac}^2$ im Nenner), jedoch auch der Bodennutzungspreis (p_{BMr}) fällt, wodurch der Nominallohn steigt. Weiterhin haben noch der Preisindex und das Gesamteinkommen Einfluss auf das Ergebnis. Deren direkte Wirkung zeigt bei einer Änderung (dw_{Mr}/dY_r und dw_{Mr}/dG_r , vgl. Ausdruck (4.130)) in die gleiche Richtung. Hingegen weisen die Änderungen bei einer Erhöhung des Anteils der industriellen Nutzung ($dY_r/db_{Mr,frac}$, vgl. Ausdruck (4.140) und $dG_r/db_{Mr,frac}$, vgl. Ausdruck (4.132)) in die entgegengesetzte Richtung. Damit stehen sie der direkten Wirkung ($dw_{Mr}/db_{Mr,frac}$, vgl. Ausdruck (4.130)) entgegen. Für die weitere Diskussion der Wirkungen von Nominallohn und Preisindex sei erneut auf die Ergebnisse der numerischen Simulationen verwiesen.

Für die Betrachtung der Wirkungen von Veränderungen der Bodenaufteilung unter Beachtung der Beschränkung, dass die Summe aller Bodennutzungsanteile den Wert eins nicht übersteigt, ist die Gleichung (B.25) (vgl. Anhang B.1, S. 256) herangezogen. In dieser Gleichung ist das Gesamteinkommen in die Nominallohngleichung der Region r bereits eingesetzt. Ihr kann der folgende Ausdruck entnommen werden:

$$\begin{aligned}
 & \underbrace{\left(\alpha \sigma \frac{w_{Mr}^{\sigma\alpha}}{w_{Mr}} - \lambda \mu_M \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma} G_r^{\sigma-1}}{P_{BMr}} \right)}_{(i)} \\
 & \left\{ - \underbrace{\left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \right) (\alpha - 1) \sigma \frac{1}{P_{BMr}} \frac{\lambda B_M}{b_r b_{Mr,frac}^2}}_{(j)} \right. \\
 & \left. + \underbrace{G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{\lambda^2 B_M^2}{b_r b_{Mr,frac}^2}}_{(k)} \right\} db_{Mr,frac} \\
 & - \underbrace{G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \left[\underbrace{\frac{\lambda^2 B_H^2}{b_r b_{Hr,frac}^2}}_{(l)} db_{Hr,frac} + \underbrace{\frac{B_A^2}{4b_r b_{Ar,frac}^2}}_{(m)} db_{Ar,frac} \right]}_{(n)} - G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \\
 & \left. \left[\frac{(1-\lambda)^2 B_H^2}{b_s b_{Hs,frac}^2} db_{Hs,frac} + \frac{(1-\lambda)^2 B_M^2}{b_s b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac} + \frac{B_A^2}{4b_s^2 b_{As,frac}^2} db_{As,frac} \right] \right\}.
 \end{aligned} \tag{4.158}$$

Das totale Differential des Preisindex der Region r (vgl. Gleichung (B.15)) liefert den bereits aus Ausdruck (4.149) bekannten Term, nur dass diesmal die Bodennutzungsanteile im Quadrat eingehen, anstelle des insgesamt einer Region zur Verfügung stehenden Bodens:

$$\begin{aligned}
 & \frac{G_r^\sigma k_M^{1-\alpha}}{\alpha^\alpha (1-\alpha)^{1-\alpha} (1-\sigma)} \left(\right. \\
 & - (1-\sigma)(1-\alpha) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BM_s}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{sr}^{1-\sigma}}{p_{BM_s}} \frac{(1-\lambda)^2 B_M}{(1-b_r) b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac} \\
 & \left. - (1-\sigma)(1-\alpha) \left(w_{Mr}^\alpha p_{BM_r}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma}}{p_{BM_r}} \frac{\lambda^2 B_M}{b_r b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac} \right).
 \end{aligned} \tag{4.159}$$

Ersichtlich ist, dass die Bodenaufteilung beider Regionen Einfluss auf den Nominallohn in der Region r nimmt. Wird die Bodenaufteilung innerhalb der Region r betrachtet, lassen sich einige Bedingungen für einen steigenden Nominallohn bei Erhöhung eines Bodennutzungsanteils herausarbeiten. Bei einer Erhöhung des Anteils industriellen Bodens

4.1 Modell mit Boden unter Berücksichtigung des verfügbaren Raums

($b_{Mr,frac}$) kommt es zu einer Umkehrung des Vorzeichens des Ausdrucks (n) in der Darstellung (4.158), da entweder die Anteile der beiden anderen Nutzungsformen oder einer der beiden reduziert werden muss. Es resultieren für (n) > 0 die Fälle

$$\frac{dw_{Mr}}{db_{Mr,frac}} \begin{cases} > 0, \text{ wenn } (i) < 0 \wedge (j) + (k) > 0 \\ > 0, \text{ wenn } (i) > 0 \wedge (j) + (k) < 0 \\ > 0, \text{ wenn } (i) > 0 \wedge (j) + (k) = 0 \\ < 0, \text{ wenn } (i) < 0 \wedge (j) + (k) < 0 \\ < 0, \text{ wenn } (i) < 0 \wedge (j) + (k) = 0 \\ < 0, \text{ wenn } (i) > 0 \wedge (j) + (k) > 0 \\ = 0, \text{ wenn } (i) = 0 \\ = 0, \text{ wenn } (j) + (k) > 0 \wedge |(n)| = (j) + (k), \end{cases} \quad (4.160)$$

wobei (j) + (k) > 0 für $\left| \left(Y_r + Y_s \frac{G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma}}{G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma}} \right) (\alpha - 1) \sigma \frac{1}{p_{BMr}} \right| < |\lambda B_M|$ und (j) + (k) < 0 für $\left| \left(Y_r + Y_s \frac{G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma}}{G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma}} \right) (\alpha - 1) \sigma \frac{1}{p_{BMr}} \right| > |\lambda B_M|$ gilt. Für (i) : $\left(\alpha \sigma \frac{w_{Mr}^{\sigma\alpha}}{w_{Mr}} - \lambda \mu_M \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma} G_r^{\sigma-1}}{p_{BMr}^{(1-\alpha)\sigma}} \right) < 0$ lässt sich die Bedingung $\frac{\lambda \mu_M}{\alpha \sigma} > w_{Mr}^{\sigma\alpha-1} \frac{p_{BMr}^{(1-\alpha)\sigma}}{\tau_{rr}^{1-\sigma} G_r^{\sigma-1}}$ formulieren bzw. für (i) > 0 mit umgekehrten Vergleichszeichen.

Findet einer Erhöhung des Anteils der Wohnnutzung $db_{Hr,frac} > 0$ statt, folgt, dass $db_{Mr,frac} < 0$ und/oder $db_{Ar,frac} < 0$ sein muss. Für den Fall $db_{Ar,frac} = 0$, das heißt, die Erhöhung des Anteils der Wohnnutzung geht zu Lasten der industriellen Nutzung, ergibt sich:

$$\frac{dw_{Mr}}{db_{Hr,frac}} \begin{cases} > 0, \text{ wenn } (i) < 0 \wedge (j) + (k) < 0 \\ > 0, \text{ wenn } (i) < 0 \wedge (j) + (k) > 0 \wedge |(n)| > (j) + (k) \\ > 0, \text{ wenn } (i) > 0 \wedge (j) + (k) > 0 \wedge (n) < (j) + (k) \\ < 0, \text{ wenn } (i) > 0 \wedge (j) + (k) < 0 \\ < 0, \text{ wenn } (i) > 0 \wedge (j) + (k) > 0 \wedge |(n)| > (j) + (k) \\ < 0, \text{ wenn } (i) < 0 \wedge (j) + (k) > 0 \wedge (n) < (j) + (k) \\ = 0, \text{ wenn } (i) = 0 \\ = 0, \text{ wenn } (j) + (k) > 0 \wedge |(n)| = (j) + (k). \end{cases} \quad (4.161)$$

Die zuvor dargestellte Fallunterscheidung (4.161) verdeutlicht, dass die Wirkung auf den Nominallohn von den Werten (Niveau) der zu setzenden Größen wie σ , λ , α , μ_M , den

inter- und intraregionalen Transportkosten sowie der Regionsgröße und deren Aufteilung auf die Nutzungsformen abhängig ist. Sind diese gesetzt oder auch verändert, sind mithilfe des numerischen Näherungsverfahrens die weiteren Größen wie u. a. der Nominallohn in den Regionen oder auch der Preisindex und die sich ergebende Reallohndifferenz zu berechnen.

Bei Erweiterung der Wohnnutzung $db_{Hr,frac} > 0$ über Reduktion des Bodenanteils für die Agrarwirtschaft $db_{Ar,frac} < 0$, verbleiben die Terme (i) und (n) zur Diskussion. Der Term (i) kann wie bereits geschildert größer oder kleiner als null sein. Für $(l) > (m)$ ist $(n) < 0$, wobei für eine positive Wirkung auf den Nominallohn der Term $(i) < 0$ zu sein hat. Ist $(l) < (m)$, resultiert $(n) > 0$ und, dass (i) gleichfalls einen Wert größer als null für $dw_{Mr} > 0$ annehmen muss. Die Effekte einer Erhöhung und Reduzierung der Bodenanteile $b_{Hr,frac}$ und $b_{Ar,frac}$ heben sich auf, sobald $(l) = (m) : \frac{\lambda^2 B_H^2}{b_{Hr,frac}^2} = \frac{B_A^2}{4b_{Ar,frac}^2} \Rightarrow \lambda = \frac{b_{Hr,frac} B_A}{2B_H b_{Ar,frac}}$ gilt. Auf die Ableitung weiterer Bedingungen wird verzichtet, denn die Betrachtung der Wirkung einer Erweiterung des agrarwirtschaftlichen Bodens auf den Nominallohn bei gleichzeitiger Reduktion des Bodens zur Wohnnutzung liefert keine zusätzlichen Erkenntnisse. Die Wirkungszusammenhänge entsprechen im Wesentlichen denen einer positiven Veränderung von $b_{Hr,frac}$ bei $db_{Mr,frac} = 0$ und $db_{Ar,frac} < 0$. Auch wird auf die Diskussion einer Veränderung von $b_{Ar,frac}$ oder $b_{Hr,frac}$ bei entsprechend unterschiedlicher Veränderung der jeweils anderen beiden Größen verzichtet, da sich zeigt, dass unter Beachtung der Terme (j) und (k) für kritische Werte keine einfachen Lösungen vorliegen. Wesentliche Erkenntnis ist, dass die resultierende Wirkung auf den Nominallohn vom Wert der einzelnen Größen abhängt, welche sich jedoch in fast allen Fällen gegenseitig beeinflussen. So ist zwar die Formulierung von kritischen Werten möglich, bei denen sich eine neutrale Wirkung auf den Nominallohn bei Veränderungen der beiden Nutzungsformen $b_{Ar,frac}$ und $b_{Hr,frac}$ bei konstantem $b_{Mr,frac}$ ergibt. Jedoch tritt jenseits dieses Punktes der Term (i) hinzu, der u. a. vom Nominallohn und vom Preisindex bestimmt ist. Auch sind die bereits beschriebenen Wirkungen im Zusammenhang mit $db_{Mr,frac} \leq 0$ zu beachten. Insofern sei an dieser Stelle ebenfalls auf die numerischen Simulationen zu unterschiedlichen Parameterkonstellationen hingewiesen.

Mit Blick auf den industriellen Preisindex und den Term (4.159) lässt sich festhalten, dass $db_{Mr,frac} > 0$ negativ auf den Preisindex in der Region r wirkt und $db_{Mr,frac} < 0$ positiv. In der gleichen Weise beeinflusst $db_{Ms,frac}$ den Preisindex G_r . Die Auseinandersetzung mit den komplexen indirekten Wirkungszusammenhängen, die sich über den Preisindex ergeben, findet bereits weiter oben statt und wird deshalb an dieser Stelle nicht wiederholt.

Veränderungsanalyse zu den Transportkosten. Zuletzt sei noch auf die wesentlichen Reaktionen des Nominallohns, des Preisindex und des Gesamteinkommen bei einer Änderung der inter- und intraregionalen Transportkosten eingegangen. Eine Erhöhung der Transportkosten führt zu einer Senkung des Nominallohns und zu einer Anhebung des Preisindex (vgl. Gleichung (B.25) und (B.15)). Eine positive Veränderung des Preisindex wirkt jedoch positiv auf den Nominallohn (vgl. Gleichung (B.17)). Das Gesamteinkommen (vgl. Gleichung (B.22)) wie auch der Preisindex reagieren nun auf eine Änderung des Nominallohns in die gleiche Richtung, das heißt vorerst direkt negativ auf eine positive Veränderung der Transportkosten. Somit manifestieren sich auch hier über die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen Nominallohn und Preisindex entgegengesetzte Wirkungen. Bei Betrachten der Gleichungen (B.15) und (B.25) – mit der Region r als Beispiel – fällt auf, dass der Term $\left(\alpha \sigma \frac{w_{Mr}^{\sigma \alpha}}{w_{Mr}} - \lambda \mu_M \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma} G_r^{\sigma-1}}{P_{BMr}} \right)$ entscheidend dafür ist, ob die Wirkung auf den Nominallohn positiv oder negativ ausfällt. Ist der Term größer als null $\left(\Rightarrow \frac{\lambda \mu_M}{\alpha \sigma} < w_{Mr}^{\sigma \alpha-1} \frac{P_{BMr}}{\tau_{rr}^{1-\sigma} G_r^{\sigma-1}} \right)$, folgt eine negative, ist er kleiner als null $\left(\Rightarrow \frac{\lambda \mu_M}{\alpha \sigma} > w_{Mr}^{\sigma \alpha-1} \frac{P_{BMr}}{\tau_{rr}^{1-\sigma} G_r^{\sigma-1}} \right)$ eine positive Wirkung und nimmt er den Wert null an $\left(\Rightarrow \frac{\lambda \mu_M}{\alpha \sigma} = w_{Mr}^{\sigma \alpha-1} \frac{P_{BMr}}{\tau_{rr}^{1-\sigma} G_r^{\sigma-1}} \right)$ ⁵⁶, zeigt sich keine. Der hier dargestellte Term entstammt dem totalen Differential des Nominallohns, in welches das Gesamteinkommen bereits eingesetzt wurde (vgl. Gleichung (B.25)). Er verdeutlicht die Wirkung der intraregionalen Transportkosten. Liegen hohe intraregionale Transportkosten vor, nimmt die rechte Seite der eben angeführten Ungleichung wegen $\sigma > 1$ ebenfalls einen höheren Wert an. Somit folgt aus einer Erhöhung der Transportkosten tendenziell (bei bereits hohen Transportkosten) eher eine negative Veränderung des Nominallohns. Welches Gesamtergebnis für die Reallohndifferenzgleichung folgt, hängt von den Parametersetzungen und den sich ergebenden Werten ab und ist Gegenstand der Simulationen.

Herauszustellen ist, dass der Term $\left(\alpha \sigma \frac{w_{Mr}^{\sigma \alpha}}{w_{Mr}} - \lambda \mu_M \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma} G_r^{\sigma-1}}{P_{BMr}} \right)$, bzw. die Niveaueure der Größen dieses Terms, also u. a. die intraregionalen Transportkosten, die Wirkung der Veränderung des Nominallohns bei Veränderungen anderer Größen⁵⁷ in seiner Richtung (positiv oder negativ) beeinflussen. Je höher beispielsweise die intraregionalen Transportkosten und die industriellen Bodenpreise sind, desto niedriger fällt der Wert des Ausdrucks $\left(-\lambda \mu_M \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma} G_r^{\sigma-1}}{P_{BMr}} \right)$ aus.

⁵⁶ Die (Un-)Gleichungen lassen sich auch nach den intraregionalen Transportkosten auflösen: $\tau_{rr} = \left(\frac{\alpha \sigma}{\lambda \mu_M} w_{Mr}^{\sigma \alpha-1} \frac{P_{BMr}}{G_r^{\sigma-1}} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}}$.

⁵⁷ Dies sind: der Anteil an Arbeitskräften, die Größe einer Region, die Bodenaufteilung innerhalb der Regionen, der Nominallohn in der anderen Region, die Preisindizes in den Regionen und die inter- und intraregionalen Transportkosten.

Grundsätzlich ist zu den vorhergehenden Ausführungen anzumerken, dass zwar Wirkungsmechanismen aufgezeigt sind, eindeutige Wirkungsrichtungen aufgrund der interdependenten Beziehungen der Größen jedoch nicht genannt werden können. Auf den ersten Blick scheint sich für die Veränderung des Nominallohns bei Veränderung einer anderen Größe eine eindeutige Richtung zu ergeben. Über den Preisindex oder über das Gesamteinkommen zeigt sich für diesen bei einer Veränderung von Größen wie $d\lambda$, db_r , $db_{Mr,frac}$, $db_{Ms,frac}$, $d\tau_{rr}$, $d\tau_{ss}$, $d\tau_{rs}$ oder $d\tau_{sr}$ eine entgegengesetzte Wirkung, als sie sich als direkte Folge aus den Ausdrücken (4.130) und (4.131) ablesen lässt.

4.1.7 Zusammenfassung

In dem vorhergehenden Kapitel 4.1 wurde ein Modell entwickelt, welches die Bodennutzung sowohl bei der Produktion der landwirtschaftlichen und der industriellen/gewerblichen Güter als auch zum Wohnen im NEG-Modellrahmen berücksichtigt. Damit liegt dem Modell eine Bodenaufteilung in Anlehnung an die der öffentlichen Statistik und der Flächennutzungsplanung zugrunde. Ferner wird dem Raum bzw. der Raumüberwindung Rechnung getragen, indem mit einbezogen wird, dass Raumüberwindungskosten für den Gütertransport (Transportkosten) innerhalb einer und auch zwischen Regionen anfallen.

Für die landwirtschaftliche und industrielle Güterproduktion werden die zwei Einsatzfaktoren Arbeit und Boden benötigt, die sich entsprechend der unterstellten Cobb-Douglas-Produktionstechnologie in der Gesamtkostenfunktion der Unternehmen niederschlagen. Die Konsumenten fragen industrielle Güter, das landwirtschaftliche Gut und Boden – in Form von Wohnnutzung – nach. Im Ergebnis liegt ein nichtlineares Gleichungssystem vor, mit welchem die räumlich stabile Verteilung von Arbeitskräften im Raum für unterschiedlich große Regionen mit Variation der Bodennutzung diskutiert werden kann. Da das Gleichungssystem unterbestimmt ist, wird es im nächsten Kapitel mithilfe numerischer Näherung gelöst. Zur Vereinfachung werden die für die Lösung notwendigen Simulationsgleichungen auf den Zwei-Regionen-Fall reduziert. Ferner sind, wie in den NEG-Modellen üblich, die Transportkosten zum Transport der landwirtschaftlichen Güter vernachlässigt.

Um dennoch die in dem Modell wirkenden Effekte zu verdeutlichen, wurden im Kapitel 4.1.5 und 4.1.6 die resultierenden Simulationsgleichungen untersucht. Dies erfolgte in Hinblick auf den im NEG-Modellansatz abgebildeten Heimatmarkt-, Preisindex- und Wettbewerbseffekt. Darüber hinaus wurde geprüft, ob kritische Werte zu räumlichen Gleichgewichten im Sinne des Break- und Sustainpoints analytisch ermittelt werden kön-

nen. Da dies aufgrund resultierender komplexer Ausdrücke nicht einfach möglich war, wurden anhand totaler Differentiale die Wirkungen einzelner Größen auf den Reallohn der Arbeitskräfte in den Regionen und damit auf das räumliche Gleichgewicht betrachtet. Wesentliche Erkenntnisse, die sich aus dieser Diskussion der Wirkungen der umfassenden Berücksichtigung des Bodens im NEG-Modellrahmen ergeben, werden nachfolgend zusammenfassend wiedergegeben.

- Zusätzlich liegen neben dem bereits bekannten Heimatmarkteffekt (Vorteil eines großen heimischen Marktes für Konsumenten und Unternehmen), dem Wettbewerbseffekt (zunehmende Konkurrenz bei Zuzug von Arbeitskräften und Unternehmen in eine Region) und dem Preisindexeffekt (sinkendes Preisniveau für industrielle Produkte bei Zuzug von Arbeitskräften und Unternehmen) weitere Wirkungen durch den Bodensektor vor. Bei einem Zuzug von Arbeitskräften und Unternehmen in eine Region steigt dort die Nachfrage nach Boden bzw. nimmt die Nutzungsintensität zu, was zu steigenden Bodennutzungspreisen führt. Diese schlagen sich im Index der Lebenshaltungskosten und in den Faktorpreisen nieder. Zugleich steigt das regionale Gesamteinkommen durch zusätzliche Einnahmen im Bodensektor, was zu einem größeren heimischen Markt führt, sofern das Bodeneinkommen zumindest zum Teil in der Region verbleibt. Somit ist in dem Modell über die begrenzten (Boden-)Ressourcen ein weiterer Agglomeration fördernder wie auch ein weiterer der Agglomeration entgegenwirkender Effekt enthalten. Entscheidend für die Entstehung von Wanderungsanreizen ist, ob bei einem Zuzug über den größeren Markt und über ein steigendes Einkommen höhere Preise kompensiert werden und ein höherer Reallohn resultiert.
- Die Sustain- und Breakpoint Analyse zeigt, dass durch die Erweiterung um die drei Bodennutzungsformen vereinfachende Annahmen zu symmetrischem Verhalten in der Nähe kritischer Punkte, wie sonst in der NEG-Modelldiskussion üblich, nicht unterstellt werden können. Dies führt dazu, dass die Diskussion zu kritischen Punkten komplexere Formen annimmt und einfach zu interpretierende Lösungen nicht vorliegen.
- Anhand der Betrachtungen zum Sustainpoint kann festgehalten werden, dass die Stabilität eines Zentrum-Peripherie-Musters, also die vollständige Ballung der industriellen Arbeitskräfte und Unternehmen in einer Region, von den Transportkosten zwischen und innerhalb der Regionen abhängt. Zudem wird die Stabilität von

den einer Region zur Verfügung stehenden Bodenressourcen und der Aufteilung dieser auf die Nutzungsformen bestimmt.

- Wesentliche Erkenntnis der Analysen zum Breakpoint und zum Verhalten der Simulationsgleichungen bzw. der Reallohdifferenzgleichung ist, dass sich das räumliche Gleichgewicht durch einander gegenläufige Effekte bestimmt. Erhöht sich beispielsweise der Anteil an Arbeitskräften in einer Region sind hierbei aus den Gleichungen der Bodenpreise eindeutige Wirkungsrichtungen auf den Reallohn ablesbar. Für den Nominallohn und den Preisindex ist dies nicht der Fall. Als Folge des Zuzugs von Arbeitskräften sinken über die steigenden Bodennutzungspreise die Nominallöhne, jedoch führen sinkende Nominallöhne zu einem sinkenden industriellen Preisindex. Ein verringerter Nominallohn wirkt sich reduzierend auf den Reallohn aus, ein geringerer industrieller Preisindex hebt wiederum den Reallohn. Zudem hebt das zusätzliche Einkommen aus der Bodennutzung das Gesamteinkommen an, der sinkende Nominallohn hingegen reduziert es. Das Gesamteinkommen beeinflusst zugleich den Nominallohn. An der geführten Analyse wird deutlich, dass der endgültig resultierende Effekt anhand einer numerischen Approximation erhoben werden muss.
- Die Analyse zur Veränderung der Regionsgröße verdeutlicht, neben den bereits geschilderten Interdependenzen zwischen Nominallohn, industriellem Preisindex, Bodenpreisen und Gesamteinkommen die Wechselwirkungen der einzelnen Größen zwischen den Regionen. Eine Vergrößerung einer Region hat eine Verkleinerung der anderen Region zur Folge. Dies schlägt sich entsprechend auf die Bodenpreise nieder. Hierüber werden nun die Folgewirkungen auf die Nominallöhne, den Preisindex, das Gesamteinkommen, etc. angestoßen. Anzumerken ist, dass sich der Preisindex wie auch das Gesamteinkommen und damit auch die Faktorkosten einer Region über Exporte und Importe auf den Preisindex und den Nominallohn in der anderen Region auswirken. Dies zeigt sich auch bei der Diskussion der Veränderungen der Bodenaufteilung innerhalb einer Region. Hier wirken sich die dabei resultierenden Preisveränderungen und damit auch die der Faktorkosten ebenfalls auf den Nominallohn, das Gesamteinkommen und den Preisindex und damit auf den Reallohn in der jeweils anderen Region aus, selbst, wenn diese die Bodenaufteilung unverändert lässt. Eine Änderung einer Bodennutzungsform zieht die Änderung mindestens einer anderen nach sich. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass die Stärke der Wirkungen von den spezifischen Werten der Bodennutzung pro Kopf abhängt.

- Eine Erhöhung der Transportkosten wirkt für die Konsumenten direkt als Preissteigerung. Auch geht mit höheren Transportkosten eine Erhöhung des Preisindex einher, was den Nominallohn positiv, jedoch den Reallohn direkt negativ beeinflusst. Allerdings schlägt sich der Nominallohn konträr zum direkten Effekt indirekt positiv auf den Reallohn nieder. Ein interessanter Aspekt stellt sich durch die totalen Differentiale der Bodenpreise, des Nominallohns und des Gesamteinkommens heraus: Die Wirkung einer Veränderung des Nominallohns wird u. a. maßgeblich von der Höhe der intraregionalen Transportkosten und des industriellen Bodenpreises und damit von der Bodenaufteilung beeinflusst.

4.2 Simulationsrechnungen bei interregionalen Transportkosten

Zunächst sind die Simulationsergebnisse im Fall von interregionalen Transportkosten untersucht. Dies ist aus zwei Gründen vorgenommen: Erstens können die Ergebnisse und die Auswirkungen der hier vorgenommenen Modellformulierung mit denen des Grundmodells verglichen werden. Zweitens werden die Effekte von intraregionalen Transportkosten und die einer veränderter Bodenaufteilung auf das räumliche Gleichgewicht deutlich. Transportkosten, die innerhalb der Region anfallen und in Abhängigkeit zur Regionsgröße stehen, bleiben somit vorerst unberücksichtigt. Thema des nächsten Unterkapitels sind die Ergebnisse dieser Berechnungen.

4.2.1 Überblick über die Modellspezifikationen

Die nachfolgende Tabelle 4.1 auf Seite 139 fasst die wesentlichen Spezifikationen für die Modellläufe zusammen. Sowohl der Boden als auch die Arbeitskräfte sind bezüglich ihrer jeweiligen Referenzebene auf eins normiert. Weiterhin ist der Lohn der immobilen, landwirtschaftlichen Arbeitskräfte als Numéraire gesetzt. Diese Normierungen haben keinen Einfluss auf das Simulationsergebnis, da sich hierbei die Einheit, in der gemessen wird, ändert, die Masse, die als Referenz dient, jedoch unbeeinflusst bleibt. Untersucht wird in den Rechnungen, welche langfristigen räumlichen Gleichgewichte bei Veränderung der Bodenverteilung zwischen den beiden Regionen und bei Veränderungen der Bodenaufteilung innerhalb der Regionen resultieren. Auch sind Ergebnisse zu unterschiedlichen Werten der Substitutionselastizität dargestellt. Als realistische Werte für σ sind bei Pflüger und

Tabuchi (2008) Werte von sechs bis acht genannt. Fujita, Krugman und Venables (2001) wählen zumeist $\sigma = 5$.

Nacheinander werden im folgenden Unterkapitel die Ergebnisse der Modellläufe abgebildet. Die Punkte und der sich aus ihnen ergebende Graph geben das jeweilige Gleichgewicht an, zu welchem keine Reallohndifferenzen zwischen den Regionen r und s der industriellen Arbeiter mehr bestehen. Die gestrichelten Linien geben den stabilen Bereich für die Zentrum-Peripherie-Lösung an.⁵⁸ Auf der x -Achse der Ergebnisdarstellung sind die interregionalen Transportkosten $\tau = \tau_{rs} = \tau_{sr} = \tau_{interregional}$ und auf der y -Achse der Anteil der Region r an den industriellen Arbeitern λ abgetragen. Die sich innerhalb einer Abbildung unterscheidenden Größen sind nochmals unterhalb der jeweiligen Abbildung angegeben. Vier Graphen sind in der Abbildung 4.2.1 zur Verdeutlichung der Interpretation vorweg gezeigt. Die Pfeile geben hierbei die Richtung der Wanderungsanreize aufgrund bestehender Reallohndifferenzen zwischen den Regionen an. Anhand der dreidimensionalen Abbildung ist erkennbar, dass sich das stabile räumliche Gleichgewicht bei hohen interregionalen Transportkosten einstellt, da für hohe Werte von λ ein höherer Reallohn in der Region s und bei niedrigen einer in der Region r vorliegt. Dementsprechend lassen sich die anderen stabilen Gleichgewichte (hier als schwarze fettere Linien dargestellt) erklären.

⁵⁸ Der kritische Wert, ab dem die Simulationsgleichungen als erfüllt angenommen sind, beträgt 0,00001. Dieser Wert muss von der relativen Veränderung des Lohns zwischen zwei Iterationsschritten erfüllt sein, damit die Berechnungen abgebrochen und die Ergebnisse als Lösungen übernommen werden.

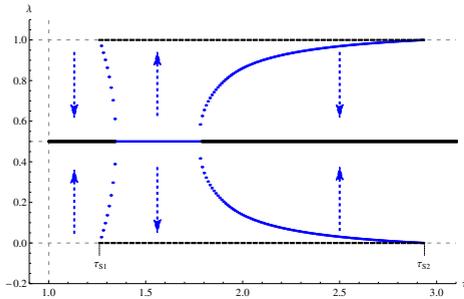
Tabelle 4.1: Modellspezifikationen bei interregionalen Transportkosten

Modell- variante (Var.)	auf die Regionen		Aufteilung des Bodens				in der Region s		Exponenten Produktionsfunktion			Aufteilung des privaten Konsums			
	r	s	in der Region r		in der Region s				Sektor M		Sektor A				
			B_M	B_A	B_M	B_A	B_M	B_H	α	$1 - \alpha$	β	$1 - \beta$	M	A	B_H
1a	0,50	0,50	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
1b	0,50	0,50	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	0,90	0,10	0,023	0,977	0,70	0,10	0,20
1c	0,50	0,50	0,08	0,80	0,12	0,04	0,90	0,06	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
1d	0,50	0,50	0,06	0,90	0,04	0,04	0,90	0,06	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
1e	0,50	0,50	0,02	0,90	0,08	0,04	0,90	0,06	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
2a	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
2b	0,80	0,20	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
3a	0,60	0,40	0,08	0,80	0,12	0,04	0,90	0,06	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
3b	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,08	0,80	0,12	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
3c	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,04	0,70	0,26	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
3d	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,12	0,82	0,06	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
3e	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,06	0,85	0,09	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
3f	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,08	0,83	0,09	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
3g	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,06	0,82	0,12	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
3h*	0,80	0,20	0,04	0,90	0,06	0,16	0,60	0,24	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
3i	0,05	0,95	0,10	0,05	0,85	0,02	0,95	0,03	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20
3j	0,10	0,90	0,10	0,05	0,85	0,02	0,95	0,03	0,99	0,01	0,024	0,976	0,70	0,10	0,20

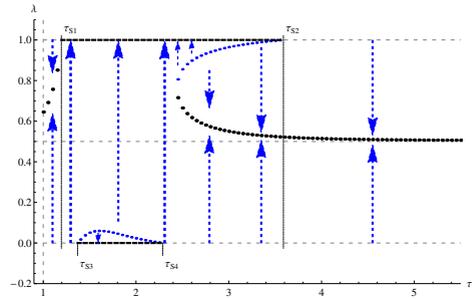
* Abbildungen finden sich im Anhang; r , s sind Abkürzungen für die Regionen r und s , M steht für Industrie, A für Landwirtschaft, B für Boden, H für Wohnnutzung, α , β für den jeweiligen Anteil an Arbeit und $1 - \alpha$, $1 - \beta$ für dem jeweiligen Anteil an Boden. Die Standardwerte für die Simulationen wurden in Anlehnung an statistische Werte des Bundesamtes für Statistik für Deutschland gesetzt. Die Bodennutzung in Deutschland teilt sich auf die industrielle, die landwirtschaftliche und die Nutzung zum Wohnen in rund 4 %, 90 % und 6 % auf (vgl. Statistisches Bundesamt 2013). Die Aufteilung der Exponenten in der Produktionsfunktion für die industrielle Produktion sowie des privaten Konsums auf die unterschiedlichen Konsumgüter erfolgt in Anlehnung an die Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes (vgl. Statistisches Bundesamt 2012). Die Exponenten des landwirtschaftlichen Sektors werden in Anlehnung an eine effiziente Produktion bzw. die Agrarstrukturerhebung gesetzt (vgl. Statistisches Bundesamt 2008).

Quelle: Eigene Darstellung.

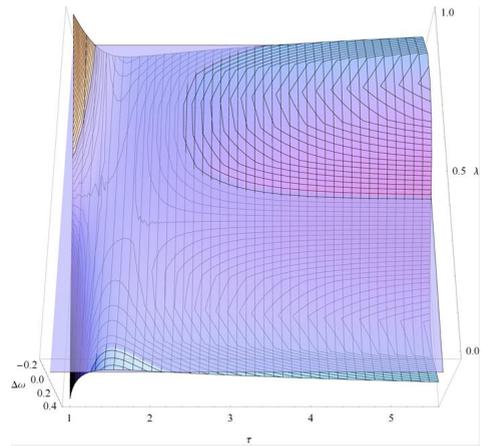
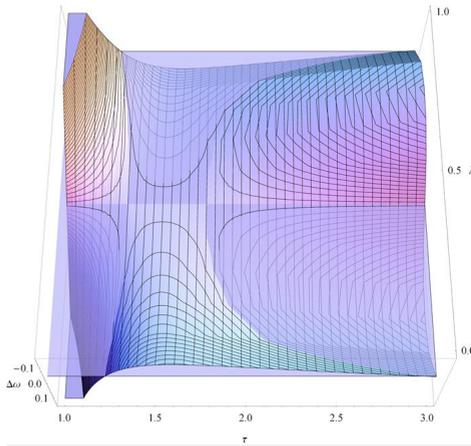
Abbildung 4.2.1: Beispiele für die Interpretation des Bifurkationsdiagramms



(a) Gleich große Regionen mit $\sigma = 5, 5$, $\alpha = 0, 99$, $\beta \approx 0, 024$, $\tau_{S1} \approx 1, 261$, $\tau_{S2} \approx 2, 937$



(b) Unterschiedlich große Regionen mit $\sigma = 5, 5$, $\alpha = 0, 99$, $\beta \approx 0, 024$, $\tau_{S1} \approx 1, 195$, $\tau_{S2} \approx 3, 589$, $\tau_{S3} \approx 1, 369$, $\tau_{S4} \approx 2, 288$



Quelle: Eigene Darstellung.

4.2.2 Gleich große Regionen

Ergebnisse mit symmetrischer Bodenaufteilung innerhalb der Regionen sowie Sensitivitätsbetrachtung zu σ , α und β . Wesentliche Ergebnisse der Simulationsrechnungen bei gleich großen Regionen und einer symmetrischen Aufteilung der Bodennutzung im Vergleich der Regionen sind erstens, dass bei hohen Transportkosten eine Gleichverteilung der Arbeitskräfte als stabiles Gleichgewicht resultiert (siehe hierzu Abbildung 4.2.2). Zweitens entstehen im Bereich von vergleichsweise mittleren Transportkosten Gleichgewichte, bei denen eine ungleiche Verteilung der Arbeitskräfte und der Produktion im Raum ebenfalls Lösungen darstellen. Drittens zeigt sich, dass geringe Transportkosten zu einer Gleichverteilung der Arbeitskräfte im Raum führen.

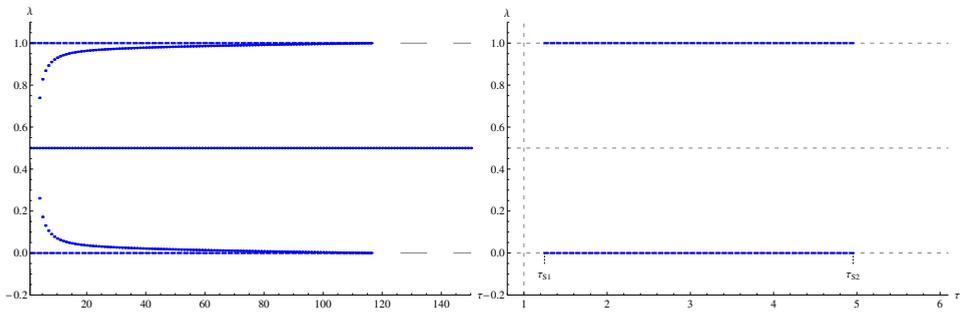
Des Weiteren ist auffällig, dass die Ergebnisse sensibel auf die Substitutionselastizität reagieren. Bei kleinen Werten von σ ergibt sich ein vergleichsweise großer Abschnitt für Werte von τ , bei dem mehrere stabile und instabile Gleichgewichte bestehen (vgl. Abbildung 4.2.2(a)).⁵⁹ Bei zunehmenden Werten von σ reduziert sich dieser Abschnitt immer weiter, sowie der Abschnitt auf der y-Achse für Gleichgewichte um die symmetrische Aufteilung der Arbeitskräfte herum schrumpft. Zudem verkleinert sich für große Werte von σ das Intervall der Transportkosten, für das vollständige Agglomerationen in einer der beiden Regionen möglich sind. Dieses Ergebnis ist insofern nachvollziehbar, als dass ein zunehmender Wert von σ aus Konsumentensicht einem abnehmenden Unterschied industrieller Gütervarianten entspricht. Damit wirken auf den Konsumenten Ballungen mit einem größeren Güterangebot weniger anziehend, als bei kleinen Werten von σ .

Auffällig ist ferner: Umso bedeutender der Bodeneinsatz für die Produktion ist ($(1 - \alpha)$ nimmt zu), desto kleiner ist die Möglichkeit für verschiedene Gleichgewichtszustände mit Ballungen der Arbeitskräfte (vgl. hierzu Abbildung 4.2.2(f) gegenüber 4.2.2(b)).⁶⁰

⁵⁹ σ ist definiert als $\sigma = 1/(1 - \rho)$ mit $0 < \rho < 1$, wobei ρ nahe eins bedeutet, dass die differenzierten Güter perfekte Substitute darstellen. Ein großes σ korrespondiert folglich mit hohen Werten für ρ .

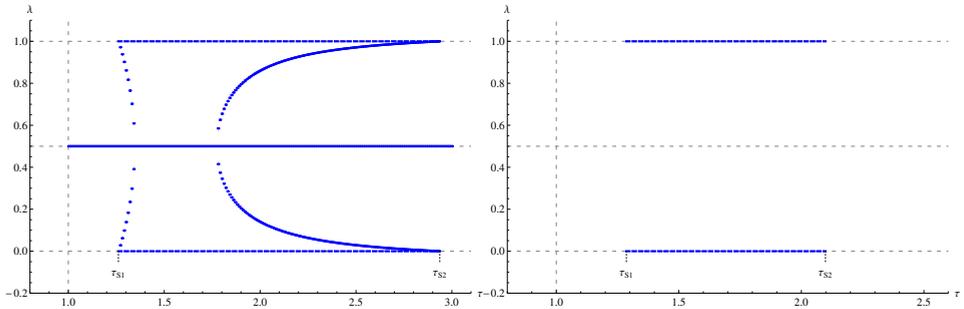
⁶⁰ Es ist anzumerken, dass die Exponenten in den Produktionsfunktionen, jedoch nicht die spezifischen Werte des Bodenbedarfs geändert sind.

Abbildung 4.2.2: Gleich große Regionen (Variante 1a und Variante 1b)



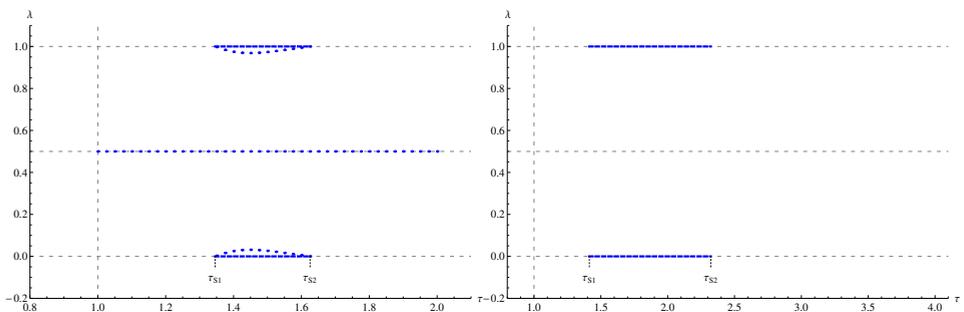
(a) Gleich große Regionen Var. 1a mit
 $\sigma = 4, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $\tau_{S1} \approx 1,396, \tau_{S2} \approx 116,582$

(b) Gleich große Regionen Var. 1a mit
 $\sigma = 5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $\tau_{S1} \approx 1,247, \tau_{S2} \approx 4,957$



(c) Gleich große Regionen Var. 1a mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta = 0,024$
 $\tau_{S1} \approx 1,261, \tau_{S2} \approx 2,937$

(d) Gleich große Regionen Var. 1a mit
 $\sigma = 6, \alpha = 0,99, \beta = 0,024$
 $\tau_{S1} \approx 1,286, \tau_{S2} \approx 2,1$



(e) Gleich große Regionen Var. 1a mit
 $\sigma = 6,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $\tau_{S1} \approx 1,346, \tau_{S2} \approx 1,625$

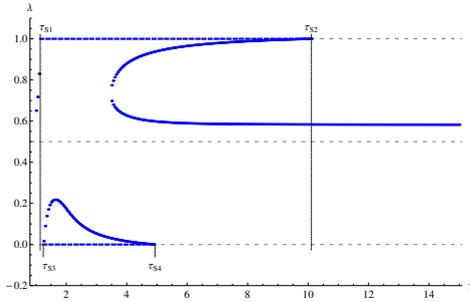
(f) Gleich große Regionen Var. 1b mit
 $\sigma = 5, \alpha = 0,90, \beta \approx 0,023$
 $\tau_{S1} \approx 1,414, \tau_{S2} \approx 2,323$

Quelle: Eigene Darstellung.

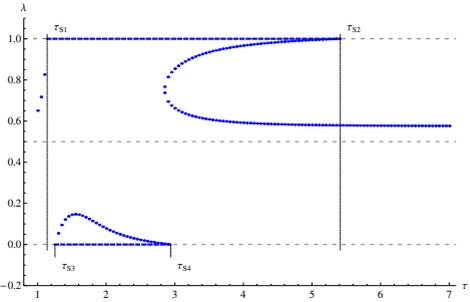
Ergebnisse bei asymmetrischer Bodenaufteilung innerhalb der Regionen. Weiterhin besteht die Möglichkeit voneinander abweichender Bodenaufteilungen innerhalb der gleich großen Regionen. Das kann beispielsweise auf natürliche Gegebenheiten oder politische, planerische Beschlüsse zurückzuführen sein. Die Ergebnisse dieser Simulationsrechnungen finden sich in der Abbildung 4.2.3, Sensitivitätsbetrachtungen sind im Anhang A.1 aufgeführt. Es zeigt sich, dass bei gleich großen Regionen, für die eine voneinander abweichende Bodenaufteilung innerhalb der Regionen besteht, eine gleiche Verteilung der Arbeitskräfte kein langfristiges stabiles Gleichgewicht darstellt.

In der Abbildung 4.2.3(a) ist die Bodenaufteilung in der Region r zu Gunsten der Industrie und des Wohnens verdoppelt und die der Landwirtschaft entsprechend verringert. Die Bodenaufteilung in der Region s bleibt unverändert. Ausgehend von hohen Werten für τ , resultiert genau eine stabile Lösung. Diese bildet jedoch keine regionale Gleichverteilung der Arbeitskräfte ab. Die Region r , die sowohl ein größeres Angebot an Boden für die industrielle Produktion als auch an Wohnfläche aufweist, stellt die größere Agglomeration dar. Dennoch bleibt eine kleinere industrielle Agglomeration in der Region s erhalten. Bei Transportkosten ab dem Wert $\tau_{s2} \approx 10,11$ bis zum Wert $\tau_{s4} \approx 4,94$ resultiert als einzige stabile Randlösung die vollständige Agglomeration der Arbeitskräfte in der Region r . Obwohl sich der Bodennutzungspreis für den landwirtschaftlichen Sektor durch die Verknappung des Bodens erhöht, kompensieren dies die Preissenkungen für die Bodennutzung zum Wohnen und zum Herstellen industrieller Erzeugnisse in Verbindung mit den hohen Transportkosten. Im Abschnitt des Transportkostensatzes zwischen $\tau \approx 1,24$ und $\tau \approx 4,94$ tritt als mögliches langfristiges Gleichgewicht eine vollständige Agglomeration der Arbeitskräfte in der Region s hinzu. Im Bereich von $\tau \approx 1,24$ und $\tau \approx 1,14$ ist als einziges stabiles Gleichgewicht ein Zentrum-Peripherie-Muster mit der Region r als Zentrum ersichtlich. Bei Werten von $\tau < 1,14$ sind die Transportkosten zunehmend für Verlagerungsentscheidungen bedeutungslos. Es verringert sich für die Arbeitskräfte und Unternehmen der Anreiz, die Transportkosten durch Ballung an einem Ort zu vermeiden. In diesem Abschnitt finden sich Gleichgewichte mit einer geringeren Arbeitskräftekonzentration in der Region s . Jedoch nimmt der Anteil an Arbeitskräften der Region s mit sinkenden Transportkosten zu. Bestehen keine Transportkosten, stellt sich ein räumliches Gleichgewicht mit einer größeren Agglomeration in der Region r und einer kleineren industriellen Agglomeration in der Region s ein.

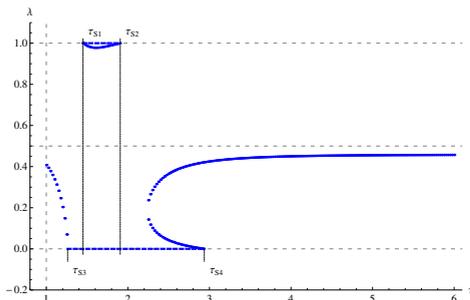
Abbildung 4.2.3: Gleich große Regionen (Variante 1c, 1d, 1e)



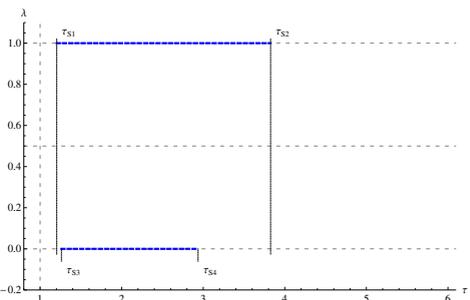
(a) Gleich große Regionen Var. 1c mit
 $\sigma = 5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,08, b_{Hr,frac} = 0,12, b_{Ar,frac} = 0,8,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,9,$
 $\tau_{S1} \approx 1,14, \tau_{S2} \approx 10,11,$
 $\tau_{S3} \approx 1,241, \tau_{S4} \approx 4,938$



(b) Gleich große Regionen Var. 1c mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,08, b_{Hr,frac} = 0,12, b_{Ar,frac} = 0,8,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,9,$
 $\tau_{S1} \approx 1,141, \tau_{S2} \approx 5,413,$
 $\tau_{S3} \approx 1,255, \tau_{S4} \approx 2,941$



(c) Gleich große Regionen Var. 1d mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr,frac} = 0,06, b_{Hr,frac} = 0,04, b_{Ar,frac} = 0,9,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,9,$
 $\tau_{S1} \approx 1,45, \tau_{S2} \approx 1,906,$
 $\tau_{S3} \approx 1,261, \tau_{S4} \approx 2,937$



(d) Gleich große Regionen Var. 1e mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr,frac} = 0,02, b_{Hr,frac} = 0,08, b_{Ar,frac} = 0,9,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,9,$
 $\tau_{S1} \approx 1,204, \tau_{S2} \approx 3,826,$
 $\tau_{S3} \approx 1,261, \tau_{S4} \approx 2,937$

Quelle: Eigene Darstellung.

Im Vergleich der Graphen 4.2.2(b) und 4.2.3(a) kann festgehalten werden, dass die Region r mit Erhöhung der Bodenanteile zur industriellen Nutzung und zur Wohnnutzung bei hohen als auch bei niedrigen Transportkosten die größere Agglomeration aufweist. Haben die Regionen eine einheitliche Bodenaufteilung, findet sich hingegen ein symmetrisches Gleichgewicht. Gehen die Transportkosten in den Bereich über, in dem sich Zentrum-Peripherie-Muster als stabile Gleichgewichte zeigen, findet sich für die Region r jeweils bei hohen wie auch bei niedrigen Transportkosten ein Übergang, bei dem nur die Region r das industrielle Zentrum ausbilden kann. Das bedeutet für einen räumlichen Entwicklungspfad mit sinkenden oder steigenden Transportkosten, dass – im für Zentrum-Peripherie-Muster relevanten Transportkostenbereich – die in der Region r gewählte Bodenaufteilung zu einem Zentrum mit vollständiger Konzentration der Arbeitskräfte in der Region r führt. Somit ist es für die Region s unwahrscheinlich, dass sie zum ökonomischen Zentrum wird, selbst wenn dies möglich ist.⁶¹ Denn zu diesem Punkt besteht bereits eine größere Agglomeration in der Region r . Hingegen kann bei symmetrischen Regionen entlang der Transportkosten kein Modellparameter ausgemacht werden, der determiniert, welche Region zum Zentrum und welche zur Peripherie wird. In diesem Fall ist der Zufall für den Entwicklungspfad entscheidend.

Simulationsergebnisse mit Veränderungen der Bodenaufteilung in der Region r zwischen industrieller Nutzung und Wohnnutzung finden sich in den Abbildungen 4.2.3(c) und 4.2.3(d). Eine Erhöhung des industriellen Bodenangebotes und eine korrespondierende Reduzierung der Wohnfläche in der Region r führt für einen großen Abschnitt an Transportkosten zu einer höheren Konzentration der Arbeitskräfte in der Region s (vgl. Abbildung 4.2.3(c)). Zwischen Transportkostensätzen von $\tau \approx 1,26$ und $\tau \approx 2,94$ bilden sich zudem Zentrum-Peripherie-Muster aus. Wobei der Bereich, in dem die Region r das Zentrum darstellt, mit Werten von $\tau_{S1} \approx 1,45$ und $\tau_{S2} \approx 1,91$ geringer ausfällt als in der Region s . Auch zeigt sich in diesem Beispiel, dass bei sinkenden oder steigenden Transportkosten zuerst ein Zentrum-Peripherie-Muster mit der Region s als Agglomeration auftritt. Damit wirkt die Erhöhung des industriellen Bodenanteils über den Preismechanismus geringer dämpfend als die Verknappung des Wohnungsangebotes preissteigernd wirkt. Neben den Einflüssen über den Preisindex auf den Reallohn, gehen mit den Preisbewegungen Änderungen des regionalen Gesamteinkommens einher. Die über einen steigenden Umsatz resultierenden Einkommen aus dem Wohnungsmarkt und dem hierüber entstehenden Konsum können nicht die Reallohnverluste der industriellen Arbeitskräfte ausgleichen.

⁶¹ Der Raum, der sich im Transportkostenbereich zwischen τ_3 und τ_4 und der gepunkteten Linie mit einer mehrheitlichen Konzentration der Arbeitskräfte in der Region s bildet, stellt den Wertebereich dar, für den die Arbeitskräfte aufgrund der Reallohndifferenz in die Region s wandern.

Ein größerer Bodenanteil zur Wohnnutzung und eine entsprechende Verkleinerung des industriellen Bodens führen wiederum bei hohen als auch bei niedrigen Transportkosten zu einer mehrheitlichen Konzentration der Industrie in der Region r (vgl. Abbildung 4.2.3(d)). Im Bereich der mittleren Transportkosten finden sich für beide Regionen stabile Zentrum-Peripherie-Muster. Hierbei zeigt sich mit sinkenden oder auch steigenden Transportkosten ein räumlicher Entwicklungspfad, bei dem die Region r das wahrscheinliche industrielle Zentrum darstellt. Im Gegensatz zum vorhergehenden Ergebnis wirkt sich eine Boden-erhöhung für Wohnen überkompensierend zu der Bodenreduzierung für die industrielle Produktion aus.⁶²

Als Nächstes wird untersucht, welche räumlichen Gleichgewichte bei einer Erhöhung der industriellen Bodenanteile oder auch der fürs Wohnen bei entsprechender Reduktion der landwirtschaftlichen Bodenanteile resultieren. Die Abbildungen, auf die Bezug genommen wird, finden sich im Anhang ab Seite 230 im Kapitel A.1.⁶³ Geringe Erhöhungen des industriellen Bodens in der Region r führen zu dem bereits bekannten Verlauf mit drei Abschnitten bei sinkenden Transportkosten (vgl. Abbildung A.1.1(a)). Erstens stellt bei hohen Transportkosten die Region r die größere industrielle Agglomeration dar. Zweitens resultieren bei mittleren Transportkosten Zentrum-Peripherie-Muster mit der Region r als wahrscheinlicheres Zentrum, da diese über ein größeres industrielles Bodenangebot verfügt. Schließlich ergibt sich bei hinreichend niedrigen Transportkosten eine ebenfalls größere industrielle Ballung in der Region r . Steigt der industrielle Bodenanteil erheblich an, liegt beispielsweise $b_{Mr,frac} = 0,30$, $b_{Ms,frac} = 0,04$ und $b_{Ar,frac} = 0,64$, $b_{As,frac} = 0,90$ sowie $b_{Hr,frac} = b_{Hs,frac} = 0,06$, vor, konzentrieren sich die industriellen Arbeitskräfte bei hohen Transportkosten zu einem überwiegenden Teil in der Region r (vgl. Abbildung A.1.1(e)). Bei niedrigen Transportkosten erfolgt die überwiegende Ballung hingegen in der Region s . Betrachtet man den Verlauf der Kurven bei sinkenden Transportkosten, wird deutlich, dass das industrielle Zentrum ebenfalls in der Region s entstehen wird, denn die Wertekombinationen von τ und λ , für die Wanderungsbewegungen in Richtung der Region r einsetzen, finden lediglich sich in der tropfenförmigen Fläche oberhalb der gestrichelten Orientierungslinie (bei $\lambda = 0,5$). Darüber hinaus liegen zwei weitere bemerkenswerte Ergebnisse vor: Erstens zeigt sich die Region r bei sinkenden Transportkosten für einen

⁶² Auf weitere Betrachtungen für die zu setzenden Größen σ , μ_M , μ_H , μ_A , α und β wird verzichtet. Obwohl Änderungen dieser Parameter die Ergebnisse beeinflussen können, ist hier die Wirkung der Regionsgröße und der Bodennutzung auf die Verteilung der ökonomischen Aktivität im Raum von Interesse. Weiterhin sind deren grundsätzliche Einflüsse bereits diskutiert.

⁶³ Abbildungen, die sich im Anhang befinden und auf die referenziert wird, sind mit einem Buchstaben an der ersten Stelle gekennzeichnet, entsprechend der Kapitelbenennung im Anhang.

kleinen Wertebereich zuerst als mögliches industrielles Zentrum (ab τ_{S2} bis τ_{S4}) für den Bereich, in dem sich Zentrum-Peripherie-Muster ausbilden können. Zweitens ist, ausgehend von bedeutungslosen Transportkosten, bei steigenden Transportkosten das stabile Gleichgewicht mit einem Zentrum in der Region s im Abschnitt zwischen τ_{S3} und τ_{S1} ersichtlich. Insofern führt eine Erhöhung des industriellen Bodens bei Reduzierung des landwirtschaftlichen Bodens nicht in jedem Fall zu einer zunehmenden industriellen Konzentration. In der zuletzt beschriebenen Situation kann das hohe industrielle Bodenangebot mit sinkendem Preis nicht die Knappheit des landwirtschaftlichen Bodens und die damit einhergehenden Bodenpreisbewegungen kompensieren. Auch gehen mit den Preisänderungen rückläufige Einnahmen aus der industriellen Bodennutzung einher und steigende aus der landwirtschaftlicher Nutzung, die nun wiederum nicht adäquat für einen entsprechenden Einkommensausgleich steigen.

Die sukzessive Erhöhung des für die Wohnnutzung zur Verfügung stehenden Bodenanteils führt zu einem einheitlichen Entwicklungspfad. Die Region mit dem höheren Angebot an Wohnfläche vereint bei sinkenden Transportkosten und steigendem Anteil an Wohnfläche und einer korrespondierenden landwirtschaftlichen Bodenreduktion einen größeren Anteil an industriellen Arbeitskräften auf sich (vgl. Abbildung A.1.2). Mit der Erweiterung des Wohnangebotes in einer Region geht ein industrieller Wachstumspfad einher. Je höher hierbei der Anteil für die Wohnnutzung in der Region r ausfällt, desto größer wird der Wertebereich von τ , für den die Region r das industrielle Zentrum darstellt und desto ausgeprägter ist die Agglomeration der Industrie in der Region r bei hohen und niedrigen Transportkosten. Zu beachten ist, dass ein konstantes und gleich hohes Angebot an industriellem Boden in den Regionen und eine ansonsten unveränderte Nutzungsstruktur in der anderen Region vorliegt. Die beschriebene Verteilung der Arbeitskräfte zeigt, dass Bodennutzungspreissteigerungen für die Landwirtschaft einen geringeren Einfluss auf den Preisindex, das Gesamteinkommen und die Reallöhne ausüben als Preisreduktionen auf dem Wohnungsmarkt.

Zuletzt wird auf eine Gegenüberstellung von zwei unterschiedlich strukturierten Regionen eingegangen. Die Region r ist in Anlehnung an urban geprägte Regionen gestaltet und weist eine wohn- und industriell orientierte Bodenaufteilung auf. Der Anteil des landwirtschaftlichen Bodens liegt bei rund 10 %, der für Wohnen bei 50 % und der für Industrie/Gewerbe bei 40 %.⁶⁴ Im Vergleich hierzu zeigt die Region s einen hohen Anteil an

⁶⁴ In der Tabelle C.1 im Anhang finden sich Angaben zur Bodenaufteilung der Gemeinden in Deutschland mit mehr als 250 Tsd. Einwohnern. Die durchschnittliche Aufteilung beträgt für diese Gemeinden zum 31.12.2014 rund 0,4 Wohnen, 0,1 Industrie/Gewerbe und 0,5 Landwirtschaft (vgl. Statistisches Bundesamt 2016a,b) .

landwirtschaftlichem Boden auf. Dieser Anteil liegt bei 90 %, der für Wohnen bei 6 % und der für die Industrie bei 4 %. Sind beide Regionen, gemessen an ihrem Anteil am gesamt betrachteten Boden, gleich groß, führt ein stark ausgeprägter Bodenanteil für Wohnen und Industrie in einer Region (ausgehend von hohen Transportkosten) dort zu einer dauerhaft höheren Konzentration der Industrie (vgl. Abbildung A.1.1(f)). Ein hiervon abweichender räumlicher Entwicklungspfad ist ausgehend von niedrigen Transportkosten ersichtlich. Bei Transportkostensätzen von $\tau \approx 1,08$ bis $\tau \approx 4,44$ sind die industriellen Arbeitskräfte in der Region s konzentriert. Grund hierfür ist ein bei steigenden Transportkosten zuerst in der Region s auftretender höherer Reallohn, wodurch eine Wanderungsbewegung der industriellen Arbeitskräfte in die Region s ausgelöst wird.

4.2.3 Unterschiedlich große Regionen

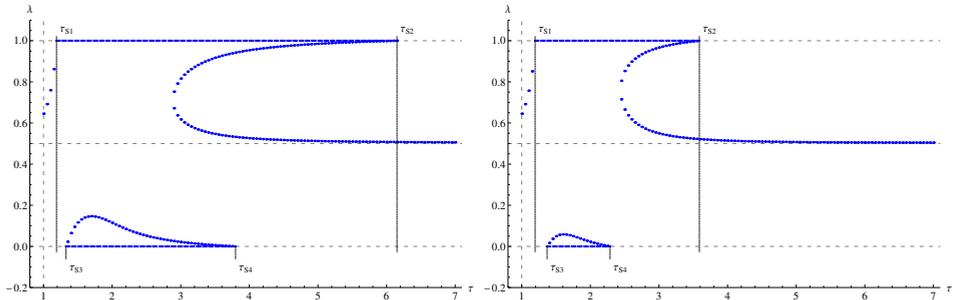
Neben einer unterschiedlichen Aufteilung des verfügbaren Bodens innerhalb einer Region, können die Regionen bereits verschiedene Anteile an dem verfügbaren Boden aufweisen. Zunächst werden die Auswirkungen auf die räumliche Verteilung der Arbeitskräfte bei unterschiedlicher Bodenaufteilung zwischen den beiden Regionen abgebildet. Im Anschluss ist untersucht, welche räumlichen Entwicklungspfade bei zusätzlich voneinander abweichenden Bodennutzungen auftreten. Simulationsergebnisse, bei denen die Transportkosten innerhalb der Region von der Größe dieser beeinflusst sind, finden sich im darauffolgendem Unterkapitel.

Ergebnisse mit symmetrischer Bodenaufteilung innerhalb der Regionen. Wesentliche Erkenntnisse der Simulationen bei räumlich unterschiedlich großen Regionen und analoger Bodenaufteilung innerhalb dieser sind: Erstens, dass für die größere Region ein Entwicklungspfad resultiert, bei dem sie die industrielle Agglomeration darstellt. Zweitens zeigt sich, je ungleicher der Boden zwischen den beiden Regionen verteilt ist, desto höhere Werte muss τ für eine gleichere Verteilung der Arbeitskräfte auf beide Regionen annehmen. Der Verlauf entlang der x-Achse, ausgehend von hohen Transportkosten, gleicht dem in der Abbildung 4.2.3(a) und 4.2.3(b). Ursächlich für den Verlauf ist jedoch nicht eine Erhöhung des industriellen Bodens und der Wohnungsfläche zu Lasten der landwirtschaftlichen Nutzung, sondern eine allgemeine Erhöhung des Bodenanteils der Region r zu Lasten der Region s . In der Folge erhöht sich auch das Bodenangebot aller Nutzungsformen in der Region r und das in der Region s reduziert sich. Damit steigen die Bodennutzungspreise in der Region s für alle Nutzungsformen, während die in der Region r fallen. Ausgehend

von hohen Transportkosten und nahezu gleich verteilten Arbeitskräften ergibt sich folgender räumlicher Entwicklungspfad: Sinken die Transportkosten, zeigt sich der Vorteil der großen Region, sie stellt das industrielle Zentrum dar. Bei geringen bis bedeutungslosen Transportkosten besteht dieser Vorteil weiterhin, jedoch wandert ein Teil der Arbeitskräfte in die kleinere Region ab. Dies setzt sich fort, bis die vom Bodennutzungspreis ausgehenden Wirkungen auf den regionalen Preisindex und das Einkommen zu einem einheitlichen Reallohn in den Regionen führen. Auffällig ist, dass bei hohen Transportkosten eine gleichere Verteilung der Arbeitskräfte auf die Regionen besteht als bei niedrigen.

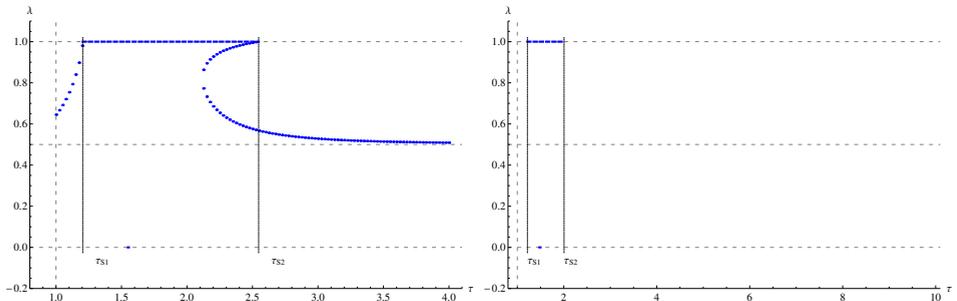
Zudem besteht bei steigendem σ (die wahrgenommenen Unterschiede zwischen den industriellen Gütervarianten verringern sich) nur noch eine räumlich stabile Lösung (siehe Abbildung 4.2.4(c) und 4.2.4(d)). Auch nähern sich bei hohen Transportkosten die von den Regionen realisierten Anteile an Arbeitskräften einander fast bis zur symmetrischen Verteilung an. Extremlösungen mit einer vollständigen Konzentration der Arbeitskräfte sind nur für die größere Region und kleinere Abschnitte der Transportkosten ersichtlich. Auch für niedrige Transportkosten realisiert die flächenmäßig größere Region eine höhere Konzentration an Arbeitskräften. Gleichwohl zeigt sich, dass für hohe Werte von σ die Preisdifferenzen der Bodennutzung an Bedeutung für das räumliche Gleichgewicht verlieren und stark ungleiche Verteilungen nur für zunehmend kleinere Achsenabschnitte entstehen.

Abbildung 4.2.4: Unterschiedlich große Regionen (Variante 2)



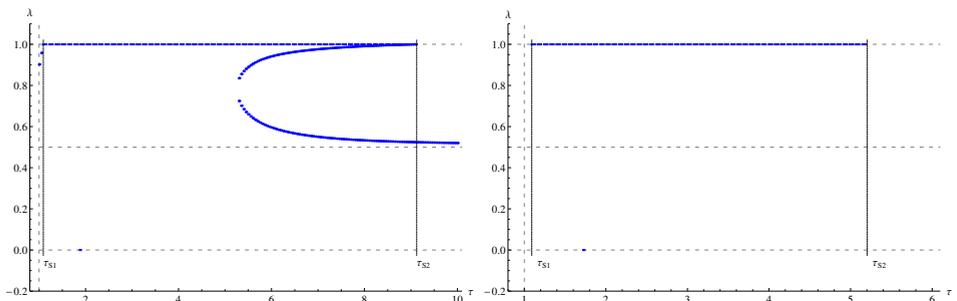
(a) Unterschiedlich große Regionen Var. 2a mit
 $\sigma = 5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,6, b_s = 0,4,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90$
 $\tau_{S1} \approx 1,189, \tau_{S2} \approx 6,152,$
 $\tau_{S3} \approx 1,328, \tau_{S4} \approx 3,78$

(b) Unterschiedlich große Regionen Var. 2a mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,6, b_s = 0,4,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,195, \tau_{S2} \approx 3,59,$
 $\tau_{S3} \approx 1,37, \tau_{S4} \approx 2,29$



(c) Unterschiedlich große Regionen Var. 2a mit
 $\sigma = 6, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,6, b_s = 0,4,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,204, \tau_{S2} \approx 2,55$

(d) Unterschiedlich große Regionen Var. 2a mit
 $\sigma = 6,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,6, b_s = 0,4,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,217, \tau_{S2} \approx 2,006$



(e) Unterschiedlich große Regionen Var. 2b mit
 $\sigma = 5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,8, b_s = 0,2,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,091, \tau_{S2} \approx 9,124$

(f) Unterschiedlich große Regionen Var. 2b mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,8, b_s = 0,2,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,091, \tau_{S2} \approx 5,203$

Ergebnisse mit asymmetrischer Bodenaufteilung innerhalb der Regionen. Als Nächstes wird untersucht, welche räumlichen Gleichgewichte resultieren, wenn die Region r größer als die Region s ist, diese jedoch voneinander abweichende Bodenaufteilungen aufweisen. Die nachfolgende Tabelle 4.2 gibt für die untersuchten Szenarien die absolute Größe des Bodens der einzelnen Nutzungsformen an. Die Größen der Regionen r und s belaufen sich hierbei auf $b_r = 0,6$ und $b_s = 0,4$. Sofern durch die Änderung der Substitutionselastizität innerhalb der Simulationen keine wesentlich unterschiedlichen Erkenntnisse zu den bereits geschilderten gewonnen werden können, ist nur das Simulationsergebnis für $\sigma = 5,5$ dargestellt.

Tabelle 4.2: Absolute Bodengröße für die Regionen r und s nach Nutzungsarten in den Szenarien

Art	Var. 3a		Var. 3b		Var. 3c		Var. 3d	
	r	s	r	s	r	s	r	s
B_M	0,048	> 0,016	0,024	< 0,032	0,024	> 0,016	0,024	< 0,048
B_H	0,072	> 0,024	0,036	< 0,048	0,036	< 0,104	0,036	> 0,024
B_A	0,480	> 0,360	0,540	> 0,320	0,540	> 0,280	0,540	> 0,328
Σ	0,60	> 0,40	0,60	> 0,40	0,60	> 0,40	0,60	> 0,40

Art	Var. 3e		Var. 3f		Var. 3g	
	r	s	r	s	r	s
B_M	0,024	= 0,024	0,024	< 0,032	0,024	= 0,024
B_H	0,036	= 0,036	0,036	= 0,036	0,036	< 0,048
B_A	0,540	> 0,340	0,540	> 0,332	0,540	> 0,328
Σ	0,60	> 0,40	0,60	> 0,40	0,60	> 0,40

Die Nutzungsarten sind mit B_M (Industrie), B_H (Wohnen) und B_A (Landwirtschaft) abgekürzt.

Quelle: Eigene Darstellung.

Zuerst wird eine Situation betrachtet, bei der die größere Region r einen Anteil an landwirtschaftlichem Boden von 80 % aufweist und die beiden anderen Nutzungsformen proportional zur Ausgangssituation erhöht sind. Daraus folgt ein höheres Bodenangebot wie auch ein geringerer Bodennutzungspreis für die beiden anderen Nutzungsformen. Weiterhin realisiert die Region r nach wie vor ein größeres Bodenangebot zur landwirtschaftlichen Nutzung, sodass zwar über die Verringerung des landwirtschaftlichen Bodenanteils der Druck auf den landwirtschaftlichen Bodennutzungspreis in der Region r zunimmt, dieser jedoch geringer als in der Region s ausfällt. Es zeigt sich, dass das in Abbildung 4.2.5(a) dargestellte Ergebnis nicht grundsätzlich von den obigen Ergebnissen bei unterschiedlich großen Regionen (vgl. hierzu 4.2.4(a)) oder bei gleich großen Regionen und einer Bodenaufteilung wie in der hier betrachteten Situation abweicht. Die Region r stellt

erstens entlang des Entwicklungspfades (sinkendes τ) das wahrscheinliche Zentrum und zweitens die größere industrielle Agglomeration dar. Die Preisreduktionen der Bodennutzungen führen damit über einen sinkenden Preisindex trotz des tendenziell fallenden Gesamteinkommens und Nominallohns (vgl. Gleichung (4.130), (4.131), (4.140), (4.141)) zu einem höheren Reallohn in der Region r als in der Region s .

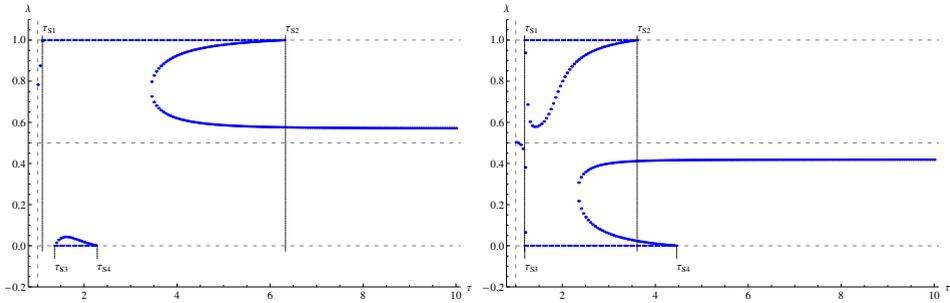
Neben der Situation, dass die größere Region für alle Bodennutzungsformen ein höheres Bodenangebot aufzeigt, ist denkbar, dass die kleinere Region für die Industrie oder zum Wohnen ihren Boden ausweitet. Aufgrund von geographischen Gegebenheiten oder von Bodennutzungsplanung weise die kleinere Region s ein größeres industrielles Boden- und Wohnangebot als die große Region r auf. Interessant an dem in der Abbildung 4.2.5(b) dargestellten Ergebnis ist, dass die Region s über Veränderung der Bodennutzungsplanung die räumliche Verteilung beeinflussen kann, sofern die große Region nicht reagiert. So kann die Region s bei hohen Transportkosten das landwirtschaftliche Bodenangebot verringern und trotz eines höheren Bodennutzungspreises für dieses Segment bei zugleich sinkenden Preisen für die beiden anderen Nutzungsformen eine höhere Konzentration der Industrie realisieren. Zudem zeigt sie bei sinkenden Transportkosten zuerst eine mögliche stabile vollständige Agglomeration der industriellen Arbeitskräfte auf. Niedrige bis bedeutungslose Transportkosten führen zu einer Angleichung und letztlich zu einem leicht höheren Anteil der Industrie in der Region r . Auffällig ist, dass in dem gewählten Beispiel die kritischen Werte der Sustainpoints τ_{S1} und τ_{S3} der Regionen nah beieinander liegen. Die numerischen Approximationen der Werte deuten auf ein Zentrum in der Region r hin. Somit hat die Region s die Ausgangsbedingung zu analysieren und zu beachten, will sie über das Instrument der Bodennutzungsplanung die Industrieansiedlung fördern.

Weiterhin kann auch nur für Industrie oder Wohnen ein höheres Bodenangebot in der kleineren Region s als in der größeren Region r vorliegen. Die Simulationsergebnisse für jeweils ein solches Beispiel liegen mit den Abbildungen 4.2.5(c) und 4.2.5(d) vor. Deutlich wird anhand der Abbildung 4.2.5(c), dass die Region s sowohl bei hohen als auch bei niedrigen Transportkosten eine größere Industrieansiedlung aufzeigt als die Region r . Auch finden sich die kritischen Werte der Sustainpoints für eine vollständige Industrieballung in der Region r im Wertebereich der Sustainpoints der Region s . Folglich resultiert zuerst eine mögliche industrielle Konzentration in der Region s . Bei Erhöhung des industriellen Bodenanteils ist anhand der Abbildung 4.2.5(d) eine (leicht) stärkere Konzentration der Industrie in der Region s tendenziell bei höheren interregionalen Transportkosten zu erkennen. Die Beispiele zeigen, dass Situationen vorliegen können, in denen

4.2 Simulationsrechnungen bei interregionalen Transportkosten

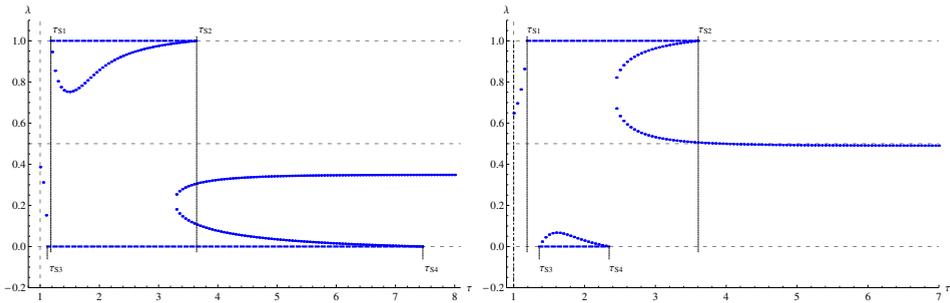
die Region s den Wohnraum oder auch das industrielle Bodenangebot zu Lasten des landwirtschaftlichen Bodenangebotes ausweitet und sich der relative Nachteil der geringeren Bodenverfügbarkeit ausgleicht, sofern die größere Region nicht darauf reagiert.

Abbildung 4.2.5: Unterschiedlich große Regionen (Variante 3)



(a) Unterschiedlich große Regionen Var. 3a mit
 $\sigma = 5, 5$, $\alpha = 0, 99$, $\beta \approx 0, 024$, $b_r = 0, 6$, $b_s = 0, 4$,
 $b_{Mr,frac} = 0, 08$, $b_{Hr,frac} = 0, 12$, $b_{Ar,frac} = 0, 80$,
 $b_{Ms,frac} = 0, 04$, $b_{Hs,frac} = 0, 06$, $b_{As,frac} = 0, 90$,
 $\tau_{S1} \approx 1, 102$, $\tau_{S2} \approx 6, 333$,
 $\tau_{S3} \approx 1, 364$, $\tau_{S4} \approx 2, 283$

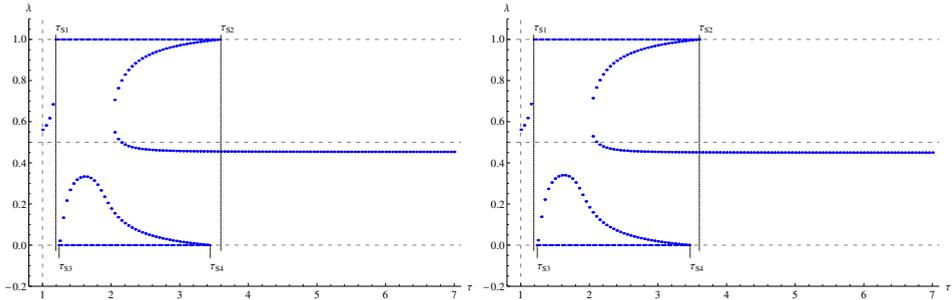
(b) Unterschiedlich große Regionen Var. 3b mit
 $\sigma = 5, 5$, $\alpha = 0, 99$, $\beta \approx 0, 024$, $b_r = 0, 6$, $b_s = 0, 4$,
 $b_{Mr,frac} = 0, 04$, $b_{Hr,frac} = 0, 06$, $b_{Ar,frac} = 0, 90$,
 $b_{Ms,frac} = 0, 08$, $b_{Hs,frac} = 0, 12$, $b_{As,frac} = 0, 80$,
 $\tau_{S1} \approx 1, 188$, $\tau_{S2} \approx 3, 610$,
 $\tau_{S3} \approx 1, 192$, $\tau_{S4} \approx 4, 46$



(c) Unterschiedlich große Regionen Var. 3c mit
 $\sigma = 5, 5$, $\alpha = 0, 99$, $\beta \approx 0, 024$, $b_r = 0, 6$, $b_s = 0, 4$,
 $b_{Mr,frac} = 0, 04$, $b_{Hr,frac} = 0, 06$, $b_{Ar,frac} = 0, 90$,
 $b_{Ms,frac} = 0, 04$, $b_{Hs,frac} = 0, 26$, $b_{As,frac} = 0, 70$,
 $\tau_{S1} \approx 1, 18$, $\tau_{S2} \approx 3, 642$,
 $\tau_{S3} \approx 1, 12$, $\tau_{S4} \approx 7, 462$

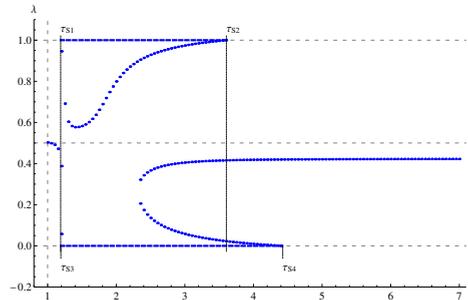
(d) Unterschiedlich große Regionen Var. 3d mit
 $\sigma = 5, 5$, $\alpha = 0, 99$, $\beta \approx 0, 024$, $b_r = 0, 6$, $b_s = 0, 4$,
 $b_{Mr,frac} = 0, 04$, $b_{Hr,frac} = 0, 06$, $b_{Ar,frac} = 0, 90$,
 $b_{Ms,frac} = 0, 12$, $b_{Hs,frac} = 0, 06$, $b_{As,frac} = 0, 82$,
 $\tau_{S1} \approx 1, 19$, $\tau_{S2} \approx 3, 605$,
 $\tau_{S3} \approx 1, 361$, $\tau_{S4} \approx 2, 348$

4 Boden, Regionsgröße, inter- und intraregionale Transportkosten im NEG-Modell



(e) Unterschiedlich große Regionen Var. 3e mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,6, b_s = 0,4, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,06, b_{Hs,frac} = 0,09, b_{As,frac} = 0,85,$
 $\tau_{S1} \approx 1,192, \tau_{S2} \approx 3,598,$
 $\tau_{S3} \approx 1,242, \tau_{S4} \approx 3,445$

(f) Unterschiedlich große Regionen Var. 3f mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,6, b_s = 0,4, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,08, b_{Hs,frac} = 0,09, b_{As,frac} = 0,83,$
 $\tau_{S1} \approx 1,191, \tau_{S2} \approx 3,603,$
 $\tau_{S3} \approx 1,241, \tau_{S4} \approx 3,47$



(g) Unterschiedlich große Regionen Var. 3g mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,6, b_s = 0,4, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,06, b_{Hs,frac} = 0,12, b_{As,frac} = 0,82,$
 $\tau_{S1} \approx 1,1899, \tau_{S2} \approx 3,605,$
 $\tau_{S3} \approx 1,192, \tau_{S4} \approx 4,427$

Quelle: Eigene Darstellung.

Ein kontraintuitiver räumlicher Entwicklungspfad resultiert in Variante 3e mit gleich großem Angebot an Boden für Wohnen und Industrie und voneinander abweichender landwirtschaftlicher Bodenverfügbarkeit in den Regionen (vgl. Abbildung 4.2.5(e)). Bei hohen Transportkosten besteht in der kleineren Region s trotz des geringeren landwirtschaftlichen Bodenangebotes eine leicht größere industrielle Konzentration. Erklärt werden kann dies erstens anhand des tendenziell sinkenden Nominallohns und des steigenden Preisindex bei anwachsenden interregionalen Transportkosten. Aufgrund der hohen Import- und Exportpreisaufschläge findet eine regionale Produktion statt. Zweitens führt die Verknappung des landwirtschaftlichen Bodens zu einem steigenden Bodennutzungspreis, welcher

in zwei Richtungen wirkt. Zum Einen steigt das nominale Gesamteinkommen und zum Anderen erhöhen sich die Lebenshaltungskosten. In dem hier betrachteten Fall wirkt die Einkommenssteigerung jedoch stärker als die Preiserhöhung. Migrieren nun einige Arbeitskräfte in die Region s , steigt zudem das Gesamteinkommen über eine höhere Bodennutzung durch die Industrie und zum Wohnen (vgl. hierzu Gleichung (B.22) und (B.24)). Durch die Ballung der Arbeitskräfte in der Region s wird wiederum ein Teil der Transportkosten vermieden, was den industriellen Preisindex senkt. Das räumliche Gleichgewicht, zu dem bei hohen Transportkosten keine Reallohndifferenzen bestehen, resultiert, sobald sich das steigende Gesamteinkommen und der wachsende Preisindex sowie deren Wirkung auf den Nominallohn ausgleichen. Die numerische Modelllösung zeigt dies mit einer etwas stärkeren industriellen Agglomeration in der Region s (vgl. zu den beschriebenen Wirkungen die Ausdrücke (4.130) bis (4.141)).⁶⁵ Sinken die Transportkosten, verhält sich der Nominallohn steigend und der industrielle Preisindex fallend. Ab einem Transportkostensatz von $\tau_{s2} \approx 3,6$ ist es möglich, dass in der größeren Region r durch eine Ballung der industriellen Arbeitskräfte über Transportkostenvermeidung und die fallenden Durchschnittskosten ein höherer Reallohn erreicht werden kann. Die Lebenshaltungskosten in der Region r sind zugleich durch die über den geringeren landwirtschaftlichen Bodennutzungspreis geringeren Ausgaben für Lebensmittel niedriger. Das mit einem höheren landwirtschaftlichen Bodennutzungspreis einhergehende Einkommen kann die resultierenden höheren Lebenshaltungskosten in der Region s nicht kompensieren, es entwickelt sich zuerst eine mögliche stabile Randlösung in der Region r . Auch wird sich bei sinkenden Transportkosten das industrielle Zentrum in der Region r ausbilden.

Ein ähnlicher Verlauf zeigt sich auch für die in der Tabelle 4.2 ersichtliche Bodenverteilung der Variante 3f. Das landwirtschaftliche Bodenangebot ist hierbei in der Region s weiter reduziert und das industrielle erhöht. Die zuerst genannte Nutzungsform ist nach wie vor kleiner und die zuletzt erwähnte größer gewählt als in der Region r . Das Wohnangebot in den Regionen entspricht sich. Ergebnis der Simulation ist bei hohen Transportkosten eine größere industrielle Agglomeration in der Region s (vgl. Abbildung 4.2.5(f)). Bei sinkenden Transportkosten tritt zuerst ein möglicher industrieller Kern in der Region r auf und dies trotz des höheren Angebotes an industriellem Boden in der kleineren Region s und bei einem gleich hohen Angebot zur Wohnnutzung. Auch ist bei bedeutungslosen Transportkosten ein höherer Anteil an industriellen Arbeitskräften in der Region r ersichtlich. Während bei hohen Transportkosten eine Ausweitung des industriellen Bodens (geringe-

⁶⁵ Mit einem Bodenanteil der Region r von $b_r = 0,8$ ist dieser Vorteil nach wie vor auszumachen. Die Ergebnisse dieser Simulation sind in der Abbildung A.2.1 wiedergegeben.

re Produktionskosten) bei Reduktion des landwirtschaftlich verfügbaren Bodens (höhere Produktionskosten) in der Region s zu einem höheren Reallohn führt, zeigt sich bei niedrigen Transportkosten (Transportkosteneinsparung verliert an Bedeutung) ein entgegengesetztes Ergebnis. Die niedrigeren industriellen Bodennutzungspreise können die höheren landwirtschaftlichen Preise nicht ausgleichen.

Mit der Variante 3g (vgl. Abbildung 4.2.5(g)) sind die räumlichen Gleichgewichte bei sich in den Regionen entsprechendem industriellem Bodenangebot und voneinander abweichendem Wohnangebot erhoben. Hierbei weist die kleinere Region s ein höheres Angebot an Wohnfläche, jedoch ein kleineres landwirtschaftliches Bodenangebot als die Region r auf. Der räumliche Entwicklungspfad entlang der Transportkosten gleicht auf den ersten Blick den zuvor beschriebenen. Bei hohen Transportkosten besteht eine größere industrielle Agglomeration in der Region s , welche bis zu dem Punkt besteht, ab dem ein Zentrum-Peripherie-Muster ein stabiles Gleichgewicht darstellt. Ab diesem Punkt unterscheidet sich der weitere Verlauf in zwei Aspekten: Erstens zeigt sich bei sinkenden Transportkosten ein industrieller Kern in der Region s und zweitens verbleibt bei niedrigen Transportkosten eine größere industrielle Ballung in dieser Region. Liegen bedeutungslose Transportkosten vor, kommt es zu einer Gleichverteilung der Arbeitskräfte. Anhand dieses Beispiels zeigt sich, dass bei gleich großem industriellem Bodenangebot aus der Ausweitung des Wohnangebotes in der kleineren Region über das der größeren Region hinaus eine größere industrielle Ansiedlung resultieren kann. Diese besteht bei hohen und niedrigen Transportkosten. In diesen Situationen sind in der Region s die höheren Preise für landwirtschaftliche Erzeugnisse durch den niedrigeren Wohnpreis überkompensiert. Zudem schlagen sich die höheren Einnahmen im Segment des landwirtschaftlichen Immobilienmarktes positiv im Gesamteinkommen nieder. Welche Region bei vergleichsweise mittleren Transportkosten das industrielle Zentrum wird, hängt davon ab, ob initial hohe oder niedrige Transportkosten vorliegen, denn es ist $\tau_{S1} < \tau_{S3}$ und $\tau_{S2} < \tau_{S4}$ (vgl. Abbildung 4.2.5(g)). Ferner ist zu beachten, wie sich der Verlauf der Kurve ausgehend von hohen Transportkosten gestaltet und welche Anreizwirkungen im Breakpoint vorliegen (vgl. zu den Anreizwirkungen im Bereich der möglichen Zentrum-Peripherie-Lösungen die Abbildung 4.2.1).⁶⁶

Wie bei der Betrachtung von gleich großen Regionen, ist zuletzt auf ein Beispiel eingegangen, für das die Bodenaufteilung in Anlehnung an urban und landwirtschaftlich geprägte Regionen gesetzt ist. Die Werte sind hierfür den Ländern Berlin und Brandenburg entnom-

⁶⁶ Die kleinere tropfenförmige Fläche zeigt die Wertekombinationen an, zu denen Wanderungsanreize in Richtung der Region r vorliegen. Analog zeigt die „bergförmige“ Kurve im Bereich der Zentrum-Peripherie-Lösungen die für die Region s an.

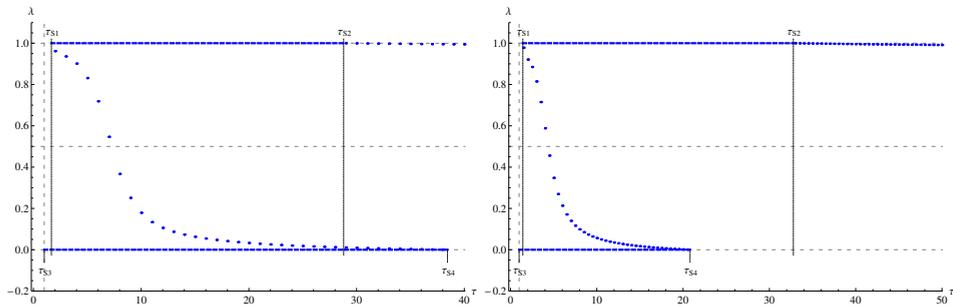
men (vgl. hierzu Tabelle C.2 im Anhang, S. 269).⁶⁷ Der verfügbare Boden für die Regionen setzt sich aus der Bodennutzung für Wohnen, Industrie/Gewerbe und Landwirtschaft zusammen. Simulationen sind für zwei Fälle durchgeführt:⁶⁸ Die kleinere urbane Region realisiert einen Bodenanteil von 5 % (alternativ: 10 %), welcher zu 85 % für Wohnen, zu 10 % von der Industrie und zu 5 % von der Landwirtschaft genutzt wird. Auf die größere, landwirtschaftlich geprägte Region entfallen rund 95 % (alternativ: 90 %) des Bodens, welcher sich zu 3 % auf Wohnen, zu 2 % auf Industrie und zu 95 % auf die Landwirtschaft aufteilt. In den Abbildungen 4.2.6(a) und 4.2.6(b) sind die Ergebnisse wiedergegeben, wobei sich folgende Auffälligkeiten zeigen: Bei hohen Transportkosten stellt sich ein Gleichgewicht mit hohem Anteil an Arbeitskräften in der kleinen, urban geprägten Region ein. Sinken die Transportkosten, bildet die große Region im Fall $b_s = 0,95$ zuerst eine stabile Randlösung aus. Jedoch belaufen sich die Kombinationen an Wertepaaren, zu denen die Region s das industrielle Zentrum ausbilden wird, auf jene, die sich unterhalb der gepunkteten Linie befinden. Erhöht sich der Anteil der kleineren Region am verfügbaren Boden von 5 % auf 10 % und bleibt die strukturelle Aufteilung der Regionen unverändert, zeigt die kleine urbane Region zuerst die stabile Randlösung und bildet auch das industriellen Zentrum aus. Insofern ist die Persistenz ökonomischer Agglomerationen in urban geprägten Regionen, welche von einem landwirtschaftlich strukturierten Gebiet umgeben sind, nachvollziehbar.⁶⁹ Gleichwohl ist festzuhalten, dass die Festlegung, welche Fläche als relevant zu betrachten gilt und wie die relativen Größen der Regionen zueinander ausfallen, mit Unsicherheit behaftet ist. Wie gezeigt, ist eine Erhöhung des Bodenanteils um fünf Prozentpunkte ausreichend, um einen räumlichen Entwicklungspfad – ausgehend von hohen Transportkosten – aufzuzeigen, bei dem die kleinere Region dauerhaft die größere industrielle Agglomeration darstellt.

⁶⁷ Die Stadt Berlin stellt in der Region Berlin-Brandenburg die größte urbane Agglomeration dar, die seit einigen Jahren zudem eine wachsende Anzahl an Einwohnern und eine wachsende Erwerbstätigkeit realisiert (vgl. Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2016c; Statistische Ämter der Länder 2016). Das Land Brandenburg zeigt hingegen stabile Zahlen an Einwohnern und Erwerbstätigkeit (vgl. Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2016c; Statistische Ämter der Länder 2016), wobei sich insbesondere die Umlandgemeinden von Berlin dynamisch entwickeln und die peripheren Regionen sich tendenziell schrumpfend zeigen (vgl. Landesamt für Bauen und Verkehr, Dezernat Raumbewachung 2015).

⁶⁸ Vereinfachend wurde angenommen, dass die gesamte Fläche Brandenburgs, die von Industrie/Gewerbe, Landwirtschaft und Wohnen genutzt wird, als relevant gilt. Jedoch ist zu bedenken, dass u. U. erstens nur ein Teil der Fläche Brandenburgs berücksichtigt werden sollte, da an seinen Rändern weitere Verdichtungsräume (Frankfurt (Oder), Neubrandenburg, Cottbus, Leipzig, etc.) als relevanter bei der Betrachtung von Bodennutzungspreisdifferenzen anzunehmen sind. Zweitens liegt um Berlin herum ein verdichteter Gürtel vor, sodass die urbane Agglomeration gegenüber der ländlichen Region auch räumlich weiter definiert werden könnte (vgl. Landesamt für Bauen und Verkehr, Dezernat Raumbewachung 2015).

⁶⁹ Anzumerken ist, dass jedoch nicht die Entstehung der Bodenaufteilung erklärt ist.

Abbildung 4.2.6: Unterschiedlich große Regionen und voneinander abweichende Bodenaufteilung (Beispiel urbane und ländliche Region)



(a) Unterschiedlich große Regionen Var. 3i mit
 $\sigma = 5, 5, b_r = 0, 05, b_s = 0, 95, \alpha = 0, 99,$
 $\beta \approx 0, 024,$
 $b_{Mr,frac} = 0, 10, b_{Hr,frac} = 0, 85, b_{Ar,frac} = 0, 05,$
 $b_{Ms,frac} = 0, 02, b_{Hs,frac} = 0, 03, b_{As,frac} = 0, 95,$
 $\tau_{S1} \approx 1, 666, \tau_{S2} \approx 28, 798,$
 $\tau_{S3} \approx 1, \tau_{S4} \approx 38, 443$

(b) Unterschiedlich große Regionen Var. 3j mit
 $\sigma = 5, 5, b_r = 0, 10, b_s = 0, 90, \alpha = 0, 99,$
 $\beta \approx 0, 024,$
 $b_{Mr,frac} = 0, 10, b_{Hr,frac} = 0, 85, b_{Ar,frac} = 0, 05,$
 $b_{Ms,frac} = 0, 02, b_{Hs,frac} = 0, 03, b_{As,frac} = 0, 95,$
 $\tau_{S1} \approx 1, 431, \tau_{S2} \approx 32, 776,$
 $\tau_{S3} \approx 1, \tau_{S4} \approx 20, 809$

Quelle: Eigene Darstellung.

4.2.4 Zusammenfassung

In dem Unterkapitel 4.2 werden die Effekte der Bodennutzung und verfügbarer Bodenressourcen im NEG-Modellrahmen diskutiert. Hierbei werden zwei Regionen und drei Gütergruppen/Sektoren betrachtet (Zwei-Regionen-Drei-Sektoren-Ansatz). Die Produkte der drei Sektoren sind industrielle, differenzierte Endprodukte, landwirtschaftliche Endprodukte und Wohndienstleistungen. Damit diese angeboten werden können, ist der Einsatz von Boden und Arbeitskräften notwendig. Im Unterschied zum Standardansatz und zu den Ansätzen von Helpman (1995) und Pflüger und Tabuchi (2008) wird der Bodeneinsatz sowohl bei der industriellen Produktion als auch bei der landwirtschaftlichen berücksichtigt. Zudem wird ein Teil des Bodeneinsatzes der Industrie als fixer Input gestaltet. Ferner werden die Größe einer Region (Bodenverfügbarkeit) und die Bodenanteile für die einzelnen Nutzungsformen als Ressourcen modelliert.

Im Vergleich mit dem Grundmodell zeigt sich für den Fall identischer Regionen

- bei hinreichend hohen Transportkosten eine Gleichverteilung der Arbeitskräfte als stabiles räumliches Gleichgewicht in beiden Modellen,

4.2 Simulationsrechnungen bei interregionalen Transportkosten

- bei vergleichsweise mittleren Transportkosten ein Zentrum-Peripherie-Muster in den Modellen,
- bei geringen bis bedeutungslosen Transportkosten in dem vorgestellten Modell ein abweichendes Ergebnis. Das Zentrum-Peripherie-Muster ist nicht länger eine stabile Lösung. Durch steigende Preise der Bodennutzung bei zunehmender Ballung stehen den Agglomerationskräften der Industrie dispers wirkende Kräfte über die Bodeninanspruchnahme entgegen.

Unterscheiden sich jedoch die Regionen in ihrer Größe und weisen sie unterschiedliche Aufteilungen des Bodens auf, resultieren wesentliche Abweichungen von den bisher bekannten Ergebnissen, die die Bodennutzung diskutieren. Die Modellergebnisse zeigen

- räumliche Entwicklungspfade entlang der Transportkosten. Diese erklären sich aufgrund der wirkenden Kräfte zwischen Vorteilen und Nachteilen der Agglomeration und können die überwiegende Konzentration der mobilen Arbeitskräfte an einem Ort erklären,
- stabile Agglomerationen unterschiedlicher Konzentration, die sich über die verfügbaren Bodenressourcen erklären. Im Ergebnis ist die Größe einer Region anhand zweier Parameter beschrieben. Das ist einerseits die Bodengröße und andererseits die industrielle Konzentration.

Im konkreten Abgleich mit den Ergebnissen der Modelle von Helpman (1995) und Pflüger und Tabuchi (2008) ergeben sich weitere Auffälligkeiten. So resultiert

- bei symmetrischen Regionen wie bei Helpman (1995) und Pflüger und Tabuchi (2008) – die Regionen sind in gleichem Maße mit Ressourcen ausgestattet –, dass bei hohen Transportkosten eine Dispersion der ökonomischen Aktivität im Raum erfolgt. In den beiden genannten Erweiterungen ist dies hingegen nicht der Fall,
- bei realistischen Setzungen der Substitutionselastizität ebenfalls ein Verlauf mit mehrheitlicher Agglomeration der mobilen Arbeitskräfte in einer der Regionen. Diese Ergebnisse treten hingegen in den betrachteten Erweiterungen nicht auf, hier zeigt sich ausschließlich eine Gleichverteilung der Arbeitskräfte stabil,
- letztlich durch die Cobb-Douglas-Technologie in Verbindung mit den exponentiellen Gewichtungen und den drei Bodennutzungsformen in dem vorgestellten Modell ein abweichendes Ergebnis zu den beiden anderen Modellen.

4.3 Simulationsrechnungen bei inter- und intraregionalen Transportkosten

Im nächsten Schritt wird die Größe der Regionen zusätzlich über intraregionale Transportkosten abgebildet, wodurch die Annahme von kostenlosem Gütertransport innerhalb einer Region aufgegeben wird. Mit anderen Worten ausgedrückt wird untersucht, welche langfristigen Ergebnisse resultieren, wenn Transportkosten auch innerhalb der Regionen anfallen. Hierzu sind die Variablen τ_{rr} und τ_{ss} bereits während der Modellformulierung angelegt und in der Modellherleitung diskutiert. Die bisherigen Ergebnisse interpretieren die Regionen insofern noch als Punkte, als dass ihre Größe und die innerhalb einer Region zu überwindende Distanz für den Gütertransport unbeachtet bleiben. Diese Formulierung der Kosten für den Gütertransport orientiert sich an den Standardannahmen im NEG-Modell. Üblicherweise wird angenommen, dass innerhalb einer Region keine Transportkosten anfallen (vgl. Fujita, Krugman und Venables 2001). Entsprechen sich die betrachteten Regionen in ihrer Größe und ist von symmetrischen Kosten für den Transport innerhalb einer Region auszugehen, ist die Vernachlässigung dieser Kosten nachvollziehbar. Uneinheitliche Transportkostensätze in den Regionen können jedoch – insbesondere im Fall unterschiedlicher Größe – auftreten. Berücksichtigt werden kann beispielsweise, dass Güter von einem Güterverteilzentrum zum Ort der Nachfrage zu transportieren sind. Vorliegen weiterer Aspekte in einer Region, wie eine Maut zur Straßennutzung, geringe Qualität der Infrastruktur oder weite Pendelwege, können zu Aufschlägen auf die Transportkosten führen. Unabhängig von dem Grund im Einzelnen sind die Größe einer Region und ggf. regionale Abweichungen der Transportkosten(sätze) nachfolgend diskutiert.

4.3.1 Gestaltung der Transportkosten

Um im NEG-Modell nicht explizit einen Transportsektor zu modellieren, sind die Transportkosten über den sogenannten Eisbergansatz gestaltet. Das bedeutet, dass entsprechend der Transportkosten ein Vielfaches einer Gütereinheit vom Produktionsort aus auf den Weg geschickt werden muss. Bis zum Bestimmungsort „schmilzt“ so viel des Gutes, dass am Zielort genau eine Einheit vorliegt, wobei ein τ -faches zu versenden ist. Diese Art der Modellierung kommt auch im Fall der intraregionalen Transportkosten zur Anwendung. Grundsätzlich liegt der Modellierung der intraregionalen Transportkosten in diesem Unterkapitel der Ansatz zugrunde, dass sich die Transportkosten aus einem Transportkos-

4.3 Simulationsrechnungen bei inter- und intraregionalen Transportkosten

tensatz pro Gütereinheit multipliziert mit einem Größenparameter bzw. Distanzparameter zusammensetzen. Zur Kennzeichnung der Transportkostensätze und des Distanzparameters wird eine Tilde verwandt ($\tilde{\tau}$ und \tilde{B}). Die intraregionalen Transportkosten nehmen nun die folgende Form an, die beispielhaft für die Region r angegeben ist:

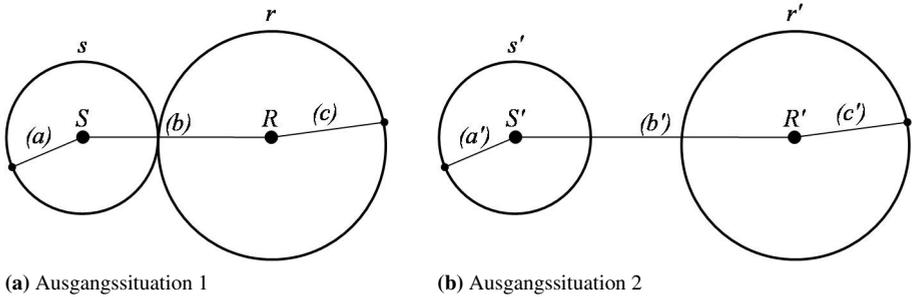
$$\tau_{rr} = \tilde{\tau}_{rr} \tilde{B}_r \quad (4.162)$$

mit $\tilde{\tau}_{rr} \geq 1$ und $\tilde{B}_r \geq 1$.

Damit eine Modellierung der personen-individuellen Transportkosten innerhalb der Regionen bis an den endgültigen Konsumort vermieden wird, ist ein Uniform (Delivery) Pricing (einheitlicher Lieferpreis bzw. Ortspreis) unterstellt (vgl. Puu 2003; Schöler 2013). Wie bei der Zustellung von Kurier-, Post- und Expressdienstleistungen gelten für alle Haushalte innerhalb einer Region die gleichen Transportkostenaufschläge auf die Güterpreise, unabhängig davon, welche Strecke innerhalb der jeweiligen Region zurückzulegen ist bzw. an welchem Ort der Konsument wohnt. Aus Sicht der Konsumenten ergibt sich innerhalb der Region somit ein konstanter Preis (vgl. Puu 2003, S. 132) zu einem bestimmten Transportkostensatz. Auf eine dynamische Variante, bei der sich der Einheitspreis mit der Anzahl der Einwohner in der Region verändert, wird verzichtet.

Transportkosten in und zwischen den Regionen. Es liegen somit die intraregionalen Transportkosten in den Regionen mit τ_{rr} und τ_{ss} sowie die interregionalen mit τ_{rs} und τ_{sr} vor. Die nachfolgende Abbildung 4.3.1 zeigt zwei Ausgangssituationen mit angenommenen kreisförmigen Regionen, anhand derer verdeutlicht wird, dass noch weitere Annahmen bezüglich der interregionalen Transportkosten und des Parameters B zu treffen sind.

Abbildung 4.3.1: Intra- und interregionale Transportkosten



Quelle: Eigene Darstellung.

In den zuvor abgebildeten Grafiken können (a) , (b) , (c) bzw. (a') , (b') , (c') Strecken und (a) , (c) bzw. (a') , (c') zusätzlich den Radius einer angenommenen kreisförmigen Region darstellen. Während in der Ausgangssituation 1: $(a) + (c) = (b)$ gilt, ergibt sich in Ausgangssituation 2: $(a') + (c') < (b')$. Es wird deutlich, dass für die Transportkosten zwischen den Regionen Annahmen bezüglich der Beziehung zu den innerhalb der Regionen zu berücksichtigenden Distanzparametern festzulegen sind. Für die weitere Diskussion sei vereinfachend angenommen, dass die innerhalb einer Region durchschnittlich zu berücksichtigende Strecke, die in Abhängigkeit zur Größe der Region steht, ihr Radius sei. Somit ist für ein Gut, welches innerhalb seiner Herstellungsregion bis zum Konsumort innerhalb derselben Region zu transportieren ist, als Distanzparameter jeweils der Radius zu berücksichtigen. In den aufgeführten Beispielen sind es (a) und (c) bzw. (a') und (c') .

Die Transportkosten, die in den Regionen und zwischen den Regionen anfallen, ergeben sich über den Transportkostensatz ($\tilde{\tau}$) und im intraregionalen Fall über den die Größe der jeweiligen Region repräsentierenden Parameter (\tilde{B}). Zunächst sei auf den Transportkostensatz eingegangen.

Insgesamt liegen im Zwei-Regionen-Fall die vier Transportkostensätze $\tilde{\tau}_{rr}$, $\tilde{\tau}_{ss}$, $\tilde{\tau}_{rs}$, $\tilde{\tau}_{sr}$ vor, für die sich verschiedene Verhältnisse zueinander ergeben können. Die Transportkosten in und zwischen den Regionen weisen entweder alle den gleichen Transportkostensatz auf, nehmen alle unterschiedliche Werte an oder ein Teil von ihnen gleicht sich. Zur Reduzierung der Kombinationen sei wie in den NEG-Modellen üblich angenommen, dass $\tau_{rs} = \tilde{\tau}_{rs} = \tilde{\tau}_{sr} = \tau_{sr}$ gilt und die Größe einer Region bei interregionalem Gütertransport unberücksichtigt bleibt. Es liegen folglich symmetrische Transportkosten für den interre-

gionalen Güterverkehr vor. Hiermit ist es möglich, Situationen zu untersuchen, in denen die internen Transportkostensätze (und die resultierenden Transportkosten) höhere oder auch geringere Werte als jene zwischen den Regionen besitzen. Fraglich ist noch, ob verschiedene Transportkostensätze eine realistische Annahme darstellen. Ohne dieser Frage im Detail nachzugehen sei erwähnt, dass es vorstellbar ist, dass für den Transport innerhalb einer Region und zwischen den Regionen jeweils ein anderes Transportmittel gewählt werden muss (bspw. Lkw und Schiff). Somit fallen für den Transport innerhalb und zwischen den Regionen unterschiedliche Transportkostensätze an. Zudem können in Gebieten mit einer geringen infrastrukturellen Ausstattung gemessen am Verkehrsaufkommen vergleichsweise hohe Transportkostensätze beispielsweise durch Stau o. ä. auftreten.

Berücksichtigung der Größe der Region in den intraregionalen Transportkosten.

Die betrachtete geographische Größe einer Region ist für die Simulationsrechnungen als Radius in den (intraregionalen) Transportkosten abgebildet. Die Variable \tilde{B} in der Gleichung 4.162 stellt die Verbindung zum Anteil b einer Region an dem gesamt verfügbaren Boden dar.⁷⁰ Zur Bestimmung von (a) kann somit der Bodenanteil als Kreisfläche herangezogen werden und es folgt $(a) = \sqrt{\frac{B_s}{\Pi_{Kreiszahl}}}$. Da der verfügbare Boden auf eins normiert ist und damit die Anteile für die Regionen kleiner als eins sind, resultiert ein Radius, der ebenfalls kleiner als eins ist. Damit $\tau > 1$ erfüllt ist, wird eine Minimalstrecke von einer Einheit unterstellt, woraus $1 + \sqrt{\frac{B_s}{\Pi_{Kreiszahl}}}$ folgt. Ferner ist für den Transportkostensatz innerhalb einer Region ein einheitlicher Aufschlag unterstellt, der $\tilde{\tau}$ betrage. Es ergeben sich die intraregionalen Transportkosten⁷¹

$$\tau_{rr} = \tilde{\tau}_{rr} \tilde{B}_r = \tilde{\tau}_{rr} \left(1 + \sqrt{\frac{B_r}{\Pi_{Kreiszahl}}} \right) \quad \text{und} \quad (4.163)$$

$$\tau_{ss} = \tilde{\tau}_{ss} \tilde{B}_s = \tilde{\tau}_{ss} \left(1 + \sqrt{\frac{B_s}{\Pi_{Kreiszahl}}} \right). \quad (4.164)$$

⁷⁰ In einer Region, bspw. r , gilt: $B_r = b_r B$ mit $B = 1 \Rightarrow B_r = b_r$.

⁷¹ Bosker und Garretsen (2007, S. 15) führen in ihrem Überblick zur NEG Literatur einen ähnlichen Ansatz für empirische Modelle der NEG an. Eine in der empirischen NEG häufig gebrauchte Form ist die durchschnittliche Distanz vom Zentrum eines Kreises unter Beachtung der Fläche der jeweiligen Region. Bosker und Garretsen (2010, S. 503) stellen in einem weiteren Überblick diesbezüglich die Frage, warum eine größere Region auch mit höheren „internal trade costs“ konfrontiert sein sollte. Diese Frage wird im Folgenden nicht explizit diskutiert. Es werden jedoch von einander abweichende intraregionale Transportkostensätze in den Regionen dargestellt.

Anmerkungen zu den interregionalen Transportkosten. Die resultierenden Transportkosten zwischen den Regionen können größer, gleich oder kleiner als die innerhalb einer Region sein. Im Vergleich der Ausgangssituationen 1 und 2 (vgl. Abbildung 4.3.1) zeigt sich für den interregionalen Gütertransport, dass eine Ableitung für \tilde{B} mit den bekannten Parametern für die Größe der Region mit Schwierigkeiten verbunden ist, da die betrachteten Regionen beliebig weit von einander entfernt liegen können. Somit besteht nicht zwangsläufig eine unmittelbare Beziehung zu der Größe der Regionen und der zu überwindenden Distanz. Um aufwendige Modellierungen der Strecken zu vermeiden, wird daher wie bereits beschrieben für die zwischen den Regionen anfallenden Transportkosten $\tau_{rs} = \tau_{sr} \geq 1$ angenommen. Im Rahmen der Ergebnisdiskussion ist demnach zu vergleichen, welche räumlichen Ergebnisse resultieren, wenn die Transportkosten zwischen den Regionen größer oder kleiner als die resultierenden Transportkosten innerhalb der Regionen sind.

Kostenloser Transport. Die Zusammensetzung der Transportkosten aus dem Transportkostensatz und der Distanz führt dazu, dass auch bei einem kostenlosen Transport (Transportkostensatz von eins) Transportkosten in Höhe des Distanzparameters anfallen. Üblicherweise kann es in den NEG-Modellen zu kostenlosem Transport kommen. In diesem Fall besitzen der Raum und die Distanz keine Bedeutung mehr für den Gütertransport. Um kostenlosen Transport von Gütern abzubilden, ist die Bedingung $\tilde{\tau}_{rr} = 1 \Rightarrow \tilde{B}_r = 1$, $\tilde{\tau}_{ss} = 1 \Rightarrow \tilde{B}_s = 1$ eingeführt. Sobald ein Wert des Transportkostensatzes größer als eins auftritt, ergeben sich Transportkosten, die über den Transportkostensatz mit der Distanz multipliziert sind.

Normierung der Größe. Zur Vereinfachung sind einige Größen normiert (vgl. Kapitel 4.2). Auch für die Berücksichtigung der Größe der Regionen in den Transportkosten ist es denkbar, eine Normierung vorzunehmen. Wird die kleinere Region als Referenz gewählt, folgt für die größere Region, dass sie ein Vielfaches davon beträgt. Die Formulierung könnte, sofern die Region s immer die kleinere Region darstellt, beispielsweise für die Region r die Form $\tau_{rr,norm} = \tilde{\tau}_{rr} \frac{\tilde{B}_r}{\tilde{B}_s}$ annehmen. Die Modellierung der intraregionalen Transportkosten kommt in diesem Fall ohne die Annahme einer Minimalstrecke aus, die zur Erfüllung der Bedingung $\tau \geq 1$ einzuführen ist. Da hierbei im Ergebnis jedoch lediglich das Verhältnis der intraregionalen Transportkosten miteinander vergleichbar ist, wird auf die Normierung verzichtet. Der Abgleich von intraregionalen und interregionalen Transportkosten wäre, aufgrund der hier gestalteten Unabhängigkeit des interregionalen

Gütertransportes von der Größe der Regionen, nicht möglich, da keine gemeinsame Basis für die Normierung vorliegt.

4.3.2 Überblick über die Modellspezifikationen

Mit der Berücksichtigung intraregionaler Transportkosten treten weitere Simulationsmöglichkeiten hinzu. Die nachfolgende Tabelle 4.3 fasst wie bisher die Spezifikationen für die Modellläufe zusammen. Neben unterschiedlichen Bodenaufteilungen in und zwischen den Regionen, werden in den folgenden Simulationsläufen die langfristigen Gleichgewichte bei innerhalb und zwischen den Regionen variierenden Transportkosten ermittelt. Weiterhin wird unterschieden in die relative Aufteilung des Bodens innerhalb der Regionen und in die resultierende Bodenfläche für die einzelnen Nutzungsformen. Die Unterkapitel 4.3.3 und 4.3.4 sind wie folgt organisiert: Im Kapitel 4.3.3 werden in einem ersten Schritt symmetrische Regionen bei steigenden Transportkostensätzen untersucht. Im zweiten Schritt wird die Aufteilung des verfügbaren Bodens innerhalb der Regionen geändert. Letztlich wird im Kapitel 4.3.4 betrachtet, welche Gleichgewichte bei unterschiedlich großen Regionen und von der Größe abhängigen intraregionale Transportkosten resultieren. Ansonsten erfolgt das Vorgehen äquivalent zu dem im vorherigen Unterkapitel. Die einzelnen Rahmenparameter werden in den Simulationsläufen geändert, woraufhin die räumlichen Gleichgewichte mit Hilfe der numerisch-iterativen Näherung bestimmt werden.

Tabelle 4.3: Modellspezifikationen inter- und intraregionale Transportkosten

Modell- variante (Var.)	auf die Regionen		Bodenaufteilung				Intraregionale Transportkosten				Abb- referenz			
	r	s	in der Region r		in der Region s		Region r		Region s					
			B_M	B_A	B_H	B_M	B_A	B_H	\tilde{t}_{rr}	T_{rr}	\tilde{t}_{ss}	T_{ss}		
4	a	0,50	0,50	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	1,0001	1,399	1,0001	1,399	4.3.2(a)
	b	0,50	0,50	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	1,2	1,679	1,0001	1,679	4.3.2(b)
	c	0,50	0,50	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	1,0001	1,399	1,0	1,0	4.3.2(c)
	d	0,50	0,50	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	1,1	1,539	1,0	1,0	4.3.2(d)
	e	0,50	0,50	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	1,12	1,57	1,1	1,539	4.3.2(e)
5	a	0,50	0,50	0,08	0,80	0,12	0,04	0,90	0,06	1,2	1,68	1,2	1,68	4.3.3(a)
	b	0,50	0,50	0,08	0,80	0,12	0,04	0,90	0,06	3,0	4,2	3,0	4,2	4.3.3(b)
	c	0,50	0,50	0,06	0,85	0,09	0,04	0,90	0,06	1,12	1,57	1,1	1,54	4.3.3(c)
	d	0,50	0,50	0,06	0,85	0,09	0,04	0,90	0,06	1,17	1,67	1,1	1,54	4.3.3(d)
6	a1	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	1,0001	1,437	1,0001	1,357	4.3.4(a)
	a2	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	2,0	2,874	2,0	2,713	4.3.4(b)
	a3	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	1,0	1,0	1,1	1,493	A.3.2(a)*
	a4	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	1,1	1,581	1,0	1,0	A.3.2(b)*
b	a Fläche	0,80	0,20	0,024	0,54	0,036	0,016	0,36	0,024	1,0001	1,505	1,0001	1,252	4.3.4(c)
	b Fläche	0,80	0,20	0,04	0,90	0,06	0,04	0,90	0,06	1,0001	1,505	1,0001	1,252	4.3.4(c)
	c Fläche	0,60	0,40	0,032	0,72	0,048	0,008	0,18	0,012	1,0001	1,437	1,0001	1,357	4.3.4(d)
	d Fläche	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,06	0,85	0,09	1,0001	1,437	1,0001	1,357	4.3.4(d)
c	a Fläche	0,60	0,40	0,024	0,54	0,036	0,024	0,34	0,036	1,0001	1,437	1,0001	1,357	A.3.2(c)*
	b Fläche	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,03	0,88	0,09	1,0001	1,437	1,0001	1,357	A.3.2(c)*
	c Fläche	0,60	0,40	0,04	0,90	0,06	0,03	0,88	0,09	1,0001	1,437	1,0001	1,357	A.3.2(c)*
	d Fläche	0,60	0,40	0,024	0,54	0,036	0,012	0,352	0,036	1,0001	1,437	1,0001	1,357	A.3.2(c)*

* Abbildungen finden sich im Anhang; r , s sind Abkürzungen für die Regionen r und s , M steht für Industrie, A für Landwirtschaft, H für Wohnnutzung und B für Boden.

Quelle: Eigene Darstellung.

4.3.3 Gleich große Regionen und intraregionale Transportkosten

Symmetrische Bodenaufteilung. Zunächst wird geprüft, welche räumlichen Gleichgewichte eintreten, wenn in beiden Regionen die intraregionalen Transportkostensätze steigen. Die Abbildungen 4.2.2(c), 4.3.2(a) und 4.3.2(b) verdeutlichen, dass mit steigenden intraregionalen Transportkosten eine Verschiebung des Graphen entlang der x-Achse erfolgt. Der kritische Wert der interregionalen Transportkosten, ab dem ausgehend von hohen interregionalen Transportkosten ein Zentrum-Peripherie-Muster stabil ist, liegt im Fall von $\tilde{\tau}_{rr} = \tilde{\tau}_{ss} = 1$ bei $\tau_{S2} \approx 2,94$ (vgl. Abbildung 4.2.2(c)). Ab dem Wert $\tau_{S1} \approx 1,26$ liegt kein stabiles Zentrum-Peripherie-Muster mehr vor. Mit Werten von $\tilde{\tau}_{rr} = \tilde{\tau}_{ss} = 1,2$ verschieben sich die Sustainpoints auf $\tau_{S2} \approx 4,93$ und $\tau_{S1} \approx 2,12$ (vgl. Abbildung 4.3.2(b)). Auch nimmt die Strecke entlang der x-Achse für ein stabiles Zentrum-Peripherie-Muster zu ($\tilde{\tau}_{rr} = 1 \Rightarrow \tau_{S2} - \tau_{S1} = 1,68$, $\tilde{\tau}_{rr} = 1,2 \Rightarrow \tau_{S2} - \tau_{S1} = 2,81$).

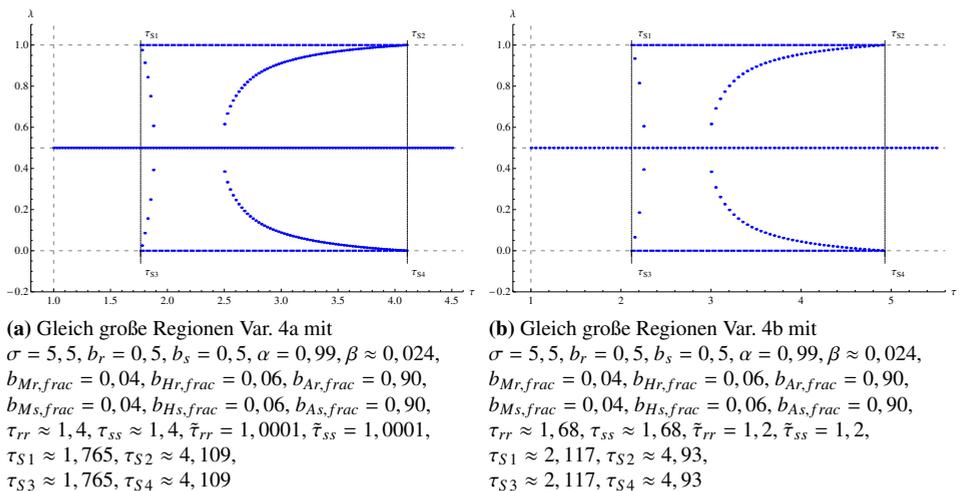
Starke Reaktionen auf das räumliche Gleichgewicht zeigen sich in einer Region bei intraregionalen Transportkosten. Für das mit der Abbildung 4.3.2(c) dargestellte Ergebnis sind Transportkostensätze von $\tilde{\tau}_{rr} = 1,0001$ und $\tilde{\tau}_{ss} = 1$ gewählt, woraus Transportkosten in Höhe $\tau_{rr} \approx 1,4$ und $\tau_{ss} = 1$ resultieren. Die in der Region r vorliegenden intraregionalen Transportkosten führen zu einer höheren Konzentration der Industrie in der Region s . Bei hohen und niedrigen interregionalen Transportkosten bleibt in der Region r ein industrieller Besatz erhalten. Für einen großen Wertebereich an mittleren interregionalen Transportkosten konzentriert sich die Industrie vollständig in der Region s . Liegt der Transportkostensatz $\tilde{\tau}_{rr}$ höher, wächst der Bereich entlang der interregionalen Transportkosten an, in dem die Region s das industrielle Zentrum aufweist (vgl. Abbildung 4.3.2(d)). Die einseitig in der Region r vorliegenden intraregionalen Transportkosten führen zu einem Preisaufschlag auf die industriellen Güter für die Konsumenten in der Region r . Diese Aufschläge sind nicht durch zusätzliche Einnahmen kompensiert. In der Folge steigt der Preisindex der Region r , der Reallohn geht zurück und sinkt unter den der Region s , was entsprechende Wanderungsbewegungen auslöst.

Ein weniger dramatisches Bild zeichnet sich, wenn in beiden Regionen intraregionale Transportkosten vorliegen, diese gleichfalls voneinander abweichen, jedoch eine geringere Differenz in den resultierenden Transportkosten besteht (vgl. Abbildung 4.3.2(e)). Entlang der interregionalen Transportkosten ergibt sich bei hohen und niedrigen Werten dieser eine annähernd gleiche Verteilung der industriellen Arbeitskräfte auf die Regionen. Im Sinne eines räumlichen Entwicklungspfades bei sinkenden interregionalen Transport-

kosten oder geringer Entfernung zu anderen Regionen, erweist sich zuerst die Region s als mögliches und wahrscheinliches ökonomisches Zentrum.⁷²

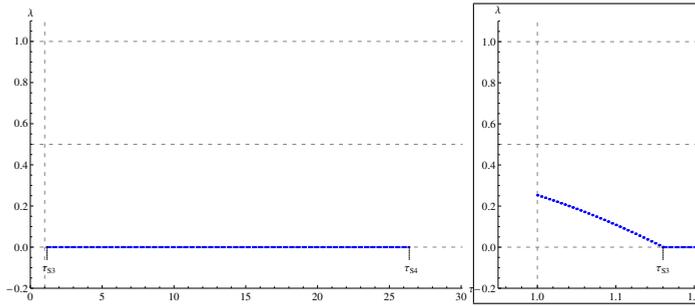
Es zeigt sich, dass zunehmende symmetrische intraregionale Transportkosten bei symmetrischen Regionen den Bereich der niedrigen Transportkosten ausweiten, zu welchem sich eine Gleichverteilung der Arbeitskräfte und Industrie im Raum ergibt. Zugleich wächst jedoch auch der Streckenabschnitt entlang der interregionalen Transportkostenachse an, zu dem sich Zentrum-Peripherie-Muster ausbilden. Weichen die intraregionalen Transportkosten in den Regionen voneinander ab, resultiert tendenziell eine mehrheitliche Agglomeration in der Region, in der geringere Transportkosten vorliegen. Ob auch eine Konzentration der Arbeitskräfte in der Region mit den höheren Transportkosten auftreten kann, hängt von der Differenz zwischen den resultierenden Transportkosten ab. Je höher die Differenz ausfällt, desto unwahrscheinlicher ist eine überwiegende Ballung der Arbeitskräfte in der Region mit den höheren internen Raumüberwindungskosten.

Abbildung 4.3.2: Gleich große Regionen (Variante 4)

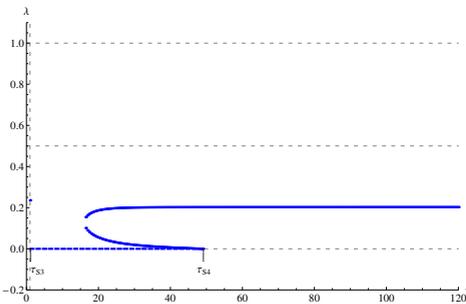


⁷² Nimmt die Differenz zwischen den Transportkostensätzen zu, zeigt sich, dass eine Gleichverteilung der Arbeitskräfte als Lösung nicht auftritt (vgl. Abbildung A.3.1(a) bis A.3.1(c), S. 233).

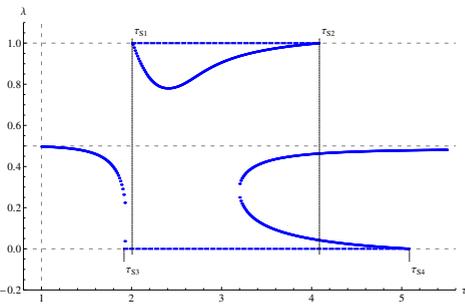
4.3 Simulationsrechnungen bei inter- und intraregionalen Transportkosten



(c) Gleich große Regionen Var. 4c mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,4, \tau_{ss} = 1, \tilde{\tau}_{rr} = 1,0001, \tilde{\tau}_{ss} = 1,$
 $\tau_{S3} \approx 1,16, \tau_{S4} \approx 26,385$



(d) Gleich große Regionen Var. 4d mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,54, \tau_{ss} = 1, \tilde{\tau}_{rr} = 1,1, \tilde{\tau}_{ss} = 1,$
 $\tau_{S3} \approx 1,126, \tau_{S4} \approx 49,16$



(e) Gleich große Regionen Var. 4e mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,57, \tau_{ss} \approx 1,54, \tilde{\tau}_{rr} = 1,12, \tilde{\tau}_{ss} = 1,1,$
 $\tau_{S1} \approx 2,007, \tau_{S2} \approx 4,086,$
 $\tau_{S3} \approx 1,917, \tau_{S4} \approx 5,086$

Quelle: Eigene Darstellung.

Asymmetrische Bodenaufteilung. Bei der Analyse uneinheitlicher regionaler Bodenaufteilung gleich großer Regionen im Kapitel 4.2.2 ist wesentliches Ergebnis, dass höhere Bodenanteile für Wohnen und Industrie in einer Region auch tendenziell zu einer größeren Agglomeration der Arbeitskräfte in dieser führen. Jedoch bestehen Grenzen, sobald die Einnahmen aus der Bodennutzung das Gesamteinkommen und Preisbewegungen den Reallohn so beeinflussen, dass die Agglomerationskräfte ausgeglichen sind. Aufgrund der bereits vorliegenden Ergebnisse sind nachfolgend Fälle untersucht, in denen erstens geprüft ist, ob sich die bisherigen Ergebnisse bei bestehender uneinheitlicher Bodenauftei-

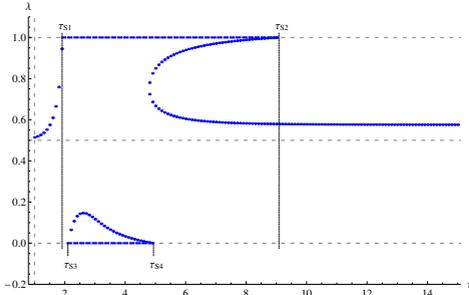
lung durch die Einführung von intraregionalen Transportkosten gegebenenfalls umkehren. Zweitens ist betrachtet, inwieweit eine voneinander abweichende Bodenaufteilung einseitig intraregional höhere Transportkosten kompensiert.

Liegen einheitliche intraregionale Transportkostensätze vor, bleiben die Ergebnisse in ihren grundsätzlichen Aussagen bestehen. Im Fall eines höheren Bodenanteils, für Industrie und zur Wohnnutzung und eines geringeren für Landwirtschaft in der Region r gegenüber der Region s (vgl. Abbildungen 4.3.3(a) und 4.3.3(b)), zeigt sich entlang der interregionalen Transportkosten eine größere Arbeitskräftekonzentration in der Region r . Diese bildet zugleich tendenziell das industrielle Zentrum aus. Zudem resultiert eine Ausweitung jenes Streckenabschnitts entlang der x-Achse, in welchem sich ein Zentrum-Peripherie-Muster ausbildet, wie auch die Rechtsverschiebung entlang der interregionalen Transportkostenachse erfolgt (vgl. Abbildungen 4.2.3(a), 4.3.3(a) und 4.3.3(b)). Das bedeutet auch, je höher die intraregionalen Transportkosten sind, desto größer ist der Wertebereich für „niedrige“ Transportkosten, in dem sich Gleichgewichte mit unterschiedlichen Anteilen an Arbeitskräften in den Regionen einstellen. Gleichfalls erweitert sich der Streckenabschnitt, zu dem entlang der interregionalen Transportkosten ein Zentrum-Peripherie-Muster vorliegt.

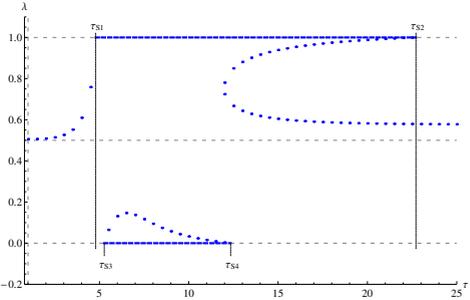
Im Vergleich der Abbildung 4.3.3(c) mit der Abbildung 4.3.2(e) ist zu erkennen, dass in einer Region vorliegende höhere intraregionale Transportkosten über Ausweitung des Angebotes an Wohn- und Industriefläche zu Lasten des landwirtschaftlichen Bodenangebotes ausgeglichen werden können. Statt die Region s , aufgrund geringerer intraregionaler Transportkosten die größere Konzentration an industriellen Arbeitskräften aufweist, ist dies nun die Region r , die über ein höheres Industrie- und Wohnflächenangebot verfügt. Dies gilt nicht, liegt eine ausreichend hohe Differenz der intraregionalen Transportkosten vor. Bei einem Transportkostensatz von $\tilde{\tau}_{rr} = 1,17$ in der Region r zu $\tilde{\tau}_{ss} = 1,1$ in der Region s überwiegen die zusätzlichen Kosten der Raumüberwindung die über die Ausweitung des Bodenangebotes erzielte Verminderung der Lebenshaltungskosten (vgl. Abbildung 4.3.3(d)).⁷³

⁷³ Eine detaillierte Darstellung bei sequenzieller Erhöhung von $\tilde{\tau}_{rr}$ bei konstantem $\tilde{\tau}_{ss}$ findet sich im Anhang mit den Abbildungen A.3.1(d) bis A.3.1(i) auf Seite 233 f.

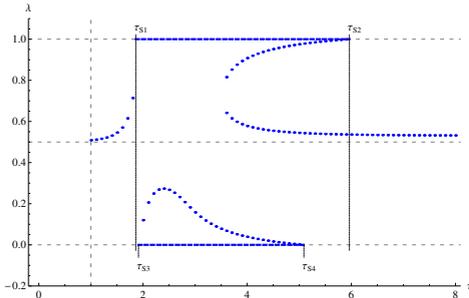
Abbildung 4.3.3: Gleich große Regionen (Variante 5)



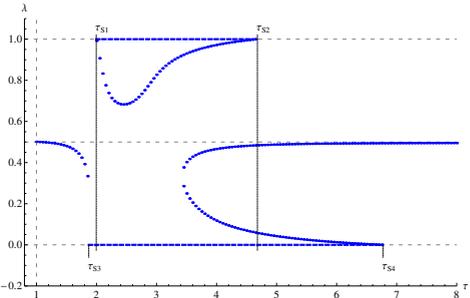
(a) Gleich große Regionen Var. 5a mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,08, b_{Hr,frac} = 0,12, b_{Ar,frac} = 0,80,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,68, \tau_{ss} \approx 1,68, \tilde{\tau}_{rr} = 1,2, \tilde{\tau}_{ss} = 1,2,$
 $\tau_{S1} \approx 1,916, \tau_{S2} \approx 9,087,$
 $\tau_{S3} \approx 2,106, \tau_{S4} \approx 4,937$



(b) Gleich große Regionen Var. 5b mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,08, b_{Hr,frac} = 0,12, b_{Ar,frac} = 0,80,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 4,2, \tau_{ss} \approx 4,2, \tilde{\tau}_{rr} = 3,0, \tilde{\tau}_{ss} = 3,0,$
 $\tau_{S1} \approx 4,789, \tau_{S2} \approx 22,716,$
 $\tau_{S3} \approx 5,266, \tau_{S4} \approx 12,343$



(c) Gleich große Regionen Var. 5c mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,06, b_{Hr,frac} = 0,09, b_{Ar,frac} = 0,85,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,57, \tau_{ss} \approx 1,54, \tilde{\tau}_{rr} = 1,12, \tilde{\tau}_{ss} = 1,1,$
 $\tau_{S1} \approx 1,912, \tau_{S2} \approx 5,089,$
 $\tau_{S3} \approx 1,862, \tau_{S4} \approx 5,963$



(d) Gleich große Regionen Var. 5d mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,06, b_{Hr,frac} = 0,09, b_{Ar,frac} = 0,85,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,637, \tau_{ss} \approx 1,54, \tilde{\tau}_{rr} = 1,17, \tilde{\tau}_{ss} = 1,1,$
 $\tau_{S1} \approx 1,996, \tau_{S2} \approx 4,68,$
 $\tau_{S3} \approx 1,871, \tau_{S4} \approx 6,771$

Quelle: Eigene Darstellung.

4.3.4 Unterschiedlich große Regionen und intraregionale Transportkosten

Im Unterschied zu den bisherigen Betrachtungen, liegen nun innerhalb der Regionen vom Bodenanteil abhängige intraregionale Transportkosten vor. Das bedeutet, mit zunehmender Größe einer Region steigen ebenfalls die intraregionalen Transportkosten. Damit wirken in den kleineren Regionen intraregionale Transportkosten weniger stark dispers als in größeren Regionen. Im Folgenden sind hauptsächlich die Wirkungen von der Größe einer Region abhängiger Transportkosten diskutiert. Die sich aus voneinander abweichenden Transportkostensätzen ergebenden räumlichen Wirkungen sind bereits im vorhergehenden Unterkapitel betrachtet. Da bei unterschiedlich großen Regionen mit einer prozentual einheitlichen Bodenaufteilung nicht einheitliche Bodenflächen vorliegen, sind in der Tabelle 4.4 diese für die untersuchten Szenarien angegeben. Um die Wirkung der intraregionalen Transportkosten zu diskutieren, ist die Bodenaufteilung in einigen Szenarien wie im Kapitel 4.2.3 gewählt.

Tabelle 4.4: Bodenflächen für die Regionen r und s nach Nutzungsarten in den Szenarien

Art	Var. 6a		Var. 6b		Var. 6c		Var. 6d*	
	r	s	r	s	r	s	r	s
B_M	0,024	> 0,016	0,032	> 0,008	0,024	= 0,024	0,024	> 0,012
B_H	0,036	> 0,024	0,048	> 0,012	0,036	= 0,036	0,036	= 0,036
B_A	0,540	> 0,360	0,720	> 0,180	0,540	> 0,340	0,540	> 0,352
Σ	0,60	> 0,40	0,80	> 0,20	0,60	> 0,40	0,60	> 0,40

*Die Abbildung zu diesem Szenario befindet sich im Anhang auf Seite 235. Die Nutzungsarten sind mit B_M für Industrie, B_H für Wohnen und B_A für Landwirtschaft abgekürzt.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die nachfolgenden Abbildungen 4.3.4(a) und 4.3.4(b) zeigen zwei intraregionale Transportkostenvarianten ($\tau_{rr} = \tau_{ss} = 1,0001$ und $\tau_{rr} = \tau_{ss} = 2$) mit einer Bodenaufteilung von 60 % für die Region r und 40 % für die Region s . Hierbei realisiert die Region r für alle Nutzungsformen höhere Bodenflächen. In beiden betrachteten Varianten der intraregionalen Transportkostensätze kommt es bei hohen interregionalen Transportkosten zu einer mehrheitlichen Konzentration der Arbeitskräfte in der kleineren Region s . Sinken die interregionalen Transportkosten hinreichend ab, schneidet die gepunktete Linie mit den stabilen Gleichgewichten die bei $\lambda = 0,5$ eingezeichnete horizontale Gitternetzlinie. Ab diesem Punkt besteht für die Arbeitskräfte aufgrund eines in der Region r bestehenden höheren Reallohns ein größerer Anreiz in diese zu migrieren. Das heißt, die größere

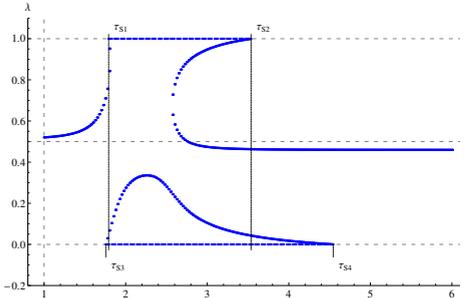
4.3 Simulationsrechnungen bei inter- und intraregionalen Transportkosten

Region r entwickelt sich bei sinkenden interregionalen Transportkosten zum wahrscheinlichen industriellen Zentrum. Die gleichen Parametersetzungen finden sich für den Fall ohne intraregionale Transportkosten in der Abbildung 4.2.4(b). Der Vergleich zeigt, dass die größenabhängigen intraregionalen Transportkosten (in der großen Region bestehen höhere intraregionale Transportkosten) dem niedrigeren Preisindex – mehr verfügbare Bodenressourcen – in der Region r entgegenwirken. In den hier betrachteten Szenarien weist die kleinere Region s bei hohen interregionalen Transportkosten einen Großteil der industriellen Arbeitskräfte auf, wie es im Fall ohne intraregionale Transportkosten für die Region r der Fall ist. Im Bereich der vergleichsweise niedrigen interregionalen Transportkosten weitet sich der Abschnitt aus, in dem die Region r den überwiegenden Anteil an industriellen Arbeitskräften hält. Werden intraregionalen Transportkosten berücksichtigt, ist eine ausgeprägtere Tendenz zur Gleichverteilung der Arbeitskräfte bei bedeutungslosen Transportkosten zwischen den Regionen ersichtlich. Wobei auch im Fall mit intraregionalen Transportkosten die Region r einen Wert von $\lambda > 0,5$ realisiert. Weiterhin ist auffällig, dass die Region s für einen kleinen Raum an τ - λ -Kombinationen ($\tau = \tau_{rs} = \tau_{sr}$), beginnend bei interregionalen Transportkosten um 4,6 in Abbildung 4.3.4(a) bzw. um 9,1 in Abbildung 4.3.4(b) herum, ein mögliches industrielles Zentrum ausbildet. Für die Region r ist zu diesen Werten von τ keine vollständige Industrieagglomeration ersichtlich.

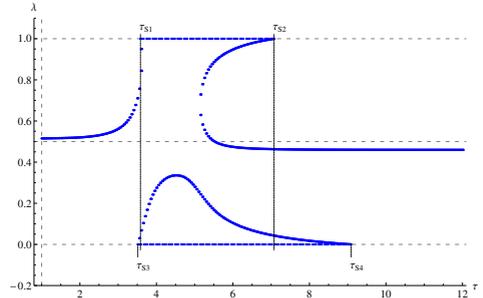
Ein deutlicher Unterschied in der Regionsgröße ist mit den Abbildungen 4.2.4(f) (ohne intraregionale Transportkosten) und 4.3.4(c) (mit intraregionalen Transportkosten) dargestellt. Die Regionen zeigen eine Bodenaufteilung mit Anteilen von 80 % für die Region r und 20 % für die Region s . Bei Vorliegen größenabhängiger Transportkosten weist die Region r damit vergleichsweise höhere intraregionale Transportkosten von $\tau_{rr} \approx 1,51$ auf, während in der Region s die intraregionalen Transportkosten einen Wert von $\tau_{ss} \approx 1,25$ annehmen. Auffällig an dem Verlauf des Graphen in Abbildung 4.3.4(c) ist, dass kein Breakpoint vorliegt. Die obere gepunktete Linie gibt entlang der interregionalen Transportkostenachse stabile räumliche Gleichgewichte an. Eine vollständige Agglomeration der Industrie in einer Region ist für einen kleinen Raum für die Region s erkennbar. Nur in diesem Raum zwischen der unteren gepunkteten Linie und der gestrichelten Linie (zwischen τ_{s3} und τ_{s4}) liegen Situationen für λ und τ vor, in denen eine Abwanderung und vollständige Konzentration anreizkompatibel ist.⁷⁴ Im Abgleich mit der Variante oh-

⁷⁴ Die Abbildungen A.3.3(a) bis A.3.3(d) (siehe S. 236) zeigen für Werte der intraregionalen Transportkosten von $\tau = 2$ und $\tau = 3$ jeweils die Reallohndifferenzkurve an, sowie der funktionale Zusammenhang des Reallohnverhältnisses und der interregionalen Transportkosten zu $\lambda = 0$ und $\lambda = 1$ angegeben ist. Ersichtlich ist, dass im mittleren Transportkostenbereich drei Gleichgewichte vorliegen und eine vollständige Agglomeration der industriellen Arbeitskräfte in der Region r kein Gleichgewicht darstellt.

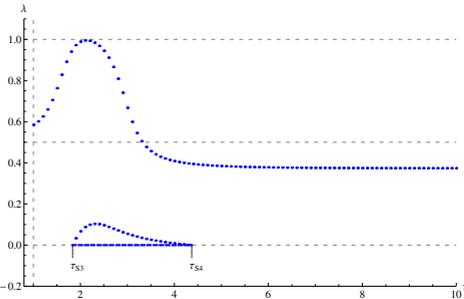
Abbildung 4.3.4: Unterschiedlich große Regionen (Variante 6)



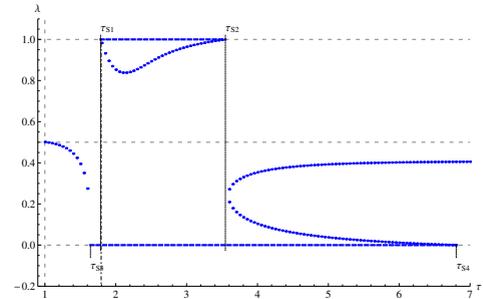
(a) Unterschiedlich große Regionen Var. 6a1 mit $\sigma = 5,5, b_r = 0,6, b_s = 0,4, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} = 1,437, \tau_{ss} = 1,357, \tilde{\tau}_{rr} = 1,0001, \tilde{\tau}_{ss} = 1,0001,$
 $\tau_{S1} \approx 1,791, \tau_{S2} \approx 3,537,$
 $\tau_{S3} \approx 1,757, \tau_{S4} \approx 4,545$



(b) Unterschiedlich große Regionen Var. 6a2 mit $\sigma = 5,5, b_r = 0,6, b_s = 0,4, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} = 2,874, \tau_{ss} = 2,713, \tilde{\tau}_{rr} = 2, \tilde{\tau}_{ss} = 2,$
 $\tau_{S1} \approx 3,582, \tau_{S2} \approx 7,074,$
 $\tau_{S3} \approx 3,513, \tau_{S4} \approx 9,089$



(c) Unterschiedlich große Regionen Var. 6b und intra-regionale Transportkosten mit $\sigma = 5,5, b_r = 0,8, b_s = 0,2, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} = 1,505, \tau_{ss} = 1,252, \tilde{\tau}_{rr} = 1,0001, \tilde{\tau}_{ss} = 1,0001,$
 $\tau_{S3} \approx 1,834, \tau_{S4} \approx 4,369$



(d) Unterschiedlich große Regionen Var. 6c und intra-regionale Transportkosten mit $\sigma = 5,5, b_r = 0,6, b_s = 0,4, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,06, b_{Hs,frac} = 0,09, b_{As,frac} = 0,85,$
 $\tau_{rr} = 1,437, \tau_{ss} = 1,357, \tilde{\tau}_{rr} = 1,0001, \tilde{\tau}_{ss} = 1,0001,$
 $\tau_{S1} \approx 1,786, \tau_{S2} \approx 3,547,$
 $\tau_{S3} \approx 1,643, \tau_{S4} \approx 6,805$

Quelle: Eigene Darstellung.

ne intraregionale Transportkosten, wie sie in der Abbildung 4.2.4(f) wiedergegeben ist, fällt ebenfalls auf, dass die größenabhängigen Transportkosten bei hohen interregionalen Transportkosten zum Teil zu einer Überkompensation des höheren Preisindex aufgrund des geringeren Bodenangebotes der Region s gegenüber der Region r führen.

4.3 Simulationsrechnungen bei inter- und intraregionalen Transportkosten

Im Fall ohne intraregionale Transportkosten ist bereits betrachtet, welche räumlichen Gleichgewichte resultieren, wenn die Region r einen größeren Anteil am Boden aufweist und unterschiedliche Bodenaufteilungen in den Regionen vorliegen. Wesentliche Erkenntnis ist, dass bei hohen interregionalen Transportkosten die kleinere Region einen höheren Anteil an industriellen Arbeitskräften aufweist, zeigt sie ein höheres Bodenangebot für Wohnen und/oder Industrie als die größere Region. Entspricht sich das Angebot an Boden für die industrielle Produktion in den Regionen und ist das Angebot zum Wohnen gleich hoch, fällt auf, dass die Region s bei hohen interregionalen Transportkosten einen höheren Anteil an Industriearbeitskräften realisiert. Da, wie gezeigt, mit den intraregionalen Transportkosten ein zusätzlicher Faktor auf den Preisindex in einer Region wirkt und dieser in der größeren Region zu einem vergleichsweise höheren Anstieg führt, unterstützt dies die deagglomerierenden Kräfte in der größeren Region deutlicher als in der kleineren Region. Anhand der Abbildungen 4.3.4(d) und 4.2.5(e) ist dies dargestellt. Es zeigt sich, dass der Anteil an mobilen Arbeitskräften für hohe Werte von τ in der Region s zunimmt. Wesentliche Änderung ist die vertikale Verlagerung des Breakpoints von oberhalb nach unterhalb von $\lambda = 0,5$. Was bedeutet, dass bei mittleren interregionalen Transportkosten die Region s das industrielle Zentrum ausbildet, geht man von sinkenden interregionalen Transportkosten aus. Bei bedeutungslosen interregionalen Transportkosten resultiert eine Gleichverteilung der Arbeitskräfte auf die Regionen. Ohne intraregionale Transportkosten und bei $\tau = 1$ weist hingegen die Region r einen leicht höheren Anteil an Arbeitskräften auf.⁷⁵

4.3.5 Zusammenfassung

Ziel dieses Unterkapitels ist es, die Wirkungen von intraregionalen Transportkosten zu untersuchen. Dies erfolgt in drei Schritten. Im ersten Schritt sind symmetrische Regionen – wie im Standardmodell oder wie auch in den vorgestellten Erweiterungen – und intraregionale Transportkosten betrachtet. Der zweite Schritt dient der Diskussion von gleich großen Regionen, die mit unterschiedlichen intraregionalen Transportkostensätzen und voneinander abweichender Bodenaufteilung innerhalb der Regionen konfrontiert sind. Im letzten Schritt sind Regionen unterschiedlicher Größe angenommen und intraregionale Transportkosten dargestellt, die in Abhängigkeit der Regionsgröße stehen.

⁷⁵ Im Anhang sind in der Abbildung A.3.2 auf Seite 235 weitere Szenarien abgebildet. Mit den Abbildungen A.3.2(a) und A.3.2(b) ist zusätzlich der erhebliche Einfluss unterschiedlicher Transportkostensätze dargestellt. Mit der Abbildung A.3.2(c) ist darüber hinaus die Variante 6d mit gleich großem Bodenangebot für Wohnen in den Regionen und einem sowohl für die Industrie als auch für die Landwirtschaft höheren Bodenangebot in der größeren Regionen wiedergegeben. Für diesen Fall zeigt sich ein Verlauf, wie er in der Abbildung 4.3.4(d) zu finden ist.

Im Vergleich mit den bisherigen Modellen zeigen sich für den Fall identischer Regionen zwei zentrale Ergebnisse:

- Bei einheitlich steigenden intraregionalen Transportkosten erfolgt eine Verschiebung des Bifurkationsgraphen in Richtung hoher interregionaler Transportkosten. Damit wird erstens der Achsenabschnitt mit niedrigen Transportkosten ausgeweitet, zu dem eine Gleichverteilung der Arbeitskräfte im Raum vorliegt. Zweitens liegt für einen größeren Streckenabschnitt an interregionalen Transportkosten ein Zentrum-Peripherie-Muster vor.
- Es zeigt sich bei voneinander abweichenden intraregionalen Transportkostensätzen ein räumlicher Entwicklungspfad. Tendenziell resultiert eine Agglomeration in der Region mit den niedrigeren Transportkostensätzen. Die Stärke der Tendenz hängt hierbei von der Höhe der Differenz der intraregionalen Transportkosten ab.

Weitere abweichende Ergebnisse zu den genannten Modellen treten bei gleich großen Regionen und uneinheitlicher Bodenaufteilung und intraregionalen Transportkosten auf:

- Weisen die Regionen unterschiedliche Aufteilungen des Bodens auf und steigen die intraregionalen Transportkosten einheitlich, zeigt sich erstens ebenfalls eine Verschiebung des Graphen nach rechts entlang der interregionalen Transportkostenachse. Zweitens resultieren räumliche Entwicklungspfade mit tendenziell überwiegender ökonomischer Ballung in der Region mit dem höheren Bodenangebot für Wohnen und Industrie.
- Es ist erkennbar, dass bei regional unterschiedlicher Aufteilung des Bodens vergleichsweise niedrige Bodenpreise für Wohnen und Industrie in einer Region und die dort daraus resultierenden Ballungskräfte durch bestehende höhere intraregionale Transportkosten aufgehoben werden können. In der Region mit niedrigeren intraregionalen Transportkosten werden die Ballungskräfte hingegen verstärkt.

Sind Regionen unterschiedlicher Größe und größenabhängige intraregionale Transportkosten betrachtet, lassen sich die folgenden Aspekte formulieren:

- Mit den größenabhängigen intraregionalen Transportkosten tritt zu der Preisindex reduzierenden Wirkung höherer Bodenressourcenverfügbarkeit eine dispers wirkende Kraft hinzu.
- Die intraregionalen Transportkosten führen tendenziell zu einer Kompensation höherer Preise in der kleineren Region. Es ergeben sich räumliche Entwicklungspfade,

bei denen für hohe Werte der interregionalen Transportkosten die kleinere Region die größere industrielle Agglomeration aufweist.

- In Abhängigkeit der Größenunterschiede resultieren Ergebnisse, bei denen sich ein Zentrum-Peripherie-Muster als unwahrscheinliches räumliches Gleichgewicht herausstellt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass intraregionale Transportkosten einen erheblichen Einfluss auf das räumliche Gleichgewicht ausüben können. Es zeigt sich, dass von der Größe einer Region abhängige intraregionale Transportkosten in der größeren Region zu einem höheren Preisindex führen. Dies wirkt dem preissenkenden Effekt von hoher Bodenressourcenverfügbarkeit entgegen. Es ergeben sich auch stabile räumliche Entwicklungspfade entlang sinkender interregionaler Transportkosten, bei denen ein Zentrum-Peripherie-Muster eine unwahrscheinliche Lösung darstellt. Ein weiterer Befund ist, dass je höher intraregionale Transportkosten ausfallen, beispielsweise durch einen Transportkostensatz, Zentrum-Peripherie-Muster für vergleichsweise hohe interregionale Transportkosten auftreten.

4.4 Simulationsrechnungen bei inter- und intraregionalen Transportkosten ohne Bodenrente

Die Einkommen aus der Bodennutzung fließen bisher in das Gesamteinkommen einer Region ein. Hiermit kann sich ein Vorteil aus vergleichsweise knappen Ressourcen ergeben, wenn die Einnahmen aus der Bodennutzung den Anstieg der Preise und damit des Index der Lebenshaltung überkompensieren. Die Wirkungen des Bodeneinkommens lassen sich erheben, indem angenommen wird, die Eigentümer des Bodens seien außerhalb der Regionen ansässig, sodass die Bodenrenten aus den Regionen abfließen.⁷⁶ Auf eine analytische Diskussion und umfassende Darstellung möglicher Szenarien für große und kleine Regionen wird verzichtet. Stattdessen sind numerische Beispiele ausgewählt, anhand derer sich die Wirkungen zeigen. Die regionalen Gesamteinkommen in den Regionen (vgl. Gleichungen (4.85) und (4.86)) ändern sich bei aus den Regionen abfließenden Bodenrenten zu $Y_r = w_{Mr}L_{Mr} + w_{Ar}L_{Ar}$ und $Y_s = w_{Ms}L_{Ms} + w_{As}L_{As}$.

⁷⁶ Wie zuvor an anderer Stelle dargestellt, erscheint die Annahme abfließender Bodenrente u. a. aufgrund der unterschiedlichen Verteilung des Wohn- und Bodeneigentums in der Europäischen Union als relevantes Szenario.

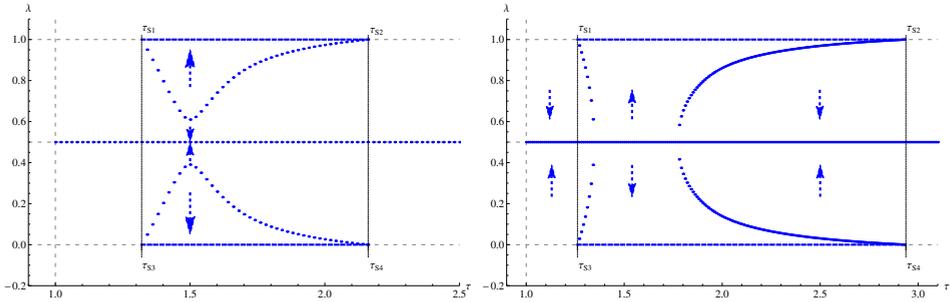
4.4.1 Gleich große Regionen

Bei abfließenden Bodeneinkommen ergibt sich im Fall gleich großer und symmetrischer Regionen der in der Abbildung 4.4.1(a) dargestellte Verlauf. Zum Vergleich ist mit der Abbildung 4.4.1(b) nochmals der Fall mit Einnahmen aus dem Bodensektor (mit y_B) visualisiert. Es zeigt sich, dass die Einkommen aus dem Bodensektor für einen größeren Abschnitt von τ zu stabileren Agglomeration der mobilen Arbeitskräfte in einer der beiden Regionen führen. Zudem ist im Vergleich der Abbildungen die kleiner werdende Fläche der möglichen Konzentration entlang der λ -Werte auffällig. Im Bereich zwischen τ_{S3} und τ_{S4} sind in der Abbildung 4.4.1(a) durchgängig auch stabile Gleichgewichte mit gleich verteilten Arbeitskräften ersichtlich. Insofern kompensieren im mittleren Transportkostenbereich die Einnahmen aus dem Bodensektor (positive Wirkung auf das regionale Gesamteinkommen) zum Teil die Preisindex erhöhenden Effekte der steigenden Bodenpreise bei größer werdender Bodennachfrage. Bei hohen und niedrigen interregionalen Transportkosten bleiben die Anreizwirkungen auf die mobilen Arbeitskräfte unverändert.

Der Einfluss des Bodeneinkommens ist für geringe Änderungen in der Bodenaufteilung zwischen Wohnen und Industrie bei gleich großen Regionen anhand der Abbildungen 4.4.1(c) und 4.4.1(d) sichtbar. Beispielhaft dargestellt ist der Fall einer Verringerung des Wohnangebotes bei korrespondierender Erhöhung des industriellen Bodenangebotes. Es zeigt sich, dass, fließt das Einkommen aus der Bodennutzung aus der Region ab, die Region mit relativ günstigen Bodenpreisen zur Wohnnutzung für alle τ - λ -Kombinationen einen größeren Anteil an industriellen Arbeitskräften realisiert. Dies erklärt sich anhand der spezifischen Werte (gesamtwirtschaftliche Pro-Kopf-Bodeninanspruchnahme) für die Nutzungsformen und der direkten Verbindung zwischen Unternehmenswanderung und Arbeitskräftemigration. Es ist $k_H > k_M$. Hierdurch ergibt sich bei dem gewählten Beispiel ein niedriger Preisindex in der Region s . Die Einsparungen der privaten Haushalte bei den Ausgaben zum Wohnen sind größer als die Preissteigerungen, die sich aus der Verknappung des industriellen Bodenangebotes im Preisindex niederschlagen. Fließen die Einkommen aus der Bodennutzung aus den Regionen ab, erhöhen diese nicht das regionale Gesamteinkommen. Damit ist es aufgrund der nun resultierenden Reallöhne für die Arbeitskräfte in bestimmten Fällen nicht mehr reizvoll, vergleichsweise hohe Preise zum Wohnen in der Region r zu bezahlen (vgl. hierzu Abbildung 4.4.1(d)). Durch den Wegfall des Einkommens aus der Bodennutzung sinkt das Gesamteinkommen in den Regionen. Dies hat zur Folge, dass ebenfalls das Ausgabenvolumen für die industriellen Güter zurückgeht. Bei zunehmender Konzentration der Arbeitskräfte in einer Region stehen den steigenden Bodenpreisen damit keine direkt gegenläufigen Effekte gegenüber.

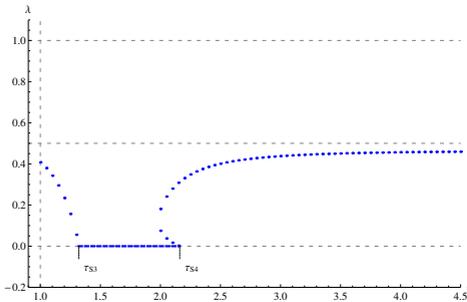
4.4 Simulationsrechnungen bei inter- und intraregionalen Transportkostenohne Bodenrente

Abbildung 4.4.1: Symmetrische Regionen und abfließende Bodenrente

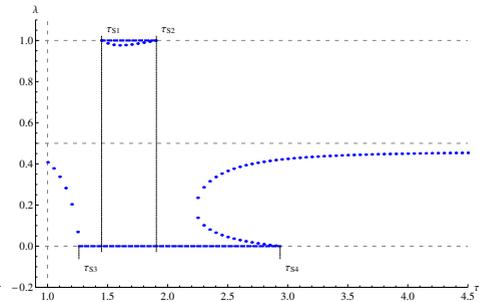


(a) Gleich große Regionen ohne y_B mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} = 1, \tau_{ss} = 1, \tilde{\tau}_{rr} = 1, \tilde{\tau}_{ss} = 1,$
 $\tau_{S1} \approx 1,320, \tau_{S2} \approx 2,161,$
 $\tau_{S3} \approx 1,320, \tau_{S4} \approx 2,161$

(b) Gleich große Regionen mit y_B mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} = 1, \tau_{ss} = 1, \tilde{\tau}_{rr} = 1, \tilde{\tau}_{ss} = 1,$
 $\tau_{S1} \approx 1,261, \tau_{S2} \approx 2,937,$
 $\tau_{S3} \approx 1,261, \tau_{S4} \approx 2,937$



(c) Gleich große Regionen ohne y_B mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr,frac} = 0,06, b_{Hr,frac} = 0,04, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} = 1, \tau_{ss} = 1, \tilde{\tau}_{rr} = 1, \tilde{\tau}_{ss} = 1,$
 $\tau_{S3} \approx 1,32, \tau_{S4} \approx 2,161$



(d) Gleich große Regionen mit y_B mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr,frac} = 0,06, b_{Hr,frac} = 0,04, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} = 1, \tau_{ss} = 1, \tilde{\tau}_{rr} = 1, \tilde{\tau}_{ss} = 1,$
 $\tau_{S1} \approx 1,45, \tau_{S2} \approx 1,906,$
 $\tau_{S3} \approx 1,261, \tau_{S4} \approx 2,937$

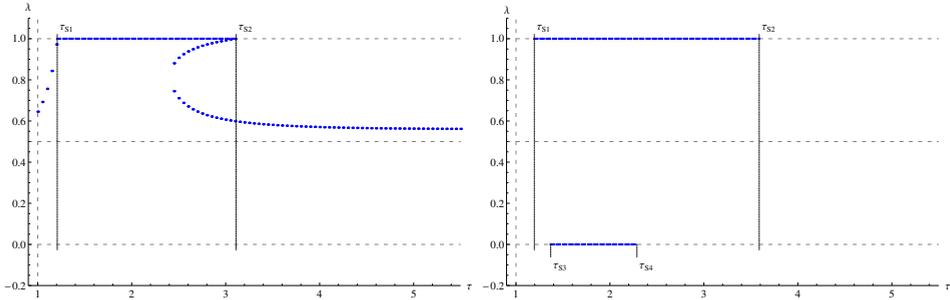
Quelle: Eigene Darstellung.

Anhand des Vergleichs der Varianten (mit und ohne Bodeneinkommen) ist im Fall ohne Bodeneinkommen der kleinere Bereich entlang der τ -Achse auffällig, für den eine Zentrum-Peripherie-Lösung vorliegt. Ferner wird anhand der Abbildung 4.4.1(c) nochmals deutlich, dass höhere und niedrige Im- und Exportkosten den Ballungstendenzen in der Region s entgegenwirken.

4.4.2 Unterschiedlich große Regionen

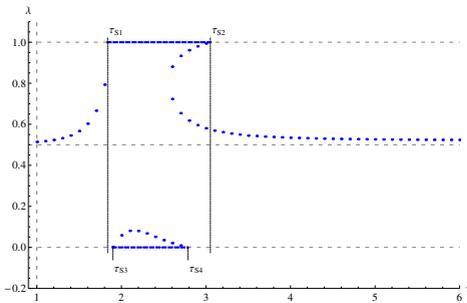
Die Simulationsergebnisse bei unterschiedlich großen Regionen, abfließendem Bodeneinkommen und einheitlicher Bodenaufteilung zeigen ein intuitiv nachvollziehbares Ergebnis. Bleiben die Bodeneinkommen in den regionalen Gesamteinkommen unberücksichtigt, weist die größere Region mit höheren Anteilen für alle Bodennutzungsformen ebenfalls für alle τ -Werte die größere Konzentration an industriellen Arbeitskräften auf (vgl. Abbildung 4.4.2(a) und Abbildung 4.4.2(b)). Grund hierfür ist, dass die Bodenpreise in der größeren Region für alle Nutzungsformen geringer ausfallen und somit ein geringerer Lebenshaltungsindex vorliegt, was die Reallöhne in dieser Region positiv beeinflusst. Sind zusätzlich intraregionale Transportkosten beachtet, resultiert tendenziell ein ähnliches Ergebnis. Die größere Region weist in den hier betrachteten Fällen bei sinkenden interregionalen Transportkosten das industrielle Zentrum auf (vgl. Abbildungen 4.4.2(c) und 4.4.2(d)). Lediglich im Bereich zwischen τ_{S3} und τ_{S4} resultiert ein Raum an τ - λ -Kombinationen bei dem die kleinere Region s das industrielle Zentrum darstellt. Der Vergleich der Ergebnisse mit und ohne Bodeneinkommen sowie mit und ohne intraregionalen Transportkosten verdeutlicht abermals die Wirkung dieser beiden Größen. Während in der Abbildung 4.4.2(d) die Region s bei hohen interregionalen Transportkosten die mehrheitliche Konzentration an mobilen Arbeitskräften aufweist, ist dies in der Abbildung 4.4.2(c) nicht der Fall. Ferner ist im Vergleich der Abbildungen 4.4.2(a) und 4.4.2(c) oder auch der Abbildungen 4.4.2(b) und 4.4.2(d) die Verlagerung der Gleichgewichtskurve nach unten bei auftretenden intraregionalen Transportkosten ersichtlich. Insofern zeigt sich für die Ballungskräfte, welche über das größere Bodenangebot resultieren, eine entgegengesetzte Wirkung, die aus den von der Größe abhängigen intraregionalen Transportkosten folgt.

Abbildung 4.4.2: Unterschiedlich große Regionen und abfließende Bodenrente I

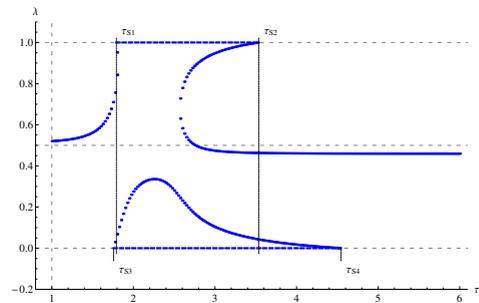


(a) Ohne y_B , ohne τ_{rr} und τ_{ss} mit
 $\sigma = 5, 5, b_r = 0, 6, b_s = 0, 4, \alpha = 0, 99, \beta \approx 0, 024$
 $b_{Mr} = 0, 024, b_{Hr} = 0, 036, b_{Ar} = 0, 54,$
 $b_{Ms} = 0, 016, b_{Hs} = 0, 024, b_{As} = 0, 36,$
 $\tau_{rr} = 1, \tau_{ss} = 1, \tilde{\tau}_{rr} = 1, \tilde{\tau}_{ss} = 1,$
 $\tau_{S1} \approx 1, 208, \tau_{S2} \approx 3, 11$

(b) Mit y_B , ohne τ_{rr} und τ_{ss} mit
 $\sigma = 5, 5, b_r = 0, 6, b_s = 0, 4, \alpha = 0, 99, \beta \approx 0, 024$
 $b_{Mr} = 0, 024, b_{Hr} = 0, 036, b_{Ar} = 0, 54,$
 $b_{Ms} = 0, 016, b_{Hs} = 0, 024, b_{As} = 0, 36,$
 $\tau_{rr} = 1, \tau_{ss} = 1, \tilde{\tau}_{rr} = 1, \tilde{\tau}_{ss} = 1,$
 $\tau_{S1} \approx 1, 195, \tau_{S2} \approx 3, 589,$
 $\tau_{S3} \approx 1, 37, \tau_{S4} \approx 2, 288$



(c) Ohne y_B , mit τ_{rr} und τ_{ss} mit
 $\sigma = 5, 5, b_r = 0, 6, b_s = 0, 4, \alpha = 0, 99, \beta \approx 0, 024$
 $b_{Mr} = 0, 024, b_{Hr} = 0, 036, b_{Ar} = 0, 54,$
 $b_{Ms} = 0, 016, b_{Hs} = 0, 024, b_{As} = 0, 36,$
 $\tau_{rr} = 1, 0001, \tau_{ss} = 1, 0001,$
 $\tilde{\tau}_{rr} = 1, 437, \tilde{\tau}_{ss} = 1, 357,$
 $\tau_{S1} \approx 1, 837, \tau_{S2} \approx 3, 052,$
 $\tau_{S3} \approx 1, 897, \tau_{S4} \approx 2, 787$



(d) Mit y_B , mit τ_{rr} und τ_{ss} mit
 $\sigma = 5, 5, b_r = 0, 6, b_s = 0, 4, \alpha = 0, 99, \beta \approx 0, 024$
 $b_{Mr} = 0, 024, b_{Hr} = 0, 036, b_{Ar} = 0, 54,$
 $b_{Ms} = 0, 016, b_{Hs} = 0, 024, b_{As} = 0, 36,$
 $\tau_{rr} = 1, 0001, \tau_{ss} = 1, 0001,$
 $\tilde{\tau}_{rr} = 1, 437, \tilde{\tau}_{ss} = 1, 357,$
 $\tau_{S1} \approx 1, 791, \tau_{S2} \approx 3, 537,$
 $\tau_{S3} \approx 1, 757, \tau_{S4} \approx 4, 545$

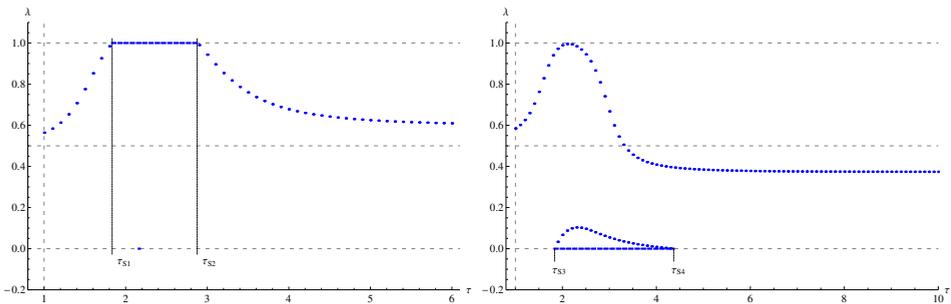
Quelle: Eigene Darstellung.

Bei deutlichen Größenunterschieden ist anhand der Abbildungen 4.4.3(a) und 4.4.3(b) (siehe auch Abbildung 4.3.4(c)) oder auch 4.4.3(c) und 4.4.3(d) ebenfalls der Einfluss des Bodeneinkommens erkennbar. Während in den Abbildungen 4.4.3(b) und 4.4.3(d) ein mögliches Zentrum wie auch bei hohen interregionalen Transportkosten eine überwiegende Konzentration der industriellen Arbeitskräfte in der kleineren Region s erkennbar sind, zeigt sich dies in den Abbildungen 4.4.3(a) und 4.4.3(c) nicht. Bleiben die Einnahmen aus

dem Bodensektor im Gesamteinkommen unberücksichtigt, stehen den höheren Bodennutzungspreisen in der kleineren Region keine entsprechend höheren Einnahmen gegenüber, welche zu einer Anhebung der Nachfrage nach industriellen Gütern führen. Die Bodenpreise wirken sich ohne Gegengewicht auf der Einkommensseite auf den Preisindex aus. Dies schlägt sich bei ausgeprägten Größenunterschieden entsprechend auf das Preisverhältnis nieder.

Dennoch wirken dem niedrigeren Preisindex in der großen Region die höheren intraregionalen Transportkosten entgegen. Hierüber passen sich die Preise in den Regionen aneinander an bzw. stehen den Preisindex reduzierenden Kräften in der Region r (aufgrund der höheren Bodenressourcenverfügbarkeit) die intraregionalen Transportkosten gegenüber. Denn diese heben in der größeren Region den Preisindex stärker an. Währenddessen liegen in der Region s , wegen des geringeren Bodenanteils, die intraregionalen Transportkosten niedriger, was sich positiv auf den Reallohn in der kleineren Region auswirkt. Zugleich besteht in der kleineren Region ein verschärfter Wettbewerb um den knappen Boden, sodass die Bodennutzungspreise hier höher liegen als in der größeren Region.

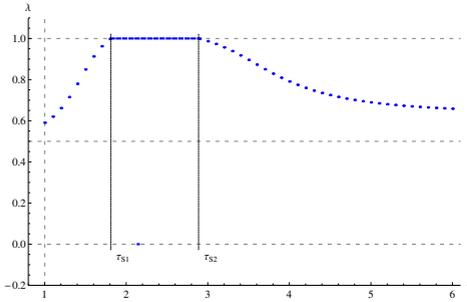
Abbildung 4.4.3: Unterschiedlich große Regionen und abfließende Bodenrente II



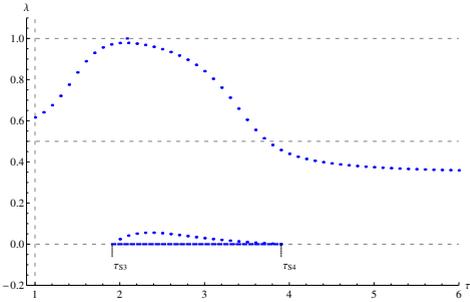
(a) Ohne y_B , mit τ_{rr} und τ_{ss} mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,8, b_s = 0,2, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr} = 0,032, b_{Hr} = 0,048, b_{Ar} = 0,72,$
 $b_{Ms} = 0,008, b_{Hs} = 0,012, b_{As} = 0,18,$
 $\tilde{\tau}_{rr} = 1,505, \tilde{\tau}_{ss} = 1,252,$
 $\tau_{S1} \approx 1,834, \tau_{S2} \approx 2,875$

(b) Mit y_B , mit τ_{rr} und τ_{ss} mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,8, b_s = 0,2, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr} = 0,032, b_{Hr} = 0,048, b_{Ar} = 0,72,$
 $b_{Ms} = 0,008, b_{Hs} = 0,012, b_{As} = 0,18,$
 $\tilde{\tau}_{rr} = 1,505, \tilde{\tau}_{ss} = 1,252,$
 $\tau_{S3} \approx 1,834, \tau_{S4} \approx 4,369$

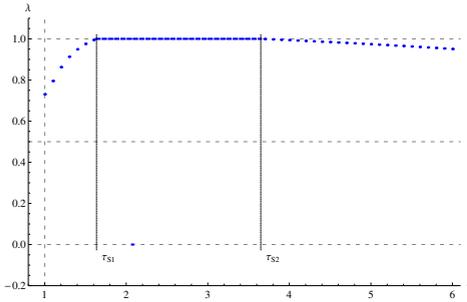
4.4 Simulationsrechnungen bei inter- und intraregionalen Transportkostenohne Bodenrente



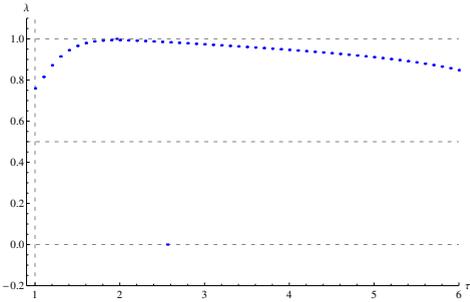
(c) Ohne y_B , mit τ_{rr} und τ_{ss} mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,85, b_s = 0,15, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr} = 0,034, b_{Hr} = 0,051, b_{Ar} = 0,765,$
 $b_{Ms} = 0,006, b_{Hs} = 0,009, b_{As} = 0,135,$
 $\tilde{\tau}_{rr} = 1,52, \tilde{\tau}_{ss} = 1,219,$
 $\tau_{S1} \approx 1,81, \tau_{S2} \approx 2,887$



(d) Mit y_B , mit τ_{rr} und τ_{ss} mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,85, b_s = 0,15, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr} = 0,034, b_{Hr} = 0,051, b_{Ar} = 0,765,$
 $b_{Ms} = 0,006, b_{Hs} = 0,009, b_{As} = 0,135,$
 $\tilde{\tau}_{rr} = 1,52, \tilde{\tau}_{ss} = 1,219,$
 $\tau_{S3} \approx 1,91, \tau_{S4} \approx 3,905$



(e) Ohne y_B , mit τ_{rr} und τ_{ss} mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,95, b_s = 0,05, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr} = 0,038, b_{Hr} = 0,057, b_{Ar} = 0,855,$
 $b_{Ms} = 0,002, b_{Hs} = 0,003, b_{As} = 0,045,$
 $\tilde{\tau}_{rr} = 1,55, \tilde{\tau}_{ss} = 1,126,$
 $\tau_{S1} \approx 1,636, \tau_{S2} \approx 3,65$



(f) Mit y_B , mit τ_{rr} und τ_{ss} mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,95, b_s = 0,05, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$
 $b_{Mr} = 0,038, b_{Hr} = 0,057, b_{Ar} = 0,855,$
 $b_{Ms} = 0,002, b_{Hs} = 0,003, b_{As} = 0,045,$
 $\tilde{\tau}_{rr} = 1,52, \tilde{\tau}_{ss} = 1,219$

Quelle: Eigene Darstellung.

4.4.3 Zusammenfassung

In dem Unterkapitel 4.4 wird diskutiert, welche räumlichen Wirkungen aus dem Bodeneinkommen resultieren. Hierzu sind die räumlichen Gleichgewichte mit und ohne Bodeneinkommen für einzelne Szenarien diskutiert. Diese betreffen unterschiedlich große Regionen und intraregionale Transportkosten. Bleibt das Bodeneinkommen unberücksichtigt, fällt ein Bestandteil des regionalen Gesamteinkommens weg. Auch steht den bei zunehmender Ballung steigenden Bodenpreisen kein Einkommen aus dem Bodensektor entgegen.

Im Unterschied zu den Ergebnissen der vorhergehenden Kapitel zeigt sich:

- Ohne Bodeneinkommen und bei Vernachlässigung von intraregionalen Transportkosten und symmetrischen Regionen besteht während des Zentrum-Peripherie-Musters für gewisse τ - λ -Kombinationen ein weiteres stabiles Gleichgewicht. Dieses weist eine Gleichverteilung der Arbeitskräfte auf die Regionen auf. Ab einem bestimmten Grad der Ballung überwiegen jedoch der Preisindexeffekt und der Heimatmarkteffekt die preissteigernde Wirkung höherer Bodeninanspruchnahme, es resultiert das Zentrum-Peripherie-Muster.
- Ohne Bodeneinkommen und bei Vernachlässigung von intraregionalen Transportkosten und unterschiedlich großen Regionen zeigt sich deutlich eine Ballungstendenz, die sich über einen geringeren Wettbewerb und letztlich niedrigere Preise in der größeren Region (höhere Bodenressourcen) ergibt. In der kleineren Region besteht hingegen ein verschärfter Wettbewerb um die Bodenressourcen, der zu vergleichsweise höheren Preisen führt.
- Im Vergleich der Varianten (mit und ohne Bodeneinkommen) wird der Nachfrageeffekt des Bodeneinkommens deutlich. Während in den Szenarien mit Bodeneinkommen für bestimmte τ - λ -Kombinationen in der kleineren Region Agglomerationen auftreten, ist dies ohne Bodeneinkommen nicht der Fall.
- Ohne Bodeneinkommen zeigt sich bei sinkenden interregionalen Transportkosten tendenziell ein räumlicher Entwicklungspfad, bei dem die Region mit den höheren Bodenressourcen (bzw. mit einem insgesamt niedrigeren durchschnittlichen gewichteten Bodennutzungspreis über alle Nutzungsformen) immer den mehrheitlichen Anteil an mobilen Arbeitskräften aufweist.

4.5 Zusammenfassung des Kapitels 4

In dem Kapitel 4 findet sich die Herleitung und Diskussion eines Modells im NEG-Rahmen, welches die Größe einer Region, die Nutzung der ihr zur Verfügung stehenden Bodenressourcen und intraregionale Transportkosten berücksichtigt. Hierbei wird eine Unterscheidung in drei Nutzungsformen vorgenommen. So wird Boden sowohl in der Produktion der industriellen und der landwirtschaftlichen Güter als auch im Konsum berücksichtigt. Im Ergebnis der Modellformulierung liegt ein nicht-lineares und analytisch nicht lösbares Gleichungssystem vor. Die Analysen im Unterkapitel 4.1 zeigen zudem, dass die analytischen Betrachtungen zu kritischen Werten eine sehr komplexe Form annehmen. Insofern wird die Lösung des Gleichungssystems, wie in den meisten NEG-Modellen üblich, anhand numerischer Näherung bestimmt. Ebenfalls werden kritische Werte über Näherungslösungen ermittelt. In den vorgenommenen analytischen Betrachtungen sind dennoch die wesentlichen Modellzusammenhänge herausgearbeitet, die sich in Form des Heimatmarkt-, des Preisindex-, des Wettbewerbseffektes und zusätzlich eines „Boden- und intraregionalen Transportkosteneffekts“ zeigen.

In den Unterkapiteln 4.2 bis 4.4 werden aufeinander aufbauend einzelne Modellvarianten diskutiert, um die komplexen Wirkungsbeziehungen differenziert nachzuvollziehen. Im Unterkapitel 4.2 werden die Wirkungen des Bodenmarktes bei Regionen unterschiedlicher Größe und bei Variation der Bodenaufteilung besprochen, wobei intraregionale Transportkosten vorerst unberücksichtigt bleiben. Damit werden Ergebnisvergleiche mit anderen NEG-Ansätzen, die Boden als Produktion- und Konsumfaktor betrachten, möglich. Es zeigt sich, dass die hier gewonnenen Ergebnisse von den bisherigen Befunden abweichen. Bei hohen und niedrigen interregionalen Transportkosten resultiert tendenziell eine Gleichverteilung der mobilen Arbeitskräfte und Unternehmen im Raum. Bei mittleren Transportkosten ergeben sich Zentrum-Peripherie-Muster. Einen wesentlichen Einfluss auf die stabile räumliche Verteilung nehmen unterschiedliche Bodenressourcen. Es finden sich bei sinkenden Transportkosten räumliche Entwicklungspfade mit Agglomerationen unterschiedlicher Konzentration, die nicht vom Zufall abhängen, sondern über die im Modell angelegten Zusammenhänge resultieren. Hieran zeigt sich der Bodeneffekt. Dieser wirkt wie folgt: Grundsätzlich führt eine Verknappung der Bodenressource zu einem höheren Bodennutzungspreis und in der Folge zu höheren Faktor- und Lebenshaltungskosten. Jedoch betrifft eine Änderung der Bodenaufteilung innerhalb einer Region mindestens zwei Nutzungsformen. Folglich steht der Bodennutzungspreiserhöhung einer Nutzungsform die

Preisreduzierung einer anderen gegenüber. Der Nettoeffekt auf die Reallöhne hängt hierbei von spezifischen Bodenbedarfswerten der Nutzungsformen ab, von der Bedeutung der betroffenen Sektoren in der Ökonomie bzw. für den Konsumenten und davon, ob das Einkommen aus der Bodennutzung in der Region verbleibt. Bleibt das Einkommen aus der Bodennutzung unberücksichtigt, zeigt sich, dass in der Region ein höherer Reallohn resultiert, die den Nutzungsformen mit hohen spezifischen Bodenbedarfswerten und hoher Bedeutung für den Konsumenten größere Bodenanteile zur Verfügung stellt.⁷⁷

Mit dem Unterkapitel 4.3 werden intraregionale Transportkosten eingeführt, die in Abhängigkeit von der Größe einer Region modelliert werden. Eine wesentliche Erkenntnis der Simulationen ist, dass hinreichend hohe intraregionale Transportkosten dazu führen können, Ballungskräfte aufzuheben, welche aus einem großen Bodenangebot folgen. Zudem führen intraregionale Transportkosten grundsätzlich zu einer Ausweitung des niedrigen Transportkostenbereichs, zu welchem tendenziell eine einheitlichere Verteilung der mobilen Arbeitskräfte im Raum vorliegt (intraregionaler Transportkosteneffekt).

Die zuletzt untersuchte Variante im Unterkapitel 4.4 diskutiert die Wirkungen des Bodeneinkommens. Es zeigt sich, dass das Bodeneinkommen in bestimmten Situationen einen Einfluss darauf hat, ob in einer kleineren Region oder in der größeren Region eine mehrheitliche Konzentration der Unternehmen und Arbeitskräfte erfolgt. Deutlich wird, dass mit dem Bodeneinkommen eine zusätzliche Nachfrage zusammenhängt, die Einfluss auf die räumliche Verteilung der Arbeitskräfte und Unternehmen hat.

Insgesamt folgt aus den Simulationen im Kapitel 4, dass die Bodenaufteilung innerhalb einer Region bedeutender für die Verteilung von Unternehmen und Arbeitskräften ist, als die Größe der Region an sich. Hierbei wirkt sich vor allem das Bodenangebot zum Wohnen deutlich auf das Gleichgewicht aus. So ergeben sich beispielsweise Konzentrationen der mobilen Unternehmen und Arbeitskräfte in einer Region selbst bei vergleichsweise höheren Bodennutzungspreisen für die industrielle Produktion (höhere Produktionskosten). Kompensiert sind diese durch niedrigere Bodennutzungspreise für Wohnen, sodass trotz höherer Produktionskosten eine im Regionsvergleich höhere Kaufkraft vorliegt, die letztlich auch für die Unternehmen attraktiv ist. Hieran wird deutlich, wie sich die räumlichen Gleichgewichte im Kontext des Preisindex, des größeren Absatzmarktes (Heimatmarkt), der Produktionskosten (Wettbewerbseffekt) und der Bodenressourcen (Bodeneffekt) ergeben.

⁷⁷ Der Konsumausgaben teilen sich zu 70 % auf industrielle Konsumgüter, zu 20 % auf Wohnen und zu 10 % auf landwirtschaftliche Güter auf. Der Einsatz von Boden in der Industrie beläuft sich auf 1 % und der in der Landwirtschaft auf rund 98 %. Damit wird die Bedeutung des Bodenanteils zur Wohnnutzung deutlich.

5 Wohlfahrt und Bodenaufteilung

5.1 Definition der betrachteten Wohlfahrtsfunktion

Bisher ist die Verteilung der Arbeitskräfte im Raum betrachtet, bei innerhalb der Regionen gegebener Bodenaufteilung. Ein sozialer Planer wird jedoch mit Hilfe der Bodenplanung das Ziel verfolgen wollen, die soziale Wohlfahrt zu beeinflussen. Die bisher aufgezeigten Marktergebnisse bei gegebener Bodenaufteilung können vom sozialen Optimum abweichen. Dies kann an nicht optimalen Bodenpreisen im Sinne einer höchst möglichen Wohlfahrt aufgrund der Allokation des verfügbaren Bodens in einer Region liegen. Und als pekuniärer externer Effekt auch Einfluss auf die Wohlfahrt in der anderen Region nehmen. Weiterhin können die Preise wie in Abbildung 4.1.1 von den Grenzkosten abweichen. In Anlehnung an Borck und Pflüger (2015), Tabuchi (1998) und Helpman (1995) ist die indirekte Nutzenfunktion herangezogen, um die Wohlfahrt zu diskutieren.⁷⁸ Gesucht ist die Wohlfahrtsfunktion $W(b_{Mr,frac}, b_{Hr,frac}, b_{Ar,frac}, b_{Ms,frac}, b_{Hs,frac}, b_{As,frac})$ in Abhängigkeit der Bodenaufteilung in den Regionen. Abweichend von den erwähnten Ansätzen wird hier nicht die Aufteilung der Arbeitskräfte untersucht, sondern die durch einen Planer beeinflussbaren Bodenanteile der einzelnen Nutzungsformen.

Mit der Gleichung (4.26) lässt sich die Summe der individuellen Nutzenniveaus der industriellen (u_{Mr}, u_{Ms}) und landwirtschaftlichen (u_{Ar}, u_{As}) Arbeitskräfte in den Regionen r, s wie folgt beschreiben⁷⁹:

⁷⁸ Alternativ könnte auch wie bei Brakman et al. (2009, S. 488 f.) die Summe des realen Gesamteinkommens der Regionen ($Y_r/I_r + Y_s/I_s$) betrachtet werden.

⁷⁹ Vgl. zur Addition der individuellen Nutzenniveaus anhand der indirekten Nutzenfunktion u. a. Borck und Pflüger (2015).

5 Wohlfahrt und Bodenaufteilung

$$\begin{aligned}
 W &= L_{Mr}u_r^M + L_{Ms}u_s^M + L_{Ar}u_r^A + L_{As}u_s^A \\
 &= L_{Mr}\mu_M^{\mu_M}\mu_A^{\mu_A}\mu_H^{\mu_H}\frac{y_{Mr}}{G_r^{\mu_M}p_{Ar}^{\mu_A}p_{BHr}^{\mu_H}} + L_{Ms}\mu_M^{\mu_M}\mu_A^{\mu_A}\mu_H^{\mu_H}\frac{y_{Ms}}{G_s^{\mu_M}p_{As}^{\mu_A}p_{BHs}^{\mu_H}} \\
 &\quad + L_{Ar}\mu_M^{\mu_M}\mu_A^{\mu_A}\mu_H^{\mu_H}\frac{y_{Ar}}{G_r^{\mu_M}p_{Ar}^{\mu_A}p_{BHr}^{\mu_H}} + L_{As}\mu_M^{\mu_M}\mu_A^{\mu_A}\mu_H^{\mu_H}\frac{y_{As}}{G_s^{\mu_M}p_{As}^{\mu_A}p_{BHs}^{\mu_H}} \\
 &= \mu_M^{\mu_M}\mu_A^{\mu_A}\mu_H^{\mu_H}\left(\frac{L_{Mr}y_{Mr} + L_{Ar}y_{Ar}}{G_r^{\mu_M}p_{Ar}^{\mu_A}p_{BHr}^{\mu_H}} + \frac{L_{Ms}y_{Ms} + L_{As}y_{As}}{G_s^{\mu_M}p_{As}^{\mu_A}p_{BHs}^{\mu_H}}\right).
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

Einsetzen des individuellen Einkommens der repräsentativen industriellen Arbeitskraft, hier beispielhaft für die Region r dargestellt, von $y_{Mr} = w_{Mr}$ und der landwirtschaftlichen Arbeitskraft von $y_{Ar} = w_{Ar} + y_{Br}/L_{Ar}$, ergibt die Wohlfahrt in Abhängigkeit zum regionalen Gesamteinkommen⁸⁰:

$$W = \mu_M^{\mu_M}\mu_A^{\mu_A}\mu_H^{\mu_H}\left(\frac{Y_r}{G_r^{\mu_M}p_{Ar}^{\mu_A}p_{BHr}^{\mu_H}} + \frac{Y_s}{G_s^{\mu_M}p_{As}^{\mu_A}p_{BHs}^{\mu_H}}\right). \tag{5.2}$$

Verwenden der Gleichungen (4.60) bis (4.88) in der Gleichung (5.2) liefert eine Formulierung in Abhängigkeit der Bodenaufteilung, die hier jeweils in den Klammern angegeben ist:

$$\begin{aligned}
 W &= \mu_M^{\mu_M}\mu_A^{\mu_A}\mu_H^{\mu_H} \\
 &\quad \left(\frac{Y_r(b_r, b_{Mr,frac}, b_{Hr,frac})}{G_r^{\mu_M}(b_r, b_s, b_{Mr,frac}, b_{Ms,frac})p_{Ar}^{\mu_A}(b_r, b_{Mr,frac}, b_{Hr,frac})p_{BHr}^{\mu_H}(b_r, b_{Hr,frac})} + \frac{Y_s(b_s, b_{Ms,frac}, b_{Hs,frac})}{G_s^{\mu_M}(b_r, b_s, b_{Mr,frac}, b_{Ms,frac})p_{As}^{\mu_A}(b_s, b_{Mr,frac}, b_{Hr,frac})p_{BHs}^{\mu_H}(b_s, b_{Hs,frac})}\right).
 \end{aligned} \tag{5.3}$$

Berücksichtigt ist hierbei, dass für die Regionen $b_{Ar,frac} = 1 - b_{Mr,frac} - b_{Hr,frac}$ und $b_{As,frac} = 1 - b_{Ms,frac} - b_{Hs,frac}$ gilt.

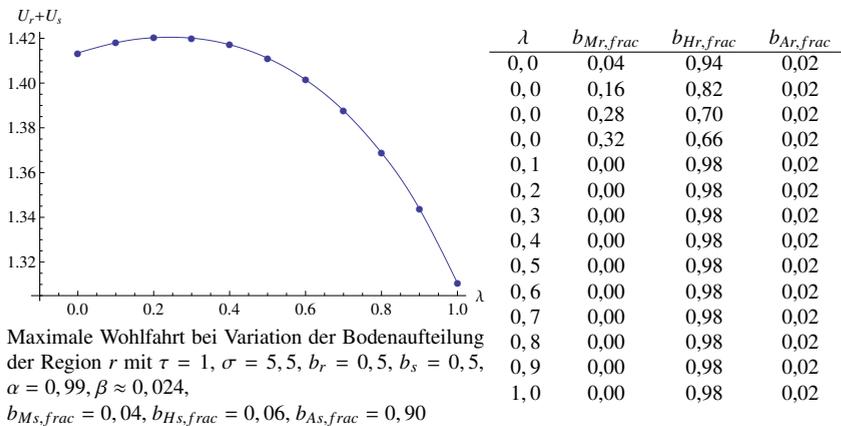
Auf eine detaillierte analytische Betrachtung wird verzichtet. Stattdessen sind, wie bisher und wie auch in den erwähnten Beiträgen üblich, Simulationsergebnisse für die Diskussion herangezogen.

⁸⁰ Hierbei sind für die landwirtschaftlichen Arbeitskräfte Opportunitätskosten der Bodennutzung zum Wohnen in Höhe der Bodennutzungspreise p_{BH} für Wohnen in der jeweiligen Region unterstellt. Fließt das Einkommen aus der Bodennutzung aus der Region ab, reduziert sich das Einkommen eines landwirtschaftlichen Arbeiters auf $y_{Ar} = w_{Ar}$.

5.2 Diskussion der Simulationsergebnisse

Aus Sicht eines sozialen Planers, der für beide Regionen die Wohlfahrt optimieren möchte, ist es interessant, den Verlauf der Wohlfahrtsfunktion in Abhängigkeit der Bodenaufteilung zu betrachten. Zuerst ist die Situation für die Region r dargestellt, für den Fall, dass diese ihre Bodenaufteilung ändert. Für die Region s ist eine Aufteilung des Bodens entsprechend der Ausgangssituation (vgl. S. 92) angenommen. Es ergibt sich die folgende Darstellung für den Zusammenhang zwischen λ , den maximalen Werten der Wohlfahrt und der Bodenaufteilung:

Abbildung 5.2.1: Wohlfahrt und Verteilung der Arbeitskräfte bei $\tau = 1$



Quelle: Eigene Darstellung.

Die höchste soziale Wohlfahrt zeigt sich bei $\lambda = 0,2$ für $b_{Mr,frac} = 0$, $b_{Hr,frac} = 0,98$ und $b_{Ar,frac} = 0,02$ ($\tau = 1$). Die Tabelle in der Abbildung 5.2.1 gibt die Aufteilung des Bodens in der Region r und die λ -Werte zur maximalen Wohlfahrt an. Ersichtlich ist, dass für alle λ -Werte bis auf $\lambda = 0$ die bereits erwähnte Bodenaufteilung zu der jeweils höchsten Wohlfahrt führt. Hierbei weist die Region r kein Bodenangebot für industrielle Produktion auf, sondern stellt mit einem Anteil von 98 % fast die gesamte Fläche der Region zum Wohnen zur Verfügung. Bei $\lambda = 0$ führen vier Kombinationen der Bodenaufteilung mit Werten von $b_{Mr,frac} > 0$ zu dem lokalen Maximum von $U_r + U_s = W(U_r, U_s)$.⁸¹

⁸¹ Zu den Ergebnissen und zu der Abbildung 5.2.1 ist anzumerken, dass aufgrund eines erheblichen Umfangs an Kombinationen der drei Bodenaufteilungen und dem damit verbundenen Rechenaufwand die Schrittweite der Iterationen für $b_{Hr,frac}$ auf 0,02 und für $b_{Mr,frac}$ auf 0,04 gesetzt sind, sodass die Ergebnisse eine Annäherung an die Zusammenhänge darstellen.

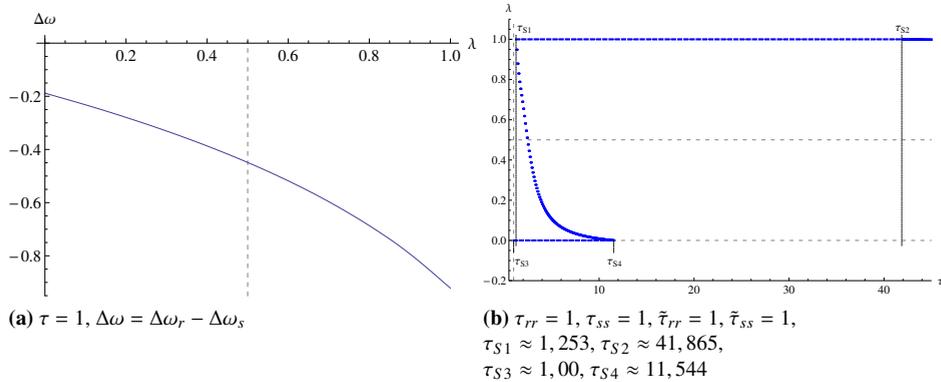
5 Wohlfahrt und Bodenaufteilung

Fraglich ist, inwieweit eine an der Wohlfahrt orientierte Aufteilung des Bodens anreizkompatibel mit den resultierenden Reallöhnen der industriellen Arbeitskräfte und den daraufhin einsetzenden Wanderungsbewegungen ist. Die Abbildung 5.2.2 gibt das Bifurkationsdiagramm für den Fall $b_{Mr,frac} = 0,00$, $b_{Hr,frac} = 0,98$ und $b_{Ar,frac} = 0,02$ wieder. Es zeigt sich, dass die Reallohndifferenz bei bedeutungslosen Transportkosten zu einer Konzentration der Arbeitskräfte in der Region s führt und um $\lambda = 0,2$ kein stabiles Gleichgewicht vorliegt.⁸²

Neben dem Aspekt, dass kein stabiles räumliches Gleichgewicht besteht, ist auffällig, dass am Punkt der höchsten Wohlfahrt für die industrielle Produktion in der Region r kein Boden zur Verfügung steht. Der Anteil der industriellen Arbeitskräfte nimmt dennoch einen Wert von $\lambda > 0$ an. Da bei der Herstellung industrieller Produkte Boden einzusetzen ist, wären die Arbeitskräfte der Region r entweder arbeitslos oder müssten zum Arbeiten in die Region s pendeln, was in diesem Modell allerdings beides nicht betrachtet ist. Auch wäre es möglich die Arbeitskräfte, die in der Region r zum Erreichen der höchsten Wohlfahrt verbleiben müssten, zu kompensieren. Die hohe Wohlfahrt erlaubt staatliche Transferzahlungen. Es mag zwar aufgrund der Anreizwirkungen über den Reallohn eine zu hohe Agglomeration der industriellen Arbeitskräfte resultieren, aber es zeigt sich, dass diese – in diesem Modellrahmen – auf nicht sinnvollen Bodenverteilungen basiert. In den folgenden Betrachtungen wird dies berücksichtigt, wie auch stabile räumliche Lösungen und die potentielle Wohlfahrt betrachtet werden.

⁸² Das Überprüfen des Wertes der maximalen Wohlfahrt anhand einer Funktionsschätzung für die λ - $W(U_r, U_s)$ -Wertepaare und Bestimmung des Maximums liefert einen Wert von $W(U_r, U_s) \approx 1,421$ für $\lambda \approx 0,24$. Auch zu diesem Wert von λ liegt kein langfristig stabiles Gleichgewicht vor.

Abbildung 5.2.2: Reallohndifferenz und Bifurkationsdiagramm bei wohlfahrtsorientierter Bodenaufteilung



$\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_{Mr,frac} = 0,00, b_{Hr,frac} = 0,98, b_{Ar,frac} = 0,02,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90$

Quelle: Eigene Darstellung.

5.2.1 Wohlfahrt bei gleich großen Regionen, Bodeneinkommen und ohne intraregionale Transportkosten

Als Nächstes ist betrachtet, welche Kombinationen der Bodenaufteilung für die Regionen r und s zu der jeweils höchsten Wohlfahrt führen. Aufgrund der möglichen Anzahl an Kombinationen der Bodenaufteilung für die beiden Regionen und der damit einhergehenden Rechenzeiten, musste für die Aufteilung eine zu den bisherigen Simulationen vergleichsweise grobe Schrittweite von 0,2 gewählt werden. Dies hat zur Folge, dass eine Annäherung an die Zusammenhänge stattfindet und Tendenzen für die Bodenaufteilung sichtbar werden, jedoch möglicherweise nicht exakt die Bodenaufteilung zur höchst möglichen Wohlfahrt ermittelt ist. In den folgenden Abbildungen findet sich eine durchgezogene Linie; diese Linie gibt die aus den Ergebnissen ermittelte potentiell/theoretisch höchste Wohlfahrt zu dem jeweiligen λ -Wert an (vgl. Abbildung 5.2.3 bis Abbildung 5.2.5). Die Tabellen C.3 bis C.19 im Anhang ab Seite 270 weisen die dazugehörige Bodenaufteilung aus. Weiterhin sind auf der Grundlage der Simulationsergebnisse Funktionen für die Zusammenhänge zwischen der Wohlfahrt und den λ -Werten berechnet, anhand derer langfristig stabile Gleichgewichte für $\Delta\omega = 0$ bestimmt sind. Hierbei sind die Wanderungsbewegungen entsprechend dem Reallohn und gegebenenfalls vorliegende Randlösungen mit

5 Wohlfahrt und Bodenaufteilung

einem höheren Reallohn berücksichtigt, sodass nur stabile Gleichgewichte abgebildet sind. Dargestellt sind diese durch die gestrichelte Linie mit den schwarzen Punkten. Zudem ist die maximale Wohlfahrt für stabile Randlösungen mit roter quadratischer Markierung bei $\lambda = 1$ und mit einer grünen Raute bei $\lambda = 0$ dargestellt. Die dazugehörige Bodenaufteilung findet sich ebenfalls in den Tabellen C.3 bis C.19 im Anhang.⁸³ Im Anhang sind mit den Abbildungen A.4.1 bis A.4.4 zudem die Lösungen inklusive der instabilen räumlichen Gleichgewichte für $\Delta\omega = 0$ dargestellt.

Treten keine intraregionalen Transportkosten auf und sind die Regionen gleich groß, zeigen sich die in der Abbildung 5.2.3 dargestellten Verläufe. Erkennbar ist, dass für $\tau = 1$ ein anderer Verlauf als für $\tau > 1$ auftritt. Im ersten Fall resultiert die höchste Wohlfahrt bei $\lambda = 0,5$. Dieser Punkt ist zugleich ein langfristig stabiles Gleichgewicht. Die höchste Wohlfahrt bei stabilen Randlösungen für $\tau > 1$ bleibt hinter der Lösung mit gleich verteilten mobilen Arbeitskräften zurück. Der Tabelle C.3 im Anhang kann die Bodenaufteilung für den Punkt der höchsten Wohlfahrt entnommen werden. Es ergibt sich bei $\lambda = 0,5$: $b_{Mr,frac} = 0,2$, $b_{Hr,frac} = 0,6$, $b_{Ar,frac} = 0,2$ und $b_{Ms,frac} = 0,2$, $b_{Hs,frac} = 0,6$, $b_{As,frac} = 0,2$. Im Fall von $\tau = 1$ oder $\tau = 2,5$ resultieren weitere räumlich stabile Gleichgewichte, die jedoch zu einer Wohlfahrt führen, welche unterhalb der maximal möglichen liegt. Die Bodenaufteilung dieser stabilen räumlichen Lösungen weicht hierbei von der zu den Punkten der theoretisch maximal möglichen Wohlfahrt ab (vgl. Tabelle C.3). Grund hierfür ist, dass, wie bereits zuvor gezeigt, eine höhere Wohlfahrt theoretisch möglich ist, diese hingegen nicht kompatibel mit den räumlichen Bewegungen der mobilen Arbeitskräfte sein muss und für andere Werte der Bodenaufteilung ein stabiles räumliches Gleichgewicht zu einer geringeren Wohlfahrt vorliegt.

Liegen interregionale Transportkosten bis zu dem Wert $\tau = 2,5$ vor, zeigt sich die höchste Wohlfahrt jeweils zu den Werten von $\lambda = 0$ und $\lambda = 1$, wie anhand der Abbildungen 5.2.3(b) bis 5.2.3(e) deutlich wird. In den Tabellen C.4 bis C.7 ist zu sehen, dass die höchste Wohlfahrt für die Randlösung für jeweils fünf Bodenkombinationen resultiert. Hierbei variieren der Anteil an industriellem Boden und der für Wohnnutzung in der Region, welche nicht das industrielle Zentrum darstellt, wobei der Anteil an landwirtschaftlichem Bodenangebot bei 0,2 liegt. In der Region, in der sich die industriellen Arbeitskräfte ballen, finden sich Werte mit Bodenanteilen für die industrielle und die landwirtschaftliche Produktion von 0,2 und zum Wohnen von 0,6. Ferner stimmen jeweils die

⁸³ Es sind nur Ergebnisse in die Darstellungen aufgenommen, bei denen in mindestens einer der beiden Regionen für jede Nutzungsform Boden in Anspruch genommen ist. Damit ist garantiert, dass auch alle drei Sektoren Güter produzieren bzw. Dienstleistungen anbieten.

Bodenaufteilungen der Randlösungen mit denen der höchst möglichen Wohlfahrt überein (durchgezogene Linie). Für die betrachteten Lösungen mit interregionalen Transportkosten von 1, $1 \leq \tau < 2,5$ sind zudem – abgesehen von der Randlösung – keine stabilen langfristigen Gleichgewichte erkennbar. Es bestehen jedoch instabile Gleichgewichte, die in den Abbildungen A.4.1(a) bis A.4.1(e) dargestellt sind. Auffällig ist, dass bei $\lambda = 0,5$ für $\tau = \{1, 1, 1, 5, 1, 7\}$ eine maximale Wohlfahrt vorliegt, die im Vergleich zu den restlichen Werten von $W(U_r, U_s)$ und λ den niedrigsten Wert darstellt. Bei $\lambda = 2,5$ hingegen findet sich diese für die instabilen Gleichgewichte auch bei $\lambda = 0,4$ und $\lambda = 0,6$.

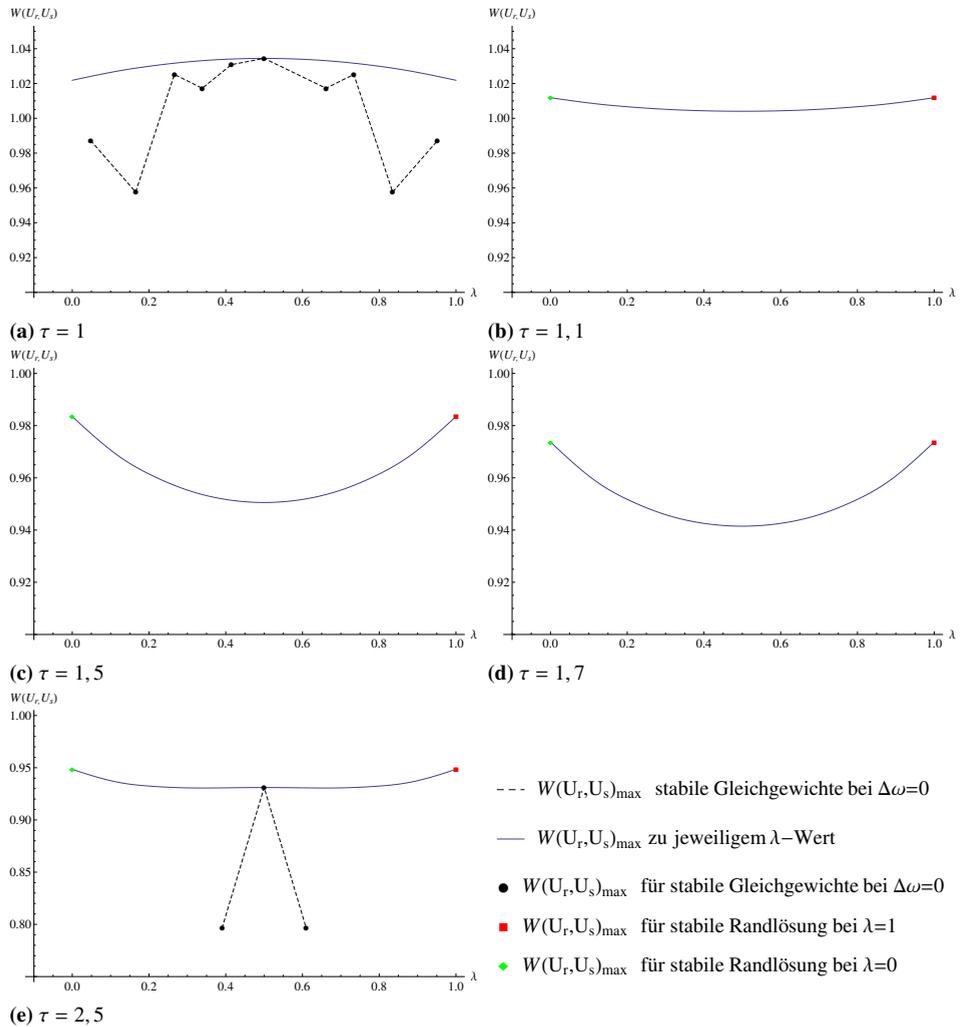
Für die vorliegenden Fälle mit interregionalen Transportkosten ($1 < \tau \leq 2,5$) und einer Bodenaufteilung entsprechend der höchsten Wohlfahrt kann festgehalten werden, dass eine Zentrum-Peripherie-Lösung die für die Wohlfahrt der industriellen und landwirtschaftlichen Arbeitskräfte optimale Lösung darstellt. Diese ist zugleich mit den dem Reallohn folgenden Wanderungsbewegungen anreizkompatibel.⁸⁴ Hervorzuheben ist, dass die Ergebnisse nur für die angegebenen Bodenaufteilungen gelten. Bei hiervon abweichender Bodenaufteilung tritt ein niedrigerer Wert der Wohlfahrt auf.⁸⁵

⁸⁴ Im symmetrischen Fall wurde eine weitere Variante für $\tau = 4$ gerechnet, die im Anhang auf Seite 237 mit der Abbildung A.4.1(f) dargestellt ist. Hier ist erkennbar, dass die Wohlfahrt im räumlichen stabilen Punkt bei $\lambda = 0,5$ höhere Werte als zu den stabilen Randlösungen annimmt.

⁸⁵ Einschränkung ist anzumerken, dass die Schrittweite 0,2 beträgt und nicht gänzlich auszuschließen ist, dass ein höherer Wert an Wohlfahrt gefunden werden kann. Dennoch werden die wesentlichen Zusammenhänge deutlich. Insofern gelten die getroffenen Aussagen unter diesen Prämissen.

5 Wohlfahrt und Bodenaufteilung

Abbildung 5.2.3: Maximale Wohlfahrt, Reallohndifferenz und Verteilung der Arbeitskräfte und des Bodens bei $\sigma = 5,5$, $b_r = 0,5$, $b_s = 0,5$, $\alpha = 0,99$, $\beta \approx 0,024$



Quelle: Eigene Darstellung.

5.2.2 Wohlfahrt bei unterschiedlich großen Regionen, Bodeneinkommen und intraregionalen Transportkosten

Unter Berücksichtigung intraregionaler Transportkosten sind für interregionale Transportkosten in Höhe von $\tau = 1$ und $\tau = 1,1$ keine stabilen Randlösungen erkennbar (vgl. Abbildung 5.2.4(a) und 5.2.4(b)). Es liegen stabile Gleichgewichte mit unterschiedlicher Aufteilung der Arbeitskräfte auf die Regionen vor. Lediglich in einem Punkt berührt die Kurve der stabilen langfristigen Gleichgewichte (gestrichelte Linie) die Kurve der höchsten Wohlfahrt (durchgezogene Linie). Das ist jeweils bei $\lambda \approx 0,52$ der Fall. Zwar sind mit den Markierungen (schwarze Punkte) weitere langfristig stabile Gleichgewichte und die hierbei höchste Wohlfahrt abgetragen, jedoch finden sich auch instabile Gleichgewichte mit einer höheren Wohlfahrt. Deutlich wird dies anhand der durchgezogenen Linie, die oberhalb der gestrichelten Linie verläuft. Die Tabellen C.8 und C.9 geben beispielsweise an, dass das stabile Gleichgewicht bei $\lambda \approx 0,50$ bzw. $\lambda \approx 0,49$ mit der Bodenaufteilung $b_{Mr,frac} = 0,6$, $b_{Hr,frac} = 0,2$, $b_{Ar,frac} = 0,2$ und $b_{Ms,frac} = 0,2$, $b_{Hs,frac} = 0,6$, $b_{As,frac} = 0,2$ einhergeht. Währenddessen ist für $\lambda = 0,5$ mit einer Bodenaufteilung von $b_{Mr,frac} = 0,2$, $b_{Hr,frac} = 0,6$, $b_{Ar,frac} = 0,2$ und $b_{Ms,frac} = 0,2$, $b_{Hs,frac} = 0,6$, $b_{As,frac} = 0,2$ eine höhere Wohlfahrt grundsätzlich erreichbar. In diesen Fällen führt die Marktlösung mit einer stabilen räumlichen Verteilung der Arbeitskräfte nicht zu einer optimalen Wohlfahrt.

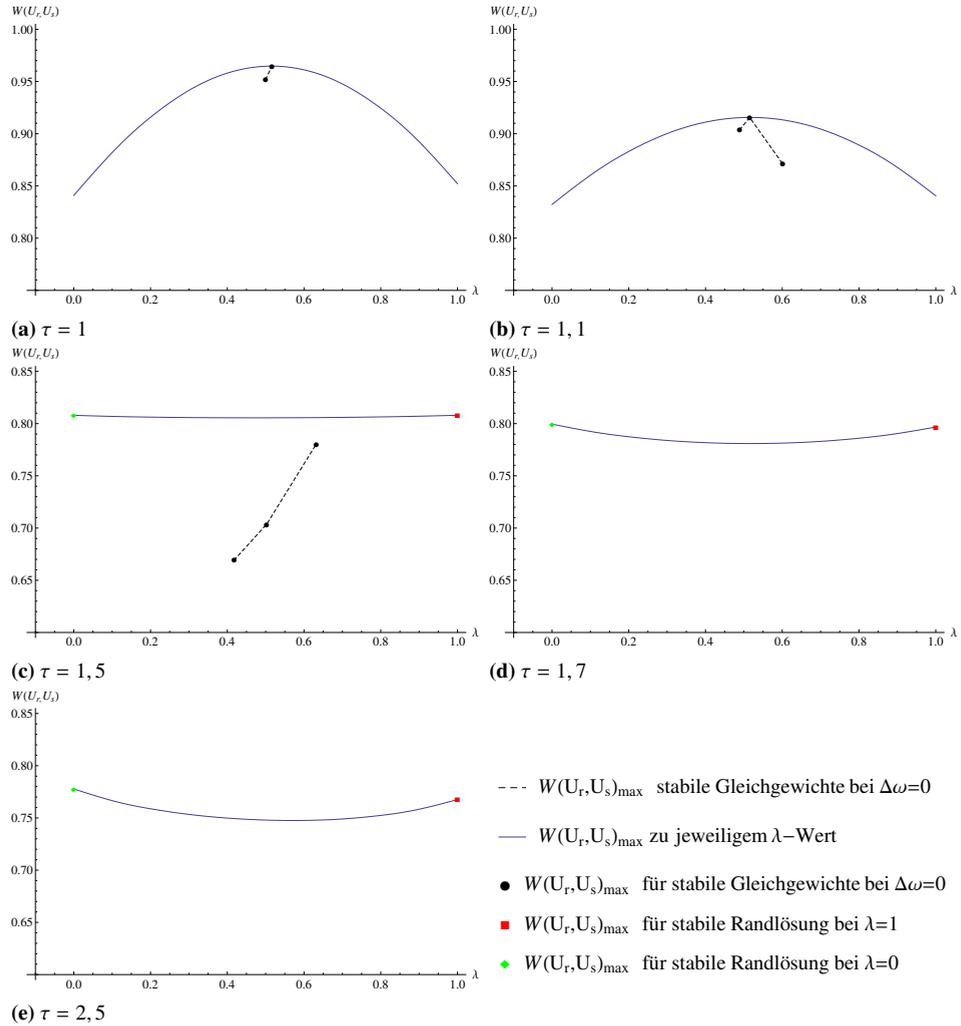
Die Ergebnisse für die weiteren τ -Werte finden sich in den Abbildungen 5.2.4(c) bis 5.2.4(e). Bei Betrachtung dieser zeigt sich, dass für $\tau = 1,5$ sowohl stabile langfristige Gleichgewichte für $0 < \lambda < 1$ als auch für $\lambda = 1$ und $\lambda = 0$ vorliegen. Außer den Randlösungen finden sich in den Abbildungen 5.2.4(d) und 5.2.4(e) keine stabilen Gleichgewichte. Auffällig ist, dass in der Abbildung 5.2.4(c) für die Wohlfahrt bei $\lambda = 1$ höhere Werte als bei $\lambda = 0$ auszumachen sind. Im Unterschied dazu ist in den Abbildungen 5.2.4(d) und 5.2.4(e) die höchste Wohlfahrt bei $\lambda = 0$ erkennbar. Die Unterschiede liegen jedoch in der zweiten und dritten Stelle nach dem Komma, insofern ist dieses Ergebnis als tendenzieller Befund zu interpretieren.⁸⁶ Betrachtet man hierzu die jeweilige Bodenaufteilung, fällt auf, dass im Fall $\tau = 1,5$ und bei Randlösungen in der größeren Region die höhere Wohlfahrt mit $b_{Mr,frac} = 0,2$, $b_{Hr,frac} = 0,6$ und $b_{Ar,frac} = 0,2$ resultiert. Das bedeutet, für Wohnen ist der hier höchst mögliche Bodenanteil zur Verfügung gestellt. Die gleiche strukturelle Bodenaufteilung zeigt sich für die Randlösung der kleineren Region bei höheren Werten

⁸⁶ Die Wohlfahrt nimmt beispielsweise für $\tau = 1,5$ und $\lambda = 0$ den Wert $\approx 0,80794$ und bei $\lambda = 1$ den Wert $\approx 0,8080$ an. Bei $\tau = 1,7$ und $\lambda = 0$ beträgt die Wohlfahrt $\approx 0,7995$ und bei $\lambda = 1$ liegt sie bei $\approx 0,7967$.

5 Wohlfahrt und Bodenaufteilung

für τ von 1,7 und 2,5. Die Bodenaufteilung der größeren Region beträgt für die Randlösung ($\lambda = 1$) hierbei ebenfalls $b_{Mr,frac} = 0,2$, $b_{Hr,frac} = 0,6$, $b_{Ar,frac} = 0,2$. In der kleineren Region liegen bei gleicher Bodenaufteilung innerhalb der Regionen grundsätzlich höhere Bodennutzungspreise vor. Damit einher gehen zugleich höhere Einkommen aus dem Bodensektor. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass in der kleineren Region die intraregionalen Transportkosten geringer ausfallen als in der größeren Region und die Im- und Exportaufschläge zwischen den Regionen zugenommen haben. Da im Vergleich der Szenarien nur die interregionalen Transportkosten erhöht sind und daraufhin die höchste Wohlfahrt und die dazugehörige Bodenaufteilung bestimmt sind, lässt sich hieraus folgendes schließen: Die Verteuerung des Im- und Exportes verstärkt tendenziell den Vorteil geringerer intraregionaler Transportkosten. Hierbei resultiert die höchste Wohlfahrt zu einer räumlich stabilen Randlösung, wenn dem Wohnsektor ein hoher Anteil an Boden zur Verfügung steht. Auch ist aus Sicht der Unternehmen die Produktion an einem Standort (sinkende Durchschnittskosten) trotz der gestiegenen interregionalen Transportkosten sinnvoll. Insgesamt führt dies für die beiden betrachteten Transportkosten-Werte von $\tau = 1,7$ und $\tau = 2,5$ zu einer leicht höheren maximal erreichbaren Wohlfahrt in der kleineren Region. Eine Ballung der industriellen Arbeitskräfte in der großen Region wäre aus Wohlfahrtssicht dementsprechend suboptimal.

Abbildung 5.2.4: Maximale Wohlfahrt, Reallohndifferenz und Verteilung der Arbeitskräfte und des Bodens bei $\sigma = 5,5$, $b_r = 0,6$, $b_s = 0,4$, $\alpha = 0,99$, $\beta \approx 0,024$



Quelle: Eigene Darstellung.

5.2.3 Wohlfahrt bei unterschiedlich großen Regionen, ohne Bodeneinkommen und intraregionale Transportkosten

Die folgenden Abbildungen 5.2.5(a) und 5.2.5(b) zeigen für niedrige Werte der interregionalen Transportkosten stabile Gleichgewichte mit unterschiedlicher Aufteilung der mobilen Arbeitskräfte. Stabile Randlösungen (Zentrum-Peripherie-Muster) liegen hingegen nicht vor. Es resultieren zwei Punkte, bei denen die maximal erreichbare Wohlfahrt der stabilen langfristigen Gleichgewichte mit der theoretisch höchsten Wohlfahrt übereinstimmt. Diese finden sich bei $\lambda \approx 0,0504$ bzw. $\lambda \approx 0,0503$. Nehmen die interregionalen Transportkosten den Wert $\tau = 1,5$ an, sind nach wie vor stabile Gleichgewichte im Bereich zwischen $0,4 < \lambda < 0,8$ vorhanden, es treten aber zusätzlich stabile Randlösungen auf. Die realisierte Wohlfahrt liegt hierbei unterhalb der Kurve der theoretisch maximal möglichen Wohlfahrt.⁸⁷ Insofern ist, wie bereits in den Abbildungen zuvor (beispielsweise Abbildung 5.2.4(c)), mit einer von den langfristigen Gleichgewichten abweichenden Bodenaufteilung theoretisch eine höhere Wohlfahrt möglich. Jedoch ist eine solche Lösung instabil, da sie nicht den Anreizwirkungen der Reallöhne und den daraufhin einsetzenden Wanderungsbewegungen entspricht.

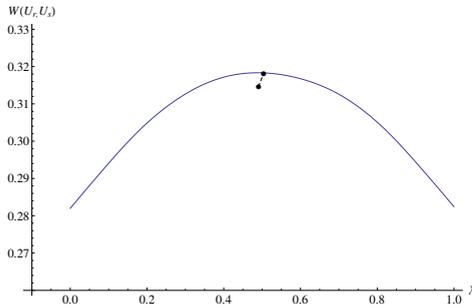
Anhand der Abbildungen 5.2.5(d) bis 5.2.5(g) zeigt sich einerseits für $\tau = 1,5$ eine in der kleineren Region vorliegende leicht höhere Wohlfahrt bei $\lambda = 0$ und andererseits in den weiteren betrachteten Fällen eine höhere Wohlfahrt bei $\lambda = 1$. Zusätzlich zu den bisherigen sind zwei weitere Szenarien dargestellt, die mit den Abbildungen 5.2.5(f) und 5.2.5(g) visualisiert sind. Untersucht ist die Wirkung eines interregionalen Transportkostensatzes von $\tau = 8$ und eine weitere Erhöhung des Bodenanteils der Region r auf 80 %. Die Erhöhung des Bodenanteils (siehe Abbildung 5.2.5(f)) verdeutlicht den tendenziellen Befund der höheren Wohlfahrt in der größeren Region für die Randlösungen ($\lambda = 1$) bei $\tau = 2,5$. Steigen die interregionalen Transportkosten auf $\tau = 8$, ist die höchste Wohlfahrt zu einem räumlich stabilen Zustand bei annähernder Gleichverteilung der Arbeitskräfte ($\lambda \approx 0,503$) festzustellen. Es zeigt sich in der kleineren/größeren Region, dass die Wirkungen der geringeren/höheren intraregionalen Transportkosten auf den Preisindex die vergleichsweise höheren/niedrigeren Preise, die sich über die geringere/höhere Verfügbarkeit an Bodenressourcen ergeben, tendenziell bis zu einem gewissen interregionalen Transportkostenwert und bis zu einem bestimmten Unterschied der Regionsgröße ausgleichen können.

⁸⁷ Die räumlich stabile Lösung mit dem höchsten Wert an Wohlfahrt ist bei $\lambda \approx 0,47$ auszumachen. Auch hier liegt der Punkt tendenziell unterhalb der Linie der theoretisch höchsten Wohlfahrt.

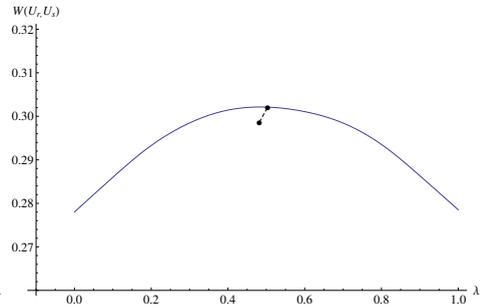
Weitere interessante Aspekte finden sich mit Blick auf die Bodenaufteilung zu stabilen Gleichgewichten und zur theoretisch höchsten Wohlfahrt: Während sich in den Tabellen C.3 bis C.12 zeigt, dass in der Region, die einen höheren Anteil an Arbeitskräften aufweist, tendenziell auch der Wohnnutzung der höchste Bodenanteil zukommt, ist dies nun nicht mehr der Fall. Für die theoretisch höchste Wohlfahrt bei $0 < \lambda < 1$ liegt die Bodenaufteilung unabhängig von der Regionsgröße in der Region mit dem höheren Anteil an Arbeitskräften bei $b_{M,frac} = 0,2$, $b_{H,frac} = 0,4$ und $b_{A,frac} = 0,4$ und in der mit dem geringeren Anteil an Arbeitskräften bei $b_{M,frac} = 0,2$, $b_{H,frac} = 0,2$ und $b_{A,frac} = 0,6$. Fällt kein Bodeneinkommen und kein damit einhergehender Konsum an, ergibt sich, dass für eine hohe (theoretische) Wohlfahrt für die Güter, für die der Bodenpreis einen hohen Einfluss auf den Endpreis besitzt, ein Gleichgewicht bei der Bodenaufteilung zwischen der landwirtschaftlichen Nutzung und der für Wohnen gefunden werden muss. Bei stabilen räumlichen Gleichgewichten, $0 < \lambda < 1$ und einer hohen Wohlfahrt fällt zudem auf, dass tendenziell in der größeren Region dem landwirtschaftlichen Sektor mit 0,6 der höchste Bodenanteil zur Verfügung steht und in der kleineren Region die Wohnnutzung und landwirtschaftliche Nutzung jeweils einen Anteil von 0,4 aufweisen. Die Aufteilung der Arbeitskräfte entspricht hierbei annähernd einer Gleichverteilung auf die Regionen. Die bisherigen Ergebnisse zur Bodenaufteilung bei stabilen Randlösungen zeigen in der Region, in der sich die Arbeitskräfte konzentrieren, den höchsten Bodenanteil für die Wohnnutzung. Bei abfließenden Bodeneinkommen ergibt sich die höchste Wohlfahrt für stabile Randlösungen, wenn sowohl zur Wohnnutzung als auch zur landwirtschaftlichen Nutzung die höchsten Bodenanteile (jeweils 0,4) zur Verfügung stehen. Für eine hohe Wohlfahrt folgt demnach, dass bei abfließenden Bodeneinkommen der regionale Preisindex über die Bodennutzungspreise zur Wohnnutzung und zur landwirtschaftlichen Nutzung zu optimieren ist und dabei höhere Bodennutzungspreise für die industrielle Produktion hinnehmbar sind.

5 Wohlfahrt und Bodenaufteilung

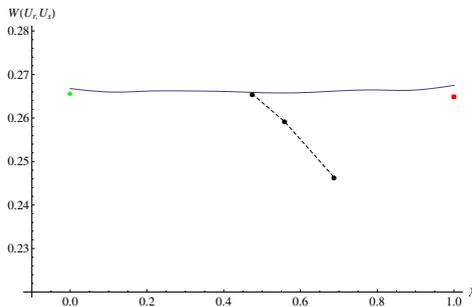
Abbildung 5.2.5: Maximale Wohlfahrt, Reallohndifferenz und Verteilung der Arbeitskräfte und des Bodens bei $\sigma = 5,5$, $\alpha = 0,99$, $\beta \approx 0,024$



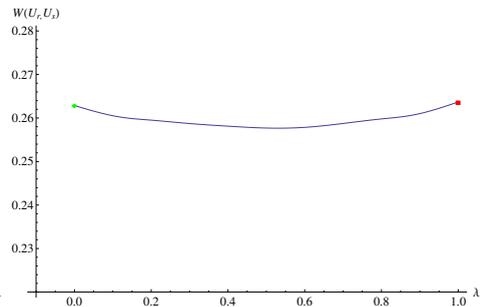
(a) $\tau = 1, b_r = 0,6, b_s = 0,4$



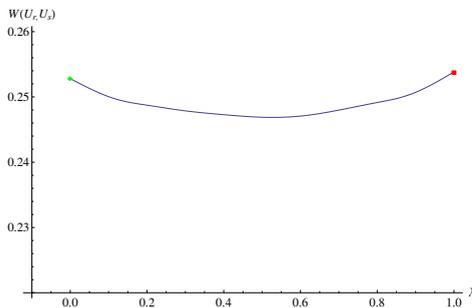
(b) $\tau = 1, b_r = 0,6, b_s = 0,4$



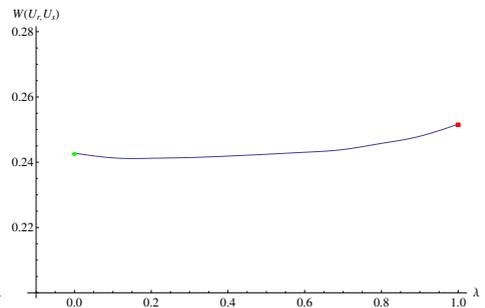
(c) $\tau = 1,5, b_r = 0,6, b_s = 0,4$



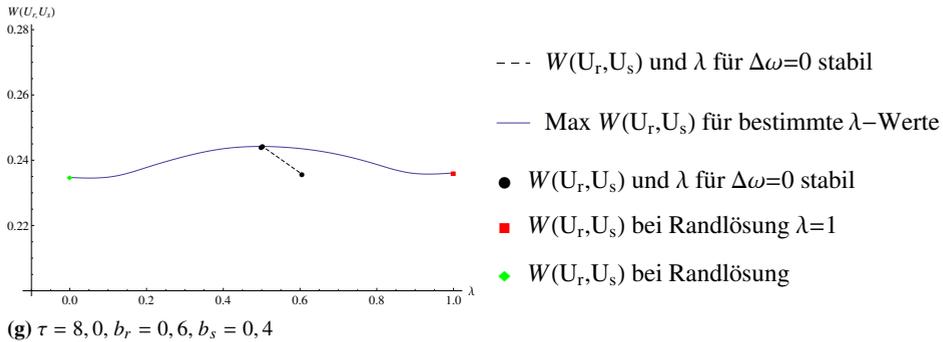
(d) $\tau = 1,7, b_r = 0,6, b_s = 0,4$



(e) $\tau = 2,5, b_r = 0,6, b_s = 0,4$



(f) $\tau = 2,5, b_r = 0,8, b_s = 0,2$



Quelle: Eigene Darstellung.

5.3 Zusammenfassung des Kapitels 5 und Implikationen

5.3.1 Zusammenfassung

Ziel des Kapitels 5 ist es, die Wohlfahrt im vorangegangenen Modell zu betrachten und zu diskutieren. Hierfür werden die höchste erreichbare Wohlfahrt und die dazugehörige Bodenaufteilung der realisierbaren Wohlfahrt und der dazugehörigen Bodenaufteilung bei langfristig stabilen räumlichen Gleichgewichten gegenübergestellt. Die Wohlfahrt ist als die Summe der individuellen Nutzen der in den Regionen lebenden industriellen und landwirtschaftlichen Arbeitskräfte definiert. Das bedeutet, dass die Summe der Nutzen der Individuen beider Regionen betrachtet wird. Der verwandte Wohlfahrtsbegriff (Nutzen) lehnt sich an die Beiträge von Borck und Pflüger (2015), Helpman (1995) und Tabuchi (1998) an.

Bevor die wesentlichen Ergebnisse dieses Unterkapitels zusammengefasst werden, sei angemerkt, dass die dargestellten Lösungen die jeweils höchste in den Simulationsrechnungen ermittelte Wohlfahrt angeben. Die maximale Wohlfahrt für die einzelnen λ -Werte ist ein Resultat der Simulationen. Die höchste Wohlfahrt unter der Bedingung stabiler räumlicher Gleichgewichte wird hingegen durch Schätzungen von Funktionen und für Intervalle entsprechend der λ -Schrittweite abgeleitet. Erwähnt sei zudem, dass unterhalb der dargestellten Kurven in den Abbildungen 5.2.3 bis 5.2.5 weitere stabile Lösungen bzw. Randlösungen zu unterschiedlichen Bodenaufteilungen zu finden sind. Auf die Darstellung dieser wird verzichtet, da die Diskussion anhand der jeweils höchst möglichen Wohlfahrt geführt wird.

5 Wohlfahrt und Bodenaufteilung

Die Ergebnisse zeigen,

- dass nur wenige Bodenaufteilungskombinationen zu einer Übereinstimmung der theoretisch höchsten Wohlfahrt und einer stabilen räumlichen (Markt)Lösung führen,
- dass in allen betrachteten Varianten die Wohlfahrt den höchsten Wert für niedrige interregionale Transportkosten aufweist. In diesen Punkten liegen gleichfalls stabile räumliche Gleichgewichte mit im Raum verteilten Arbeitskräften vor,
- dass bei steigenden interregionalen Transportkosten (hier bis zum Wert von $\tau = 2, 5$) die höchste Wohlfahrt zu Zentrum-Peripherie-Lösungen vorliegt,
- dass für gleich große Regionen mit in der Region verbleibenden Bodeneinkünften und kostenlosem Gütertransport die höchste Wohlfahrt bei einheitlicher Verteilung der Arbeitskräfte im Raum resultiert. Die Bodenaufteilung innerhalb der Regionen ist in diesem Fall symmetrisch. Treten Transportkosten bis zu der betrachteten Transportkostenhöhe von $\tau = 2,5$ auf, findet sich die höchste Wohlfahrt für Zentrum-Peripherie-Lösungen,
- dass bei intraregionalen Transportkosten für niedrigere interregionale Transportkosten Zentrum-Peripherie-Muster keine Lösung darstellen. Vielmehr bestehen stabile räumliche Gleichgewichte mit unterschiedlicher Arbeitskräfteverteilung auf die Regionen. Diese realisieren zudem für eine bestimmte Bodenaufteilung die maximale Wohlfahrt. Bei steigenden Kosten des interregionalen Handels ergibt sich die höchste Wohlfahrt wiederum bei Zentrum-Peripherie-Mustern,
- dass im Fall von aus den Regionen abfließendem Bodeneinkommen und bei von der Größe einer Region abhängigen intraregionalen Transportkosten die überwiegende Ansiedlung der mobilen Arbeitskräfte in der kleineren Region bis zu einem gewissen Größenunterschied der Regionen und Grad an interregionalen Transportkosten zur einer höheren erreichbaren Wohlfahrt führt. Tendenziell zeigt sich für niedrige und hohe interregionale Transportkosten bei annähernder Gleichverteilung der Arbeitskräfte eine höhere Wohlfahrt. Hierbei weist die große Region einen hohen Bodenanteil zur Wohnnutzung auf und die kleinere Region hohe Bodenanteile für Wohnen und Landwirtschaft. Hingegen liegt bei mittleren interregionalen Transportkosten eine höhere Wohlfahrt zu Zentrum-Peripherie-Lösungen vor. Die Preisbewegungen, die aus Verkleinerung bzw. Erweiterung der Bodenressourcen folgen,

und die Preisänderungen durch die intraregionalen Transportkosten wirken einander entgegen. Der Einfluss der interregionalen Transportkosten zeigt sich hierbei wie folgt: Betrachtet man lediglich die stabilen räumlichen Gleichgewichte, ist für niedrige interregionale Transportkosten tendenziell eine mehrheitliche Konzentration der Arbeitskräfte in der kleineren Region sichtbar. Für höhere interregionale Transportkosten ist dies in der größeren Region zu beobachten. Im mittleren interregionalen Transportkostenbereich gehen stabile räumliche Gleichgewichte mit Zentrum-Peripherie-Lösungen sowie zum Teil mit einer mehrheitlichen Konzentration der Arbeitskräfte in der größeren Region einher.

5.3.2 Implikationen

In den vorhergehenden Betrachtungen wird diskutiert, welche Bodenaufteilung tendenziell zu einer hohen bzw. niedrigen Wohlfahrt führt. Hierbei sind explizit Größen betrachtet, die von einem sozialen Planer beeinflussbar sind und die entsprechende Preissignale senden können, um ein normatives Ziel, wie das der höchsten Wohlfahrt, zu verfolgen. Fraglich ist, welche Schlüsse aus der Betrachtung der Wohlfahrt für einen Planer ableitbar sind. Diesem Aspekt ist in zwei Richtungen nachgegangen: Zum einen im Hinblick auf die Ausrichtung von Regionalpolitik und zum anderen im Hinblick auf die Gestaltung der Bodenplanung und Einflussnahme auf den Bodenmarkt.

Als Leitlinie findet sich für soziale Planer in Deutschland der Grundsatz der „Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse“ (Artikel 72 Absatz 2 GG) bzw. ist im Raumordnungsgesetz (ROG) die Leitvorstellung von „gleichwertigen Lebensverhältnissen in den Teilräumen“ (§1 Abs. 2 ROG) im Rahmen einer nachhaltigen Raumentwicklung niedergeschrieben. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur betont bei seinen Ausführungen zur Aufgabe der Raumentwicklung, dass Gleichwertigkeit der Lebensverhältnisse „aber nicht mit Gleichartigkeit in allen Gebieten, Städten und Regionen des Landes gleichzusetzen ist“ (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2016). Hieran wird die Diskussion deutlich, wie das Ziel der Gleichwertigkeit zu interpretieren und wie dieses dementsprechend zu verfolgen ist. In der Diskussion sind zugespitzt formuliert zwei Pole auszumachen: Diskutiert wird, ob ökonomische Zentren (Wachstum und Wettbewerb) zu stärken sind, damit von ihnen Wachstumsimpulse in ländliche Gebiete ausstrahlen, oder, ob eine ausgleichsorientierte Politik zu verfolgen ist (vgl. Hesse und Leick 2016; Sinz 2006). Die Europäische Union verfolgt mit ihrer Regionalpolitik und den Struktur- und Investitionsfonds das Ziel, die „wirtschaftlichen, sozialen und territorialen

Ungleichgewichte [... zu] verringern“ (Europäische Union 2016) und unterstützt Projekte vornehmlich in wirtschaftlich schwachen Regionen (vgl. Europäische Union 2016). Hierbei steht die Förderung unter dem Leitbild der Wettbewerbsfähigkeit und des Wirtschaftswachstums. Entsprechend wird ein Ansatz verfolgt, der periphere Regionen durch Förderung von Wachstumspotentialen unterstützen möchte und somit zum Teil den Widerspruch in den Ansätzen der beiden erwähnten Pole aufhebt. Welche Strategie im Einzelnen auch verfolgt wird, erwähnt sei, dass, wie in der Einleitung angeführt, weltweit eine zunehmende Urbanisierung und Verdichtung der ökonomischen Aktivität in Städten beobachtbar ist. Die Dynamiken fallen zwar unterschiedlich aus, dennoch zeigt sich dieses Phänomen in allen Regionen, ebenfalls in Europa. Im Folgenden ist daher diskutiert, ob bzw. wie gegebenenfalls gleichwertige Lebensverhältnisse (hier als gleiche Wohlfahrt interpretiert) aus gesamtwirtschaftlicher Sicht wünschenswert bzw. erreichbar sind und ob diese mit den Migrationsbewegungen der mobilen Arbeitskräfte vereinbar sind.

Mit Blick auf die interregionalen Transportkosten und auf eine Regionalpolitik, die darauf abzielt, Entleerung von Regionen zu verhindern, legen die Ergebnisse eine Politik nahe, die beispielsweise über Infrastrukturprogramme zu sinkenden Transportkosten beiträgt. Die Simulationen zeigen bei hinreichend niedrigen interregionalen Transportkosten, dass die bei zunehmender Ballung steigenden Bodenpreise tendenziell zu einer Dispersion der Industrie und mobilen Arbeitskräfte im Raum führen. Dieses Ergebnis resultiert unabhängig davon, ob die Einnahmen aus dem Bodensektor in den Regionen verbleiben oder abfließen. Bei niedrigen interregionalen Transportkosten ist zudem die höchste Wohlfahrt realisierbar. Liegen Regionen gleicher Größe vor, ergeben sich für diese einheitliche Wohlfahrtsniveaus.

Im Fall von intraregionalen und niedrigen bis mittleren interregionalen Transportkosten, abfließendem Bodeneinkommen und einer großen und einer kleinen Region resultiert die höchste Wohlfahrt zu stabilen räumlichen Gleichgewichten tendenziell bei annähernder Gleichverteilung bis zu einer mehrheitlichen Konzentration der industriellen Arbeitskräfte in der kleineren Region (vgl. Abbildung 5.2.5). Grund hierfür ist die Gestaltung der intraregionalen Transportkosten, welche mit der Größe einer Region steigen und den Preiswirkungen, die aus der geringeren Bodenressourcenverfügbarkeit hervorgehen, entgegenstehen. Unabhängig von der Gestaltung der intraregionalen Transportkosten im Einzelnen sind die Wohlfahrtsniveaus in den Regionen zu betrachten, um zu prüfen, ob diese im Sinne einer Gleichwertigkeit der Lebensverhältnisse ausfallen. Die Abbildung A.4.4 auf Seite 242 stellt für die in den Abbildungen 5.2.5(a) und 5.2.5(c) wiedergegebenen Varian-

ten den Verlauf der höchsten, räumlich stabilen Wohlfahrt in den Regionen wie auch den der gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrt dar. Die Bodenaufteilung beträgt hierbei für Abbildung 5.2.5(a): $b_r = 0,6$ mit $b_{Mr} = 0,2$, $b_{Hr} = 0,2$, $b_{Ar} = 0,6$ und $b_s = 0,4$ mit $b_{Ms} = 0,2$, $b_{Hs} = 0,4$, $b_{As} = 0,4$ und für Abbildung 5.2.5(c): $b_r = 0,6$ mit $b_{Mr} = 0,2$, $b_{Hr} = 0,2$, $b_{Ar} = 0,6$ und $b_s = 0,4$ mit $b_{Ms} = 0,2$, $b_{Hs} = 0,2$, $b_{As} = 0,6$. Ersichtlich ist, dass bei der insgesamt höchsten gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrt zu räumlich stabilen Gleichgewichten für $0 < \lambda < 1$ in den Regionen unterschiedliche Wohlfahrtniveaus bestehen. Während bei $\tau = 1$ eine leicht höhere Wohlfahrt in der größeren Region auszumachen ist, ergibt sich bei $\tau = 1,5$ eine höhere Wohlfahrt in der kleineren Region. Vorstellbar ist, dass die Region mit der höheren Wohlfahrt, die zugleich eine höhere industrielle Konzentration aufweist, die mit der kleineren industriellen Ballung teilweise durch Transferzahlungen kompensiert. Im Fall von $\tau = 1,5$ zum Beispiel erscheint aus Sicht der kleineren Region eine solche teilweise Umverteilung sinnvoll, sofern dies zur Folge hat, dass die größere Region auf eine ansiedlungsorientierte Politik verzichtet. Aus gesamtplanerischer Perspektive ist dies ebenfalls ein zu befürwortender Ansatz, denn so liegt das höchste räumlich stabile Wohlfahrtsniveau vor.⁸⁸ Ob eine solche Umverteilung, die auf Steuern oder Abgaben basieren müsste, im Sinne stabiler räumlicher Gleichgewichte (Wanderungsverhalten orientiert sich am Reallohn) auch erfolgreich ist, ist nicht untersucht. Zu vermuten ist, dass dies nur bis zu einem gewissen Grad an Umverteilung möglich sein kann, da hierdurch die Reallohnergebnisse beeinflusst sind. Letztlich ist fraglich, ob es für die größere Region politisch vertretbar ist, Kompensationszahlungsempfänger zu sein oder ob sie nicht bestrebt ist, über (Boden-)Politikmaßnahmen ihre industrielle Ballung zu stärken, was eine nicht optimale gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt zur Folge hat. Anhand der Tabelle C.15 (Seite 281) ist erkennbar, dass bei Erhöhung des industriellen Bodenanteils in den Regionen ein weiteres stabiles Gleichgewicht existiert, bei dem sich in der größeren Region rund 70 % der Arbeitskräfte befinden. Jedoch liegt hier eine geringere Wohlfahrt vor, wie ein Blick in die Abbildung 5.2.5(c) verdeutlicht. Zu bedenken ist, dass die große Region mit einem Bodenanteil von 60 % für die landwirtschaftliche Produktion ländlich geprägt ist. Es erscheint somit nicht abwegig, dass in dieser Region Forderungen nach industrieller Bodenausweisung zur Reduzierung der industriellen Bodenpreise bestehen.⁸⁹ Ein sozialer Planer, der das Ziel der höchsten gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrt verfolgt, könnte ver-

⁸⁸ In der Abbildung A.4.4(d) (Seite 242) ist erkennbar, dass bei unveränderter Bodenaufteilung bei mehrheitlicher Konzentration der Arbeitskräfte in der großen Region zwar theoretisch eine höhere Wohlfahrt vorliegt, diese jedoch räumlich nicht stabil ist.

⁸⁹ Angemerkt sei, dass die höchste Wohlfahrt bei $\tau = 1,5$ für $\lambda = 0$ (Konzentration der Arbeitskräfte in der kleinen Region) vorliegt. Hierbei kommen der Bodennutzung zum Wohnen und für die Landwirtschaft die höchsten Bodenanteile zu.

5 Wohlfahrt und Bodenaufteilung

suchen, die politischen Konflikte über einen Kompensationsmechanismus beizulegen. Die Regionen müssten bereit sein, einem System zuzustimmen, welches zumindest die entgangene Wohlfahrt, die als Differenz zwischen wohlfahrtsoptimaler und nicht wohlfahrtsoptimaler Bodenaufteilung (politisch induziert) resultiert, umverteilt. Dies bedeutet nicht zwangsläufig, dass den Konsumenten direkt Geld überwiesen wird, sondern kann auch in Form von gleichwertiger Daseinsvorsorge und Kulturangebot erfolgen, interpretiert man die Vorliebe für Gütervielfalt umfassender.

Ähnlich stellt sich der Sachverhalt bei höheren interregionalen Transportkosten (bis $\tau = 2,5$) dar. Hier bestehen zum Teil stabile räumliche Gleichgewichte mit auf die Regionen verteilten Arbeitskräften und vorwiegend stabile Zentrum-Peripherie-Muster. Für diese sind auch die höchsten Wohlfahrtswerte ermittelt.⁹⁰ Eine Politik, die auf Ausgleich abzielt, indem beispielsweise in der peripheren Region entsprechend Bodenangebote für die industrielle Ansiedlung ausgewiesen sind, führt zu einem geringeren gesamtwirtschaftlichen Niveau an Wohlfahrt. Aus dem Ziel einer hohen Wohlfahrt folgt, dass eine Planungspolitik zu betreiben ist, die das Wachstum der ökonomischen Zentren begünstigt. Eine solche Politik mag zwar aus Wohlfahrtssicht optimal sein, gegebenenfalls ist sie das aus gesellschaftlicher Sicht (der peripheren Region) aber nicht. Insofern dürften aufgrund politischer Aspekte die Randlösungen als instabil gelten, bei denen beispielsweise die kleinere Region das Zentrum darstellt. Es ist anzunehmen, dass eine große Region ihren Vorteil einer höheren Ressourcenverfügbarkeit nutzt, um einen möglichst hohen industriellen Besatz zu realisieren. In der Folge resultiert eine niedrige gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt. Letztlich wird es auch hier zu Verhandlungslösungen kommen müssen, um einen Interessenausgleich zwischen höchster Wohlfahrt und gleichwertigen Lebensbedingungen herzustellen.

Betrachtet man die Bodenaufteilung innerhalb der Regionen, ist tendenziell bei aus der Region abfließendem Bodeneinkommen dann die höchste Wohlfahrt auszumachen, wenn der Bodennutzungsform mit einer hohen Bodennutzung pro Kopf ebenfalls hohe Ressourcen zur Verfügung stehen. Dies gilt insbesondere für kleine Regionen. In dem hier betrachteten Rahmen sind das die Bodennachfrage zur landwirtschaftlichen Produktion und die zur Wohnnutzung. Die Bodennutzungspreise zum Wohnen schlagen sich direkt bei den Konsumenten nieder, während sich die für die landwirtschaftliche und industrielle Produktion indirekt über die Güterpreise auswirken, wo sie einen Teilkostenbereich neben den Arbeitskosten und den Aufschlägen für Transportkosten bilden.

⁹⁰ Für den Fall der abfließenden Bodeneinkommen resultiert für $\tau = 8$ die höchste Wohlfahrt bei Gleichverteilung der Arbeitskräfte auf die Regionen.

Verbleiben die Bodeneinkommen in der jeweiligen Region, ergibt sich die höchste Wohlfahrt, wenn der Wohnnutzung der höchste Bodenanteil zu Verfügung steht. Für die landwirtschaftliche als auch für die industrielle Produktion stehen insofern geringe Bodenanteile zur Verfügung und es fallen damit hohe Bodenpreise für diese, aber auch die entsprechenden Einkommen daraus an. Die Wohlfahrt zu einem stabilen räumlichen Gleichgewicht ist ein Ergebnis aus den regionalen Einkommen aus Erwerbstätigkeit und Bodeneinkommen und aus den resultierenden regionalen Preisen respektive dem regionalen Preisindex. Für den landwirtschaftlichen Güterpreis als auch für den Preis zum Wohnen ist der Bodennutzungspreis bedeutend, für den industriellen weniger. Der Anteil der einzelnen Güter am Konsum beträgt hierbei: $\mu_M = 0,7 > \mu_H = 0,2 > \mu_A = 0,1$. Das landwirtschaftliche Gut und sein Güterpreis besitzen bezogen auf den Konsum damit im Vergleich das geringste Gewicht.

6 Fazit

Diese Arbeit diskutiert die Berücksichtigung von Boden in der Neuen Ökonomischen Geographie (NEG). Stufenweise wird ein Ansatz mit explizit formulierten Bodenressourcen für drei Nutzungsformen und intraregionalen Transportkosten entwickelt. Mit der Einführung eines Bodenmarktes sind bei zunehmender Konzentration von Unternehmen und Arbeitskräften, insbesondere bei knappen Bodenressourcen, steigende lokale Preise verbunden. Zugleich entsteht im Bodensektor Einkommen. Hierzu werden im Rahmen der Simulationen zwei Varianten untersucht, um die Wirkungen des Bodeneinkommens zu verdeutlichen. In der einen Variante verbleibt das Einkommen in den Regionen, in der anderen fließt es ab.

Die intraregionalen Transportkosten stellen ein weiteres Element der Einbeziehung des Bodens dar. Hierüber ist abgebildet, dass auch innerhalb der Regionen Strecken für den Gütertransport zu überwinden sind und eine Region nicht ein Punkt im Raum bleibt. Diesem Ansatz folgend sind die intraregionalen Transportkosten in Abhängigkeit der Größe einer Region (Bodenressourcen) als Uniform-Delivery-Price-Ansatz gestaltet. Grundsätzlich resultieren damit für eine kleine Region niedrigere intraregionale Transportkosten als für eine große Region. Mithin zeigt sich über die geringeren Transportkosten in der kleineren Region ein Vorteil räumlicher Nähe. Anhand des Szenarios einer großen und einer kleinen Region wird deutlich, dass die räumlich stabile Verteilung der Arbeitskräfte zusätzlich zu den üblichen Effekten im NEG-Modell durch die Preiseffekte aus der Bodenressourcenverfügbarkeit, durch die Einkommenseffekte aus dem Bodenmarkt und durch die Preiseffekte der größenabhängigen intraregionalen Transportkosten bestimmt werden.

Den Wechselwirkungen zwischen Bodennutzung, Raumüberwindungskosten, regionalen Preisindizes, Ballungstendenzen und Reallöhnen wird, wie in Kapitel 2 dargelegt, in der NEG bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt. In diesem Beitrag wird untersucht, welche räumliche Verteilung der Arbeitskräfte im NEG-Modellrahmen resultiert, wenn der Boden einer Region, die zu überwindende Distanz in und zwischen den Regionen, sowie die Bodennutzung für Wohnen, Industrie und Landwirtschaft berücksichtigt werden. Praktisch

wird dies in einem 2-Regionen-3-Sektoren-Ansatz umgesetzt. Hierbei setzen die mobilen industriellen Unternehmen (produzierendes Gewerbe) wie auch die landwirtschaftlichen Unternehmen Arbeit und Boden in der Produktion ein. Die industriellen Unternehmen agieren auf einem Markt mit monopolistischem und die landwirtschaftlichen auf einem mit perfektem Wettbewerb. Die Nachfrage der privaten Haushalte teilt sich auf drei Gütergruppen auf; das sind differenzierte industrielle Produkte, landwirtschaftliche Güter und Wohndienstleistungen. Weiterhin wird ein Bodensektor modelliert, bei dem sich das Angebot aus den einer Region zur Verfügung stehenden Bodenressourcen ergibt. Im Vergleich zum NEG-Grundmodell von Fujita, Krugman und Venables (2001) und den Modellen von Helpman (1995) und Pflüger und Tabuchi (2008) zeigen sich abweichende Ergebnisse. So zeigt sich beispielsweise, dass sich bei hohen und niedrigen Transportkosten zwischen den Regionen in beiden Fällen tendenziell eine Dispersion der ökonomischen Aktivität im Raum einstellt. Ein weiteres Ergebnis ist, dass steigende Bodennutzungspreise nicht zwangsläufig einer Agglomeration entgegenwirken. Auch ergeben sich Agglomerationen bei mäßiger Vorliebe für Gütervielfalt.

Es stellt sich heraus, dass die räumliche Verteilung von Unternehmen und Arbeitskräften nicht allein von der absoluten Größe einer Region abhängt. Einen wesentlichen Einfluss auf die Konzentration der Arbeitskräfte übt die Aufteilung der Bodenressourcen auf die Nutzungsformen innerhalb einer Region aus. Die Modellergebnisse verdeutlichen, dass die Ausweitung des industriellen Bodenangebotes zu Lasten anderer Nutzungsformen nicht in jedem Fall industrielle Ansiedlung nach sich zieht. Ferner stellt sich heraus, dass eine Region, die ein höheres Bodenangebot für alle Nutzungsformen bietet, bei bestehenden hohen Unterschieden in den intraregionalen Transportkosten dennoch die kleinere ökonomische Agglomeration aufweisen kann. Insgesamt zeichnen sich durch eine unterschiedliche Größe der Regionen und durch eine voneinander abweichende Bodenaufteilung mit sinkenden interregionalen Transportkosten räumliche Entwicklungspfade ab, anhand derer weniger der Zufall als vielmehr die Ressourcenverfügbarkeit und die damit einhergehenden Preis- und Einkommenseffekte die räumliche Verteilung der Arbeitskräfte determinieren.

Dem stufenweisen Aufbau folgend ergeben sich mit den Kapiteln fortlaufend erweiterte Erkenntnisse. Zu Beginn zeigt sich, dass das entwickelte Modell sinnvolle Ergebnisse liefert, wenn eine initiale Bodenaufteilung gewählt wird, wie sie anhand statistischer Daten abgeleitet werden kann. Weiterhin wird für die Simulationen eine Substitutionselastizität gewählt, die im Rahmen als realistisch erachteter Werte liegt. Bei gleich großen Regionen

und symmetrischer Bodenaufteilung ergibt sich bei hohen wie auch bei niedrigen Transportkosten eine Gleichverteilung der Arbeitskräfte auf die Regionen. Unterschiedliche Bodenaufteilungen bei gleich großen Regionen führen bei hohen und niedrigen interregionalen Transportkosten zu unterschiedlicher Konzentration der Arbeitskräfte und der Unternehmen in den Regionen. Tendenziell findet sich in der Region die höhere Konzentration an Arbeitskräften und Unternehmen, die für Wohnen ein größeres Bodenangebot zur Verfügung stellt, selbst wenn dies höhere Bodennutzungspreise für das produzierende Gewerbe nach sich zieht. Bei unterschiedlich großen Regionen, symmetrischer Bodenaufteilung und ohne intraregionale Transportkosten zeigt sich grundsätzlich bei hohen interregionalen Transportkosten eine leicht höhere Konzentration der Arbeitskräfte in der größeren Region. Bei mittleren Transportkosten zwischen den Regionen findet eine vollständige Agglomeration der Industrie in der größeren Region statt. Sind die Transportkosten eher niedrig, resultiert eine zwar weniger stark ausgeprägte, dennoch mehrheitliche Konzentration der mobilen Unternehmen und Arbeitskräfte in der größeren Region. Die Ergebnisse bei unterschiedlich großen Regionen machen zudem deutlich, dass in der kleineren Region stabile räumliche Gleichgewichte mit einer mehrheitlichen Konzentration der Unternehmen und Arbeitskräfte vorliegen können. Hierbei weist diese höhere Bodenressourcen zum Wohnen und geringere für die industrielle und landwirtschaftliche Produktion auf als die große Region.

Sind intraregionale Transportkosten berücksichtigt, resultieren u. a. folgende Erkenntnisse: Bei strukturell einheitlicher Bodenaufteilung in einer kleinen und einer großen Region ergibt sich bei hohen Transportkosten zwischen den Regionen eine höhere Konzentration der mobilen Arbeitskräfte in der kleineren Region. Sinken die interregionalen Transportkosten ab, wird sich ein industrielles Zentrum mit einer höheren Wahrscheinlichkeit in der größeren Region ausbilden. Bedeutungslose interregionale Transportkosten führen zu einer gleichmäßigeren Verteilung, jedoch überwiegender Ballung der Arbeitskräfte in der großen Region. Mit steigenden Größenunterschieden bleibt dieser Verlauf im Wesentlichen unverändert; lediglich zeigt sich, dass ab einem bestimmten Punkt keine vollständige Konzentration der mobilen Arbeitskräfte in der größeren Region mehr erfolgt. Weiterhin führen intraregionale Transportkosten zu einer Verschiebung der Grenzwerte, bis zu denen ein Zentrum-Peripherie-Muster eine stabile räumliche Lösung darstellt. Mit anderen Worten ausgedrückt, je höher die intraregionalen Transportkosten ausfallen, desto eher tritt bei sinkenden Transportkosten eine gleichmäßigere Verteilung der ökonomischen Aktivität im Raum auf.

Zuletzt werden in dem Unterkapitel 4.4 die Wirkungen von abfließender Bodenrente diskutiert. Es ergibt sich ein intuitiv nachvollziehbares Ergebnis: Die Bodeneinkommen stellen insbesondere bei knappen Bodenressourcen einen zusätzlichen Nachfrageeffekt dar, der grundsätzlich zur Stabilisierung der kleineren Region beiträgt. Auch führen die Bodeneinkommen insgesamt zu einem ausgeprägteren Zentrum-Peripherie-Muster, denn liegt eine vergleichsweise hohe Bodennachfrage in einer Region vor, steigen dort zwar die Bodennutzungspreise, mit ihnen jedoch auch die Bodeneinkommen. Fließen die Bodeneinkommen aus den Regionen ab, bzw. tragen sie nicht zur gesamtwirtschaftlichen Nachfrage bei, ist dies nicht der Fall und dem Preisanstieg steht kein Einkommenszuwachs entgegen.

Die eingangs erwähnte weiterhin zunehmende Verstärkung trotz steigender Bodennutzungspreise ist im Rahmen der hier vorgenommenen Modellerweiterungen unter gewissen Voraussetzungen nachvollziehbar. Bestehen eine kleine und eine große Region, zeigt sich ein stabiles ökonomisches Zentrum in der kleineren Region, wenn die Bodeneinkommen die höheren Bodenpreise kompensieren. Insofern liegt ein Nettonachfrageeffekt vor, der den lokalen Markt vergrößert und sogar steigende Reallöhne zur Folge hat. Weiterhin können hinreichend hohe Differenzen der intraregionalen Transportkosten zu entsprechenden Anreizwirkungen auf die mobilen Arbeitskräfte und Unternehmen führen. In diesen Fällen findet sich trotz der höheren Bodenpreise und der vergleichsweise geringen zur Verfügung stehenden Bodenressourcen ein industrielles Zentrum auf kleinerem Raum. Die intraregionalen Transportkosten beeinflussen die lokalen Preisindizes und nehmen hierüber Einfluss auf den resultierenden Reallohn der mobilen Arbeitskräfte.

Zusammenfassend lassen sich die durch die Erweiterungen wirkenden Effekte unter einem Bodeneffekt und einem intraregionalen Transportkosteneffekt sowie unter dem üblichen Heimatmarkt-, Wettbewerbs- und Preisindexeffekt subsumieren. Knappe Bodenressourcen wirken erhöhend auf den Preisindex und die Produktionskosten. Bei unterschiedlich großen Regionen oder auch voneinander abweichender Bodenaufteilung resultieren lokal unterschiedliche Preise, sowohl für die Konsumenten (Lebenshaltungskosten) als auch für die Produzenten (Faktorkosten). Eine größere Ballung der mobilen Arbeitskräfte und Unternehmen erfolgt tendenziell in der Region, in der niedrigere Lebenshaltungskosten und Faktorkosten aufgebracht werden müssen. Wanderungsbewegungen finden ein Ende, wenn die relativ niedrigen Preise durch zunehmende Bodennutzung und entsprechend steigende Preise nivelliert werden und eine Anpassung der Reallöhne erfolgt. Im Hinblick auf Veränderungen des Bodenanteils einer Nutzungsform ist zu bedenken, dass diese eine gleichzeitige Veränderung mit umgekehrten Vorzeichen mindestens einer anderen Nutzungsform

nach sich zieht. Die beschriebenen Preisbewegungen des Bodeneffektes wirken folglich mehrfach und mit unterschiedlichen Vorzeichen. Der Nettoeffekt hängt hierbei von der Bedeutung der einzelnen Sektoren in der Ökonomie ab.

Weiterhin wirken sich die intraregionalen Transportkosten auf den Preisindex aus. In dem in dieser Arbeit gewählten Ansatz steigen die intraregionalen Transportkosten mit zunehmender Größe einer Region. So ergeben sich, insbesondere bei Regionen unterschiedlicher Größe, über den Preiseffekt der intraregionalen Transportkosten Wanderungsanreize (intraregionaler Transportkosteneffekt). In der Wirkung auf Wanderungsanreize stehen die Preiseffekte der intraregionalen Transportkosten bei zunehmender Regionsgröße denen aus dem Bodensektor entgegen.

Die Einnahmen aus dem Bodensektor stellen wiederum einen Nachfrageeffekt dar, der grundsätzlich höher ausfällt je knapper der Boden ist. Die Bodeneinkommen führen zu einer Vergrößerung des Heimatmarktes und wirken auf Unternehmen und Arbeitskräfte anziehend. Die gesamtwirtschaftlichen Effekte, die resultierenden stabilen räumlichen Gleichgewichte und kritischen Werte werden letztlich mit Hilfe numerischer Simulationen ermittelt.

Um die Ergebnisse auf ihre Wohlfahrtswirkungen hin zu untersuchen, wird in Kapitel 5 eine soziale Wohlfahrtsfunktion in Abhängigkeit der Bodenaufteilung betrachtet. Angenommen wird, dass mit der Bodenplanung die insgesamt höchste Wohlfahrt erzielt werden soll. Hierfür werden für sinnvolle Kombinationen an Bodenverteilungen die Wohlfahrtniveaus bestimmt. Die gewählte Schrittweite ist vergleichsweise hoch, dennoch liegen interessante Ergebnisse vor.

Erstens können Differenzen zwischen der potentiell höchsten Wohlfahrt und der höchsten erreichbaren Wohlfahrt vorliegen. Dies tritt auf, wenn eine bestimmte Kombination aus Bodenaufteilung und Konzentration der Arbeitskräfte die maximale Wohlfahrt erzielt, dieses Szenario allerdings kein stabiles Gleichgewicht darstellt. Im Fall der potentiell höchsten Wohlfahrt ist für die mobilen Arbeitskräfte ein höherer Reallohn durch Wanderung erreichbar, wobei eine gesamtwirtschaftlich geringere Wohlfahrt resultiert.

Zweitens können insbesondere bei höheren interregionalen Transportkosten stabile Gleichgewichte in Form von Zentrum-Peripherie-Mustern zur höchsten erreichbaren Wohlfahrt vorliegen, welche sich aus politischen Gründen als instabil erweisen. Denn in einer der beiden betrachteten Regionen liegt eine geringere Wohlfahrt vor. Es ist wahrscheinlich, dass der Planer der Region mit der niedrigen Wohlfahrt diese durch eine entsprechende

Bodenpolitik auf ein höheres Niveau zu heben versucht, was wiederum zu einer gesamtwirtschaftlich geringeren Wohlfahrt führt.

Drittens zeigt sich, dass im Fall niedriger interregionaler Transportkosten die höchste Wohlfahrt und stabile räumliche Lösungen zusammenfallen, wenn die Arbeitskräfte gleichmäßig auf die Regionen verteilt sind. Bei mittleren interregionalen Transportkosten finden sich stabile räumliche Gleichgewichte und die höchste Wohlfahrt bei Zentrum-Peripherie-Mustern.

Bemerkenswert ist, dass im Fall einer kleinen und einer großen Region die höchste Wohlfahrt zu einem räumlich stabilen Gleichgewicht mit einer mehrheitlichen Ballung der Arbeitskräfte in der kleineren Region einhergehen kann. Solch ein Gleichgewicht liefert zwar die höchste Wohlfahrt und ist anreizkompatibel zum Wanderungsverhalten der mobilen Arbeitskräfte, kann aber aufgrund der Ungleichverteilung von Arbeitskräften, Einkommen und Wohlfahrt im Raum aus politischer Sicht der peripheren Region unerwünscht sein. Entsprechendes Handeln der regionalen Planer, die die regionale Wohlfahrt heben möchten, würde zu einer gesamtwirtschaftlich geringen Wohlfahrt führen. Ein Planer, der eine höhere gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt erreichen möchte, muss zwischen konkurrierenden Zielen einer u. U. gesellschaftlich präferierten ausgleichsorientierten und einer wohlfahrtsmaximierenden Politik vermitteln. Insgesamt zeigt sich damit, dass Zielkonflikte zwischen einem gesamtwirtschaftlichen Planer und einem auf regionaler Ebene agierenden bestehen können. Soll die höchste Wohlfahrt erreicht werden, liegt als denkbare Verhandlungsmasse für Transferzahlungen zumindest die Differenz zwischen regionsindividueller und gesamtwirtschaftlich maximal erreichbarer Wohlfahrt vor. Ob eine solche Kompensationslösung auch zu stabilen Gleichgewichten führt, ist nicht untersucht.

Die Ergebnisse der Kapitel 4 und 5 verdeutlichen den Wert, den Modelle im Rahmen des NEG-Ansatzes für die raumwirtschaftliche Diskussion besitzen. Mit den hier vorgenommenen Erweiterungen ist ein Beitrag zur Forschung um die räumlichen Wirkungen von Bodennutzungsformen, Bodenressourcen und Regionen unterschiedlicher Größe geleistet. An mehreren Stellen hat sich gezeigt, dass eine weitere Forschung in diese Richtung lohnenswert ist, um ein tieferes Verständnis für die Kräfte zu bekommen, die Agglomerationen fördern und jene, die ihnen entgegenstehen. So könnte beispielsweise eine vollständige Endogenisierung der Bodenaufteilung zusätzliche Erkenntnisse über die resultierende Ressourcennutzung bei reiner Marktlösung liefern und damit gegebenenfalls auch zur Erklärung der fortschreitenden Urbanisierung beitragen. Weitere interessante Aspekte, die hier allerdings nicht weiter betrachtet sind, stellen sich durch Innovationen verändern-

de, regional oder nach Verdichtungsgrad variierende Bodennutzungskennziffern dar. Auch die Diskussionen zur Wohlfahrt, zum Bodeneinkommen oder die zu den intraregionalen Transportkosten sind nicht erschöpfend und liefern Ansatzpunkte für weitere Forschung.

Literaturverzeichnis

- Allen, P. M. und M. Sanglier (1979): „A Dynamic Model of Growth in a Central Place System“. In: *Geographical Analysis* 11.3, S. 256–272.
- (1981): „A Dynamic Model of a Central Place System II“. In: *Geographical Analysis* 13.2, S. 149–164.
- Alonso, W. (1964): *Location and Land Use. Toward a General Theory of Land Rent*. Cambridge: Harvard University Press.
- Amiti, M. und L. Cameron (2007): „Economic Geography and Wages“. In: *The Review of Economics and Statistics* 89.1, S. 15–29.
- Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (2016a): *Bevölkerungsentwicklung und Bevölkerungsstand in Berlin Dezember 2015*. Statistischer Bericht, A I 7 – m12/15, A II 3 – m12/15, A III 3 – m12/15, A I 3 j.
- (2016b): *Bruttomonatsverdienste ohne Sonderzahlungen im Produzierenden Gewerbe und Dienstleistungsbereich in EUR*. URL: <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/BasisZeitreiheGrafik/zeit-Verdiensterhebung.asp?Ptyp=400&Sageb=62003&creg=BBB&anzwer=5> (besucht am 08. 06. 2016).
- (2016c): *Erwerbstätige*. URL: <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/BasisZeitreiheGrafik/Zeit-Erwerbstaetige.asp?Ptyp=400&Sageb=13003&creg=BBB&anzwer=6> (besucht am 08. 06. 2016).
- (2016d): *Gebäude und Wohnungen*. URL: <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/regionales/regionalstatistiken/r-gesamt.asp?Kat=30400> (besucht am 08. 06. 2016).
- (2016e): *Verbraucherpreise*. URL: <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/BasisZeitreiheGrafik/Zeit-Verbraucherpreise.asp?Ptyp=400&Sageb=61001&creg=BBB&anzwer=4> (besucht am 08. 06. 2016).
- Arrondel, L. et al. (2014): „How Do Households Allocate Their Assets? Stylised Facts from the Eurosystem Household Finance and Consumption Survey“. In: *ECB Working Paper No. 1722*.

- Baldwin, R.E. (1999): „Agglomeration and Endogenous Capital“. In: *European Economic Review* 43.2, S. 253–280.
- Baldwin, R.E., P. Martin und G.I.P. Ottaviano (2001): „Global Income Divergence, Trade, and Industrialization. The Geography of Growth Take-Offs“. In: *Journal of Economic Growth* 6.1, S. 5–37.
- Bathelt, H. und J. Glückler (2003): *Wirtschaftsgeographie*. 2. Aufl. Stuttgart: UTB, Ulmer.
- Beckmann, M. (1958): „City Hierarchies and the Distribution of City Size“. In: *Economic Development and Cultural Change* 6.3, S. 243–248.
- (1972): „Spatial Cournot Oligopoly“. In: *Papers in Regional Science* 28.1, S. 37–48.
- Beckmann, M. und J.-F. Thisse (1987): „Chapter 2: The Location of Production Activities“. In: *Regional Economics*. Bd. 1. Handbook of Regional and Urban Economics. Elsevier, S. 21–95.
- Berry, B.J.L., H.G. Barnum und R.J. Tennant (1962): „Retail Location and Consumer Behavior“. In: *Papers in Regional Science* 9.1, S. 65–106.
- Berry, B.J.L. und W.L. Garrison (1958): „Recent Developments of Central Place Theory“. In: *Papers in Regional Science* 4.1, S. 107–120.
- Blotevogel, H.H. (2002): „Zum Verhältnis der regionalökonomischen Zentrale-Orte-Theorie zum Zentrale-Orte-Konzept der Raumordnung“. In: *Fortentwicklung des Zentrale-Orte-Konzepts*. Bd. 217. Forschungs- und Sitzungsberichte. ARL, S. 10–16.
- Borck, R. und M. Pflüger (2015): *Green Cities? Urbanization, Trade and the Environment*. Discussion Paper 9104. Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit IZA.
- Bosker, M. und H. Garretsen (2007): „Trade Costs, Market Access and Economic Geography. Why the Empirical Specification of Trade Costs Matters“. In: *CESifo Working Paper* 2071.
- (2010): „Trade Costs in Empirical New Economic Geography“. In: *Papers in Regional Science* 89.3, S. 485–511.
- Böventer, E. von (1963): „Towards a United Theory of Spatial Economic Structure“. In: *Papers of the Regional Science Association* 10.1, S. 163–187.
- (1981): „Raumwirtschaft I. Theorie“. In: *Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaften(HdWW)* Bd. 6, S. 407–429.
- Bradfield, M. (1971): „A Note on Location and the Theory of Production“. In: *Journal of Regional Science* 11.2, S. 263–266.
- Brakman, S., H. Garretsen und C. van Marrewijk (2009): *The New Introduction to Geographical Economics*. Second edition. New York: Cambridge University Press.

- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016): *Aufgaben der Raumordnung/Raumentwicklung*. URL: <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/Raumentwicklung/aufgaben-der-raumordnung-raumentwicklung.html> (besucht am 13.09.2016).
- Cerina, F. und F. Mureddu (2009): *Is Agglomeration Really Good for Growth? Global Efficiency, Interregional Equity and Uneven Growth*. Working Paper 13. Centro Ricerche Economiche Nord Sud CRENoS.
- Christaller, W. (1933): *Die zentralen Orte in Süddeutschland. Eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmäßigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtischen Funktionen*. Jena: Fischer.
- Clamor, T. und R. Henger (2013): „Verteilung des Immobilienvermögens in Deutschland“. In: *IW-Trends* 2013.1.
- Clark, C.L., M.P. Feldman und M.S. Gertler (2000): „Preface“. In: *The Oxford Handbook of Economic Geography*, S. vii–ix.
- Combes, P.-P., T. Mayer und J.-F. Thisse (2008): *Economic Geography. The Integration of Regions and Nations*. Princeton und Oxford: Princeton University Press.
- Danielzyk, R. (2002): „Der veränderte raumordnungspolitische Kontext“. In: *Fortentwicklung des Zentrale-Orte-Konzepts*. Bd. 217. Forschungs- und Sitzungsberichte. ARL, S. 1–9.
- Dixit, A.K. und J.E. Stiglitz (1977): „Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity“. In: *The American Economic Review* 67.3, S. 297–308.
- Duranton, G. und D. Puga (2015): „Chapter 8: Urban Land Use“. In: *Handbook of Regional and Urban Economics*. Bd. 5. Handbook of Regional and Urban Economics. Elsevier, S. 467–560.
- Eaton, J. und H. Kierzkowski (1984): „Oligopolistic Competition, Product Variety, Entry Deterrence, and Technology Transfer“. In: *The RAND Journal of Economics* 15.1, S. 99–107.
- Eckey, H.-F. (2008): *Regionalökonomie*. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler.
- Emerson, D.L. (1973): „Optimum Firm Location and the Theory of Production“. In: *Journal of Regional Science* 13.3, S. 335–347.
- Eswaran, M., Y. Kanemoto und D. Ryan (1981): „A Dual Approach to the Locational Decision of the Firm“. In: *Journal of Regional Science* 21.4, S. 469–490.
- Ethier, W.J. (1982): „National and International Returns to Scale in the Modern Theory of International Trade“. In: *The American Economic Review* 72.3, S. 389–405.

- Europäische Union (2016): *What is Regional policy*. URL: http://ec.europa.eu/regional_policy/de/policy/what/investment-policy/ (besucht am 13. 09. 2016).
- Eurostat (2016): *Bevölkerung am 1. Januar nach Alter, Geschlecht und NUTS 2 Regionen*. Datenbankeintrag: [demo_r_d2jan]. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/de/data/database> (besucht am 02. 08. 2016).
- Frohwerk, S. (2011): „Asymmetrien in der Neuen Ökonomischen Geographie“. In: *Potsdamer Schriften zur Raumwirtschaft* 3.
- Fujita, M. (1999): „Location and Space-Economy at Half a Century. Revisiting Professor Isard's Dream on the General Theory“. In: *The Annals of Regional Science* 33.4, S. 371–381.
- (2010): „The Evolution of Spatial Economics. From Thünen to the New Economic Geography“. In: *The Japanese Economic Review: The Journal of the Japanese Economic Association* 61.1, S. 1–32.
- (2012): „Thünen and the New Economic Geography“. In: *Regional Science and Urban Economics* 42.6, S. 907–912.
- Fujita, M. und P. Krugman (1995): „When is the Economy Monocentric? Von Thünen and Chamberlin Unified“. In: *Regional Science and Urban Economics* 25.4, S. 505–528.
- (2004): „The New Economic Geography. Past, Present and the Future“. In: *Papers in Regional Science* 83.1, S. 139–164.
- Fujita, M., P. Krugman und T. Mori (1999): „On the Evolution of Hierarchical Urban Systems“. In: *European Economic Review* 43.2, S. 209–251.
- Fujita, M., P. Krugman und A. J. Venables (2001): *The Spatial Economy. Cities, Regions and International Trade*. First MIT Press paperback edition. Cambridge: The MIT Press.
- Fujita, M. und T. Mori (1997): „Structural Stability and Evolution of Urban Systems“. In: *Regional Science and Urban Economics* 27.4–5, S. 399–442.
- Fujita, M. und H. Ogawa (1980): „Equilibrium Land Use Patterns in a Nonmonocentric City“. In: *Journal of Regional Science* 20.4, S. 455–475.
- Fujita, M., H. Ogawa und J.-F. Thisse (1988): „A Spatial Competition Approach to Central Place Theory. Some Basic Principles“. In: *Journal of Regional Science* 28.4, S. 477–494.
- Fujita, M. und J.-F. Thisse (2002): *Economics of Agglomeration. Cities, Industrial Location, and Regional Growth*. First published 2002. Cambridge: Cambridge University Press.
- (2003): „Does Geographical Agglomeration Foster Economic Growth? And Who Gains and Loses from It?“ In: *Japanese Economic Review* 54.2, S. 121–145.

- Gabaix, X. (1999): „Zipf’s Law for Cities. An Explanation“. In: *The Quarterly Journal of Economics* 114.3, S. 739–767.
- Gannon, C.A. (1972): „Consumer Demand, Conjectural Inter-Dependence, and Location Equilibria in Simple Spatial Duopoly“. In: *Papers in Regional Science* 28.1, S. 83–107.
- Glaeser, E.L. (2007): *The Economics Approach to Cities*. Working Paper 13696. National Bureau of Economic Research NBER.
- Göddecke-Stellmann, J. und A. Schürt (2014): „Kleinräumige Wohnungsmarkttrends in Großstädten“. In: *BBSR-Analysen KOMPAKT* 2014.09.
- Gornig, M. (2002): „Zur ökonomischen Bedeutung Zentraler Orte-Einschätzung aus Sicht neuerer wirtschaftswissenschaftlicher Theorieansätze“. In: *Fortentwicklung des Zentrale-Orte-Konzepts*. Bd. 217. Forschungs- und Sitzungsberichte. ARL, S. 24–30.
- Helpman, E. (1995): *The Size of Regions*. Working Paper 14-95. The Foerder Institute for Economic Research.
- Hesse, M. und A. Leick (2016): „Wachstum vs. Ausgleich. Zur Rekonstruktion des jüngeren Leitbildwandels in der deutschen Raumentwicklungspolitik“. In: *Forschungsberichte der ARL* 5.
- Hirschman, A.O. (1958): *The Strategy of Economic Development*. New Haven: Yale University Press.
- Hotelling, H. (1929): „Stability in Competition“. In: *The Economic Journal* 39.153, S. 41–57.
- Imai, H. (1982): „CBD Hypothesis and Economies of Agglomeration“. In: *Journal of Economic Theory* 28, S. 275–299.
- Isard, W. (1949): „The General Theory of Location and Space-Economy“. In: *Quarterly Journal of Economics* 63.4, S. 476–506.
- (1956): *Location and Space-Economy. A General Theory Relating to Industrial Location, Market Areas, Land Use, Trade, and Urban Structure*. Cambridge: MIT Press.
- Isard, W. und R. Kavesh (1954): „Economic Structural Interrelations of Metropolitan Regions“. In: *American Journal of Sociology* 60.2, S. 152–162.
- Isard, W. und M.J. Peck (1954): „Location Theory and International and Interregional Trade Theory“. In: *The Quarterly Journal of Economics* 68.1, S. 97–114.
- Khalili, A., V.K. Mathur und D. Bodenhorn (1974): „Location and the Theory of Production. A Generalization“. In: *Journal of Economic Theory* 9.4, S. 467–475.
- Kleinwerfers, H. (2010): „Standort und Raumstruktur. Einige grundlegende Modelle der Raumwirtschaftstheorie“. In: *Jahrbuch für Wirtschaftswissenschaften* 61.2, S. 125–155.

- Koopmans, T.C. (1957): *Three Essays on the State of Economic Science*. New York: McGraw-Hill.
- Koopmans, T.C. und M. Beckmann (1957): „Assignment Problems and the Location of Economic Activities“. In: *Econometrica* 25.1, S. 53–76.
- Krugman, P. (1991): „Increasing Returns and Economic Geography“. In: *Journal of Political Economy* 99.3, S. 483–499.
- (1996): *The Self-Organizing Economy*. Cambridge: Blackwell Publisher Inc.
- Krugman, P. und A. J. Venables (1995): „Globalization and the Inequality of Nations“. In: *The Quarterly Journal of Economics* 110.4, S. 857–880.
- Kulke, E. (2013): *Wirtschaftsgeographie*. 5., aktualisierte Aufl. Paderborn: Schöningh.
- Landesamt für Bauen und Verkehr, Dezernat Raumbeobachtung (2015): *Bevölkerungsvorausschätzung 2014 bis 2030. Ämter und amtsfreie Gemeinden des Landes Brandenburg*.
- Launhardt, W. (1882): „Die Bestimmung eines zweckmäßigen Standortes einer gewerblichen Anlage“. In: *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure* 26, S. 105–116.
- (1963): *Mathematische Begründung der Volkswirtschaftslehre*. Neudruck 1963 der Ausgabe Leipzig 1885 mit Vorwort von Erich Schneider. Aalen: Scientia.
- Lösch, A. (1962): *Die räumliche Ordnung der Wirtschaft*. 3., unveränd. Aufl. Stuttgart: Fischer.
- Ludema, R.D. und I. Wooton (1997): *Regional Integration, Trade, and Migration. Are Demand Linkages Relevant in Europe?* Discussion Paper 1656. Centre for Economic Policy Research CEPR.
- Marshall, A. (1925): *Principles of Economics*. Eighth edition, reprinted, first edition 1890. London: Macmillan.
- Martin, P. und G.I.P. Ottaviano (1999): „Growing Locations. Industry Location in a Model of Endogenous Growth“. In: *European Economic Review* 43.2, S. 281–302.
- Miller, S.M. und O.W. Jensen (1978): „Location and the Theory of Production. A Review, Summary and Critique of Recent Contributions“. In: *Regional Science and Urban Economics* 8.2, S. 117–128.
- Mills, E.S. (1967): „An Aggregative Model of Resource Allocation in a Metropolitan Area“. In: *The American Economic Review* 57.2, S. 197–210.
- Mori, T. und A. Turrini (2005): „Skills, Agglomeration and Segmentation“. In: *European Economic Review* 49.1, S. 201–225.
- Moses, L.N. (1958): „Location and the Theory of Production“. In: *Quarterly Journal of Economics* 72.2, S. 259–272.

- Mulligan, G.F. (1984): „Agglomeration and Central Place Theory. A Review of the Literature“. In: *International Regional Science Review* 9.1, S. 1–42.
- Mulligan, G.F., M.D. Partridge und J.I. Carruthers (2012): „Central Place Theory and Its Reemergence in Regional Science“. In: *The Annals of Regional Science* 48.2, S. 405–431.
- Muth, R.F. (1969): *Cities and Housing. The Spatial Pattern of Urban Residential Land Use*. Chicago: University of Chicago Press.
- Myrdal, G. (1956): *Development and Under-Development. A Note on the Mechanism of National and International Economic Inequality*. Cairo: National Bank of Egypt.
- Neary, J.P. (2001): „Of Hype and Hyperbolas. Introducing the New Economic Geography“. In: *Journal of Economic Literature* 39.2, S. 536–561.
- Office for National Statistics (2016): *Experimental Index of Private Housing Rental Prices*. URL: <http://www.ons.gov.uk/ons/rel/hpi/index-of-private-housing-rental-prices/index.html> (besucht am 02. 08. 2016).
- Palander, T. (1935): *Beiträge zur Standortstheorie*. Upsala: Almqvist & Wiksells Boktryckeri.
- Parr, J.B. und K.G. Denike (1970): „Theoretical Problems in Central Place Analysis“. In: *Economic Geography* 46.4, S. 568–586.
- Peeters, D. und J.-F. Thisse (2000): „The Production-Location Problem Revisited“. In: *Papers in Regional Science* 79.2, S. 221–231.
- Pfütger, M. und T. Tabuchi (2008): *Trade and Location with Land as a Productive Factor*. Discussion Paper 3716. Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit IZA.
- Ponsard, C. (1983): *History of Spatial Economic Theory*. Berlin: Springer-Verlag.
- Puga, D. (1999): „The Rise and Fall of Regional Inequalities“. In: *European Economic Review* 43.2, S. 303–334.
- Puga, D. und A. J. Venables (1996): „The Spread of Industry. Spatial Agglomeration in Economic Development“. In: *Journal of the Japanese and International Economies* 10.4, S. 440–464.
- Puu, T. (2003): *Mathematical Location and Land Use Theory*. Second, revised and enlarged edition. Berlin: Springer.
- Roos, M. (2002): *Ökonomische Agglomerationstheorien. Die Neue Ökonomische Geographie im Kontext*. Köln: Eul.
- Russek, S. (2010): „Differential Labour Mobility and Agglomeration“. In: *Papers in Regional Science* 89.3, S. 587–606.

- Sakashita, N. (1968): „Production Function, Demand Function and Location Theory of the Firm“. In: *Papers of the Regional Science Association* 20.1, S. 109–122.
- Schätzl, L. (1996): „Wirtschaftsgeographie“. In: *Gabler-Volkswirtschafts-Lexikon*, S. 1295–1302.
- (2003): *Wirtschaftsgeographie I. Theorie*. 9. Aufl. Paderborn: Schöningh.
- Schöler, K. (1999): *Grundlagen der Mikroökonomik. Eine Einführung in die Theorie der Haushalte, der Firmen und des Marktes*. München: Vahlen.
- (2005a): *Raumwirtschaftstheorie*. München: Vahlen.
- (2005b): „Standortentscheidungen“. In: *Handwörterbuch der Raumordnung*, S. 1109–1117.
- (2010): „Elemente der Neuen Ökonomischen Geographie“. In: *Potsdamer Schriften zur Raumwirtschaft* 1.
- (2013): „Elemente der räumlichen Preistheorie“. In: *Potsdamer Schriften zur Raumwirtschaft* 4.
- Sheppard, E. (2000): „Geography or Economics? Conceptions of Space, Time, Interdependence, and Agency“. In: *The Oxford Handbook of Economic Geography*, S. 99–119.
- Sinz, M. (2006): „Die neuen Leitbilder der Raumentwicklung. Anmerkungen zu einem politischen Diskurs“. In: *Informationen zur Raumentwicklung* IzR 2006.11/12, S. 605–612.
- Smithies, A. (1941): „Optimum Location in Spatial Competition“. In: *Journal of Political Economy* 49.3, S. 423–439.
- Starrett, D. (1978): „Market Allocations of Location Choice in a Model with Free Mobility“. In: *Journal of Economic Theory* 17.1, S. 21–37.
- Statistische Ämter der Länder (2016): *Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991 bis 2015. Reihe 1, Band 1*. Stuttgart: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder.
- Statistisches Bundesamt (2008): *Agrarstrukturerhebung 2007. Arbeitskräfte, Fachserie 3 Reihe 2.1.8*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- (2012): *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Input-Output-Rechnung, Fachserie 18 Reihe 2*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- (2013): *Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Teil 5: Flächennutzung, Umweltschutzmaßnahmen*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

- (2016a): *Bevölkerungsstand. Bevölkerung nach Geschlecht. Stichtag 31.12., Fortschreibung des Bevölkerungsstandes, Regionaldatenbank, Tab. 173-01-5*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Stand: 03.06.2016.
- (2016b): *Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung. Stichtag 31.12., Regionaldatenbank, Tab. 449-01-5*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Stand: 03.06.2016.
- Steven, B.H. (1961): „An Application of Game Theory to a Problem in Location Strategy“. In: *Papers in Regional Science* 7.1, S. 143–157.
- Tabuchi, T. (1998): „Urban Agglomeration and Dispersion. A Synthesis of Alonso and Krugman“. In: *Journal of Urban Economics* 44.3, S. 333–351.
- Tabuchi, T. und J.-F. Thisse (2002): „Taste Heterogeneity, Labor Mobility and Economic Geography“. In: *Journal of Development Economics* 69.1, S. 155–177.
- Teitz, M.B. (1968): „Locational Strategies for Competitive Systems“. In: *Journal of Regional Science* 8.2, S. 135–148.
- Thisse, J.-F. und J. Perreau (1977): „Relations between the Point of Maximum Profit and the Point of Minimum Total Transportation Cost. A Restatement“. In: *Journal of Regional Science* 17.2, S. 227–234.
- Thünen, J.H. von (1842): *Der isolirte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie oder Untersuchungen über den Einfluss, den die Getreidepreise, der Reichtum des Bodens und die Abgaben auf den Ackerbau ausüben*. 2. verm. und verb. Aufl. Reproduction of original from Goldsmiths' Library, University of London. Rostock: G.W. Leopold's Universitätsbuchhandlung.
- United Nations (2014a): *World Urbanization Prospects. The 2014 Revision. Highlights*. New York.
- (2014b): *World Urbanization Prospects. The 2014 Revision. CD-ROM edition*. New York.
- (2014c): *World Urbanization Prospects. The 2014 Revision. Maps*. URL: <https://esa.un.org/unpd/wup/Maps/> (besucht am 08.06.2016).
- Venables, A. J. (1996a): „Equilibrium Locations of Vertically Linked Industries“. In: *International Economic Review* 37.2, S. 341–359.
- (1996b): „Trade Policy, Cumulative Causation, and Industrial Development“. In: *Journal of Development Economics* 49.1, S. 179–197.
- Wang, A.-M. (2016): „Agglomeration and Simplified Housing Boom“. In: *Urban Studies* 53.5, S. 936–956.
- Wang, A.-M. und C.-H. Yang (2014): „Spatial Agglomeration and Dispersion. Revisiting the Helpman Model“. In: *Hitotsubashi Journal of Economics* 55.1, S. 1–20.

- Weber, A. (1909): *Über den Standort der Industrien. Erster Teil. Reine Theorie des Standortes. Mit einem mathematischen Anhang von Georg Pick*. Tübingen: Mohr.
- White, R.W. (1974): „Sketches of a Dynamic Central Place Theory“. In: *Economic Geography* 50.3, S. 219–227.
- (1977): „Dynamic Central Place Theory. Results of a Simulation Approach“. In: *Geographical Analysis* 9.3, S. 226–243.
- Ziegler, J.A. (1986): „Location, Theory of Production, and Variable Transportation Rates“. In: *Journal of Regional Science* 26.4, S. 785–791.

Gesetze

- GG (1949): *Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 23. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2438) geändert worden ist*.
- ROG (2008): *Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 124 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist*.

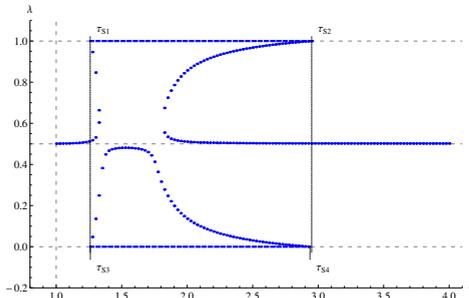
Anhang

A Abbildungen

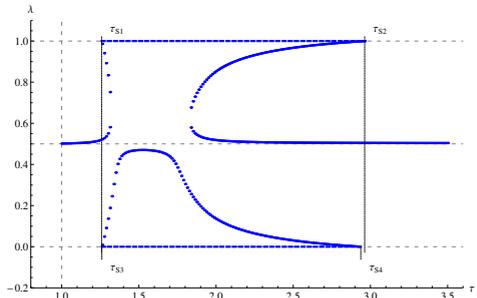
A.1 Zusätzliche Abbildungen zu räumlichen Gleichgewichten bei gleich großen Regionen

Nachfolgend finden sich weitere Abbildungen für Regionen gleicher Größe, die jedoch eine voneinander abweichende Bodenaufteilung aufweisen. Betrachtet werden Situationen, in denen in einer Region der Anteil des industriellen Bodens oder der für die Wohnnutzung zu Lasten des landwirtschaftlichen Bodens anwächst. Währenddessen bleibt in der anderen Region die Bodenaufteilung konstant. Eine Ausnahme bildet die Abbildung A.1.1(f). Hier wird eine Region, die durch einen hohen Anteil an industriellem Boden und an Boden zur Wohnnutzung geprägt ist, einer landwirtschaftlich geprägten Region gegenübergestellt.

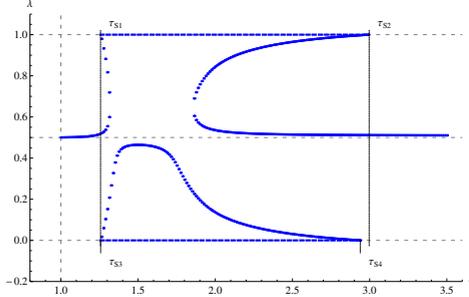
Abbildung A.1.1: Veränderung der industriellen Bodenanteile und der Bodenanteile zur Wohnnutzung bei Reduktion des landwirtschaftlichen Bodenanteils I



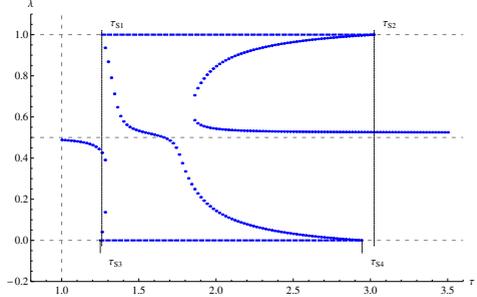
(a) Erhöhung von $b_{Mr,frac}$ mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,5, b_s = 0,5,$
 $b_{Mr,frac} = 0,05, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,89,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90$
 $\tau_{S1} \approx 1,26, \tau_{S2} \approx 2,95, \tau_{S3} \approx 1,261, \tau_{S4} \approx 2,937$



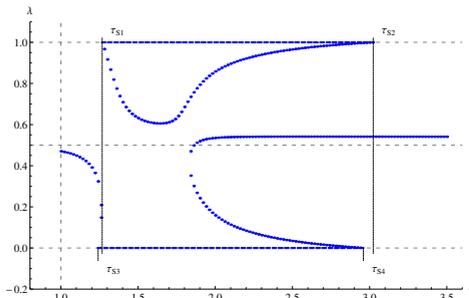
(b) Erhöhung von $b_{Mr,frac}$ mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,5, b_s = 0,5,$
 $b_{Mr,frac} = 0,06, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,88,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,259, \tau_{S2} \approx 2,963, \tau_{S3} \approx 1,26, \tau_{S4} \approx 2,937$



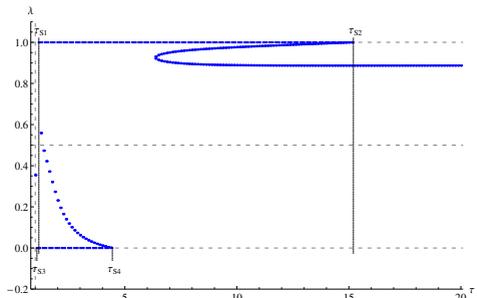
(c) Erhöhung von $b_{Mr,frac}$ mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,5, b_s = 0,5,$
 $b_{Mr,frac} = 0,10, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,84,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,2575, \tau_{S2} \approx 2,997, \tau_{S3} \approx 1,257, \tau_{S4} \approx 2,939$



(d) Erhöhung von $b_{Mr,frac}$ mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,5, b_s = 0,5,$
 $b_{Mr,frac} = 0,20, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,74,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,26, \tau_{S2} \approx 3,024, \tau_{S3} \approx 1,25, \tau_{S4} \approx 2,945$



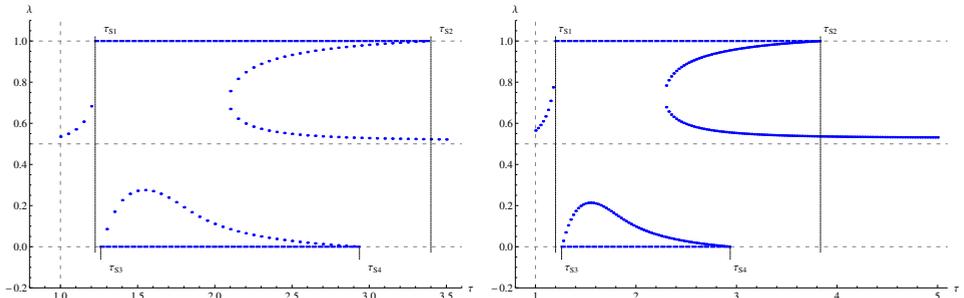
(e) Erhöhung von $b_{Mr,frac}$ mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,5, b_s = 0,5,$
 $b_{Mr,frac} = 0,30, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,64,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,268, \tau_{S2} \approx 3,023, \tau_{S3} \approx 1,241, \tau_{S4} \approx 2,959$



(f) Erhöhung von $b_{Mr,frac}$ und $b_{Hr,frac}$ mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,5, b_s = 0,5,$
 $b_{Mr,frac} = 0,40, b_{Hr,frac} = 0,50, b_{Ar,frac} = 0,10,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,168, \tau_{S2} \approx 15,202, \tau_{S3} \approx 1,075, \tau_{S4} \approx 4,44$

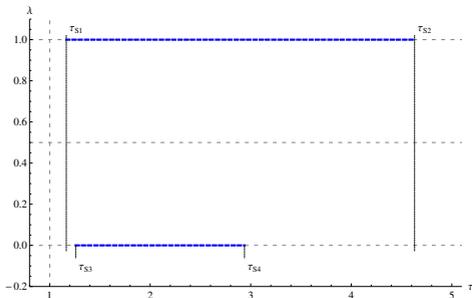
A.1 Zusätzliche Abbildungen zu räumlichen Gleichgewichten bei gleich großen Regionen

Abbildung A.1.2: Veränderung der industriellen Bodenanteile und der Bodenanteile zur Wohnnutzung bei Reduktion des landwirtschaftlichen Bodenanteils II

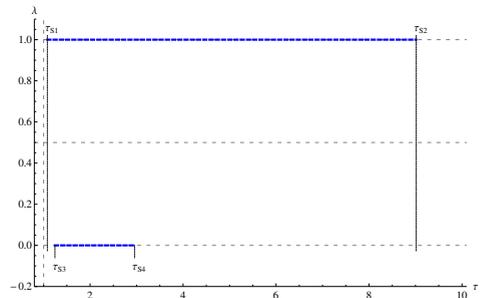


(a) Erhöhung von $b_{Hr,frac}$ mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,5, b_s = 0,5,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,07, b_{Ar,frac} = 0,89,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90$
 $\tau_{S1} \approx 1,225, \tau_{S2} \approx 3,3996, \tau_{S3} \approx 1,261, \tau_{S4} \approx 2,937$

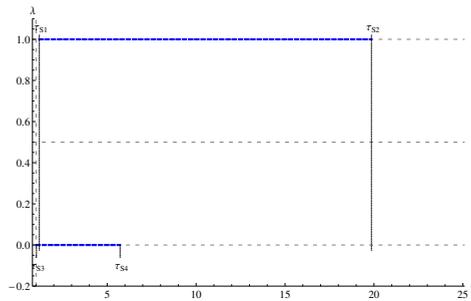
(b) Erhöhung von $b_{Hr,frac}$ mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,5, b_s = 0,5,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,08, b_{Ar,frac} = 0,88,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,1998, \tau_{S2} \approx 3,835, \tau_{S3} \approx 1,26, \tau_{S4} \approx 2,937$



(c) Erhöhung von $b_{Hr,frac}$ mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,5, b_s = 0,5,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,10, b_{Ar,frac} = 0,86,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,165, \tau_{S2} \approx 4,63, \tau_{S3} \approx 1,259, \tau_{S4} \approx 2,939$



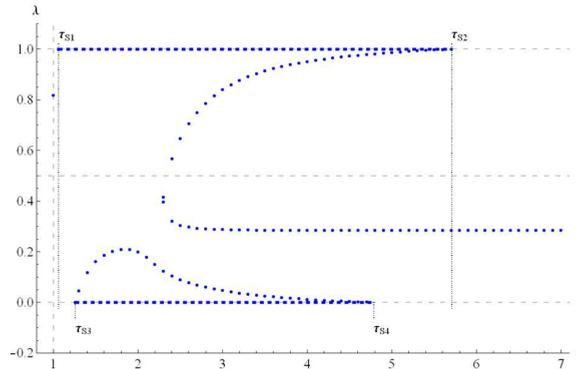
(d) Erhöhung von $b_{Hr,frac}$ mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,5, b_s = 0,5,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,30, b_{Ar,frac} = 0,66,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,108, \tau_{S2} \approx 9,015, \tau_{S3} \approx 1,243, \tau_{S4} \approx 2,956$



(e) Erhöhung von $b_{Hr,frac}$ mit
 $\sigma = 5,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_r = 0,5, b_s = 0,5,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,90, b_{Ar,frac} = 0,06,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{S1} \approx 1,187, \tau_{S2} \approx 19,856, \tau_{S3} \approx 1,026, \tau_{S4} \approx 5,723$

A.2 Zusätzliche Abbildungen zu räumlichen Gleichgewichten bei unterschiedlich großen Regionen

Abbildung A.2.1: Räumliches Gleichgewicht bei unterschiedlich großen Regionen und gleichen Bodenanteilen für Industrie und Wohnen



Unterschiedliche große Regionen mit

$$\sigma = 5,5, b_r = 0,8, b_s = 0,2, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024$$

$$b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,9,$$

$$b_{Ms,frac} = 0,16, b_{Hs,frac} = 0,24, b_{As,frac} = 0,60,$$

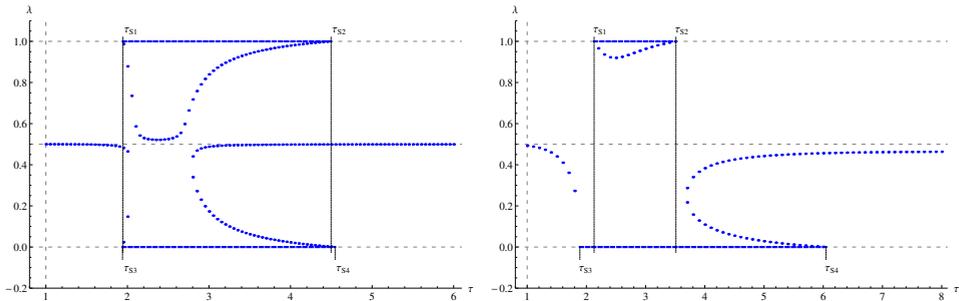
$$\tau_{S1} \approx 1,062, \tau_{S2} \approx 5,707,$$

$$\tau_{S3} \approx 1,261, \tau_{S4} \approx 4,786$$

Quelle: Eigene Darstellung.

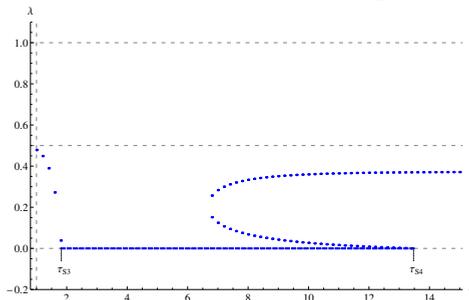
A.3 Zusätzliche Abbildungen zu räumlichen Gleichgewichten bei intraregionalen Transportkosten

Abbildung A.3.1: Gleich große Regionen, symmetrische Bodenaufteilung und intraregionale Transportkosten



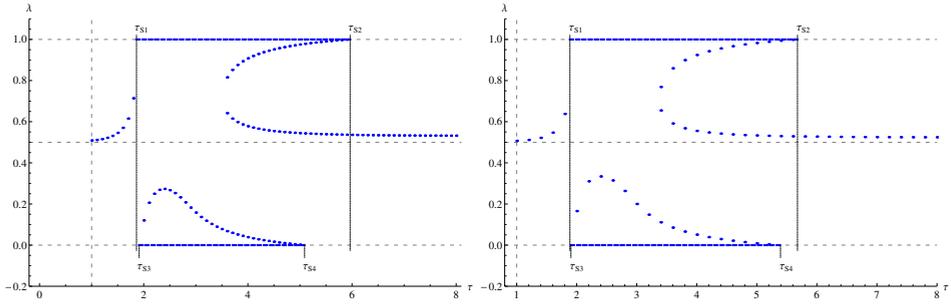
(a) Gleich große Regionen mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,540, \tau_{ss} \approx 1,539, \tilde{\tau}_{rr} = 1,101, \tilde{\tau}_{ss} = 1,1,$
 $\tau_{S1} \approx 1,944, \tau_{S2} \approx 4,497, \tau_{S3} \approx 1,939, \tau_{S4} \approx 4,5465$

(b) Gleich große Regionen mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,61, \tau_{ss} \approx 1,54, \tilde{\tau}_{rr} = 1,15, \tilde{\tau}_{ss} = 1,1,$
 $\tau_{S1} \approx 2,13, \tau_{S2} \approx 3,51, \tau_{S3} \approx 1,89, \tau_{S4} \approx 6,05$



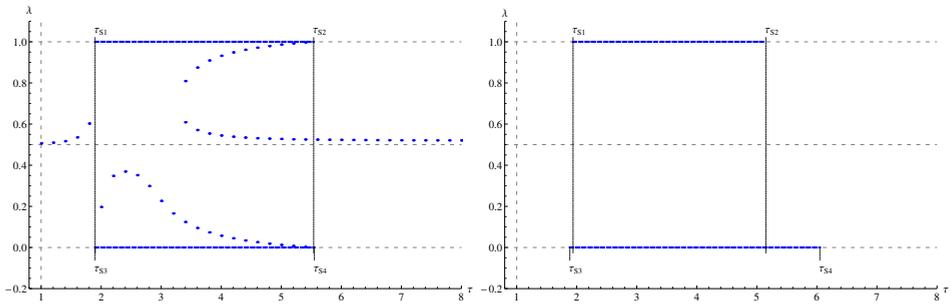
(c) Gleich große Regionen mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,82, \tau_{ss} \approx 1,54, \tilde{\tau}_{rr} = 1,3, \tilde{\tau}_{ss} = 1,1,$
 $\tau_{S3} \approx 1,822, \tau_{S4} \approx 13,474$

A Abbildungen



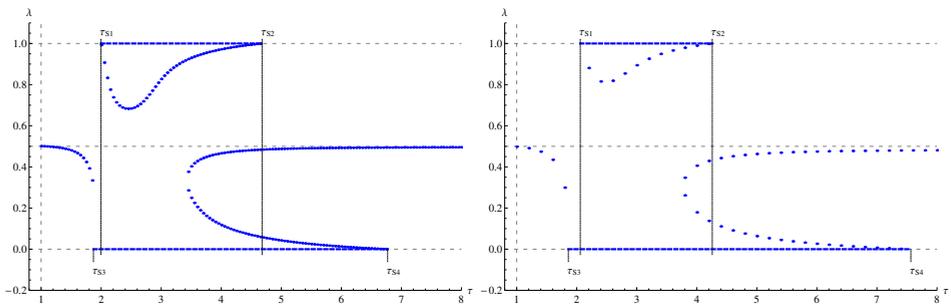
(d) Gleich große Regionen Var. 5a mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,06, b_{Hr,frac} = 0,09, b_{Ar,frac} = 0,85,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,57, \tau_{ss} \approx 1,54, \tilde{\tau}_{rr} = 1,12, \tilde{\tau}_{ss} = 1,1,$
 $\tau_{S1} \approx 1,862, \tau_{S2} \approx 5,963, \tau_{S3} \approx 1,912, \tau_{S4} \approx 5,089$

(e) Gleich große Regionen Var. 5d mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,06, b_{Hr,frac} = 0,09, b_{Ar,frac} = 0,85,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,58, \tau_{ss} \approx 1,54, \tilde{\tau}_{rr} = 1,13, \tilde{\tau}_{ss} = 1,1,$
 $\tau_{S1} \approx 1,886, \tau_{S2} \approx 5,677, \tau_{S3} \approx 1,904, \tau_{S4} \approx 5,394$



(f) Gleich große Regionen Var. 5d mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,06, b_{Hr,frac} = 0,09, b_{Ar,frac} = 0,85,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,588, \tau_{ss} \approx 1,54, \tilde{\tau}_{rr} = 1,135, \tilde{\tau}_{ss} = 1,1,$
 $\tau_{S1} \approx 1,8991, \tau_{S2} \approx 5,539, \tau_{S3} \approx 1,8990, \tau_{S4} \approx 5,552$

(g) Gleich große Regionen Var. 5d mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,06, b_{Hr,frac} = 0,09, b_{Ar,frac} = 0,85,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,61, \tau_{ss} \approx 1,54, \tilde{\tau}_{rr} = 1,15, \tilde{\tau}_{ss} = 1,1,$
 $\tau_{S1} \approx 1,939, \tau_{S2} \approx 5,15, \tau_{S3} \approx 1,885, \tau_{S4} \approx 6,049$

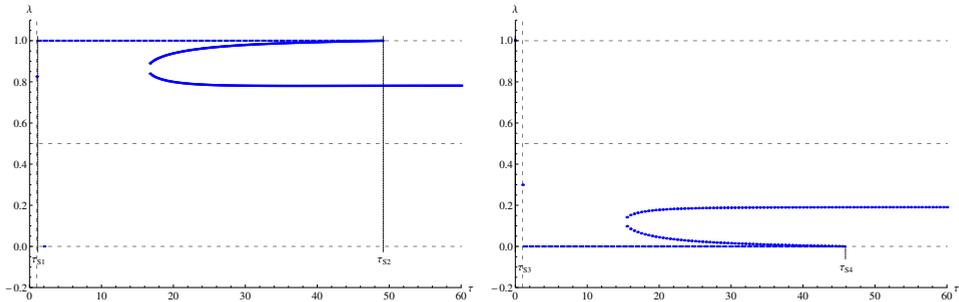


(h) Gleich große Regionen Var. 5d mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,06, b_{Hr,frac} = 0,09, b_{Ar,frac} = 0,85,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,637, \tau_{ss} \approx 1,54, \tilde{\tau}_{rr} = 1,17, \tilde{\tau}_{ss} = 1,1,$
 $\tau_{S1} \approx 1,996, \tau_{S2} \approx 4,68, \tau_{S3} \approx 1,871, \tau_{S4} \approx 6,771$

(i) Gleich große Regionen mit
 $\sigma = 5,5, b_r = 0,5, b_s = 0,5, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024,$
 $b_{Mr,frac} = 0,06, b_{Hr,frac} = 0,09, b_{Ar,frac} = 0,85,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90,$
 $\tau_{rr} \approx 1,67, \tau_{ss} \approx 1,54, \tilde{\tau}_{rr} = 1,19, \tilde{\tau}_{ss} = 1,1,$
 $\tau_{S1} \approx 2,059, \tau_{S2} \approx 4,257, \tau_{S3} \approx 1,860, \tau_{S4} \approx 7,565$

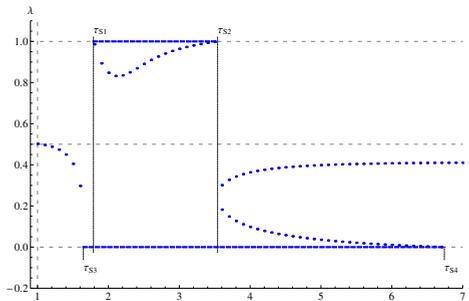
Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung A.3.2: Unterschiedlich große Regionen und intraregionale Transportkosten



(a) Unterschiedlich große Regionen Var. 6a3 und abweichende intraregionale Transportkosten mit $\sigma = 5,5, b_r = 0,6, b_s = 0,4, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90, b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90, \tau_{rr} = 1, \tau_{ss} = 1,493, \tilde{\tau}_{rr} = 1, \tilde{\tau}_{ss} = 1,1, \tau_{S1} \approx 1.119, \tau_{S2} \approx 49,169$

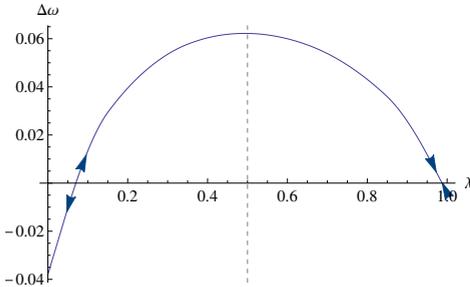
(b) Unterschiedlich große Regionen Var. 6a4 und abweichende intraregionale Transportkosten mit $\sigma = 5,5, b_r = 0,6, b_s = 0,4, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90, b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90, \tau_{rr} = 1,581, \tau_{ss} = 1, \tilde{\tau}_{rr} = 1,1, \tilde{\tau}_{ss} = 1, \tau_{S3} \approx 1.165, \tau_{S4} \approx 45,896$



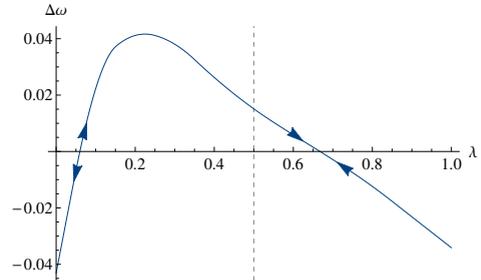
(c) Unterschiedlich große Regionen Var. 6d und abweichende intraregionale Transportkosten mit $\sigma = 5,5, b_r = 0,6, b_s = 0,4, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90, b_{Ms,frac} = 0,03, b_{Hs,frac} = 0,09, b_{As,frac} = 0,88, \tau_{rr} = 1,437, \tau_{ss} = 1,0001, \tilde{\tau}_{rr} = 1,357, \tilde{\tau}_{ss} = 1,0001, \tau_{S1} \approx 1,789, \tau_{S2} \approx 3,541, \tau_{S3} \approx 1,647, \tau_{S4} \approx 6,741$

Quelle: Eigene Darstellung.

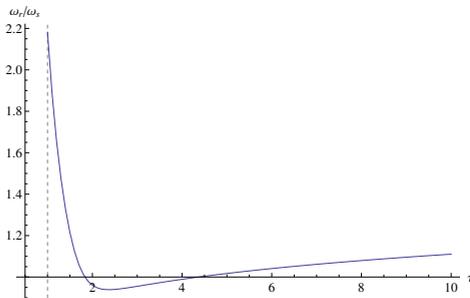
Abbildung A.3.3: Reallohndifferenzkurve und funktionaler Zusammenhang zwischen Reallohnverhältnis und Transportkosten bei unterschiedlich großen Regionen und intraregionalen Transportkosten



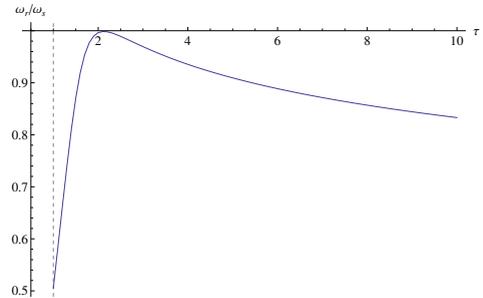
(a) Reallohndifferenzkurve bei $\tau = 2$ für unterschiedlich große Regionen Var. 6b und größenabhängige intraregionale Transportkosten



(b) Reallohndifferenzkurve bei $\tau = 3$ für unterschiedlich große Regionen Var. 6b und größenabhängige intraregionale Transportkosten



(c) ω_r/ω_s bei $\lambda = 0$ für unterschiedlich große Regionen Var. 6b und größenabhängige intraregionale Transportkosten



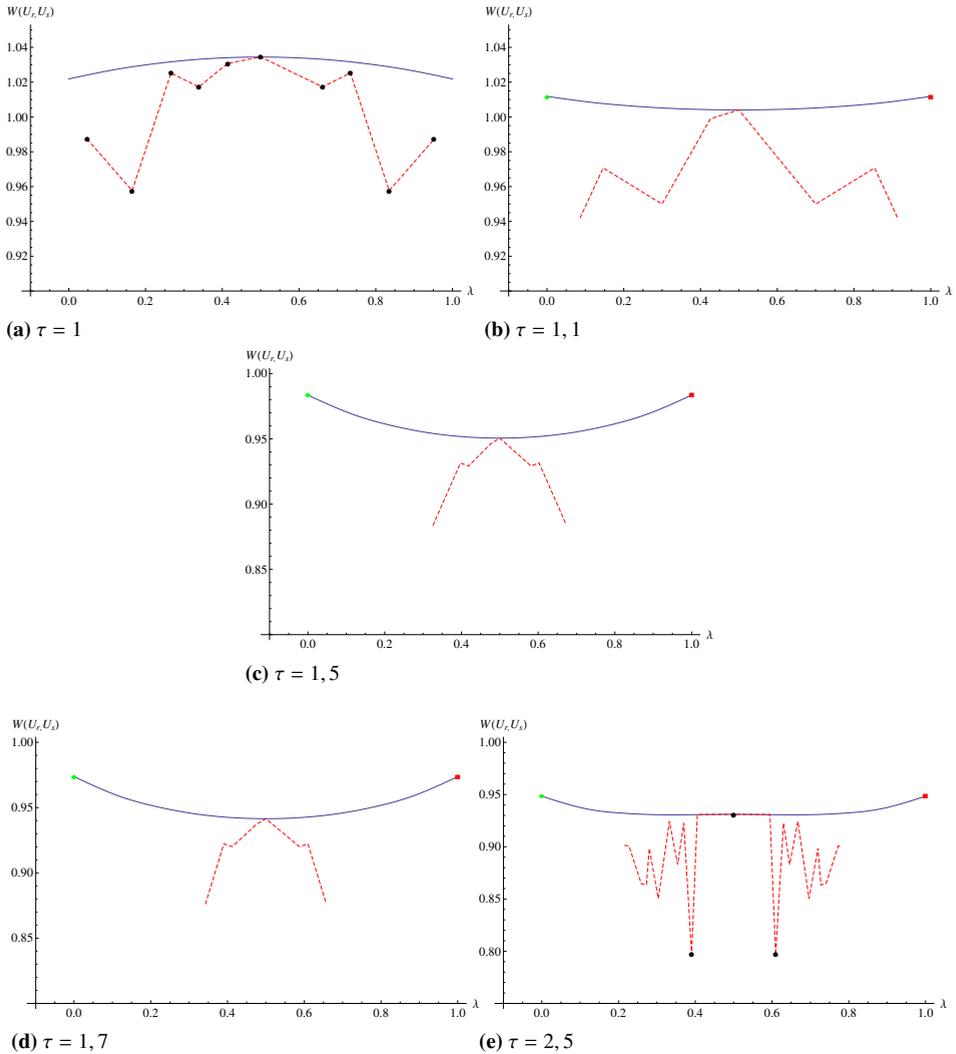
(d) ω_r/ω_s bei $\lambda = 1$ für unterschiedlich große Regionen Var. 6b und größenabhängige intraregionale Transportkosten

$\sigma = 5,5, b_r = 0,8, b_s = 0,2, \alpha = 0,99, \beta \approx 0,024, b_{Mr,frac} = 0,04, b_{Hr,frac} = 0,06, b_{Ar,frac} = 0,90,$
 $b_{Ms,frac} = 0,04, b_{Hs,frac} = 0,06, b_{As,frac} = 0,90, \tau_{rr} = 1,505, \tau_{ss} = 1,252, \bar{\tau}_{rr} = 1,0001, \bar{\tau}_{ss} = 1,0001$

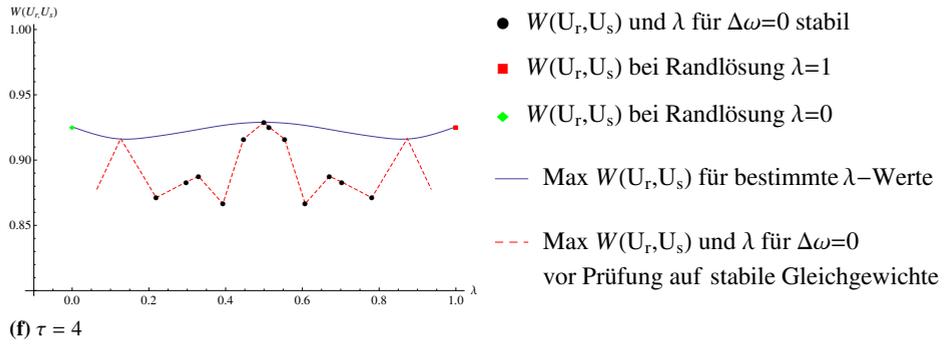
Quelle: Eigene Darstellung.

A.4 Zusätzliche Abbildungen zur Wohlfahrtsanalyse

Abbildung A.4.1: Maximale Wohlfahrt, Reallohndifferenz und Verteilung der Arbeitskräfte und des Bodens bei $\sigma = 5,5$, $b_r = 0,5$, $b_s = 0,5$, $\alpha = 0,99$, $\beta \approx 0,024$, inklusive instabiler Gleichgewichte

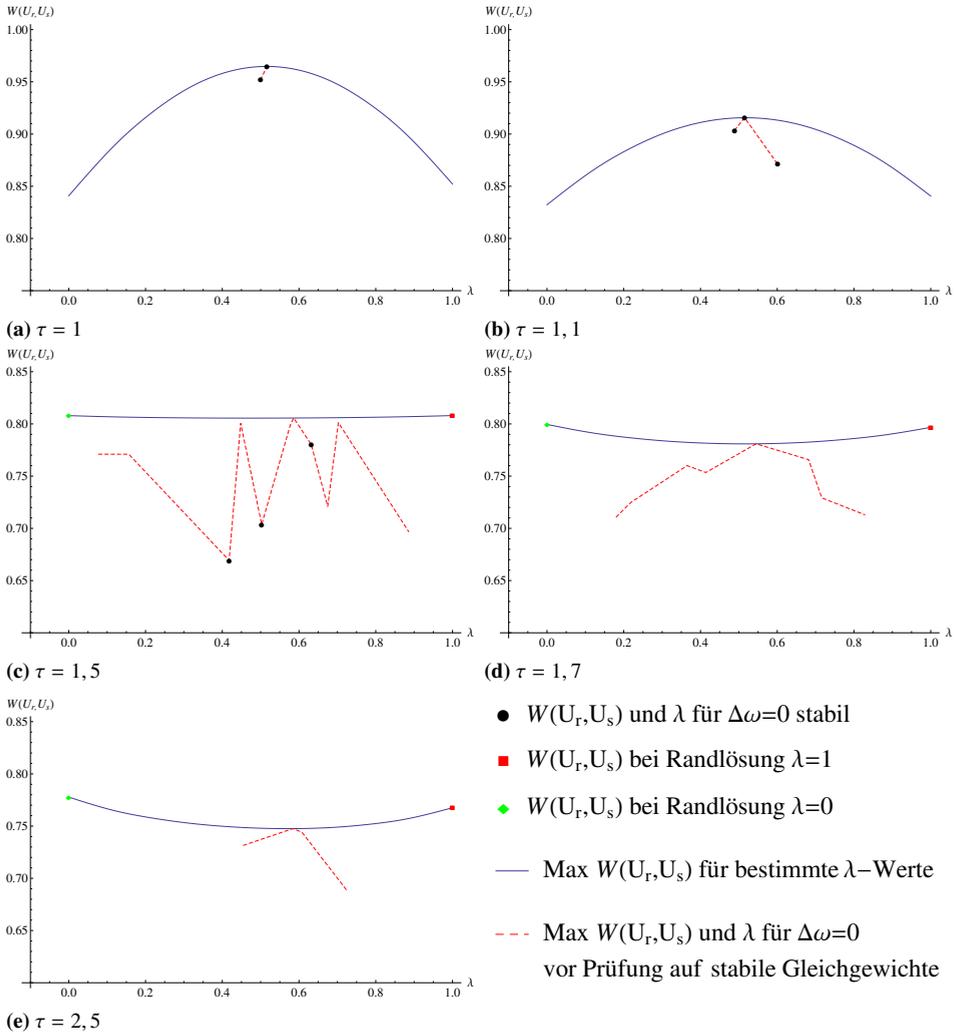


A Abbildungen



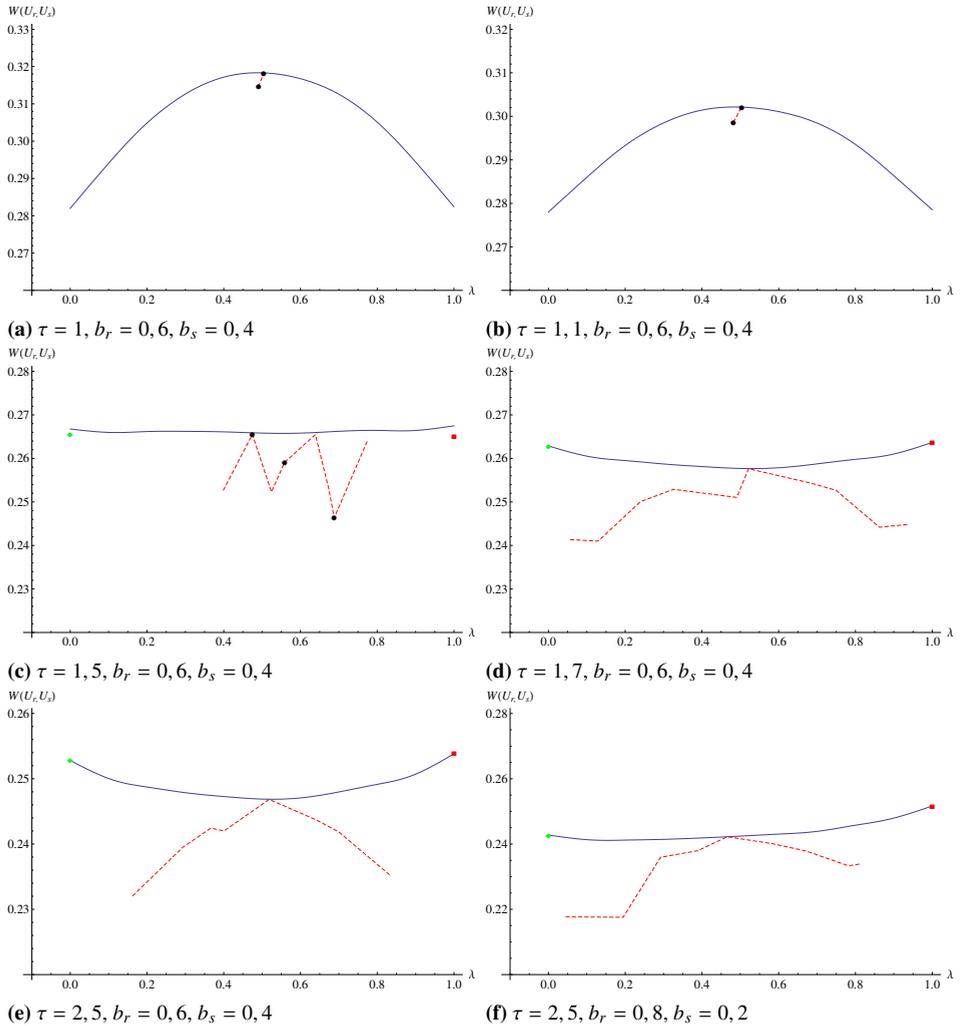
Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung A.4.2: Maximale Wohlfahrt, Reallohndifferenz und Verteilung der Arbeitskräfte und des Bodens bei $\sigma = 5,5$, $b_r = 0,6$, $b_s = 0,4$, $\alpha = 0,99$, $\beta \approx 0,024$, inklusive instabiler Gleichgewichte

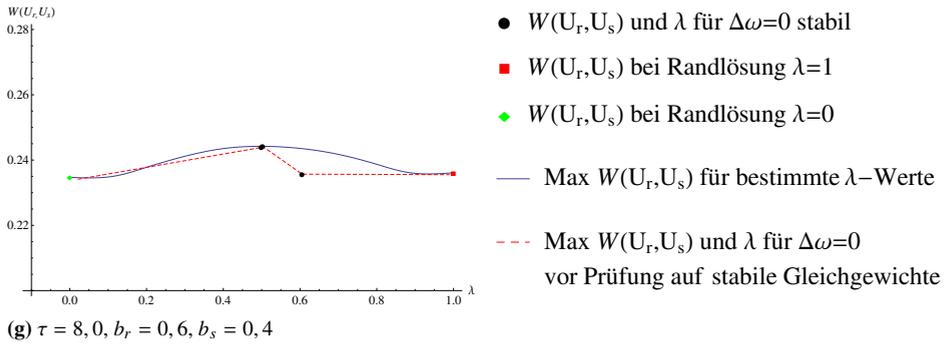


Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung A.4.3: Maximale Wohlfahrt, Reallohndifferenz und Verteilung der Arbeitskräfte und des Bodens bei $\sigma = 5,5$, $\alpha = 0,99$, $\beta \approx 0,024$, inklusive instabiler Gleichgewichte



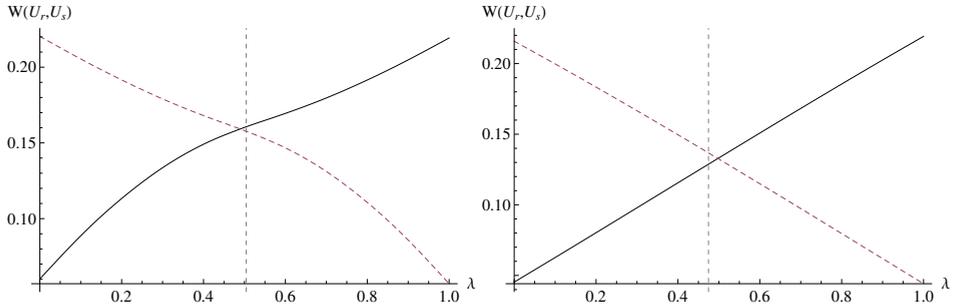
A.4 Zusätzliche Abbildungen zur Wohlfahrtsanalyse



Quelle: Eigene Darstellung.

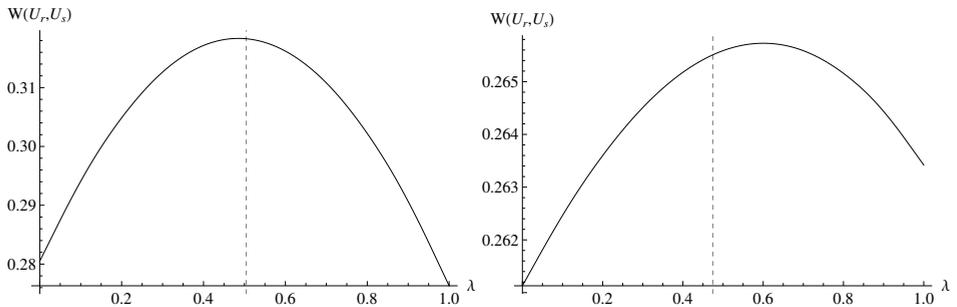
A Abbildungen

Abbildung A.4.4: Wohlfahrt in den Regionen bei $b_r = 0,6$ und $b_s = 0,4$ mit intraregionalen Transportkosten und ohne Einkommen aus der Bodennutzung im Fall höchste Wohlfahrt bei räumlich stabilem Gleichgewicht, $\sigma = 5,5$, $\alpha = 0,99$, $\beta \approx 0,024$



(a) Wohlfahrt der Regionen bei $\tau = 1$,
 $b_{Mr} = 0,2$, $b_{Hr} = 0,2$, $b_{Ar} = 0,6$, $b_{Ms} = 0,2$, $b_{Hs} = 0,4$, $b_{As} = 0,4$

(b) Wohlfahrt der Regionen bei $\tau = 1,5$,
 $b_{Mr} = 0,2$, $b_{Hr} = 0,2$, $b_{Ar} = 0,6$, $b_{Ms} = 0,2$, $b_{Hs} = 0,2$, $b_{As} = 0,6$



(c) Summe der Wohlfahrt bei $\tau = 1$

(d) Summe der Wohlfahrt bei $\tau = 1,5$

Abbildungen oben : — $W(U_r)$, — $W(U_s)$,
 Abbildungen unten : — $W(U_r, U_s)$,

senkrechte, gestrichelte Linie gibt das stabile Gleichgewicht zur höchsten Wohlfahrt an

Quelle: Eigene Darstellung.

B Weiterführende analytische Betrachtungen

B.1 Analyse des Verlaufs der Reallohndifferenzgleichung

Für die totalen Differentiale der Bodennutzungspreise (Gleichungen (4.64) bis (4.69)) ergibt sich unter Berücksichtigung von $b_s = 1 - b_r$ für die industrielle Bodennutzung:

$$dp_{BMr} = \frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}} d\lambda - \frac{\lambda B_M}{b_r b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac} - \frac{\lambda B_M}{b_r^2 b_{Mr,frac}} db_r, \quad (B.1)$$

$$dp_{BMs} = -\frac{B_M}{b_s b_{Ms,frac}} d\lambda - \frac{(1-\lambda)B_M}{b_s b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac} - \frac{(1-\lambda)B_M}{b_s^2 b_{Ms,frac}} db_s \quad \text{bzw.} \quad (B.2)$$

$$dp_{BMs} = -\frac{B_M}{(1-b_r) b_{Ms,frac}} d\lambda - \frac{(1-\lambda)B_M}{(1-b_r) b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac} + \frac{(1-\lambda)B_M}{(1-b_r)^2 b_{Ms,frac}} db_r, \quad (B.3)$$

und für die Bodennutzung als Wohnraum resultiert:

$$dp_{BMr} = \frac{B_H}{b_r b_{Hr,frac}} d\lambda - \frac{\lambda B_H}{b_r b_{Hr,frac}^2} db_{Hr,frac} - \frac{\lambda B_H}{b_r^2 b_{Hr,frac}} db_r, \quad (B.4)$$

$$dp_{BHs} = -\frac{B_H}{b_s b_{Hs,frac}} d\lambda - \frac{(1-\lambda)B_H}{b_s b_{Hs,frac}^2} db_{Hs,frac} - \frac{(1-\lambda)B_H}{b_s^2 b_{Hs,frac}} db_s \quad \text{bzw.} \quad (B.5)$$

$$dp_{BHs} = -\frac{B_H}{(1-b_r) b_{Hs,frac}} d\lambda - \frac{(1-\lambda)B_H}{(1-b_r) b_{Hs,frac}^2} db_{Hs,frac} + \frac{(1-\lambda)B_H}{(1-b_r)^2 b_{Hs,frac}} db_r. \quad (B.6)$$

Bei der Berechnung der Differentiale für die landwirtschaftlichen Preise ist zu beachten, dass für den landwirtschaftlichen Nominallohn $w_{Ar} = w_{As} = 1$ und für die Aufteilung der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte auf die Regionen $\phi_r = \phi_s = 0,5$ angenommen wird. Aus den Gleichungen (4.79) und (4.80) ergibt sich unter Berücksichtigung der Gleichungen (4.67) und (4.66) für den landwirtschaftlichen Sektor in der Region r :

$$dp_{Ar} = \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right)^\beta p_{BAr}^{1-\beta} \frac{dp_{BAr}}{p_{BAr}}. \quad (B.7)$$

Und mit Ersetzen von $dp_{BAr} = 0$ folgt:⁹¹

$$dp_{Ar} = \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right)^\beta \frac{1}{p_{BAr}^\beta} \left(-\frac{B_A}{2b_r^2 b_{Ar,frac}} db_r - \frac{B_A}{2b_r b_{Ar,frac}^2} db_{Ar,frac} \right). \quad (B.8)$$

⁹¹ Für die hier vorgenommene Analyse wird angenommen, dass kurzfristig die Bodenaufteilung gegeben ist. Da die landwirtschaftlichen Arbeitskräfte immobil sind, folgt, dass der landwirtschaftliche Bodenpreis keiner Veränderung unterliegt.

In der Region s resultiert bei analogem Vorgehen unter Beachtung von $b_s = 1 - b_r$:

$$dp_{As} = \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right)^\beta \frac{1}{p_{BA_s}^\beta} \left(-\frac{B_A}{2bs^2b_{As,frac}} db_s - \frac{B_A}{2bsb_{As,frac}^2} db_{As,frac} \right) \text{ bzw.} \quad (\text{B.9})$$

$$dp_{As} = \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right)^\beta \frac{1}{p_{BA_s}^\beta} \left(\frac{B_A}{2(1-b_r)^2b_{As,frac}} db_r - \frac{B_A}{2bsb_{As,frac}^2} db_{As,frac} \right). \quad (\text{B.10})$$

Die totalen Differentiale der industriellen Güterpreisindizes (Gleichungen (4.83) und (4.84)) lauten:

$$\begin{aligned} (1-\sigma)G_r^{1-\sigma} \frac{dG_r}{G_r} &= \frac{k_M^{1-\alpha}}{\alpha^\alpha(1-\alpha)^{1-\alpha}} \\ &\left[\left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \tau_{rr} \right)^{1-\sigma} d\lambda - \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \tau_{sr} \right)^{1-\sigma} d\lambda \right. \\ &+ \lambda(1-\sigma)\alpha \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \tau_{rr} \right)^{1-\sigma} \frac{dw_{Mr}}{w_{Mr}} \\ &+ (1-\lambda)(1-\sigma)\alpha \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \tau_{sr} \right)^{1-\sigma} \frac{dw_{Ms}}{w_{Ms}} \\ &+ \lambda(1-\sigma)(1-\alpha) \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \tau_{rr} \right)^{1-\sigma} \frac{dp_{BMr}}{p_{BMr}} \\ &+ (1-\lambda)(1-\sigma)(1-\alpha) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \tau_{sr} \right)^{1-\sigma} \frac{dp_{BMs}}{p_{BMs}} \\ &+ (1-\lambda)(1-\sigma) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{sr}}{\tau_{sr}} \\ &\left. + \lambda(1-\sigma) \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rr}}{\tau_{rr}} \right] \end{aligned} \quad (\text{B.11})$$

und

$$\begin{aligned}
 (1 - \sigma)G_s^{1-\sigma} \frac{dG_s}{G_s} &= \frac{k_M^{1-\alpha}}{\alpha^\alpha (1 - \alpha)^{1-\alpha}} \\
 &\left[- \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \tau_{ss} \right)^{1-\sigma} d\lambda + \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \tau_{rs} \right)^{1-\sigma} d\lambda \right. \\
 &+ (1 - \lambda)(1 - \sigma)\alpha \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \tau_{ss} \right)^{1-\sigma} \frac{dw_{Ms}}{w_{Ms}} \\
 &+ \lambda(1 - \sigma)\alpha \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \tau_{rs} \right)^{1-\sigma} \frac{dw_{Mr}}{w_{Mr}} \\
 &+ (1 - \lambda)(1 - \sigma)(1 - \alpha) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \tau_{ss} \right)^{1-\sigma} \frac{dp_{BMs}}{p_{BMs}} \\
 &+ \lambda(1 - \sigma)(1 - \alpha) \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \tau_{rs} \right)^{1-\sigma} \frac{dp_{BMr}}{p_{BMr}} \\
 &+ (1 - \lambda)(1 - \sigma) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{ss}}{\tau_{ss}} \\
 &\left. + \lambda(1 - \sigma) \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rr}}{\tau_{rr}} \right].
 \end{aligned} \tag{B.12}$$

Einsetzen der Gleichungen (B.1) und (B.3) liefert:

$$\begin{aligned}
 G_r^{1-\sigma} \frac{dG_r}{G_r} = & \frac{k_M^{1-\alpha}}{\alpha^\alpha (1-\alpha)^{1-\alpha} (1-\sigma)} \\
 & \left[\left\{ \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rr}^{1-\sigma} - \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr}^{1-\sigma} \right. \right. \\
 & - (1-\sigma)(1-\alpha)(1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{B_M}{b_s b_{Ms,frac}} \frac{1}{p_{BMs}} \\
 & \left. \left. + (1-\sigma)(1-\alpha)\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}} \frac{1}{p_{BMr}} \right\} d\lambda \right. \\
 & + (1-\sigma)(1-\alpha)(1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{1}{p_{BMs}} \\
 & \left(-\frac{(1-\lambda)B_M}{b_s^2 b_{Ms,frac}} db_s - \frac{(1-\lambda)B_M}{b_s b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac} \right) \\
 & + (1-\sigma)(1-\alpha)\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{1}{p_{BMr}} \\
 & \left(-\frac{(1-\lambda)B_M}{b_r^2 b_{Mr,frac}} db_r - \frac{(1-\lambda)B_M}{b_r b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac} \right) \\
 & + (1-\sigma)\alpha \left\{ \left((1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{dw_{Ms}}{w_{Ms}} \right) \right. \\
 & \left. + \left(\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{dw_{Mr}}{w_{Mr}} \right) \right\} \\
 & + (1-\sigma)(1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{sr}}{\tau_{sr}} \\
 & \left. + (1-\sigma)\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rr}}{\tau_{rr}} \right]
 \end{aligned} \tag{B.13}$$

und für die Region s

$$\begin{aligned}
 G_s^{1-\sigma} \frac{dG_s}{G_s} = & \frac{k_M^{1-\alpha}}{\alpha^\alpha (1-\alpha)^{1-\alpha} (1-\sigma)} \\
 & \left[\left\{ \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rs}^{1-\sigma} - \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{ss}^{1-\sigma} \right. \right. \\
 & - (1-\sigma)(1-\alpha)(1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{B_M}{b_s b_{Ms,frac}} \frac{1}{p_{BMs}} \\
 & \left. \left. + (1-\sigma)(1-\alpha)\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}} \frac{1}{p_{BMr}} \right\} d\lambda \right. \\
 & + (1-\sigma)(1-\alpha)(1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{1}{p_{BMs}} \\
 & \left(-\frac{(1-\lambda)B_M}{b_s^2 b_{Ms,frac}} db_s - \frac{(1-\lambda)B_M}{b_s b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac} \right) \\
 & + (1-\sigma)(1-\alpha)\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{1}{p_{BMr}} \\
 & \left(-\frac{(1-\lambda)B_M}{b_r^2 b_{Mr,frac}} db_r - \frac{(1-\lambda)B_M}{b_r b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac} \right) \\
 & + (1-\sigma)\alpha \left\{ \left((1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{dw_{Ms}}{w_{Ms}} \right) \right. \\
 & \left. + \left(\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{dw_{Mr}}{w_{Mr}} \right) \right\} \\
 & + (1-\sigma)(1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{ss}}{\tau_{ss}} \\
 & \left. + (1-\sigma)\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rs}}{\tau_{rs}} \right].
 \end{aligned} \tag{B.14}$$

Unter Berücksichtigung von $b_s = 1 - b_r$ kann die Veränderung der industriellen Preisindizes in den Regionen r und s wie folgt geschrieben werden:

$$\begin{aligned}
 G_r^{1-\sigma} \frac{dG_r}{G_r} = & \frac{k_M^{1-\alpha}}{\alpha^\alpha (1-\alpha)^{1-\alpha} (1-\sigma)} \\
 & \left[\left\{ \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rr}^{1-\sigma} - \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr}^{1-\sigma} \right. \right. \\
 & - (1-\sigma)(1-\alpha)(1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{sr}^{1-\sigma}}{p_{BMs}} \frac{B_M}{(1-b_r)b_{Ms,frac}} \\
 & + (1-\sigma)(1-\alpha)\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma}}{p_{BMr}} \frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}} \left. \right\} d\lambda \\
 & + (1-\sigma)(1-\alpha) B_M \left(\left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{sr}^{1-\sigma}}{p_{BMs}} \frac{(1-\lambda)^2}{(1-b_r)^2 b_{Ms,frac}} \right. \\
 & - \left. \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma}}{p_{BMr}} \frac{\lambda^2}{b_r^2 b_{Mr,frac}} \right) db_r \\
 & - (1-\sigma)(1-\alpha) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{sr}^{1-\sigma}}{p_{BMs}} \frac{(1-\lambda)^2 B_M}{(1-b_r)^2 b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac} \\
 & - (1-\sigma)(1-\alpha) \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma}}{p_{BMr}} \frac{\lambda^2 B_M}{b_r b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac} \\
 & + (1-\sigma)\alpha \left\{ \left((1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{dw_{Ms}}{w_{Ms}} \right) \right. \\
 & + \left. \left(\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{dw_{Mr}}{w_{Mr}} \right) \right\} \\
 & + (1-\sigma)(1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{sr}}{\tau_{sr}} \\
 & + (1-\sigma)\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rr}}{\tau_{rr}} \left. \right] \tag{B.15}
 \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned}
 G_s^{1-\sigma} \frac{dG_s}{G_s} = & \frac{k_M^{1-\alpha}}{\alpha^\alpha (1-\alpha)^{1-\alpha} (1-\sigma)} \\
 & \left[\left\{ \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rs}^{1-\sigma} - \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{ss}^{1-\sigma} \right. \right. \\
 & - (1-\sigma)(1-\alpha)(1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{ss}^{1-\sigma}}{p_{BMs} (1-b_r) b_{Ms,frac}} \frac{B_M}{b_{Ms,frac}} \\
 & \left. \left. + (1-\sigma)(1-\alpha)\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{rs}^{1-\sigma}}{p_{BMr} b_r b_{Mr,frac}} \frac{B_M}{b_{Mr,frac}} \right\} d\lambda \right. \\
 & + (1-\sigma)(1-\alpha) B_M \left(\left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{ss}^{1-\sigma}}{p_{BMs} (1-b_r)^2 b_{Ms,frac}} (1-\lambda)^2 \right. \\
 & \left. - \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{rs}^{1-\sigma}}{p_{BMr} b_r^2 b_{Mr,frac}} \frac{\lambda^2}{b_{Mr,frac}} \right) db_r \\
 & - (1-\sigma)(1-\alpha) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{ss}^{1-\sigma}}{p_{BMs} (1-b_r) b_{Ms,frac}^2} \frac{(1-\lambda)^2 B_M}{b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac} \\
 & - (1-\sigma)(1-\alpha) \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{rs}^{1-\sigma}}{p_{BMr} b_r b_{Mr,frac}^2} \frac{\lambda^2 B_M}{b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac} \\
 & + (1-\sigma)\alpha \left\{ \left((1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{dw_{Ms}}{w_{Ms}} \right) \right. \\
 & \left. + \left(\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{dw_{Mr}}{w_{Mr}} \right) \right\} \\
 & + (1-\sigma)(1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{ss}}{\tau_{ss}} \\
 & \left. + (1-\sigma)\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rs}}{\tau_{rs}} \right]. \tag{B.16}
 \end{aligned}$$

Für die Nominallohngleichungen (Gleichungen (4.87) und (4.88)) in den Regionen ergeben sich die folgenden totalen Differentiale:

$$\begin{aligned}
 \sigma\alpha w_{Mr}^{\alpha\sigma} \frac{dw_{Mr}}{w_{Mr}} &= (\alpha - 1)\sigma(\mu_M + \mu_A) \left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \right) p_{BMr}^{(\alpha-1)\sigma} \frac{dp_{BMr}}{p_{BMr}} \\
 &+ p_{BMr}^{(\alpha-1)\sigma} (\mu_M + \mu_A) \left(G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} dY_r + (\sigma - 1) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{dG_r}{G_r} \right. \\
 &+ G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} dY_s + (\sigma - 1) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{dG_s}{G_s} \\
 &\left. + (1 - \sigma) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rr}}{\tau_{rr}} + (1 - \sigma) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rs}}{\tau_{rs}} \right)
 \end{aligned} \tag{B.17}$$

und

$$\begin{aligned}
 \sigma\alpha w_{Ms}^{\alpha\sigma} \frac{dw_{Ms}}{w_{Ms}} &= (\alpha - 1)\sigma(\mu_M + \mu_A) \left(Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} + Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \right) p_{BMs}^{(\alpha-1)\sigma} \frac{dp_{BMs}}{p_{BMs}} \\
 &+ p_{BMs}^{(\alpha-1)\sigma} (\mu_M + \mu_A) \left(G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} dY_s + (\sigma - 1) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{dG_s}{G_s} \right. \\
 &+ G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} dY_r + (\sigma - 1) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{dG_r}{G_r} \\
 &\left. + (1 - \sigma) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{sr}}{\tau_{sr}} + (1 - \sigma) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{ss}}{\tau_{ss}} \right).
 \end{aligned} \tag{B.18}$$

Werden ebenfalls die Gleichungen (B.1) und (B.3) an den entsprechenden Stellen für den Bodenpreis eingesetzt, ergibt sich:

$$\begin{aligned}
 \sigma\alpha w_{Mr}^{\alpha\sigma} \frac{dw_{Mr}}{w_{Mr}} &= p_{BMr}^{(\alpha-1)\sigma} (\mu_M + \mu_A) \left((\alpha - 1)\sigma \frac{1}{p_{BMr}} \left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \right) \right. \\
 &\left(\frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}} d\lambda - \frac{\lambda B_M}{b_r^2 b_{Mr,frac}} db_r - \frac{\lambda B_M}{b_r b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac} \right) \\
 &+ G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} dY_r + G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} dY_s \\
 &+ (\sigma - 1) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{dG_r}{G_r} + (\sigma - 1) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{dG_s}{G_s} \\
 &\left. + (1 - \sigma) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rr}}{\tau_{rr}} + (1 - \sigma) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rs}}{\tau_{rs}} \right)
 \end{aligned} \tag{B.19}$$

und

$$\begin{aligned}
 \sigma \alpha w_{Ms}^{\alpha \sigma} \frac{dw_{Ms}}{w_{Ms}} = & p_{BM_s}^{(\alpha-1)\sigma} (\mu_M + \mu_A) \left((\alpha - 1) \sigma \frac{1}{p_{BM_s}} \left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \right) \right. \\
 & \left(-\frac{B_M}{b_s b_{Ms,frac}} d\lambda - \frac{(1-\lambda)B_M}{b_s^2 b_{Ms,frac}} db_s - \frac{(1-\lambda)B_M}{b_s b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac} \right) \\
 & + G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} dY_r + G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} dY_s \\
 & + (\sigma - 1) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{dG_r}{G_r} + (\sigma - 1) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{dG_s}{G_s} \\
 & \left. + (1 - \sigma) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{sr}}{\tau_{sr}} + (1 - \sigma) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{ss}}{\tau_{ss}} \right). \tag{B.20}
 \end{aligned}$$

Mit $b_s = 1 - b_r$ resultiert für die Veränderung der Nominallohnleichung:

$$\begin{aligned}
 \sigma \alpha w_{Ms}^{\alpha \sigma} \frac{dw_{Ms}}{w_{Ms}} = & p_{BM_s}^{(\alpha-1)\sigma} (\mu_M + \mu_A) \left((\alpha - 1) \sigma \frac{1}{p_{BM_s}} \left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \right) \right. \\
 & \left(-\frac{B_M}{b_s b_{Ms,frac}} d\lambda + \frac{(1-\lambda)B_M}{(1-b_r)^2 b_{Ms,frac}} db_r - \frac{(1-\lambda)B_M}{b_s b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac} \right) \\
 & + G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} dY_r + G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} dY_s \\
 & + (\sigma - 1) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{dG_r}{G_r} + (\sigma - 1) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{dG_s}{G_s} \\
 & \left. + (1 - \sigma) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{sr}}{\tau_{sr}} + (1 - \sigma) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{ss}}{\tau_{ss}} \right). \tag{B.21}
 \end{aligned}$$

B.1 Analyse des Verlaufs der Reallohndifferenzgleichung

Bilden der totalen Differentiale für das Gesamteinkommen (Gleichungen (4.85) und (4.86)) in den Regionen ergibt:

$$\begin{aligned}
 dY_r = & \left(\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} w_{Mr} + B_M + B_H + \frac{2\lambda B_M^2}{b_r b_{Mr,frac}} + \frac{2\lambda B_H^2}{b_r b_{Hr,frac}} \right) d\lambda \\
 & + \lambda \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} dw_{Mr} - \left(\frac{\lambda^2 B_M^2}{b_r^2 b_{Mr,frac}} + \frac{\lambda^2 B_H^2}{b_r^2 b_{Hr,frac}} + \frac{B_A^2}{4b_r^2 b_{Ar,frac}} \right) db_r \\
 & - \frac{\lambda^2 B_M^2}{b_r b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac} - \frac{\lambda^2 B_H^2}{b_r b_{Hr,frac}^2} db_{Hr,frac} - \frac{B_A^2}{4b_r b_{Ar,frac}^2} db_{Ar,frac}
 \end{aligned} \tag{B.22}$$

und

$$\begin{aligned}
 dY_s = & - \left(\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} w_{Ms} + B_M + B_H + \frac{2(1-\lambda)B_M^2}{b_s b_{Ms,frac}} + \frac{2(1-\lambda)B_H^2}{b_s b_{Hs,frac}} \right) d\lambda \\
 & + (1-\lambda) \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} dw_{Ms} \\
 & - \left(\frac{(1-\lambda)^2 B_M^2}{b_s^2 b_{Ms,frac}} + \frac{(1-\lambda)^2 B_H^2}{b_s^2 b_{Hs,frac}} + \frac{B_A^2}{4b_s^2 b_{As,frac}} \right) db_s \\
 & - \frac{(1-\lambda)^2 B_M^2}{b_s b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac} - \frac{(1-\lambda)^2 B_H^2}{b_s b_{Hs,frac}^2} db_{Hs,frac} - \frac{B_A^2}{4b_s b_{As,frac}^2} db_{As,frac},
 \end{aligned} \tag{B.23}$$

bzw. mit $b_s = 1 - b_r$:

$$\begin{aligned}
 dY_s = & - \left(\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} w_{Ms} + B_M + B_H + \frac{2(1-\lambda)B_M^2}{b_s b_{Ms,frac}} + \frac{2(1-\lambda)B_H^2}{b_s b_{Hs,frac}} \right) d\lambda \\
 & + (1-\lambda) \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} dw_{Ms} \\
 & + \left(\frac{(1-\lambda)^2 B_M^2}{(1-b_r)^2 b_{Ms,frac}} + \frac{(1-\lambda)^2 B_H^2}{(1-b_r)^2 b_{Hs,frac}} + \frac{B_A^2}{4(1-b_r)^2 b_{As,frac}} \right) db_r \\
 & - \frac{(1-\lambda)^2 B_M^2}{b_s b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac} - \frac{(1-\lambda)^2 B_H^2}{b_s b_{Hs,frac}^2} db_{Hs,frac} - \frac{B_A^2}{4b_s b_{As,frac}^2} db_{As,frac}.
 \end{aligned} \tag{B.24}$$

Die vorliegenden Differentiale der Simulationsgleichungen können grundsätzlich genutzt werden, um den Ausdruck $d\Delta\omega/d\lambda$ zu erhalten. Dies erfolgt über Einsetzen bzw. bei komplexeren Gleichungssystemen durch Eliminationsverfahren. Von Interesse ist hierbei das Verhalten der Reallohndifferenzkurve bei einer Veränderung des Anteils der Arbeitskräfte in den Regionen. Um ein passendes Vorgehen zu wählen, werden die totalen Differentiale mit ihren Abhängigkeiten zu den anderen Differentialen und weiteren Größen, die nicht durch Setzungen/Konstante bestimmt werden, nachfolgend dargestellt. Zur Reduktion der Komplexität wird vorerst auf die Betrachtung einer Änderung der Transportkosten sowie auf die der Größe einer Region oder auf die des verfügbaren Bodens für die Nutzungsformen verzichtet. Dies entspricht dem Vorgehen eines Simulationslaufes und einer kurzfristigen Analyse. Für eine umfassende Analyse sind diese Einschränkungen aufzuheben. Dieses Vorgehen wird gewählt, da sich bereits im Ergebnis der Analyse dieses vereinfachten Ansatzes zeigt, dass komplexe und entsprechend aufwendig zu interpretierende Ausdrücke resultieren. Die Differentialausdrücke und ihre Abhängigkeit zu anderen Größen lassen sich mit den beschriebenen Vereinfachungen formulieren:

$$(B.19) \quad dw_{Mr}(\ d\lambda, \ dY_s, \ dG_s, \ \text{---}, \ dY_r, \ dG_r, \ \text{---}, \ Y_s, G_s, w_{Mr}, Y_r, G_r),$$

$$(B.20) \quad dw_{Ms}(\ d\lambda, \ dY_s, \ dG_s, \ \text{---}, \ dY_r, \ dG_r, \ \text{---}, \ w_{Ms}, Y_s, G_s, Y_r, G_r),$$

$$(B.13) \quad dG_r(\ d\lambda, \ \text{---}, \ \text{---}, \ dw_{Ms}, \ \text{---}, \ \text{---}, \ dw_{Mr}, \ w_{Ms}, w_{Mr}, G_r),$$

$$(B.14) \quad dG_s(\ d\lambda, \ \text{---}, \ \text{---}, \ dw_{Ms}, \ \text{---}, \ \text{---}, \ dw_{Mr}, \ w_{Ms}, G_s, w_{Mr}),$$

$$(B.22) \quad dY_r(\ d\lambda, \ \text{---}, \ \text{---}, \ \text{---}, \ \text{---}, \ \text{---}, \ dw_{Mr}, \ w_{Mr}),$$

$$(B.23) \quad dY_s(\ d\lambda, \ \text{---}, \ \text{---}, \ dw_{Ms}, \ \text{---}, \ \text{---}, \ \text{---}, \ w_{Ms}),$$

$$(4.126) \quad d\Delta\omega(\ \text{---}, \ \text{---}, \ dG_s, \ dw_{Ms}, \ \text{---}, \ dG_r, \ dw_{Mr}, \ w_{Ms}, G_s, w_{Mr}, G_r).$$

Ersichtlich ist, dass mit den Gleichungen (B.22) und (B.23) dY_s und dY_r in den Gleichungen (B.19) und (B.20) eliminiert werden können. Hieraus folgt:

$$(B.19)' \quad dw_{Mr}(\ d\lambda, \ \text{---}, \ dG_s, \ dw_{Ms}, \ \text{---}, \ dG_r, \ dw_{Mr}, \ Y_s, G_s, w_{Mr}, Y_r, G_r),$$

$$(B.20)' \quad dw_{Ms}(\ d\lambda, \ \text{---}, \ dG_s, \ dw_{Ms}, \ \text{---}, \ dG_r, \ dw_{Mr}, \ w_{Ms}, Y_s, G_s, Y_r, G_r),$$

$$(B.13) \quad dG_r(\ d\lambda, \ \text{---}, \ \text{---}, \ dw_{Ms}, \ \text{---}, \ \text{---}, \ dw_{Mr}, \ w_{Ms}, w_{Mr}, G_r),$$

$$(B.14) \quad dG_s(\ d\lambda, \ \text{---}, \ \text{---}, \ dw_{Ms}, \ \text{---}, \ \text{---}, \ dw_{Mr}, \ w_{Ms}, G_s, w_{Mr}),$$

$$(4.126) \quad d\Delta\omega(\ \text{---}, \ \text{---}, \ dG_s, \ dw_{Ms}, \ \text{---}, \ dG_r, \ dw_{Mr}, \ w_{Ms}, G_s, w_{Mr}, G_r).$$

B.1 Analyse des Verlaufs der Reallohndifferenzgleichung

Lassen sich (B.19)‘ nach dw_{Mr} und (B.20)‘ nach dw_{Ms} auflösen, resultiert:

$$(B.19)'' \quad dw_{Mr}(\quad d\lambda, \quad -, \quad dG_s, \quad dw_{Ms}, \quad -, \quad dG_r, \quad -, \quad Y_s, G_s, w_{Mr}, Y_r, G_r),$$

$$(B.20)'' \quad dw_{Ms}(\quad d\lambda, \quad -, \quad dG_s, \quad -, \quad -, \quad dG_r, \quad dw_{Mr}, \quad w_{Ms}, Y_s, G_s, Y_r, G_r),$$

$$(B.13) \quad dG_r(\quad d\lambda, \quad -, \quad -, \quad dw_{Ms}, \quad -, \quad -, \quad dw_{Mr}, \quad w_{Ms}, w_{Mr}, G_r),$$

$$(B.14) \quad dG_s(\quad d\lambda, \quad -, \quad -, \quad dw_{Ms}, \quad -, \quad -, \quad dw_{Mr}, \quad w_{Ms}, G_s, w_{Mr}),$$

$$(4.126) \quad d\Delta\omega(\quad -, \quad -, \quad dG_s, \quad dw_{Ms}, \quad -, \quad dG_r, \quad dw_{Mr}, \quad w_{Ms}, G_s, w_{Mr}, G_r).$$

Durch gegenseitiges Eliminieren von dw_{Ms} in (B.19)'' und von dw_{Mr} in (B.20)'' kann geschrieben werden (auf die Darstellung der weiteren Größen wird verzichtet):

$$(B.19)''' \quad dw_{Mr}(\quad d\lambda, \quad -, \quad dG_s, \quad -, \quad -, \quad dG_r, \quad -, \quad \dots),$$

$$(B.20)''' \quad dw_{Ms}(\quad d\lambda, \quad -, \quad dG_s, \quad -, \quad -, \quad dG_r, \quad -, \quad \dots),$$

$$(B.13) \quad dG_r(\quad d\lambda, \quad -, \quad -, \quad dw_{Ms}, \quad -, \quad -, \quad dw_{Mr}, \quad \dots),$$

$$(B.14) \quad dG_s(\quad d\lambda, \quad -, \quad -, \quad dw_{Ms}, \quad -, \quad -, \quad dw_{Mr}, \quad \dots),$$

$$(4.126) \quad d\Delta\omega(\quad -, \quad -, \quad dG_s, \quad dw_{Ms}, \quad -, \quad dG_r, \quad dw_{Mr}, \quad \dots).$$

Letztlich sollte entweder das direkte Substituieren von dw_{Ms} und dw_{Mr} mit Hilfe von (B.19)''' und (B.20)''' sowie das Verwenden von (B.13) bzw. (B.14) oder vorheriges Einsetzen in (B.13) und (B.14) zu dem folgenden Ergebnis führen (ggf. sind weitere Operationen notwendig, um die Anzahl der weiteren Größen zu reduzieren):

$$(4.126)' \quad d\Delta\omega(\quad d\lambda, \quad -, \quad dG_s, \quad -, \quad -, \quad -, \quad -),$$

bzw.

$$(4.126)'' \quad d\Delta\omega(\quad d\lambda, \quad -, \quad -, \quad -, \quad -, \quad dG_r, \quad -).$$

Die sechs Differentialausdrücke lassen sich durch Einsetzen der Gleichungen (B.22) und (B.23) in die Gleichungen (B.19) und (B.20) auf vier Gleichungen reduzieren. Anschließend lässt sich mit den bereits erwähnten vereinfachenden Annahmen ein Matrixsystem aufstellen, bei welchem die nicht-linearen Ausdrücke in den Koeffizienten enthalten sind.

Es ergibt sich für die Gleichung (B.19) mit den Gleichungen (B.22) und (B.23):

$$\begin{aligned}
 & dw_{Mr} \left(\alpha \sigma \frac{w_{Mr}^{\sigma\alpha}}{w_{Mr}} - \lambda \mu_M \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma} G_r^{\sigma-1}}{p_{BMr}^{(1-\alpha)\sigma}} \right) = \\
 & p_{BMr}^{(\alpha-1)\sigma} (\mu_M + \mu_A) \left((Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma}) (\alpha - 1) \sigma \frac{1}{p_{BMr}} \frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}} \right. \\
 & \quad + G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \left(\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} w_{Mr} + B_M + B_H + \frac{2\lambda B_M^2}{b_r b_{Mr,frac}} + \frac{2\lambda B_H^2}{b_r b_{Hr,frac}} \right) \\
 & \quad \left. - G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \left(\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} w_{Ms} + B_M + B_H + \frac{2(1-\lambda) B_M^2}{b_s b_{Ms,frac}} + \frac{2(1-\lambda) B_H^2}{b_s b_{Hs,frac}} \right) \right) d\lambda \\
 & - \left((Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma}) (\alpha - 1) \sigma \frac{1}{p_{BMr}} \frac{\lambda B_M}{b_r^2 b_{Mr,frac}} \right. \\
 & \quad + G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \left(\frac{\lambda^2 B_M^2}{b_r^2 b_{Mr,frac}} + \frac{\lambda^2 B_H^2}{b_r^2 b_{Hr,frac}} \frac{B_A^2}{4b_r^2 b_{Ar,frac}} \right) \\
 & \quad \left. - G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \left(\frac{(1-\lambda)^2 B_M^2}{b_s^2 b_{Ms,frac}} + \frac{(1-\lambda)^2 B_H^2}{b_s^2 b_{Hs,frac}} + \frac{B_A^2}{4b_s^2 b_{As,frac}} \right) \right) db_r \\
 & - \left((Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma}) (\alpha - 1) \sigma \frac{1}{p_{BMr}} \frac{\lambda B_M}{b_r b_{Mr,frac}^2} \right. \\
 & \quad \left. + G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{\lambda^2 B_M^2}{b_r b_{Mr,frac}^2} \right) db_{Mr,frac} \\
 & - G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \left[\frac{\lambda^2 B_H^2}{b_r b_{Hr,frac}^2} db_{Hr,frac} + \frac{B_A^2}{4b_r b_{Ar,frac}^2} db_{Ar,frac} \right] \\
 & - G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \left[\frac{(1-\lambda)^2 B_H^2}{b_s b_{Hs,frac}^2} db_{Hs,frac} + \frac{(1-\lambda)^2 B_M^2}{b_s b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac} \right. \\
 & \quad \left. + \frac{B_A^2}{4b_s^2 b_{As,frac}^2} db_{As,frac} \right] \\
 & + (1-\lambda) \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} dw_{Ms} \\
 & + (\sigma - 1) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{dG_r}{G_r} + (\sigma - 1) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{dG_s}{G_s} \\
 & + (1-\sigma) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rr}}{\tau_{rr}} + (1-\sigma) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{rs}}{\tau_{rs}},
 \end{aligned} \tag{B.25}$$

und für die Gleichung (B.20) mit den Gleichungen (B.22) und (B.23):

$$\begin{aligned}
 & dw_{Ms} \left(\alpha \sigma \frac{w_{Ms}^{\sigma \alpha}}{w_{Ms}} - \lambda \mu_M \frac{\tau_{ss}^{1-\sigma} G_s^{\sigma-1}}{p_{BMs}^{(1-\alpha)\sigma}} \right) = \\
 & p_{BMs}^{(\alpha-1)\sigma} (\mu_M + \mu_A) \left(- \left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \right) (\alpha-1) \sigma \frac{1}{p_{BMs}} \frac{B_M}{b_s b_{Ms,frac}} \right. \\
 & \quad + G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \left(\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} w_{Mr} + B_M + B_H + \frac{2\lambda B_M^2}{b_r b_{Mr,frac}} + \frac{2\lambda B_H^2}{b_r b_{Hr,frac}} \right) \\
 & \quad \left. - G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \left(\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} w_{Ms} + B_M + B_H + \frac{2(1-\lambda) B_M^2}{b_s b_{Ms,frac}} + \frac{2(1-\lambda) B_H^2}{b_s b_{Hs,frac}} \right) \right) d\lambda \\
 & - \left(\left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \right) (\alpha-1) \sigma \frac{1}{p_{BMs}} \frac{(1-\lambda) B_M}{b_s^2 b_{Mr,frac}} \right. \\
 & \quad \left. - G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \left(\frac{\lambda^2 B_M^2}{b_r^2 b_{Mr,frac}} + \frac{\lambda^2 B_H^2}{b_r^2 b_{Hr,frac}} \frac{B_A^2}{4b_r^2 b_{Ar,frac}} \right) \right. \\
 & \quad \left. + G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \left(\frac{(1-\lambda)^2 B_M^2}{b_s^2 b_{Ms,frac}} + \frac{(1-\lambda)^2 B_H^2}{b_s^2 b_{Hs,frac}} + \frac{B_A^2}{4b_s^2 b_{As,frac}} \right) \right) db_r \\
 & - \left(\left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \right) (\alpha-1) \sigma \frac{1}{p_{BMs}} \frac{(1-\lambda) B_M}{b_s b_{Ms,frac}^2} \right. \\
 & \quad \left. + G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{(1-\lambda)^2 B_M^2}{b_s b_{Ms,frac}^2} \right) db_{Ms,frac} \\
 & - G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \left[\frac{(1-\lambda)^2 B_H^2}{(1-b_r) b_{Hs,frac}^2} db_{Hs,frac} + \frac{B_A^2}{4(1-b_r) b_{As,frac}^2} db_{As,frac} \right] \\
 & - G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \left[\frac{\lambda^2 B_H^2}{b_r b_{Hr,frac}^2} db_{Hr,frac} + \frac{\lambda^2 B_M^2}{b_r b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac} \right. \\
 & \quad \left. + \frac{B_A^2}{4b_r^2 b_{Ar,frac}^2} db_{Ar,frac} \right] \\
 & + \lambda \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} dw_{Mr} \\
 & + (\sigma-1) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{dG_r}{G_r} + (\sigma-1) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{dG_s}{G_s} \\
 & + (1-\sigma) Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{sr}}{\tau_{sr}} + (1-\sigma) Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{d\tau_{ss}}{\tau_{ss}}.
 \end{aligned} \tag{B.26}$$

B Weiterführende analytische Betrachtungen

Mit den erwähnten vereinfachenden Annahme einer kurzfristig konstanter Bodenaufteilung, wird ein Matrixsystem aufgestellt, bei welchem die nicht-linearen Ausdrücke in den Koeffizienten enthalten sind. Hierbei nehmen die Terme db_r , db_s , $db_{Mr,frac}$, $db_{Ms,frac}$, $db_{Hr,frac}$, $db_{Hs,frac}$, $db_{Ar,frac}$, $db_{As,frac}$ den Wert null an. Auflösen der Gleichungen (B.15), (B.16), (B.25) und (B.26) nach $d\lambda$ liefert:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & -a_{12} & -a_{13} & -a_{14} \\ -a_{21} & a_{22} & -a_{23} & -a_{24} \\ -a_{31} & -a_{32} & a_{33} & 0 \\ -a_{41} & -a_{42} & 0 & a_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dw_{Ms} \\ dw_{Mr} \\ dG_r/G_r \\ dG_s/G_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d\lambda b_1 \\ d\lambda b_2 \\ d\lambda b_3 \\ d\lambda b_4 \end{bmatrix}, \quad (\text{B.27})$$

mit

$$\begin{aligned} a_{11} &= \frac{w_{Ms}^{\sigma\alpha}}{w_{Ms}} \left(\frac{\alpha\sigma}{\mu_M + \mu_A} \frac{1}{p_{BMs}^{(\alpha-1)\sigma}} - \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} (1-\lambda) G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{w_{Ms}}{w_{Ms}^{\sigma\alpha}} \right), \\ a_{12} &= G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \lambda \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A}, \\ a_{13} &= G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} (\sigma-1) Y_r, \\ a_{14} &= G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} (\sigma-1) Y_s, \\ b_1 &= - \left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \right) (\alpha-1) \sigma \frac{1}{p_{BMs}} \frac{b_M}{b_s b_{Mr,frac}} \\ &\quad + G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \left(\frac{\mu_M}{\mu_M \mu_A} w_{Mr} + p_{BMr} b_M + p_{BHr} b_H + \frac{\lambda b_M^2}{b_r b_{Mr,frac}} + \frac{\lambda b_H^2}{b_r b_{Hr,frac}} \right) \\ &\quad - G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \left(\frac{\mu_M}{\mu_M \mu_A} w_{Ms} + p_{BMs} b_M + p_{BHS} b_H + \frac{(1-\lambda) b_M^2}{(1-b_r) b_{Ms,frac}} + \frac{(1-\lambda) b_H^2}{(1-b_r) b_{Hs,frac}} \right), \end{aligned}$$

$$a_{21} = G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} (1-\lambda) \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A},$$

$$a_{22} = \frac{w_{Mr}^{\sigma\alpha}}{w_{Mr}} \left(\frac{\alpha\sigma}{\mu_M + \mu_A} \frac{1}{p_{BMr}^{(\alpha-1)\sigma}} - \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} \lambda G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{w_{Mr}}{w_{Mr}^{\sigma\alpha}} \right),$$

$$a_{23} = G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} (\sigma-1) Y_r,$$

$$a_{24} = G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} (\sigma-1) Y_s,$$

$$\begin{aligned} b_2 = & \left(Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \right) (\alpha-1) \sigma \frac{1}{p_{BMr}} \frac{b_M}{b_r b_{Mr,frac}} \\ & + G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \left(\frac{\mu_M}{\mu_M \mu_A} w_{Mr} + p_{BMr} b_M + p_{BHr} b_H + \frac{\lambda b_M^2}{b_r b_{Mr,frac}} + \frac{\lambda b_H^2}{b_r b_{Hr,frac}} \right) \\ & - G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \left(\frac{\mu_M}{\mu_M \mu_A} w_{Ms} + p_{BMs} b_M + p_{BHS} b_H + \frac{(1-\lambda) b_M^2}{(1-b_r) b_{Ms,frac}} + \frac{(1-\lambda) b_H^2}{(1-b_r) b_{Hs,frac}} \right), \end{aligned}$$

$$a_{31} = (1-\sigma) \alpha \left((1-\lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr}^{1-\sigma} \frac{1}{w_{Ms}} \right),$$

$$a_{32} = (1-\sigma) \alpha \left(\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rr}^{1-\sigma} \frac{1}{w_{Mr}} \right),$$

$$a_{33} = (1-\sigma) G_r^{1-\sigma} \left(\frac{\alpha^\alpha (1-\alpha)^{1-\alpha}}{b_M / (\mu_M / (\mu_M + \mu_A))} \right),$$

$$a_{34} = 0,$$

$$\begin{aligned} b_3 = & \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rr}^{1-\sigma} \left(1 + (1-\sigma)(1-\alpha) \lambda \frac{1}{p_{BMr}} \frac{b_M}{b_r b_{Mr,frac}} \right) \\ & - \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{sr}^{1-\sigma} \left(1 + (1-\sigma)(1-\alpha)(1-\lambda) \frac{1}{p_{BMs}} \frac{b_M}{b_s b_{Ms,frac}} \right), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_{41} &= (1 - \sigma)\alpha \left((1 - \lambda) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{ss}^{1-\sigma} \frac{1}{w_{Ms}} \right), \\
 a_{42} &= (1 - \sigma)\alpha \left(\lambda \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rs}^{1-\sigma} \frac{1}{w_{Mr}} \right), \\
 a_{43} &= 0, \\
 a_{44} &= (1 - \sigma) G_s^{1-\sigma} \left(\frac{\alpha^\alpha (1 - \alpha)^{1-\alpha}}{b_M / (\mu_M / (\mu_M + \mu_A))} \right), \\
 b_4 &= \left(w_{Mr}^\alpha p_{BMr}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{rs}^{1-\sigma} \left(1 + (1 - \sigma)(1 - \alpha)\lambda \frac{1}{p_{BMr}} \frac{b_M}{b_r b_{Mr,frac}} \right) \\
 &\quad - \left(w_{Ms}^\alpha p_{BMs}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \tau_{ss}^{1-\sigma} \left(1 + (1 - \sigma)(1 - \alpha)(1 - \lambda) \frac{1}{p_{BMs}} \frac{b_M}{b_s b_{Ms,frac}} \right).
 \end{aligned}$$

Unter Zuhilfenahme eines Computer-Algebra-Systems (CAS), hier Mathematica der Firma Wolfram, zeigt sich, dass eine einfach zu interpretierende Lösung nicht gefunden wird. In der folgenden Darstellung sind alle Terme in Kleinbuchstaben geschrieben und griechische durch lateinische Buchstaben ersetzt ($d\lambda \rightarrow dl$); Subskripte sind ebenfalls als Zahlen dargestellt. Gelöst wird das folgende Gleichungssystem:

$$\begin{aligned}
 sol1 = & \text{Solve}[dwms*a11 - dwmr*a12 - dgr*a13 - dgs*a14 == dl*b1\&\& - dwms*a21 + \\
 & dwmr*a22 - dgr*a23 - dgs*a24 == dl*b2\&\& - dwms*a31 - dwmr*a32 + dgr*a33 == \\
 & dl*b3\&\& - dwms*a41 - dwmr*a42 + dgs*a44 == dl*b4, \{dwms, dwmr, dgr, dgs\}].
 \end{aligned}$$

B.1 Analyse des Verlaufs der Reallohndifferenzgleichung

Die folgende Lösung resultiert: $\{ \{ dwms \rightarrow -(((-a_{23} a_{32} a_{44} + a_{33} (-a_{24} a_{42} + a_{22} a_{44})) (-a_{13} a_{44} b_3 dl + a_{33} (-a_{44} b_1 dl - a_{14} b_4 dl)) - (-a_{13} a_{32} a_{44} + a_{33} (-a_{14} a_{42} - a_{12} a_{44})) (-a_{23} a_{44} b_3 dl + a_{33} (-a_{44} b_2 dl - a_{24} b_4 dl)) / (-(-a_{13} a_{32} a_{44} + a_{33} (-a_{14} a_{42} - a_{12} a_{44})) (-a_{23} a_{31} a_{44} + a_{33} (-a_{24} a_{41} - a_{21} a_{44})) + (-a_{13} a_{31} a_{44} + a_{33} (-a_{14} a_{41} + a_{11} a_{44})) (-a_{23} a_{32} a_{44} + a_{33} (-a_{24} a_{42} + a_{22} a_{44}))))),$

$dwmr \rightarrow - (a_{24} a_{33} a_{41} b_1 dl + a_{23} a_{31} a_{44} b_1 dl + a_{21} a_{33} a_{44} b_1 dl - a_{14} a_{33} a_{41} b_2 dl - a_{13} a_{31} a_{44} b_2 dl + a_{11} a_{33} a_{44} b_2 dl - a_{14} a_{23} a_{41} b_3 dl + a_{13} a_{24} a_{41} b_3 dl + a_{13} a_{21} a_{44} b_3 dl + a_{11} a_{23} a_{44} b_3 dl + a_{14} a_{23} a_{31} b_4 dl - a_{13} a_{24} a_{31} b_4 dl + a_{14} a_{21} a_{33} b_4 dl + a_{11} a_{24} a_{33} b_4 dl) / (-a_{14} a_{23} a_{32} a_{41} + a_{13} a_{24} a_{32} a_{41} + a_{14} a_{22} a_{33} a_{41} + a_{12} a_{24} a_{33} a_{41} + a_{14} a_{23} a_{31} a_{42} - a_{13} a_{24} a_{31} a_{42} + a_{14} a_{21} a_{33} a_{42} + a_{11} a_{24} a_{33} a_{42} + a_{13} a_{22} a_{31} a_{44} + a_{12} a_{23} a_{31} a_{44} + a_{13} a_{21} a_{32} a_{44} + a_{11} a_{23} a_{32} a_{44} + a_{12} a_{21} a_{33} a_{44} - a_{11} a_{22} a_{33} a_{44}),$

$dgr \rightarrow - (a_{24} a_{32} a_{41} b_1 dl - a_{24} a_{31} a_{42} b_1 dl + a_{22} a_{31} a_{44} b_1 dl + a_{21} a_{32} a_{44} b_1 dl - a_{14} a_{32} a_{41} b_2 dl + a_{14} a_{31} a_{42} b_2 dl + a_{12} a_{31} a_{44} b_2 dl + a_{11} a_{32} a_{44} b_2 dl - a_{14} a_{22} a_{41} b_3 dl - a_{12} a_{24} a_{41} b_3 dl - a_{14} a_{21} a_{42} b_3 dl - a_{11} a_{24} a_{42} b_3 dl - a_{12} a_{21} a_{44} b_3 dl + a_{11} a_{22} a_{44} b_3 dl + a_{14} a_{22} a_{31} b_4 dl + a_{12} a_{24} a_{31} b_4 dl + a_{14} a_{21} a_{32} b_4 dl + a_{11} a_{24} a_{32} b_4 dl) / (-a_{14} a_{23} a_{32} a_{41} + a_{13} a_{24} a_{32} a_{41} + a_{14} a_{22} a_{33} a_{41} + a_{12} a_{24} a_{33} a_{41} + a_{14} a_{23} a_{31} a_{42} - a_{13} a_{24} a_{31} a_{42} + a_{14} a_{21} a_{33} a_{42} + a_{11} a_{24} a_{33} a_{42} + a_{13} a_{22} a_{31} a_{44} + a_{12} a_{23} a_{31} a_{44} + a_{13} a_{21} a_{32} a_{44} + a_{11} a_{23} a_{32} a_{44} + a_{12} a_{21} a_{33} a_{44} - a_{11} a_{22} a_{33} a_{44}),$

$dgs \rightarrow - (-a_{23} a_{32} a_{41} b_1 dl + a_{22} a_{33} a_{41} b_1 dl + a_{23} a_{31} a_{42} b_1 dl + a_{21} a_{33} a_{42} b_1 dl + a_{13} a_{32} a_{41} b_2 dl + a_{12} a_{33} a_{41} b_2 dl - a_{13} a_{31} a_{42} b_2 dl + a_{11} a_{33} a_{42} b_2 dl + a_{13} a_{22} a_{41} b_3 dl + a_{12} a_{23} a_{41} b_3 dl + a_{13} a_{21} a_{42} b_3 dl + a_{11} a_{23} a_{42} b_3 dl - a_{13} a_{22} a_{31} b_4 dl - a_{12} a_{23} a_{31} b_4 dl - a_{13} a_{21} a_{32} b_4 dl - a_{11} a_{23} a_{32} b_4 dl - a_{12} a_{21} a_{33} b_4 dl + a_{11} a_{22} a_{33} b_4 dl) / (-a_{14} a_{23} a_{32} a_{41} + a_{13} a_{24} a_{32} a_{41} + a_{14} a_{22} a_{33} a_{41} + a_{12} a_{24} a_{33} a_{41} + a_{14} a_{23} a_{31} a_{42} - a_{13} a_{24} a_{31} a_{42} + a_{14} a_{21} a_{33} a_{42} + a_{11} a_{24} a_{33} a_{42} + a_{13} a_{22} a_{31} a_{44} + a_{12} a_{23} a_{31} a_{44} + a_{13} a_{21} a_{32} a_{44} + a_{11} a_{23} a_{32} a_{44} + a_{12} a_{21} a_{33} a_{44} - a_{11} a_{22} a_{33} a_{44}) \} \}.$

B Weiterführende analytische Betrachtungen

Das totale Differential der Reallohndifferenzgleichung (vgl. hierzu (4.126)) kann in Mathematica als Funktion in Abhängigkeit der Ausdrücke dw_{Mr} , dw_{Ms} , dG_r und dG_s geschrieben werden. Diese Formulierung wird daraufhin herangezogen, um die Ergebnisse der soeben dargestellten Berechnungen einzusetzen. Die Funktion nimmt die Form

$$\begin{aligned} \text{ddeltaw}[dw_{mr_}, dw_{ms_}, dgr_ , dgs_] := & \\ & \frac{w_{mr}}{g^{\mu m} p a r^{\mu a} p b h r^{\mu h}} \left(\frac{dw_{mr}}{w_{mr}} - \mu m \frac{dgr}{gr} - \mu h \frac{dpbhr}{pbhr} \right) \\ & - \frac{w_{ms}}{g^{\mu m} p a s^{\mu a} p b h s^{\mu h}} \left(\frac{dw_{ms}}{w_{ms}} - \mu m \frac{dgs}{gs} - \mu h \frac{dpbhs}{pbhs} \right) \end{aligned} \quad (\text{B.28})$$

an.

Weiterhin werden die Bodenpreise bzw. ggf. die Differentialausdrücke sowie die Gleichungen (4.60) bis (4.78), (4.83) bis (4.86) und die Setzungen $w_{Ar} = w_{As} = 1$, $\phi = \frac{1}{2}$, $L_M = \frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A}$ und $L_A = \frac{\mu_A}{\mu_M + \mu_A}$ berücksichtigt:

$$\begin{aligned} dpbmr &= (bm/(br bmrfr))dl, \\ dpbms &= -(bm/(bs bmsfr))dl, \\ dpbhr &= (bh/(br bmrfr))dl, \\ dpbhs &= -(bh/(bs bmsfr))dl, \\ pbmr &= (1 + (\lambda bm)/(br bmrfr)), \\ pbms &= (1 + ((1 - \lambda) bm)/(bs bmsfr)), \\ pbhr &= (1 + (\lambda bh)/(br bhrfr)), \\ pbhs &= (1 + ((1 - \lambda) bh)/(bs bhsfr)), \\ pbar &= (1 + (\phi ba)/(br barfr)), \\ pbas &= (1 + ((1 - \phi) ba)/(bs basfr)), \\ par &= \beta^{-\beta} (1 - \beta)^{\beta-1} pbar^{1-\beta}, \\ pas &= \beta^{-\beta} (1 - \beta)^{\beta-1} pbas^{1-\beta}. \end{aligned} \quad (\text{B.29})$$

Isolieren von und Teilen durch $d\lambda$ (hier $\rightarrow dl$) liefert:

$$\begin{aligned}
 d\Delta\omega/d\lambda = & wmr((1 + ba/(2\text{bar}fr\ br))^{(1-\beta)}(1-\beta)^{(-1+\beta)}\beta^{\hat{\alpha}} - \beta)^{\hat{\alpha}} - \mu\alpha \\
 & (1 + (bh\lambda)/(bhrfr\ br))^{(1-\beta)} - \mu h(((1-\alpha)^{(-1+\alpha)}\alpha^{\hat{\alpha}} - \alpha((tsr\ wms^{\hat{\alpha}}\alpha \\
 & (1 + (bm(1-\lambda))/(bmsfr\ bs))^{(1-\alpha)}(1-\sigma)(1-\lambda) + \lambda(trr\ wmr^{\hat{\alpha}}\alpha \\
 & (1 + (bm\lambda)/(bmrfr\ br))^{(1-\alpha)}(1-\sigma))((bm(\mu\alpha + \mu m))/ \\
 & \mu m)^{(1-\alpha)}(1/(1-\sigma)))^{\hat{\alpha}} - \mu m(-((a21a33a44b1 - a14a33a41b2 \\
 & - a13a31a44b2 + a11a33a44b2 + a13a21a44b3 + a14a21a33b4 \\
 & + a23(a31a44b1 - a14a41b3 + a11a44b3 + a14a31b4) + a24(a33 \\
 & a41b1 + a13a41b3 - a13a31b4 + a11a33b4))/(a24(a13a32a41 \\
 & + a12a33a41 - a13a31a42 + a11a33a42) + a14(-a23a32a41 + a22 \\
 & a33a41 + a23a31a42 + a21a33a42) + (a13a22a31 + a12a23a31 + a13 \\
 & a21a32 + a11a23a32 + a12a21a33 - a11a22a33)a44)wmr)) - (bh\mu h)/ \\
 & (bmrfrbr(1 + (bh\lambda)/(bhrfrbr))) + ((a21a32a44b1 - a14a32a41b2 \\
 & + a14a31a42b2 + a12a31a44b2 + a11a32a44b2 - a14a21a42b3 - a12 \\
 & a21a44b3 + a14a21a32b4 + a22(a31a44b1 - a14a41b3 + a11a44b3 \\
 & + a14a31b4) + a24(a32a41b1 - a31a42b1 - a12a41b3 - a11a42b3 \\
 & + a12a31b4 + a11a32b4))\mu m((1-\alpha)^{(-1+\alpha)}\alpha^{\hat{\alpha}} - \alpha((tsr\ wms^{\hat{\alpha}}\alpha \\
 & (1 + (bm(1-\lambda))/(bmsfr\ bs))^{(1-\alpha)}(1-\sigma)(1-\lambda) + \lambda(trr\ wmr^{\hat{\alpha}}\alpha \\
 & (1 + (bm\lambda)/(bmrfr\ br))^{(1-\alpha)}(1-\sigma))((bm(\mu\alpha + \mu m))/\mu m)^{(1- \\
 & \alpha)}(1/(1-\sigma))))/(a24(a13a32a41 + a12a33a41 - a13a31a42 \\
 & + a11a33a42) + a14(-a23a32a41 + a22a33a41 + a23a31a42 + a21 \\
 & a33a42) + (a13a22a31 + a12a23a31 + a13a21a32 + a11a23a32 + a12 \\
 & a21a33 - a11a22a33)a44)) - wms((1 + ba/(2basfr\ bs))^{(1-\beta)}(1-\beta)^{(-1+\beta)}\beta^{\hat{\alpha}} - \beta)^{\hat{\alpha}} - \mu\alpha(1 + (bh(1-\lambda))/(bhsfr\ bs))^{(1-\beta)} \\
 & (1-\beta)^{(-1+\beta)}\beta^{\hat{\alpha}} - \alpha((tss\ wms^{\hat{\alpha}}\alpha(1 + (bm(1-\lambda))/(bmsfr\ bs))^{(1- \\
 & \alpha)}(1-\sigma)(1-\lambda) + \lambda(trs\ wmr^{\hat{\alpha}}\alpha(1 + (bm\lambda)/(bmrfr\ br))^{(1-\alpha)}(1-\sigma))
 \end{aligned}$$

(B.30)

B Weiterführende analytische Betrachtungen

$$\begin{aligned}
 & ((bm(\mu\alpha + \mu m))/\mu m)^{(1-\alpha)} (1/(1-\sigma))^{\alpha} - \mu m (-((a_{22}a_{33}a_{44}b_1 + a_{14} \\
 & a_{33}a_{42}b_2 + a_{13}a_{32}a_{44}b_2 + a_{12}a_{33}a_{44}b_2 + a_{13}a_{22}a_{44}b_3 + a_{14}a_{22}a_{33} \\
 & b_4 + a_{24}(-a_{33}a_{42}b_1 - a_{13}a_{42}b_3 + a_{13}a_{32}b_4 + a_{12}a_{33}b_4) + a_{23}(a_{14}a_{42} \\
 & b_3 + a_{12}a_{44}b_3 - a_{32}(a_{44}b_1 + a_{14}b_4)))/((a_{24}(a_{13}a_{32}a_{41} + a_{12}a_{33}a_{41} \\
 & - a_{13}a_{31}a_{42} + a_{11}a_{33}a_{42}) + a_{14}(-a_{23}a_{32}a_{41} + a_{22}a_{33}a_{41} + a_{23}a_{31}a_{42} \\
 & + a_{21}a_{33}a_{42}) + (a_{13}a_{22}a_{31} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} + a_{11}a_{23}a_{32} + a_{12} \\
 & a_{21}a_{33} - a_{11}a_{22}a_{33})a_{44})wms)) + (bh\mu h)/(bmsfr bs(1 + (bh(1 - \lambda))/ \\
 & (bhsfrbs))) + ((-a_{23}a_{32}a_{41}b_1 + a_{22}a_{33}a_{41}b_1 + a_{23}a_{31}a_{42}b_1 + a_{21}a_{33} \\
 & a_{42}b_1 + a_{13}a_{32}a_{41}b_2 + a_{12}a_{33}a_{41}b_2 - a_{13}a_{31}a_{42}b_2 + a_{11}a_{33}a_{42}b_2 \\
 & + a_{13}a_{22}a_{41}b_3 + a_{12}a_{23}a_{41}b_3 + a_{13}a_{21}a_{42}b_3 + a_{11}a_{23}a_{42}b_3 - (a_{13} \\
 & a_{22}a_{31} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} + a_{11}a_{23}a_{32} + a_{12}a_{21}a_{33} - a_{11}a_{22} \\
 & a_{33})b_4)\mu m((1-\alpha)^{-1+\alpha}\alpha^{\alpha} - \alpha((tss wms^{\alpha}(1 + (bm(1 - \lambda))/(bmsfr \\
 & bs))^{\alpha}(1-\alpha))^{\alpha}(1-\sigma)(1-\lambda) + \lambda(trs wmr^{\alpha}(1 + (bm\lambda)/(bmrfr br))^{\alpha}(1- \\
 & \alpha))^{\alpha}(1-\sigma))((bm(\mu\alpha + \mu m))/\mu m)^{(1-\alpha)} (1/(1-\sigma)))^{\alpha})/(a_{24}(a_{13}a_{32} \\
 & a_{41} + a_{12}a_{33}a_{41} - a_{13}a_{31}a_{42} + a_{11}a_{33}a_{42}) + a_{14}(-a_{23}a_{32}a_{41} + a_{22} \\
 & a_{33}a_{41} + a_{23}a_{31}a_{42} + a_{21}a_{33}a_{42}) + (a_{13}a_{22}a_{31} + a_{12}a_{23}a_{31} \\
 & + a_{13}a_{21}a_{32} + a_{11}a_{23}a_{32} + a_{12}a_{21}a_{33} - a_{11}a_{22}a_{33})a_{44}).
 \end{aligned}$$

Das Einsetzen der Koeffizienten und Vereinfachen liefert eine sehr umfangreiche Lösung auf deren Darstellung aufgrund geringer Übersichtlichkeit bzw. Interpretationsfähigkeit und keinem weiteren Erkenntnisgewinn verzichtet wird. Stattdessen sind globale Aussagen aus den Differentialen abgeleitet und einzelne Ausdrücke untersucht sowie auf die Simulationsläufe Bezug genommen ist.

B.2 Formelanhang zur Veränderungsanalyse S. 119

B.2.1 Anteil der Arbeitskräfte

Der Quotient aus $\frac{dw_{Mr}/d\lambda}{dw_{Ms}/d\lambda}$ ist:

$$\begin{aligned} \frac{dw_{Mr}/d\lambda}{dw_{Ms}/d\lambda} &= \frac{\left(\alpha \sigma \frac{w_{Ms}^{\sigma\alpha}}{w_{Ms}} - \lambda \mu_M \frac{\tau_{ss}^{1-\sigma} G_s^{\sigma-1}}{p_{BMs}^{(1-\alpha)\sigma}} \right) P_{BMr}^{(\alpha-1)\sigma}}{\left(\alpha \sigma \frac{w_{Mr}^{\sigma\alpha}}{w_{Mr}} - \lambda \mu_M \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma} G_r^{\sigma-1}}{p_{BMr}^{(1-\alpha)\sigma}} \right) P_{BMs}^{(\alpha-1)\sigma}} \\ &\quad \left((Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma}) (\alpha-1)\sigma \frac{1}{p_{BMr}} \frac{B_M}{b_r b_{Mr,frac}} \right. \\ &\quad \left. + G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} \left(\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} w_{Mr} + B_M + B_H + \frac{2\lambda B_M^2}{b_r b_{Mr,frac}} + \frac{2\lambda B_H^2}{b_r b_{Hr,frac}} \right) \right. \\ &\quad \left. - G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma} \left(\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} w_{Ms} + B_M + B_H + \frac{2(1-\lambda)B_M^2}{b_s b_{Ms,frac}} + \frac{2(1-\lambda)B_H^2}{b_s b_{Hs,frac}} \right) \right) / \\ &\quad \left(- (Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma}) (\alpha-1)\sigma \frac{1}{p_{BMs}} \frac{B_M}{b_s b_{Ms,frac}} \right. \\ &\quad \left. + G_r^{\sigma-1} \tau_{sr}^{1-\sigma} \left(\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} w_{Mr} + B_M + B_H + \frac{2\lambda B_M^2}{b_r b_{Mr,frac}} + \frac{2\lambda B_H^2}{b_r b_{Hr,frac}} \right) \right. \\ &\quad \left. - G_s^{\sigma-1} \tau_{ss}^{1-\sigma} \left(\frac{\mu_M}{\mu_M + \mu_A} w_{Ms} + B_M + B_H + \frac{2(1-\lambda)B_M^2}{b_s b_{Ms,frac}} + \frac{2(1-\lambda)B_H^2}{b_s b_{Hs,frac}} \right) \right). \end{aligned} \tag{B.31}$$

B.2.2 Bodenanteile

Aus der Gleichung (B.19) folgt für den Nominallohn

$$\underbrace{(\mu_M + \mu_A) \frac{\overbrace{\alpha-1}^{<0}}{\alpha} \frac{w_{Mr}}{w_{Mr}^{\alpha\sigma}} \frac{P_{BMr}^{(\alpha-1)\sigma}}{p_{BMr}} (Y_r G_r^{\sigma-1} \tau_{rr}^{1-\sigma} + Y_s G_s^{\sigma-1} \tau_{rs}^{1-\sigma}) \left(\underbrace{-\frac{\lambda B_M}{b_r b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac}}_{<0} \right)}_{>0} \tag{B.32}$$

B Weiterführende analytische Betrachtungen

und aus den Gleichungen (B.15) und (B.16) für die Preisindizes G_r und G_s

$$\begin{aligned}
 & - (1 - \sigma)(1 - \alpha) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BM_s}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{sr}^{1-\sigma}}{p_{BM_s}} \frac{(1 - \lambda)^2 B_M}{(1 - b_r) b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac}, \\
 & - (1 - \sigma)(1 - \alpha) \left(w_{Mr}^\alpha p_{BM_r}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{rr}^{1-\sigma}}{p_{BM_r} b_r} \frac{\lambda^2 B_M}{b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac}
 \end{aligned} \tag{B.33}$$

und

$$\begin{aligned}
 & - (1 - \sigma)(1 - \alpha) \left(w_{Ms}^\alpha p_{BM_s}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{ss}^{1-\sigma}}{p_{BM_s}} \frac{(1 - \lambda)^2 B_M}{(1 - b_r) b_{Ms,frac}^2} db_{Ms,frac}, \\
 & - (1 - \sigma)(1 - \alpha) \left(w_{Mr}^\alpha p_{BM_r}^{1-\alpha} \right)^{1-\sigma} \frac{\tau_{rs}^{1-\sigma}}{p_{BM_r} b_r} \frac{\lambda^2 B_M}{b_{Mr,frac}^2} db_{Mr,frac}.
 \end{aligned} \tag{B.34}$$

C Tabellen

C.1 Tabellen zum Kapitel 4.2

Tabelle C.1: Flächenaufteilung der Gemeinden mit mehr als 250 Tsd. Einwohnern

Kenn- ziffer	Gemeinde	Anteil an Gesamtfläche	Flächenanteil von				Einwohner in Tsd.
			B_H	B_M	B_A	Σ	
02000	Hamburg	0,52	0,42	0,11	0,48	1	1.763
03241	Hannover	0,40	0,47	0,17	0,35	1	524
04011	Bremen	0,53	0,30	0,12	0,57	1	552
05111	Düsseldorf	0,41	0,37	0,12	0,51	1	605
05112	Duisburg	0,46	0,34	0,24	0,42	1	485
05113	Essen	0,44	0,50	0,13	0,36	1	574
05116	Mönchengladbach	0,57	0,27	0,05	0,68	1	257
05124	Wuppertal	0,40	0,40	0,10	0,51	1	345
05314	Bonn	0,37	0,52	0,04	0,44	1	314
05315	Köln	0,37	0,40	0,14	0,46	1	1.047
05513	Gelsenkirchen	0,44	0,43	0,24	0,32	1	258
05515	Münster	0,57	0,17	0,03	0,80	1	302
05711	Bielefeld	0,54	0,29	0,06	0,65	1	330
05911	Bochum	0,50	0,45	0,15	0,40	1	362
05913	Dortmund	0,49	0,41	0,10	0,49	1	581
06412	Frankfurt a.M.	0,43	0,34	0,10	0,56	1	718
06414	Wiesbaden	0,42	0,26	0,05	0,70	1	275
08111	Stuttgart	0,45	0,41	0,08	0,51	1	612
08212	Karlsruhe	0,43	0,31	0,17	0,52	1	300
08222	Mannheim	0,48	0,29	0,22	0,49	1	300
09162	München	0,46	0,59	0,08	0,33	1	1.430
09564	Nürnberg	0,41	0,45	0,13	0,43	1	501
09761	Augsburg	0,44	0,31	0,10	0,59	1	281
11000	Berlin	0,32	0,75	0,12	0,13	1	3.470
14612	Dresden	0,43	0,18	0,07	0,75	1	536
14713	Leipzig	0,49	0,20	0,10	0,70	1	544
Gesamt		0,45	0,39	0,11	0,50	1	17.264

B_H : Wohnen, B_M : Industrie / Gewerbe, B_A : Landwirtschaft.

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Angaben zum Stichtag 31.12.2014 des Statistischen Bundesamtes (vgl. Statistisches Bundesamt 2016a,b).

Tabelle C.2: Flächenaufteilung Berlin und Brandenburg

Kenn- ziffer	Region	Flächenanteil von				Σ	Flächen- aufteilung	EW (ET) in Tsd.
		B_H	B_M	B_A				
11000	Berlin	0,87	0,06	0,07	1	0,03	3.470 (1.846)	
12000	Brandenburg	0,02	0,02	0,96	1	0,97	2.458 (1.080)	

B_H : Wohnen, B_M : Industrie / Gewerbe, B_A : Landwirtschaft, EW: Einwohner, ET: Erwerbstätige;
Zur Tabelle C.1 bestehen Abweichungen, die aus einer Anpassung der Fläche für Wohnen an die
gebaute Wohnfläche resultiert. Die Flächen für Wohnen sind entsprechend der tatsächlichen Wohn-
flächen umgewichtet worden.

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Angaben zum Stichtag 31.12.2014 des Statistischen
Bundesamtes (vgl. Statistisches Bundesamt 2016a,b; Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2016c,d).

C.2 Tabellen zum Kapitel 5.2

Die nachfolgenden Tabellen geben die Bodenaufteilung für die im Kapitel 5.2 diskutierten Szenarien an. Dargestellt wird die Bodenaufteilung zu dem jeweils höchsten gefundenen Wert der Wohlfahrt $W(U_r, U_s)$ zu den jeweiligen λ -Werten. Unterschieden wird, sofern Lösungen vorliegen, in die Bodenaufteilung beim maximalen Wert der Wohlfahrt, in die Bodenaufteilung bei stabilen Randlösungen und in die Bodenaufteilung, die für stabile räumliche Gleichgewichte ($\Delta\omega = 0$) innerhalb von λ -Intervallen vorliegt.

Tabelle C.3: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.3 mit $\tau = 1,0$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
0,1	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,3	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,5	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,7	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,9	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2
Maximale W bei $\Delta\omega = 0$ (räumlich stabil)						
0,05	0,2	0,6	0,2	0,2	0,4	0,4
0,17	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6
0,27	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,34	0,6	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2
0,42	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,50	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,59	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
0,66	0,4	0,4	0,2	0,6	0,2	0,2
0,73	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
0,84	0,2	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2
0,95	0,2	0,4	0,4	0,2	0,6	0,2

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.4: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.3
mit $\tau = 1, 1$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
0,1	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,3	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,5	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,7	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,9	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2
Stabile Randlösungen						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.5: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.3 mit $\tau = 1,5$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
0,1	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,3	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,5	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,7	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,9	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2
Stabile Randlösungen						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.6: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.3
mit $\tau = 1,7$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
0,1	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,3	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,5	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,7	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,9	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2
Stabile Randlösungen						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.7: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.3 mit $\tau = 2,5$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
0,1	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,3	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,5	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,7	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,9	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2
Stabile Randlösungen						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2
Maximale W bei $\Delta\omega = 0$ (räumlich stabil)						
0,39	0,2	0,2	0,6	0,4	0,2	0,4
0,50	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,61	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,6

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.8: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.4
mit $\tau = 1,0$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
0,1	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,3	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,5	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,7	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,9	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2
Maximale W bei $\Delta\omega = 0$ (räumlich stabil)						
0,50	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,52	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.9: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.4
mit $\tau = 1, 1$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
0,1	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,3	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,5	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,7	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,9	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2
Maximale W bei $\Delta\omega = 0$ (räumlich stabil)						
0,49	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,52	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,60	0,2	0,4	0,4	0,6	0,2	0,2

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.10: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.4
mit $\tau = 1,5$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
0,1	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,3	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,5	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,7	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,9	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2
Stabile Randlösungen						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2
Maximale W bei $\Delta\omega = 0$ (räumlich stabil)						
0,42	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6
0,50	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4
0,63	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.11: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.4
mit $\tau = 1,7$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
0,1	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,3	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,5	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,7	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,9	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2
Stabile Randlösungen						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.12: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.4
mit $\tau = 2,5$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
0,1	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,3	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,5	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,6	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,7	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,8	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,9	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2
Stabile Randlösungen						
0,0	0,0	0,8	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,8	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,2
1,0	0,2	0,6	0,2	0,8	0,0	0,2

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.13: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5 mit $\tau = 1,0$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,4	0,4
0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,3	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,4	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,5	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,6	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,7	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,8	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,9	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
1,0	0,2	0,4	0,4	0,0	0,0	1,0
Maximale W bei $\Delta\omega = 0$ (räumlich stabil)						
0,49	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4
0,50	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.14: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5 mit $\tau = 1,1$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,4	0,4
0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,3	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,4	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,5	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,6	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,7	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,8	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,9	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
1,0	0,2	0,4	0,4	0,0	0,0	1,0
Maximale W bei $\Delta\omega = 0$ (räumlich stabil)						
0,48	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4
0,50	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.15: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5
mit $\tau = 1,5$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,4	0,4
0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,3	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,4	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,5	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,6	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,7	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,8	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,9	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
1,0	0,2	0,4	0,4	0,0	0,0	1,0
Stabile Randlösungen						
0,0	0,0	0,4	0,6	0,2	0,4	0,4
0,0	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,0	0,4	0,0	0,6	0,2	0,4	0,4
1,0	0,2	0,4	0,4	0,0	0,6	0,4
1,0	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4
1,0	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,4
1,0	0,2	0,4	0,4	0,6	0,0	0,4
Maximale W bei $\Delta\omega = 0$ (räumlich stabil)						
0,48	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6
0,56	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4
0,69	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.16: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5 mit $\tau = 1,7$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,4	0,4
0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,3	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,4	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,5	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,6	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,7	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,8	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,9	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
1,0	0,2	0,4	0,4	0,0	0,0	1,0
Stabile Randlösungen						
0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,4	0,4
1,0	0,2	0,4	0,4	0,0	0,0	1,0

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.17: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5 mit $\tau = 2,5$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,4	0,4
0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,3	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,4	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,5	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,6	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,7	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,8	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,9	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
1,0	0,2	0,4	0,4	0,0	0,0	1,0
Stabile Randlösungen						
0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,4	0,4
1,0	0,2	0,4	0,4	0,0	0,0	1,0

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.18: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5
mit $\tau = 2, 5$, $b_r = 0, 8$, $b_s = 0, 2$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,4	0,4
0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,3	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,4	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,5	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,6	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,7	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4
0,8	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,9	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
1,0	0,2	0,4	0,4	0,0	0,0	1,0
Stabile Randlösungen						
0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,4	0,4
1,0	0,2	0,4	0,4	0,0	0,0	1,0

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle C.19: Bodenaufteilung zu den Abbildungen in der Darstellung 5.2.5
mit $\tau = 8, 0$, $b_r = 0, 6$, $b_s = 0, 4$

λ	$b_{Mr,frac}$	$b_{Hr,frac}$	$b_{Ar,frac}$	$b_{Ms,frac}$	$b_{Hs,frac}$	$b_{As,frac}$
Bodenaufteilung für maximale W						
0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,4	0,4
0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,3	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,4	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,5	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,6	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,7	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,8	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
0,9	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,6
1,0	0,2	0,4	0,4	0,0	0,0	1,0
Stabile Randlösungen						
0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,4	0,4
1,0	0,2	0,4	0,4	0,2	0,0	0,8
1,0	0,2	0,4	0,4	0,0	0,2	0,8
Maximale W bei $\Delta\omega = 0$ (räumlich stabil)						
0,499	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4
0,503	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4
0,61	0,2	0,4	0,4	0,6	0,2	0,2

Quelle: Eigene Darstellung.

D Anmerkungen zum Bodenmarkt

Gestaltung der Bodenpreise Für die Gestaltung des Bodenpreises gelte für die Nutzungsformen $v = \{A, H, M\}$ die Produktionsfunktion $q_{Bv} = S_v$ mit q_{Bv} als Angebotsmenge an Boden und S_v , dem Einsatz an Boden, der sich über die nachgefragte Menge bestimmen mag. Die dazugehörige Kostenfunktion sei wie folgt angenommen: $C_{Bv} = p_{Sv}S_v + F_{Bv}$ mit F_{Bv} als Fixkosten, sowie dem Preis p_{Sv} für S_v . Jedoch sollen diese variablen Kosten für die Umwandlung in nutzbaren Boden vernachlässigt werden. Das bedeutet, dass für die Produktion einer Einheit an nutzbarem Boden Fixkosten in Höhe von f_{Bv} zur Umwandlung des Bodens S_v für die jeweiligen Nutzungsformen notwendig sind. Der Gewinn (einer staatlichen Firma) unterliege der Nullgewinnbedingung und laute $\Pi_{Bv} = p_{Bv}q_v - S_v - F_{Bv} = 0$, woraus $p_{Bv} = S_v/q_{Bv} + 1$ mit $f_{Bv} = 1$ folgt. Als angebotene Menge q_{Bv} steht aufgrund der vernachlässigbaren variablen Kosten die gesamte Bodenmenge $B_{v,re}$ zur Verfügung. Der letztlich genutzte Boden $S_v = B_{v,d}$ entspricht der Nachfrage durch die Marktteilnehmer im jeweiligen Marktsegment, welche durch die spezifischen Werte und die Anzahl der Arbeitskräfte beschrieben ist. Damit ergibt sich beispielsweise der Preis für die industrielle Bodennutzung von $p_{BM} = \frac{L_M k_M}{B_{M,re}} + 1$.

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

$1 - \alpha$	partielle Substitutionselastizität für den Einsatz an Boden in der Industrie
$1 - \beta$	partielle Substitutionselastizität für den Einsatz an Boden in der Landwirtschaft
α	partielle Substitutionselastizität für den Einsatz an Arbeitskräften in der Industrie
β	partielle Substitutionselastizität für den Einsatz an Arbeitskräften in der Landwirtschaft
$\Delta\omega$	Reallohndifferenz
κ	Lagrange-Multiplikator
λ_r, λ_s	Anteil der industriellen Arbeitskräfte in der Region r, s
\mathcal{L}	Lagrange-Funktion
μ	Exponent in der Cobb-Douglas-Nutzenfunktion mit den Subskripten M für Industrie, A für Landwirtschaft und H für Wohnnutzung
ω, ω_M	Reallohn der industriellen Arbeitskräfte
ω_A	Reallohn der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte
ϕ_r, ϕ_s	Anteil der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte in der Region r, s
Π	Gewinn einer Firma
$\Pi_{\text{Kreiszahl}}$	Kreiszahl
ψ	Definiert Abbruchkriterium bei numerischer Approximation
ρ	Präferenz für Gütervielfalt
σ	Substitutionselastizität
τ	Eisberg-Transportkosten, Transportkostensatz
$\tau_{rr}, \tau_{ss}, \tilde{\tau}_{rr}, \tilde{\tau}_{rr}$	intraregionale Transportkosten(sätze)
τ_{rs}, τ_{sr}	interregionale Transportkosten

\tilde{B}	Distanzparameter
A	nachgefragte Menge des landwirtschaftlichen Gutes, landwirtschaftlicher Sektor
AC	Durchschnittskosten
B	Menge an Boden insgesamt (Fläche)
b	Bodenanteil
B_A	Menge an Boden (Fläche), die insgesamt für die landwirtschaftliche Produktion zur Verfügung steht
b_A	Nachfrage nach Boden eines landwirtschaftlichen Unternehmens
B_H	Menge an Boden (Fläche), die insgesamt für die Wohnnutzung zur Verfügung steht
B_M	Menge an Boden (Fläche), die insgesamt für die industrielle Produktion zur Verfügung steht
b_M	Nachfrage nach Boden eines industriellen Unternehmens
b_r	Bodenanteil/Größe der Region r
b_s	Bodenanteil/Größe der Region s
$b_{Ar,frac}$	Anteil an landwirtschaftlichem Boden in der Region r
$B_{Ar,re}$	Verfügbare Boden für landwirtschaftliche Nutzung in der Region r
$B_{H,d}$	Nachgefragte Menge an Boden zur Wohnnutzung
$b_{Hr,frac}$	Anteil an Boden zur Wohnnutzung in der Region r
$B_{Hr,re}$	Verfügbare Boden für Wohnnutzung in der Region r
$b_{Mr,frac}$	Anteil an industriellem Boden in der Region r
$B_{Mr,re}$	Verfügbare Boden für industrielle Nutzung in der Region r
$C(x)$	Kosten in Abhängigkeit der Variable x
c_M	marginale Kosten/marginaler Einsatz
D	Nachfrage
E	Ausgaben der Konsumenten
F	Fixkosten/fixer Einsatz
$frac$	Subskript, der für den Anteil einer auf eins normierten Größe steht
G	Preisindex der differenzierten industriellen Güter
H	nachgefragte Menge des Gutes/Bodens für Wohnnutzung
I	Index der Lebenshaltungskosten

i	Laufindex für die industriellen Gütervarianten, auch eine Gütervariante
j	Laufindex für die industriellen Gütervarianten, auch eine Gütervariante
k_A	spezifische Bodennutzung pro Arbeitskraft der landwirtschaftlichen Produktion
k_H	spezifische Bodennutzung pro Kopf für Wohnnutzung
k_M	spezifische Bodennutzung pro Arbeitskraft der industriellen Produktion
L	Menge an Arbeitskräften
L_A	Menge an landwirtschaftlichen Arbeitskräften
l_A	Einzelbetriebliche Nachfrage nach landwirtschaftlichen Arbeitskräften
L_M	Menge an industriellen Arbeitskräften
l_M, l	Einzelbetriebliche Nachfrage nach industriellen Arbeitskräften
M	nachgefragte Menge des industriellen Gutes, industrieller Sektor
$m(i)$	nachgefragte Menge des differenzierten industriellen Gutes mit dem Laufindex i für die Sorte
MC	Grenzkosten
MR	Grenzerlös
n	Anzahl an Unternehmen, entspricht zugleich der Anzahl der Gütervarianten
NEG	New Economic Geography
$p_A, p(A)$	Preis landwirtschaftliches Gut
$p_H, p(H)$	Preis für die Wohnnutzung
$p_M(i), p(i)$	Preis eines/des industriellen Gutes
p_{BA}	Bodennutzungspreis (Miete/Pacht) für landwirtschaftliche Nutzung
p_{BH}	Bodennutzungspreis (Miete/Pacht) für Wohnnutzung
p_{BM}	Bodennutzungspreis (Miete/Pacht) für industrielle Produktion
$p_{HM,r}$	Preis der Bodennutzung in der Region r
q_A	angebotene Menge des landwirtschaftlichen Gutes
$q_M, q(M)$	angebotene Menge/Produktionsmenge des industriellen Gutes M
R	Gesamtanzahl an Regionen
r	Region r , auch Laufindex
re	Subskript, der für die verfügbare Ressource steht
s	Region s , auch Laufindex

U	Nutzen
u_r, u_s	Individualnutzen in der Region r, s
W	Wohlfahrt
w_A	Nominallohn der landwirtschaftlicher Arbeitskräfte
w_M	Nominallohn der industriellen Arbeitskräfte
Y	Gesamteinkommen
y_B	Einkommen aus dem Immobiliensektor
z	Handelshemmnis
Abb.	Abbildung
bzw.	beziehungsweise
CBD	Central Business District
F&E	Forschung und Entwicklung
GG	Grundgesetz
ha	Hektar
PLP	Production-Location-Problem
ROG	Raumordnungsgesetz
u. a.	unter anderem, unter anderen
USA	United States of America

Mit der New Economic Geography (NEG) kann die Verteilung von Unternehmen und Arbeitskräften auf Regionen modellhaft diskutiert werden. In diesem Beitrag wird untersucht, welche räumlichen Verteilungen der mobilen Arbeitskräfte und Unternehmen in einem NEG-Modellansatz resultieren, wenn die Größe einer Region und damit der ihr zur Verfügung stehende Boden, die zu überwindende Distanz für den Gütertransport innerhalb der Regionen, sowie Bodennutzungskonkurrenzen zwischen Wohnen, Industrie und Landwirtschaft berücksichtigt werden. Auch wird der Frage nachgegangen, welche Wohlfahrtswirkungen hierbei resultieren.

