

Die Rolle der Ökonomik in der Wissenschaftsphilosophie. Eine kritische  
Würdigung aus Sicht der Economics of Scientific Knowledge und eine  
Agentenbasierte Modellierung zur Konsensbildung mit eingeschränkt  
rationalen, adaptiv handelnden heterogenen Akteuren

**Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor rerum politicarum (Dr. rer. pol.)

vorgelegt an der

Fakultät Wirtschaftswissenschaften  
der Technischen Universität Dresden

von

Dipl.-Volkswirtin Melanie Baier  
geb. am 11. März 1976

Tag der Einreichung: 09.07.2015

Tag der Disputation: 19.12.2016

Gutachter: Prof. Dr. Marco Lehmann-Waffenschmidt

Prof. Dr. Alexander Kemnitz

Druck: Optimiert für beidseitigen Druck

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>VIII</b>
<b>Abkürzungen</b>	<b>IX</b>
<b>Formelzeichen</b>	<b>X</b>
<b>Definitionen</b>	<b>XIII</b>
<b>I Einleitung</b>	<b>1</b>
1 Motivation	2
2 Struktur der Arbeit	5
<b>II Wissenschaftsphilosophische Bezugspunkte</b>	<b>7</b>
3 Zentrale Fragestellung und Zielsetzung	8
4 Epistemologische Aspekte wissenschaftlichen Wissens	9
4.1 Wissenschaftliche Schließverfahren . . . . .	9
4.2 Methodologische Grundlagen . . . . .	11
4.3 Erkenntnistheoretische Fragen . . . . .	12
4.4 Underdeterminiertheit und Theoriegeladenheit . . . . .	15
4.5 Zwischenfazit . . . . .	19
5 Soziale Aspekte wissenschaftlichen Wissens	22
5.1 Lesarten der Kuhnschen Wissenschaftssoziologie . . . . .	22
5.2 Sociology of Scientific Knowledge (SSK) . . . . .	25
6 Soziale naturalisierte Epistemologie	28

<b>III Modellanalyse: Modelle wissenschaftlicher Koordination</b>	<b>35</b>
<b>7 Klassifikationskriterien der Modelle</b>	<b>36</b>
<b>8 Modelle der Economics of Scientific Knowledge (ESK)</b>	<b>39</b>
8.1 Konzept der ESK . . . . .	39
8.2 Ausgewählte analytische Modelle im Kontext der ESK . . . . .	43
8.2.1 Wegbereiter der ESK: Kosten-Nutzen Betrachtungen in der Wissenschaft . . . . .	44
8.2.2 Bayessches Wahrscheinlichkeitskalkül und epistemischer Nutzen . . . . .	48
8.2.3 Von der individuellen zu einer sozialen Epistemologie . . . . .	51
8.3 Kritische Reflexion geschlossener Modelle der ESK . . . . .	70
8.3.1 Wissenschaftsphilosophische Kritikpunkte . . . . .	70
8.3.2 Methodologische Kritikpunkte . . . . .	73
8.3.3 Lösungsangebot . . . . .	74
<b>9 Simulationsmodelle</b>	<b>76</b>
9.1 Agentenbasierte Modelle (ABM) . . . . .	76
9.1.1 Untersuchungsgegenstand . . . . .	76
9.1.2 Interaktion in ABM . . . . .	77
9.1.3 Emergenz in ABM . . . . .	78
9.1.4 Die Konzepte Interaktion und Emergenz in ABM der ESK . . . . .	80
9.2 ABM im Kontext der Wissenschaftsforschung . . . . .	81
9.2.1 ABM im Kontext der ESK . . . . .	81
9.2.2 Abgrenzung: ABM der soziologisch orientierten Wissenschaftsforschung . . . . .	83
9.3 Ausgewählte ABM im Kontext der ESK . . . . .	86
9.4 Opinion Dynamics im Kontext der ABM . . . . .	95
9.5 Kritische Reflexion der ABM im Kontext der ESK . . . . .	101
9.5.1 Naturalistische Perspektive auf die Agenten? . . . . .	102
9.5.2 Emergente soziale Epistemologie? . . . . .	105
9.5.3 Normative Wertmaßstäbe auf sozialer Ebene? . . . . .	106
9.5.4 Abschließende Bemerkungen . . . . .	107
<b>10 Modelle als glaubwürdige Welten</b>	<b>111</b>
10.1 Abgrenzung . . . . .	111
10.2 Gruene-Yanoff: Minimale Modelle . . . . .	112
10.3 Sugden: Credible Worlds . . . . .	114

10.4 Aspekt der Emergenz in ABM versus glaubwürdige Welten . . . . .	117
--	-----

## **IV Continuous Opinions of Satisficing Agents with Discrete Actions (*COSDA*): Ein Agentenbasiertes Modell wissenschaftlicher Ko- ordination 119**

### **11 Einordnung und Leitgedanken 120**

11.1 Einordnung der ABM <i>COSDA</i> . . . . .	120
11.2 Leitgedanken der ABM <i>COSDA</i> . . . . .	121
11.2.1 Wahrscheinlichkeit . . . . .	121
11.2.2 Entscheidungsrationaliät . . . . .	122
11.2.3 Entscheidungsheuristik . . . . .	122
11.2.4 Wahrheit . . . . .	123
11.3 Arbeitsdefinitionen . . . . .	124

### **12 Modellierung der ABM *COSDA* 126**

12.1 Zielsetzung und Modellstruktur . . . . .	126
12.2 Stilisierte Fakten wissenschaftlicher Koordination . . . . .	127
12.3 Heterogenität der Agenten . . . . .	130
12.3.1 Präferenztypen KT und RT . . . . .	130
12.3.2 Innovatoren . . . . .	131
12.3.3 Experimentatoren . . . . .	132
12.4 Zeitablauf des ABM <i>COSDA</i> im Überblick . . . . .	133
12.5 Die Mesosicht: Anpassungsverhalten . . . . .	134
12.5.1 Das Anspruchsniveau der Agenten . . . . .	134
12.5.2 Die Entscheidungsheuristik Konformität . . . . .	137
12.5.3 Die Entscheidungsheuristik Salienz . . . . .	139
12.5.4 Die Entscheidungsheuristik experimentelle Evidenz . . . . .	140
12.6 Die Makrosicht: Emergenz evidenzbasierten wissenschaftlichen Konsenses oder Dissenses . . . . .	141
12.6.1 Konsens oder Dissens . . . . .	141
12.6.2 Evidenz durch Experimentatoren . . . . .	144
12.7 Die Mikrosicht: Agenten im wissenschaftlichen Wettbewerb . . . . .	147
12.7.1 Initialisierung des ABM <i>COSDA</i> und Übersicht der Prozesse . . . . .	147
12.7.2 Publikationswettbewerb . . . . .	149
12.7.3 Erkenntnisstreben intrinsisch motivierter KT-Agenten . . . . .	153

12.7.4	Reputationsstreben extrinsisch motivierter RT-Agenten . . . . .	155
12.7.5	Definition und Veränderung des Anspruchsniveaus . . . . .	156
12.8	Zusammenfassung und Parametrisierung des Referenzmodells . . . . .	159
<b>13</b>	<b>Sensitivitätsanalyse des Mikromodells</b>	<b>162</b>
13.1	Vorbemerkungen . . . . .	162
13.2	Sensitivitätsanalyse für Agenten vom Typ KT . . . . .	163
13.3	Sensitivitätsanalyse für Agenten vom Typ RT . . . . .	166
13.4	Zusammenfassung der Sensitivitätsanalyse . . . . .	171
<b>14</b>	<b>Mesoebene: Explorative Analyse der Entscheidungsheuristiken</b>	<b>173</b>
14.1	Explorative Analyse der Konformitätsheuristik . . . . .	174
14.1.1	Muster unterschiedlicher Koordinationsresultate . . . . .	174
14.1.2	Die Rolle der Experimentatoren und Innovatoren . . . . .	181
14.1.3	Anpassungsverhalten der KT- und RT-Agenten . . . . .	186
14.2	Explorative Analyse der Salienzheuristik . . . . .	191
14.2.1	Muster unterschiedlicher Koordinationsresultate . . . . .	191
14.2.2	Die Rolle der Experimentatoren und Innovatoren . . . . .	193
14.2.3	Anpassungsverhalten der KT- und RT-Agenten . . . . .	198
14.3	Explorative Analyse der Evidenzheuristik . . . . .	201
14.3.1	Muster unterschiedlicher Koordinationsresultate . . . . .	202
14.3.2	Die Rolle der Experimentatoren und Innovatoren . . . . .	204
14.3.3	Anpassungsverhalten der KT- und RT-Agenten . . . . .	210
14.4	Zusammenfassung der explorativen Analyse der Mesoebene . . . . .	212
<b>15</b>	<b>Makroebene: Explorative Analyse</b>	<b>217</b>
15.1	Vorgehen und Bewertungsmaßstab . . . . .	217
15.2	Ergebniskategorien in den Entscheidungsheuristiken . . . . .	218
15.3	Ergebniskategorien als soziale Wertkategorien . . . . .	222
15.3.1	Konformitätsheuristik der KT-Agenten . . . . .	225
15.3.2	Evidenzheuristik der KT-Agenten . . . . .	226
15.3.3	Salienzheuristik der KT-Agenten . . . . .	228
15.4	Zusammenfassung der explorativen Analyse der Makroebene . . . . .	231
<b>16</b>	<b>Kritische Reflexion und Erklärungsanspruch von COSDA</b>	<b>234</b>
16.1	Referenzpunkte zur Literatur der ESK . . . . .	234
16.2	Naturalistische Perspektive auf die Agenten? . . . . .	235
16.3	Emergente soziale Epistemologie? . . . . .	237

---

16.4 Normative Wertmaßstäbe auf sozialer Ebene? . . . . .	239
16.5 Erklärungsanspruch von <i>COSDA</i> und Ausblick . . . . .	240
<b>Appendix</b>	<b>244</b>
<b>Der NetLogo Quellcode</b>	<b>245</b>
<b>Explorative Analyse der Makroebene: Ergänzende Tabellen</b>	<b>269</b>
<b>Konformitätsheuristik: Anpassungsverhalten in einzelnen Simulationsläufen</b>	<b>272</b>
<b>Instabilität in den Entscheidungsheuristiken</b>	<b>278</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>280</b>

# Abbildungsverzeichnis

1	Wissenschaftsphilosophische Einordnung der ESK . . . . .	44
2	Konformitätsskala . . . . .	143
3	Modellübersicht . . . . .	148
4	Contour Plot zur Publikationswahrscheinlichkeit . . . . .	150
5	Publikationen pro Autor am Ende eines exemplarischen Simulationslaufs . . .	152
6	Durchschnittlich kumulierte Publikationen über $t$ für 30 Simulationsläufe . . .	152
7	Kumulative Publikationen aller Agenten versus Experimentatoren ( $\tau = .5$ ) . .	153
8	Testsimulation I zur Bestimmung der Parameter $N$ und $T$ . . . . .	160
9	Testsimulation II zur Bestimmung der Parameter $N$ und $T$ . . . . .	161
10	Interaktionsplot der Parameter $\gamma$ und $\theta$ auf die mittlere Diskrepanz zwischen Performanz und Anspruchsniveau der KT-Typen (asp.att) . . . . .	165
11	Residuen des linearen Modells $\text{lm}(\text{rank} \sim \text{delta})$ . . . . .	167
12	Boxplots der Rangpositionierung in Abhängigkeit von $\delta$ . . . . .	168
13	Interaktionsplot der Parameter $\gamma$ und $\delta$ auf die mittlere Diskrepanz zwischen Performanz und Anspruchsniveau der RT-Typen (rasp.att) . . . . .	169
14	Anpassungsprozess unter Konformitätsheuristik ( $\tau = .5$ und $\theta = .956$ ) . . . . .	177
15	Anpassungsprozess unter Konformitätsheuristik ( $\tau = .5$ und $\theta = .978$ ) . . . . .	178
16	Anpassungsprozess unter Konformitätsheuristik ( $\tau = .1$ und $\theta = .956$ ) . . . . .	179
17	Anpassungsprozess unter Konformitätsheuristik ( $\tau = .1$ und $\theta = .978$ ) . . . . .	180
18	Konformität über die Zeit bei Koordination auf $b = 1$ ( $\tau = .5$ ) . . . . .	181
19	Konformität über die Zeit bei Koordination auf $b = 1$ ( $\tau = .1$ ) . . . . .	183
20	Konformität über die Zeit bei Dissens mit Tendenz zu $b = 1$ ( $\tau = .5$ ) . . . . .	183
21	Konformität über die Zeit bei Dissens mit Tendenz zu $b = 1$ ( $\tau = .1$ ) . . . . .	184
22	Konformitätsheuristik: Anpassung nach Agententypen ( $\tau = .1$ und $\theta = .956$ ) .	188
23	Konformitätsheuristik: Anpassung nach Agententypen ( $\tau = .5$ und $\theta = .956$ ) .	189
24	Anpassungsprozess unter Salienzheuristik ( $\tau = .5$ und $\theta = .956$ ) . . . . .	194
25	Anpassungsprozess unter Salienzheuristik ( $\tau = .5$ und $\theta = .978$ ) . . . . .	195
26	Anpassungsprozess unter Salienzheuristik ( $\tau = .1$ und $\theta = .956$ ) . . . . .	196
27	Anpassungsprozess unter Salienzheuristik ( $\tau = .1$ und $\theta = .978$ ) . . . . .	198
28	Salienzheuristik: Anpassung nach Agententypen ( $\tau = .5$ ) . . . . .	199
29	Salienzheuristik: Anpassung nach Agententypen ( $\tau = .1$ ) . . . . .	200
30	Salienzheuristik: Koordinationsergebnis in Abhängigkeit der initialen Vertei- lung der Agententypen ( $\tau = .5$ ) . . . . .	201
31	Salienzheuristik: Koordinationsergebnis in Abhängigkeit der initialen Vertei- lung der Agententypen ( $\tau = .1$ ) . . . . .	201



32	Anpassungsprozess unter Evidenzheuristik ( $\tau = .5$ und $\theta = .956$ ) . . . . .	204
33	Anpassungsprozess unter Evidenzheuristik ( $\tau = .5$ und $\theta = .978$ ) . . . . .	205
34	Anpassungsprozess unter Evidenzheuristik ( $\tau = .1$ und $\theta = .956$ ) . . . . .	206
35	Anpassungsprozess unter Evidenzheuristik ( $\tau = .1$ und $\theta = .978$ ) . . . . .	207
36	Evidenzheuristik: Mosaikplot der erzeugten Evidenz ( $\tau = .5$ ) . . . . .	212
37	Evidenzheuristik: Mosaikplot der erzeugten Evidenz ( $\tau = .1$ ) . . . . .	212
38	Evidenzheuristik: Anpassung nach Agententyp ( $\tau = .5$ ) . . . . .	213
39	Evidenzheuristik: Anpassung nach Agententyp ( $\tau = .1$ ) . . . . .	213
40	Mosaikplot der Simulationsläufe nach Koordinationsergebnis, Ergebniskategorien und Heuristik . . . . .	224
41	Verteilung der Simulationsläufe nach Koordinationsergebnissen und Heuristiken	230
42	Konformitätsheuristik: Anpassungsverhalten in einzelnen Simulationsläufen von kons1 ( $\tau = .1$ und $\theta = .956$ ) . . . . .	272
43	Konformitätsheuristik: Anpassungsverhalten in einzelnen Simulationsläufen von tend1 ( $\tau = .1$ und $\theta = .956$ ) . . . . .	273
44	Konformitätsheuristik: Anpassungsverhalten in einzelnen Simulationsläufen von kons1 ( $\tau = .5$ und $\theta = .956$ ) . . . . .	274
45	Konformitätsheuristik: Anpassungsverhalten in einzelnen Simulationsläufen von tend1 ( $\tau = .5$ und $\theta = .956$ ) . . . . .	275
46	Zielerreichungsdiskrepanz der anpassenden RT-Agenten ( $\tau = .1$ , $\theta = .956$ und kons1) . . . . .	276
47	Zielerreichungsdiskrepanz der anpassenden RT-Agenten ( $\tau = .1$ , $\theta = .956$ und tend1) . . . . .	277
48	Instabilität in der Konformitätsheuristik ( $\tau = .5$ ) . . . . .	278
49	Instabilität in der Konformitätsheuristik ( $\tau = .1$ ) . . . . .	278
50	Instabilität in der Salienzheuristik ( $\tau = .5$ ) . . . . .	278
51	Instabilität in der Salienzheuristik ( $\tau = .1$ ) . . . . .	279
52	Instabilität in der Evidenzheuristik ( $\tau = .5$ ) . . . . .	279
53	Instabilität in der Evidenzheuristik ( $\tau = .1$ ) . . . . .	279

## Tabellenverzeichnis

3	Modelle im weiteren Kontext der Economics of Scientific Knowledge (ESK)	45
4	Modelle der ESK mit sozialen Mechanismen der Wissenserzeugung . . . . .	71
5	Dimensionen der ESK in ausgewählten ABM . . . . .	88
6	Mikroebene des ABM <i>COSDA</i> . . . . .	127
7	Mesoebene des ABM <i>COSDA</i> . . . . .	128
8	Makroebene des ABM <i>COSDA</i> . . . . .	128
9	Pseudocode des ABM <i>COSDA</i> I . . . . .	135
11	Pseudocode des ABM <i>COSDA</i> II (Anpassungsverhalten im Detail) . . . . .	142
14	Modellparameter der Referenzsimulation . . . . .	161
15	Parametervariationen des Mikromodells . . . . .	162
16	Einfluss der Faktorkontraste $\theta$ und $\gamma$ auf die durchschnittliche Zielerreichungsdiskrepanz der KT-Typen ( $t=120$ ) . . . . .	165
17	Konfidenzintervalle (KI) der Faktorkontraste $\theta$ und <i>publ.gr</i> auf den mittleren Wissensbestand der KT-Typen ( $t=120$ ) . . . . .	166
18	Konfidenzintervalle (KI) der Faktorkontraste $\delta$ und <i>publ.gr</i> auf die mittlere Rangposition der RT-Typen ( $t=120$ ) . . . . .	171
19	Ergebnisüberblick unter Konformitätsstrategie . . . . .	175
20	Konformitätsheuristik: Simulationsläufe nach Experimentatoren und Experimentatorenpool . . . . .	182
21	Konformitätsheuristik: Simulationsläufe nach Innovatoren und Experimentatorenpool . . . . .	182
22	Konformitätsheuristik: Koordinationsresultat-Kontraste und mittlere Anzahl der Experimentatoren ( $\tau = .1$ ) . . . . .	185
23	Konformitätsheuristik: Koordinationsresultat-Kontraste und mittlere Anzahl der Experimentatoren mit $b = 1$ ( $\tau = .1$ ) . . . . .	186
24	Konformitätsheuristik: Koordinationsresultat-Kontraste und mittlere Anzahl der Innovatoren ( $\tau = .1$ ) . . . . .	186
25	Konformitätsheuristik: Koordinationsresultat-Kontraste und mittlere Anzahl der Experimentatoren mit $b = 1$ ( $\tau = .5$ ) . . . . .	187
26	Konformitätsheuristik: Koordinationsresultat-Kontraste und mittlere Anzahl der Innovatoren ( $\tau = .5$ ) . . . . .	187
27	Ergebnisüberblick unter Salienzheuristik . . . . .	193
28	Salienzheuristik: Koordinationsresultat-Kontraste und mittlere Anzahl der Innovatoren ( $\tau = .1$ ) . . . . .	197

---

29	Salienzheuristik: Koordinationsresultat-Kontraste und mittlere Anzahl der Experimentatoren mit $b = 1$ ( $\tau = .1$ ) . . . . .	197
30	Salienzheuristik: Simulationsläufe nach Experimentatoren und Experimentatorenpool . . . . .	197
31	Salienzheuristik: Simulationsläufe nach Innovatoren und Experimentatorenpool . . . . .	199
32	Ergebnisüberblick unter Evidenzheuristik . . . . .	203
33	Evidenzheuristik: Simulationsläufe nach Experimentatoren und Experimentatorenpool . . . . .	208
34	Evidenzheuristik: Koordinationsresultat-Kontraste und mittlere Anzahl der Innovatoren ( $\tau = .1$ und $\theta = .978$ ) . . . . .	208
35	Evidenzheuristik: Simulationsläufe nach Innovatoren und Experimentatorenpool . . . . .	209
36	Evidenzheuristik: Koordinationsresultat-Kontraste und mittlere Anzahl der Innovatoren ( $\tau = .5$ und $\theta = .956$ ) . . . . .	209
37	Evidenzheuristik: Koordinationsresultat-Kontraste und mittlere Anzahl der Innovatoren ( $\tau = .5$ und $\theta = .978$ ) . . . . .	210
38	Evidenzheuristik: Struktur der erzeugten Evidenz . . . . .	211
39	Ergebniskategorien innerhalb der einzelnen Entscheidungsheuristiken . . .	221
40	Ergebniskategorien verteilt über die Entscheidungsheuristiken . . . . .	223
41	Koordinationsresultate im Konsens verteilt über Entscheidungsheuristiken und Ergebniskategorien . . . . .	270
42	Koordinationsresultate im Dissens verteilt über Entscheidungsheuristiken und Ergebniskategorien . . . . .	271

# Abkürzungen

**ABM** Agentenbasierte Modellierung / Agentenbasiertes Modell

**bzgl.** bezüglich

**COSDA** Continuous Opinions of Satisficing Agents and Discrete Actions

**d.h.** das heißt

**ESK** Economics of Scientific Knowledge

**etc.** et cetera

**Fn** Fussnote

**ggf.** gegebenenfalls

**HD** hypothetisch-deduktiv

**Hwz** Halbwertszeit wissenschaftlichen Wissens (in Jahren)

**KT** Erkenntnisorientierter Präferenztyp (*Knowledge Type*)

**M** Mean (arithmetisches Mittel)

**o.g.** oben genannten

**RT** Reputationsorientierter Präferenztyp (*Reputation Type*)

**SBE** Schluss auf die beste Erklärung

**SD** Standard Deviation (Standardabweichung)

**SSK** Sociology of Scientific Knowledge

**vgl.** vergleiche

**z.B.** zum Beispiel

## Formelzeichen

Symbol	Wertebereich	Beschreibung
$N$	$\in \mathbb{N}^*$	Anzahl der Agenten
$N^{KT}$	$\in \mathbb{N}^*$	Anzahl der Agenten vom Typ KT
$N^{RT}$	$\in \mathbb{N}^*$	Anzahl der Agenten vom Typ RT
$i$	$= 1, \dots, N$	Laufindex der Agenten
$T$	$\in \mathbb{N}^*$	Zeithorizont der Simulation
$t$	$= 1, \dots, T$	Laufindex des Zeithorizonts
$h$	$= 2, \dots, T - 1$	Entscheidungshorizont
$k_t$	$\in \mathbb{N}^*$	Anzahl der Rangklassen zum Zeitpunkt $t$
$b_{i,t}$	$\in \{-1, 1\}$	Von Agent $i$ zum Zeitpunkt $t$ vertretener wissenschaftlicher Ansatz
$B_{i,t}^g$	$\in \mathbb{N}$	Anzahl der Wissenschaftskollegen von $i$ in $t$ , die den gleichen wissenschaftlichen Ansatz verfolgen
$B_{i,t}^u$	$\in \mathbb{N}$	Anzahl der Wissenschaftskollegen von $i$ in $t$ , die einen anderen wissenschaftlichen Ansatz verfolgen
$\alpha_i$	$\sim U[0, 1]$	Präferenzgewichtung von $i$ über $t$
$asp.time$	$\in \mathbb{N}^*$	Anzahl der Zeitschritte $t$ , nach denen alle Agenten $i \in N$ eine Entscheidung treffen können $\hat{=}$ Entscheidungshorizont $h$
$conf_{i,t}$	$\in (-1, 1]$	Konformität von $i$ in $t$
$pub_{i,t}$	$\in \mathbb{N}^*$	Anzahl der Publikationen von $i$ in $t$
$pub_t^{max}$	$\in \mathbb{N}^*$	Maximale Anzahl an Publikationen über alle $i$ in $t$
$pr_{i,t}$	$\in (0, 1]$	Produktivität von $i$ in $t$

Symbol	Wertebereich	Beschreibung
$cpub_{i,t-1}$	$\in \mathbb{N}^*$	Über $t - 1$ Perioden kumulierte Anzahl an Publikationen von $i$
$cpub_{t-1}^{max}$	$\in \mathbb{N}^*$	Maximal kumulierte Anzahl an Publikationen über alle $t - 1$ Perioden
$cpr_{i,t-1}$	$\in (0, 1]$	Kumulierte Produktivität von $i$
$pubprob_{i,t}$	$\in (0, 1]$	Publikationswahrscheinlichkeit von $i$ in $t$
$\theta$	$\in [0, 1]$	Entwertungsrage des Wissens
$\alpha$	$\in [.5, 1]$	Präferenzgewichtung Erkenntnisstreben
$(1 - \alpha)$	$\in [.5, 1]$	Präferenzgewichtung Reputation
$\mu$	$\in [0, 1]$	Erinnerungsvermögen
$\gamma$	$\in [0, 1]$	Strebsamkeit
$(1 - \delta)$	$\in [0, 1]$	Organisationale Trägheit
$\tau$	$\in \{.1, .5\}$	Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool
$w_{i,t}$	$\in \mathbb{R}$	Wissensbestand von $i$ in $t$
$ra_{i,t}$	$\in \mathbb{N}^*$	Rangposition von $i$ in $t$
$asp_{i,t}^{KT}$	$\in \mathbb{R}$	Anspruchsniveau eines KT-Agenten in $t$
$rasp_{i,t}^{RT}$	$\in \mathbb{R}$	Anspruchsniveau eines RT-Agenten in $t$
$l_{i,t}$	$\in \mathbb{N}^*$	Anzahl der Wissenschaftskollegen von $i$ mit $pub_{j,t} \leq pub_{i,t}, i \neq j$
$sl_{i,t}$	$\in \mathbb{N}^*$	Anzahl der Wissenschaftskollegen von $i$ mit $pub_{j,t} < pub_{i,t}, i \neq j$
$st_{i,t}$	$\in \mathbb{N}^*$	Status von $i$ in $t$
$mem.s_{i,t}$	$\in \mathbb{N}^*$	Status mit Gedächtnis von $i$ in $t$
$publ.gr_{i,t}$	$\in \{0, 1\}$	Publikationsgewinn von $i$ in $t$

---

Symbol	Wertebereich	Beschreibung
--------	--------------	--------------

---

$E_{t,\tau}$	$\in \mathbb{N}$	Experimentatoren in $t$ ( $\tau$ )
--------------	------------------	------------------------------------

$I_t$	$\in \mathbb{N}$	Innovatoren in $t$
-------	------------------	--------------------

# Definitionen

Definition	Def.-Bereich
1 Zeitjahr = $t$ Zeitschritte	$\in \mathbb{N}^*$
$pub_t^{max} = \max_{i=1}^N pub_{i,t}$	$\in \mathbb{N}^*$
$pr_{i,t} = \frac{pub_{i,t}}{pub_t^{max}}$	$\in (0, 1]$
$cpub_{i,t-1} = \sum_{s=1}^{t-1} pub_{i,s}$	$\in \mathbb{N}^*$
$cpub_{t-1}^{max} = \max_{i=1}^N cpub_{i,t-1}$	$\in \mathbb{N}^*$
$cpr_{i,t-1} = \frac{cpub_{i,t-1}}{cpub_{t-1}^{max}}$	$\in (0, 1]$
$B_{i,t}^g = \{j \in N_{j \neq i} \mid b_{j,t} = b_{i,t}\}$	$\in \mathbb{N}$
$B_{i,t}^u = \{j \in N_{j \neq i} \mid b_{j,t} \neq b_{i,t}\}$	$\in \mathbb{N}$
$(1 + B_{i,t}^g) + B_{i,t}^u = N$	$\in \mathbb{N}^*$
$conf_{i,t} = \frac{(1+B_{i,t}^g)-B_{i,t}^u}{N}$	$\in (-1, 1]$
$k_t =  \{mem.s_{t,i=1,\dots,N}\} $	$\in \mathbb{N}^*$
$w_{i,t} = \theta * w_{i,t-1} + \sqrt{pr_{i,t} * pub_{i,t}}$	$\in \mathbb{R}$
$\theta = [1 - (\frac{\ln(2)}{H_{wz}})]$	$\in [0, 1]$
$asp_{i,t}^{KT} = \gamma * w_{i,t}^{max} + (1 - \gamma) * w_{i,t}^{min}$	$\in \mathbb{R}$
$rasp_{i,t}^{RT} = \gamma * ra_{i,t}^{min} + (1 - \gamma) * ra_{i,t}^{max}$	$\in \mathbb{R}$
$E_{t,\tau} = \{i \in N, gdw. cpr_{i,t-1} > (1 - \tau)\overline{cpr_{j,t-1}}\}$	$\in \mathbb{N}$
$I_t = \{i \in N^{KT} \mid cpr_{i,t-1} > med(cpr_{j,t-1})\}$	$\in \mathbb{N}$



**Teil I**

**Einleitung**

# 1 Motivation

„Volkswirtschafts-Leere“, „Korrekt, präzise und absolut nutzlos“, „mittelalterliche Scholastik“ lauten nur einige der Vorwürfe, die der Ökonomik insbesondere seit der Finanzkrise 2008 und der folgenden Weltwirtschaftskrise gemacht werden.<sup>1</sup> Die Kritik ist jedoch keineswegs neu, ist doch festzustellen, dass die Ökonomen über Jahrzehnte hinweg ihre Fähigkeit perfektioniert haben, Modelle mit mathematischer und formaler Eleganz zu entwickeln, diese aber hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf realweltliche Probleme versagen. Die technische Perfektion war bzw. ist aber nur dadurch möglich, als Theorien zur Verfügung stehen, deren Annahmen und ontologische Prämissen eine solche Modellbildung erlauben. Eine zentrale Rolle spielt hierbei die Neoklassische Theorie, die bekanntermaßen insbesondere für ihre Annahmen im Hinblick auf das Menschenbild als *Homo Oeconomicus*, das Gleichgewichtsstreben ökonomischer Systeme und in Verbindung damit die Irrelevanz von Zeit in ökonomischen Modellen kritisiert wird. Diese Annahmen sind Ausfluss des Selbstverständnisses der Neoklassischen Theorie als Teil der positiven Ökonomik, in der es darum geht, –wertfrei– die Welt zu beschreiben, so wie sie ist, d.h. Fakten und Tatsachen zu beschreiben. Indem die Neoklassische Theorie beansprucht, Tatsachen zu beschreiben, wird sie wie *ein universelles* Instrumentarium für den Zugang zum Verständnis der Wirklichkeit behandelt. Dieser Alleinvertretungsanspruch –und damit Immunisierung gegenüber anderen theoretischen Zugängen– wird als der problematische Kern der Neoklassik aufgefasst: Wie in der Physik unterschiedliche Theorien zuzulassen, mit denen sich ergänzende Zugänge zur Wirklichkeit erzeugen lassen, könnte gerade der Sozialwissenschaft Ökonomik helfen, die Komplexität und Interdependenzen sozialer Systeme und Realitäten besser zu verstehen und aus unterschiedlichen, sich ergänzenden Blickwinkeln besser erklärbar zu machen (FULLBROOK, 2013).

In Anbetracht dieser Kritik wird eine Diskussion des Status-Quo der Ökonomik, ihrer Annahmen und ihrer Erkenntnisfähigkeit zwar in der Methodologie der Ökonomik geführt, im ökonomischen „Alltagsbetrieb“ ist eine Selbstkorrektur hingegen nur punktuell festzustellen. Eine mögliche Erklärung hierfür können Beharrungstendenzen in der Fachgemeinde sein, die den Zugang anderer Methoden und Modellierungsansätze in den Kanon der Ökonomik erschweren.<sup>2</sup> Gegen solch ein monistisches Wissenschaftsverständnis engagiert sich seit 2012 das Netzwerk Plurale Ökonomik, das aus dem 2003 gegründeten Arbeitskreis Postautistische Ökonomie hervorgegangen ist und ab 2011 unter dem Namen Arbeitskreis Real-World Economics aktiv war, dafür, der „Vielfalt ökonomischer Theorien Raum zu geben, die Lösung realer Probleme in den Vordergrund zu stellen sowie

---

<sup>1</sup>Vgl. beispielsweise die Presseschau bei O.V. (2015b).

<sup>2</sup>Dies spiegelt sich auch darin wider, dass sich die Fachdisziplin mit einer Erneuerung der ökonomischen Curricula an den Hochschulen ebenfalls schwer tut (O.V., 2015c).

---

Selbstkritik, Reflexion und Offenheit in der VWL zu fördern“ (O.V., 2015a).

Die hier skizzierte Debatte um die Wissenschaftsdisziplin der Ökonomik, insbesondere die Frage, welchen Erkenntniswert ökonomische Theorien –in Anbetracht ihres Versagens vor und während der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise– überhaupt (noch) haben, und die Suche nach Schwachstellen, die der Disziplin sowohl im Hinblick auf ihre Erkenntnisfähigkeit als auch im Hinblick auf ihre Art des wissenschaftlichen Diskurses immanent sind, spiegelt einen der zentralen Gegenstandsbereiche der Wissenschaftsphilosophie und -theorie wider. Die Wissenschaftsphilosophie stellt die Frage, was wissenschaftliches Wissen ist und durch welche Mechanismen wissenschaftliches Wissen legitimiert wird. Hierbei hat sich in den letzten Jahrzehnten in der Wissenschaftsphilosophie zunehmend die Auffassung durchgesetzt, dass die Legitimation wissenschaftlichen Wissens nicht allein dadurch erreicht wird, dass das Wissen ahistorische, objektive Kriterien der Rechtfertigung im Sinne einer bestimmten Methodologie erfüllt, sondern im Wesentlichen durch wissenschaftliche Praktiken geprägt ist. Jede Wissenschaftsdisziplin ist geprägt von solchen wissenschaftlichen Praktiken, die offenbaren, wie Akteure in der Wissenschaft tatsächlich interagieren, arbeiten, wissenschaftliches Wissen anerkennen und weiterentwickeln. Wie oben am Beispiel der Ökonomik angedeutet, ist dem immer auch ein gemeinsames Verständnis über akzeptierte Prämissen und Annahmen der Modellbildung und dem Erklärungsanspruch von Modellen inhärent. Dabei wenden die Akteure die wissenschaftlichen Praktiken nicht nur an, sondern sind auch bestrebt, diese zu gestalten und zu modifizieren.<sup>3</sup>

Interessanterweise hat sich in den wissenschaftsphilosophischen Betrachtungen darüber, wie wissenschaftliche Akteure interagieren und wissenschaftliches Wissen legitimieren (sollten), seit den 1990er Jahren ein Literaturzweig herausgebildet, der versucht, Wissenschaftsphilosophie unter Anwendung des ökonomischen Instrumentariums zu betreiben. Das „Einfallstor“ für den Ansatz der Economics of Scientific Knowledge (ESK) ist dadurch gegeben, dass in der klassischen Wissenschaftsphilosophie die ausschließliche Fokussierung auf die normativen Aspekte, d.h. die Einhaltung wissenschaftlicher Normen, zunehmend unter Kritik geraten ist und vermehrt die Notwendigkeit formuliert wurde, dass die Abbildung wissenschaftliche Koordination auch unter Beachtung des tatsächlichen Verhaltens der Akteure erfolgen müsse.<sup>4</sup> Mit der skizzierten Kritik an den vornehmlich positivistischen Modellen der Ökonomik drängt sich damit unmittelbar die Frage auf, ob und was die Wissenschaftsphilosophie durch die Ökonomik gewinnt.

---

<sup>3</sup>Eine prominente Arbeit liegt in diesem Zusammenhang von Knorr Cetina vor, die im Rahmen einer ethnographischen Studie naturwissenschaftlicher Wissensformen zeigt, welche Strukturen, Prozesse und Umwelten *spezifische* epistemische Kulturen ausmachen (KNORR CETINA, 2002, S.18) [Hervorhebung im Original].

<sup>4</sup>In kritischer Betrachtung ist hiermit eine weitere Erscheinungsform des „ökonomischen Imperialismus“ gegeben, d.h. ökonomische Methoden zur Analyse und Erklärung realweltlicher Phänomene außerhalb der Ökonomie zu verwenden.

Die Dissertation wendet sich daher insbesondere der Rolle der Ökonomik auf der Metaebene der wissenschaftsphilosophischen Argumentation zu. Es geht weniger um Ökonomik als Erkenntnisobjekt und die damit zentrale Frage, wie sich Wissen in der Ökonomik legitimiert, sondern vielmehr darum zu beleuchten, welchen Erklärungsgehalt ökonomische Instrumente in der Wissenschaftsphilosophie überhaupt haben *können*. Damit soll die Dissertation einen Beitrag dazu leisten, die Diskussion um die Konstitution der Ökonomik anzuregen, insbesondere im Hinblick auf ihre Methoden, ihre Vorannahmen und den Erklärungsgehalt, die sie im Rahmen wissenschaftsphilosophischer Betrachtungen beansprucht.

## 2 Struktur der Arbeit

Im ersten Teil der Dissertation, der modellanalytischen Betrachtung, werden Modelle analysiert, die das Erkenntnisobjekt der wissenschaftlichen Koordination mit unterschiedlichen Methoden und Instrumenten der Ökonomik untersuchen. Diese Modelle sind dem Gebiet der “Economics of Scientific Knowledge (ESK)” als spezielle Ausprägung einer Sozialen naturalisierten Epistemologie zuzuordnen (QUINE, 1969; HANDS, 1995).<sup>5</sup> Die Anwendung bestimmter Methoden in diesen Modellen impliziert wiederum eine Auffassung des Wissenschaftlers darüber, welche epistemologischen und ontologischen Aspekte er als relevant erachtet und in welcher Weise soziale Einflussfaktoren in ein Modell wissenschaftlicher Koordination einzubeziehen sind. In diesem Sinne ist das Projekt der ESK, den Wissenschaftsprozess mit ökonomischen Instrumenten und Methoden verstehen und erklären zu wollen, hochgradig selbstreferentiell, da damit auch der Erklärungsgehalt der verwendeten Methoden und Instrumente zur Disposition steht.

Sollten sich in den analytischen Modellen der Economics of Scientific Knowledge (ESK) entsprechende Defizite offenbaren, so können neue Methoden und Instrumente prinzipiell einen Ausweg bieten. Als ein geeigneter Kandidat wird in dieser Arbeit die Agentenbasierte Modellierung identifiziert, da diese Methode eine realitätsnähere Abbildung der Akteure, eine ergebnisoffene Modellierung ihrer Entscheidungen und des Koordinationsprozesses erlaubt. Dass in diesem Bereich großes Forschungsinteresse besteht, dokumentiert die wachsende Zahl von Veröffentlichungen in den letzten Jahren, die sich dem Wissenschaftsprozess im weitesten Sinne auf dem Weg der Agentenbasierten Modellierung nähern. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass diejenigen ABM, die Aspekte des Wissenschaftsprozesses abbilden, entweder rein deskriptiv sind und damit keinen Bezug zu den in der Wissenschaftsphilosophie verorteten Modellen der ESK aufweisen, oder sich zwar explizit auf die Modelle der ESK beziehen, die ihr methodisch inhärenten Defizite aber nur teilweise lösen können oder diese in ihrer Analyse gänzlich ausblenden. Gegenstand der Modellanalyse im Kontext der ABM ist daher nicht nur, den prinzipiellen methodischen Fortschritt gegenüber den analytischen Modellen der ESK herauszuschälen, sondern auch die Probleme zu identifizieren, die aus dem Erbe der ESK und der dort angewandten Methodologie resultieren. Der methodische Weg, der hierzu beschritten wurde, besteht darin, aus der wissenschaftsphilosophischen Literatur zunächst Klassifikationskriterien von Modellen zu extrahieren, die im weitesten Sinne wissenschaftsphilosophische Aspekte behandeln (vgl. Kapitel 7). Aus diesen allgemeinen Klassifikationskriterien wer-

---

<sup>5</sup>Wie im Folgenden gezeigt wird, fußt der hier in der Arbeit verwendete Begriff *Soziale naturalisierte Epistemologie* auf zwei wissenschaftsphilosophischen Strömungen, einerseits der naturalisierten Epistemologie und andererseits der sozialen Epistemologie (KOPPL, 2011, S.45f.). *Soziale naturalisierte Epistemologie* ist eine hier eingeführte begriffliche Konvention, um den Einfluss beider Strömungen in der vorliegenden Arbeit kenntlich zu machen.

den sodann diejenigen identifiziert, die von Modellen der ESK als Ausprägung der Sozialen naturalisierten Epistemologie adressiert werden. Im Ergebnis kann ein Raster mit Analysedimensionen erstellt werden, das nicht nur für die analytischen Modelle der ESK verwendet wird (vgl. Abschnitt 8.2), sondern damit gleichzeitig erreicht wird, Agentenbasierte Modelle als der ESK zugehörig zu definieren und diese anhand derselben Analysedimensionen zu untersuchen (vgl. Abschnitt 9.3). Zusammenfassend werden in der modellanalytischen Betrachtung damit zwei Ebenen adressiert: Zum einen die Koordination wissenschaftlicher Prozesse (Erkenntnisobjekt) und zum anderen die Methode, wie diese Koordinationsprozesse abgebildet und erklärt werden (Modellbildung).

Ausgehend von den in der Modellanalyse identifizierten zentralen Problemfeldern wird im zweiten Teil der Dissertation das Agentenbasierte Modell *COSDA* motiviert. Mit dem ABM wird dabei keineswegs beansprucht, sämtliche wissenschaftsphilosophischen und methodischen Probleme lösen zu wollen. Vielmehr wird mit dem Modell der Ansatz verfolgt, zentrale wissenschaftsphilosophische und ökonomische Prämissen, die als ursächliche Problemfelder identifiziert wurden, aufzugeben. Da sich die identifizierten Problemfelder sowohl auf die Konstitution der Akteure (Mikroebene), deren Handlungsregeln (Mesoebene) als auch auf das soziale Koordinationsresultat beziehen (Makroebene) und in der Literatur keine vergleichbar motivierten Arbeiten identifiziert werden konnten, wurde ein eigenes ABM entwickelt. Dabei ist das ABM jedoch nicht ‘tabula rasa’ konzipiert, sondern fußt in der Mikrofundierung auf stilisierten Fakten und Mechanismen, die sich in den (ABM-) Modellen im Kontext der ESK als valide erwiesen haben. Konkret wird im der hier vorgestellten ABM die Frage verfolgt, welche akteursgetriebenen Eigenschaften, Handlungen und Rahmenparameter zur möglichen Erklärung von Konsensbildung in einer wissenschaftlichen Gemeinde einerseits, und zur Aufrechterhaltung von Dissens andererseits, beitragen.

Bevor die Modellanalyse (Teil III) und das ABM *COSDA* (Teil IV) vorgestellt werden, sollen im folgenden Teil II zunächst die wesentlichen wissenschaftsphilosophischen Begriffe und Hintergründe rekurriert werden, die einen Bezug zur vorliegenden Arbeit haben. Hierbei wird kein vollständiger Überblick über sämtliche Strömungen und Ansätze gegeben. Vielmehr dient das Kapitel dazu, die im Laufe der Arbeit vorgestellten Modelle in einen wissenschaftsphilosophischen Kontext setzen zu können.

**Teil II**

**Wissenschaftsphilosophische**

**Bezugspunkte**

### 3 Zentrale Fragestellung und Zielsetzung

Die zentrale Frage der Wissenschaftsphilosophie, was Wissen als wissenschaftlich auszeichnet oder anders formuliert, was wissenschaftliche Erkenntnis begründet, spannt einen ganzen Horizont an Möglichkeiten auf, in welche Richtung und mit welcher Schwerpunktsetzung der Gegenstandsbereich untersucht werden kann. So stellt sich unter anderem die Frage, ob und durch welche Kriterien wissenschaftliches Wissen von Alltagswissen zu unterscheiden ist, welche Eigenschaften Träger von wissenschaftlicher Erkenntnis haben (sollten) und auf welche Weise wissenschaftliche Erkenntnis entsteht und sich entwickelt.<sup>6</sup> Die umfangreiche wissenschaftsphilosophische Literatur zu den genannten Untersuchungsdimensionen kann im Rahmen dieser Arbeit nicht vollumfänglich rezipiert werden. Dies ist im Hinblick auf die Zielsetzung, analytische Modelle der Economics of Scientific Knowledge (ESK) und entsprechende Simulationsmodelle unter dem Licht einer Sozialen naturalisierten Epistemologie zu betrachten, auch nicht zweckdienlich. Vielmehr soll der Fokus auf diejenigen Aspekte der Wissenschaftsphilosophie gerichtet sein, die essentiell für das Verständnis der ESK als Ausprägung einer Sozialen naturalisierten Epistemologie sind. Dazu werden zunächst einige wissenschaftstheoretischen Grundlagen rekurriert (Kapitel 4). Wissenschaftstheorie wird hier als eine Teilmenge der Wissenschaftsphilosophie interpretiert und befasst sich mit logischen Grundlagen (Begriffe, Aussagen und Schlüsse), erkenntnistheoretischen Fragen und methodologischen Grundlagen der Wissenschaften.<sup>7</sup> In einem weiteren Schritt werden die wesentlichen Kritikpunkte an der klassischen Wissenschaftsphilosophie durch KUHN (1970) sowie QUINE (1969) skizziert und Ansätze vorgestellt, die eine Erweiterung der klassischen Wissenschaftsphilosophie um soziale und psychologische Aspekte im Erkenntnisprozess der Wissenschaft motiviert haben (Kapitel 5). Abschließend wird die Soziale naturalisierte Epistemologie vorgestellt, die als Anknüpfungspunkt für die weitere Modellanalyse in Teil III dient.

---

<sup>6</sup>Hier wird in Anlehnung an HERZOG (2012, S.43) der Konvention gefolgt, Wissen synonym zu Erkenntnis zu verwenden. Beide Begriffe sind Übersetzungen des Griechischen *epistémé*.

<sup>7</sup>Erkenntnistheorie wird hier implizit als Teilbereich der Wissenschaftstheorie verstanden. Zentrales Anliegen der Erkenntnistheorie ist die Begründung von Erkenntnis. Die Suche nach Wahrheit hat für die (analytische) Wissenschaftstheorie im engen Sinne aber nur eine nachrangige Bedeutung. Vielmehr wird als wissenschaftlich nur akzeptiert, was sich mit den Methoden der Logik rational rekonstruieren läßt. Dementsprechend wird Erkenntnistheorie von CARNAP (2004) auch als „angewandte Logik“ verstanden (vgl. HERZOG (2012, S.27,43)).



## 4 Epistemologische Aspekte wissenschaftlichen Wissens

### 4.1 Wissenschaftliche Schließverfahren

Die wesentlichen Verfahren, wie wissenschaftliche Aussagen logisch erzeugt werden, sind die Deduktion, die Induktion und die Abduktion. Nach HEMPEL UND OPPENHEIM (1948) ist eine wissenschaftliche Erklärung dann valide, wenn sie deduktiv-nomologisch aus Antecedenzbedingungen (Annahmen, Randbedingungen) und mindestens einem gültigen Gesetz logisch abgeleitet werden kann. In dem Deduktiv-Nomologischen Modell ist der *logische* Schluss (Explanandum) also einzig bedingt durch die formulierten Prämissen (Explanans): *Wenn* die Prämissen gelten, dann muss auch die Schlussfolgerung gelten. Ob die Prämissen tatsächlich gelten, ist für den logischen Schluss irrelevant, d.h. eine Schlussfolgerung kann auch dann *logisch* valide sein, wenn die Prämissen tatsächlich falsch sind. Das deduktive Schließen fördert keine neuen Wahrheiten zutage, sondern offenbart nur, was in den Prämissen bereits enthalten ist. In diesem Sinne unterliegt die Deduktion einer Ontologie des Seins: Sie geht von einer unveränderlichen Welt aus, in der die historische Zeit auf die logische Erkenntnis keinen Einfluss nehmen kann (vgl. HERZOG (2012, S.34)).

Genau hier liegt der wesentliche Unterschied zur Induktion. Hier wird aus beobachtbaren Tatsachen oder experimentellen Resultaten versucht, wissenschaftliche Erkenntnis abzuleiten, d.h. Gesetzmäßigkeiten, die nicht im Widerspruch zu dem Beobachteten stehen. Das Problem des induktiven Schließens liegt gerade darin, dass der Schluss vom Besonderen zum Allgemeinen nicht unabhängig von der historischen Zeit ist. Der Induktion ist damit immer die Hypothese immanent, dass die Bedingungen und Evidenzen in der Zukunft genauso sind wie jene, unter denen der Forscher heute seine Erkenntnisse hergeleitet hat. Eine endliche Menge an Evidenzen reicht allerdings nicht aus, um aus ihnen eine logisch valide Aussage zu *allgemeinen* wissenschaftlichen Gesetzen abzuleiten (vgl. CHALMERS (2007, S.39)). Neben der Möglichkeit, induktiv *neue* wissenschaftliche Hypothesen oder Gesetzmäßigkeiten abzuleiten, dient die Induktion ebenso dazu, bestehende Hypothesen zu prüfen (BARTELBORTH, 2012, S.38). Die hierzu verwendete 'hypothetisch-deduktive' Methode (HD-Methode) verlangt anders als der soeben genannte 'naive' Induktivismus nicht, dass Hypothesen aus vorurteilsfreien, d.h. theoriefreien, Beobachtungen hergeleitet werden. In der HD-Methode wird ausgehend von (1.) *frei entworfenen* bzw. formulierten Hypothesen *H* –zusammen mit Randbedingungen, Anfangsbedingungen und ceteris paribus Sätzen– (2.) eine Vorhersage oder beobachtbare Behauptung *P* deduktiv abgeleitet, die (3.) in einem Experiment oder durch Beobachtung getestet wird und damit (4.) beurteilt werden kann, ob *H* als bestätigt angenommen werden kann oder nicht. Die HD-Methode unterscheidet sich damit vom 'naiven' Induktivismus insbesondere dadurch, dass in der HD-Methode die Entstehung von Hypothesen aus der Methodenlehre her-

ausgelöst wird und sie sich ausschließlich der sachlichen Tragfähigkeit einer Behauptung widmet (CARRIER, 2011, S.104).<sup>8</sup> Jedoch ist dem HD-Verfahren das grundsätzliche Problem inhärent, dass damit nicht ausgeschlossen werden kann, dass zusätzliche oder andere Hypothesen ebenfalls die beobachtbare Behauptung erzeugen können, ohne mit dieser in einem kausalen Zusammenhang stehen zu müssen. Diese Relevanzprobleme (BARTELBORTH, 2012, S.108ff.) und Underdeterminiertheit (HAUSMAN, 1992, S.306) versucht die Abduktion zu vermeiden.

Die Unterscheidung der Abduktion von der Deduktion und der Induktion als dritte Klasse von Schließverfahren geht im Wesentlichen auf Charles Sanders Peirce zurück (PEIRCE, 1931). Während gemäß der Deduktion ein Ergebnis aus einem Gesetz und spezifischen Fall abgeleitet wird und bei der Induktion eine Regularität aus einem spezifischen Fall und dem beobachtbaren Ergebnis formuliert wird, ist es Ziel der Abduktion, den spezifischen Fall aus einem Gesetz und einem beobachtbaren Ergebnis abzuleiten. Abduktion kann als Methode genutzt werden, ausgehend von überraschenden Phänomenen neue Hypothesen zu generieren als auch im Kontext der wissenschaftlichen Begründung den ‘Schluss auf die beste Erklärung’ (SBE) zu finden (NIINILUOTO, 1999, S.442). Von einem –mit Hilfe von Hintergrundwissen erzeugten– Set an relevanten Hypothesen oder Theorien  $H$  wird geprüft, welche am besten geeignet ist, das beobachtbare Ergebnis  $E$  nicht nur (deduktiv) abzuleiten, sondern auch zu erklären. In dem Prüfverfahren können mögliche Hypothesen sowohl durch Falsifikation als auch aufgrund von Erklärungsanomalien ausgeschlossen werden, wobei in Ermangelung geeigneter Konkurrenzhypothese eine negativ geprüfte Hypothese nicht umgehend eliminiert werden muss (BARTELBORTH, 2012, S.138ff.). Kann jedoch eine Hypothese identifiziert werden, die maßgeblich zur „Gesamtkohärenz des Überzeugungssystems“ beiträgt, so wird diese als vermutlich wahr bzw. als Schluss auf die beste Erklärung akzeptiert (BARTELBORTH, 2012, S.142).<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup>Darüber hinaus existiert eine breite Palette weiterer induktiver Schließverfahren, die Elemente des deduktiven Schließens aufgreifen und die Probleme der Induktion zu vermeiden suchen. Hierzu gehört beispielsweise ein auf dem Bayesschen Theorem basierendes probabilistisches Schließverfahren, das nicht zum Ziel hat, Argumente für oder gegen die *kategoriale* Akzeptanz einer Theorie oder Hypothese abzuleiten, sondern bestimmte Glaubens- oder Plausibilitätsgrade anzugeben (BARTELBORTH, 2012, S.42) oder auch der Neue Experimentalismus, in dem der Fokus auf Experimente (statt Theorien und reine Beobachtungen) als Validierungsinstrument wissenschaftlicher Aussagen gerichtet wird (CHALMERS, 2007, S.155ff.). Diese Verfahren werden im weiteren Verlauf der Arbeit an geeigneter Stelle eingeführt und skizziert.

<sup>9</sup>Diese Interpretation des SBE als wahr impliziert, dass dem SBE nicht nur eine heuristische Funktion zugeschrieben wird, indem konkurrierende Hypothesen im Hinblick auf ihren Erklärungsgehalt überprüft werden (z.B. Einfachheit, Präzision, Kohärenz mit dem Hintergrundwissen), sondern auch eine epistemische Funktion in dem Sinn innehat, als von der besten Erklärung gefordert wird, dass sie näher an der Wahrheit liegt als ihre Konkurrenten. Ob ein SBE wahrheitsfördernd ist und auf welche Weise dieser Zusammenhang hergestellt werden kann, soll an dieser Stelle nicht diskutiert werden (vgl. dazu NIINILUOTO (1999) sowie PSILLOS (1996) sowie kritisch FRAASSEN (1980)).

## 4.2 Methodologische Grundlagen

Die logischen Prinzipien der Deduktion und Induktion stellen auch die Grundpfeiler der Argumentation dar, wenn es um die Frage geht, wie wissenschaftliche Erkenntnis methodologisch korrekt abgeleitet werden kann. In der methodologischen Ausrichtung der Wissenschaftstheorie geht es damit primär um die *Tätigkeit* der Forschung. In den zwei wesentlichen methodologischen Ausrichtungen der Wissenschaftstheorie stehen sich auf der einen Seite der Logische Empirismus und auf der anderen Seite der Kritische Rationalismus gegenüber.

Der Logische Empirismus ist aus dem *Wiener Kreis* um Rudolf Carnap und Moritz Schlick entstanden.<sup>10</sup> Sowohl Empiristen und Positivisten argumentieren, dass wissenschaftliche Erkenntnis auf Tatsachen beruhen soll, die dem Beobachter durch Beobachtung direkt zugänglich sind (vgl. CHALMERS (2007, S.7)). Sie begründen Erkenntnis, d.h. das Erkennen von Gesetzmäßigkeiten, durch induktives Schließen aus Beobachtungsaussagen. Dabei kann wissenschaftliche Erkenntnis nur aus Aussagen entstehen, die *verifizierbar* sind. Verifizierbar sind nur solche Aussagen, die aufgrund sinnlicher Erfahrung *synthetisch* oder aus begrifflichen und logischen Gründen *analytisch* wahr sein können.

Als Antwort auf das Induktionsproblem und als Gegenposition zum Verifikationsprinzip formuliert POPPER (1994) in *Logik der Forschung* den Kritischen Rationalismus.<sup>11</sup> Im Kritischen Rationalismus werden wissenschaftliche Theorien dadurch definiert, dass sie falsifizierbar sind. Falsifizierbarkeit bedeutet, dass allgemeine Sätze immer durch logisch mögliche Befunde widerlegt werden *können*, da es keine abgeschlossene Menge solcher Befunde gibt.<sup>12</sup> Ein allgemeiner Satz oder eine Theorie kann dementsprechend niemals verifiziert werden, sondern gilt nur solange als nicht falsifiziert, wie keine widersprüchlichen Tatbestände gefunden wurden. Der Darstellung bei GADENNE (2002, S.59ff.) folgend, seien gemäß dem deduktiven Prüfschema von Theorien oder Hypothesen eine zu prüfende Theorie  $T$  und geeignete Randbedingungen  $A$  gegeben, aus der deduktiv eine Prüfaussage  $P$  abgeleitet wird. Logisch folgt daraus, dass  $T$  den Beobachtungs- bzw. Basissatz  $A \wedge \neg P$  verbietet. Wenn allerdings der Basissatz anerkanntes Resultat von Beobachtungen ist, gilt  $T$  als falsifiziert. Anhand des Duhem-Quine-Arguments lässt sich jedoch zeigen,

---

<sup>10</sup>Neben dem Begriff des Logischen Empirismus findet sich der frühere Begriff des Logischen Positivismus, der Erkenntnis nur aus dem positiv –d.h. direkt sinnlich– Erfahrbaren ableitet. Erst in einer späteren Phase wird auch Erkenntnis aus nicht direkt erfahrbaren, theoretischen Größen zugelassen, woraus sich der Begriff des Logischen Empirismus ableitet (vgl. HERZOG (2012, S.56)).

<sup>11</sup>Zu dem von David Hume beschriebenen Induktionsproblem und den Konsequenzen für die zeitgenössische Wissenschaftsphilosophie vgl. BARTELBORTH (2012, S.28ff.).

<sup>12</sup>Die strengere Anforderung, dass wissenschaftliche Theorien nicht nur falsifizierbar sein sollen, sondern auch nicht falsifiziert, hilft nicht weiter, da de facto und sinnvollerweise auch Theorien oder Hypothesen aufrecht erhalten werden, die teilweise mit Beobachtungen im Widerspruch stehen bzw. falsifiziert worden sind (CHALMERS, 2007, S.85).

dass das von Popper formulierte Falsifikationskriterium nicht eindeutig ist. Gelte nun der realistische Fall, dass eine zu prüfende Theorie  $T$  mit mehreren Aussagen  $t$ , ein geeignetes System aus Hilfsannahmen  $H$  und Randbedingungen  $A$  gegeben ist, so leitet sich hieraus die Prüfaussage  $T \wedge A \wedge H$  ab. Zeigt sich in der Untersuchung wieder das Resultat  $A \wedge \neg P$ , ist dies keine Falsifikation von  $T$ , sondern widerspricht dem ganzen Aussagesystem  $H \wedge T$ , so dass nicht eindeutig bestimmt ist, was aus  $H$  oder  $T$  zu modifizieren ist. GADENNE (2002, S.67ff.) sieht durch die Kritik aber nicht den zugrunde liegenden Fallibilismus in Frage gestellt: Vielmehr zeigt das Resultat, dass weder Hypothesen noch Theorien bewiesen werden können, ebenso wenig wie Beobachtungsaussagen oder Hilfsannahmen, und damit Falsifikationsurteile ebenso fehlbar sind.

### 4.3 Erkenntnistheoretische Fragen

#### Wissen

Das Aufstellen und Überprüfen von Hypothesen und Theorie dient dem Erkenntnisgewinn über proportionales Wissen („Wissen, dass“). Die im Allgemeinen Platon zugerechnete Definition von Wissen als *gerechtfertigte, wahre Überzeugung* leitet sich folgendermaßen her (vgl. STEUP (1996, S.3)): Ein Subjekt S weiß, dass p, genau dann wenn

1. S glaubt, dass p
2. p ist wahr
3. S ist gerechtfertigt zu glauben, dass p

Die ersten beiden Bedingungen sind in der Erkenntnistheorie relativ unumstritten: Zunächst wird postuliert, dass ein Subjekt S eine Überzeugung haben muss, um etwas wissen zu können. Zweitens kann etwas, das falsch ist, kein Wissen sein. Das Wissen *um* Theorien, die sich als empirisch falsch herausgestellt haben, ist kein Wissen in dem oben definierten Sinne, es ist kein proportionales Wissen. Das Wissen um falsche Theorien dient vielmehr dazu, aus dieser Erkenntnis neue Theorien zu entwickeln (vgl. ICHIKAWA UND STEUP (2013)). Eine wahre Überzeugung kann allerdings auch nur geraten sein, so dass die Erkenntnistheorie als letzte Bedingung für Wissen die Rechtfertigung einer wahren Überzeugung durch logische Gründe oder Evidenzen fordert. Allerdings zeigt GETTIER (1963), dass die Bedingungen Überzeugung-Wahrheit-Rechtfertigung nicht hinreichend für die Definition von Wissen sind. So kann sich eine gerechtfertigte Überzeugung nur durch Zufall als wahr erweisen. Ein lediglich durch Zufall erlangtes Wissen ist kein Wissen in oben definiertem Sinn. Ein vielfach begangener Lösungsweg aus den Gettier-Problemen besteht darin, die Rechtfertigungsbedingung durch andere Bedingungen zu ersetzen. Ohne

auf alle Ansätze einzugehen, bestehen die prominentesten Ansätze darin, die Rechtfertigungsbedingung durch die Bedingung zu ersetzen, dass die wahre Überzeugung durch einen „zuverlässigen, kognitiven Prozess“ zustande gekommen ist (Reliabilismus) oder die wahre Überzeugung „kausal durch das Faktum p“ entstanden ist (Kausalität) (vgl. für eine Übersicht der unterschiedlichen Ansätze BARTELBORTH (2012); ICHIKAWA UND STEUP (2013)). Da die Gettier-Probleme jedoch immer noch als ungelöst gelten und bislang kein Lösungsansatz überzeugen konnte, wird in der vorliegenden Arbeit zunächst der Konvention gefolgt, Wissen als wahre, gerechtfertigte Überzeugung zu verstehen. Dieser Weg bietet sich auch insofern an, als die meisten hier referenzierten Arbeiten –soweit nicht anders darauf hingewiesen– genau dieses Verständnis von Wissen zugrunde legen.

### Objektives Wissen

Ausgehend von einer subjektiven Überzeugung, die ein Subjekt gegenüber anderen Subjekten qua methodologischer Regeln rechtfertigen kann (vgl. die vorangegangenen Abschnitte), stellt sich aus erkenntnistheoretischer Perspektive die Frage, inwiefern wissenschaftliches Wissen über eine gerechtfertigte Überzeugung hinaus auch wahr sein soll. Diese Frage ist Gegenstand der Erkenntnistheorie („Was *können* wir wissen?“) und damit losgelöst vom Subjekt, denn es geht um die Frage, ob das, was einem Subjekt als Faktum erscheint, tatsächlich eines ist (HERZOG, 2012, S.46). Die Beantwortung dieser Frage ist abhängig von der erkenntnistheoretischen Position (hier insbesondere Realismus vs. Antirealismus) und davon, welche Theorie der Wahrheit herangezogen wird. Während der Realismus von einem bewusstseinsunabhängigen Sein der dinglichen Welt („Außenwelt“) ausgeht (HALDER, 2003, S.265) und Wahrheit damit unabhängig von der Erkennbarkeit, d.h. unabhängig von dem Entscheidungskriterium ist, ob etwas wahr ist oder nicht, unterscheidet sich im Antirealismus die Definition von Wahrheit nicht vom Entscheidungskriterium.<sup>13</sup> Häufig im Kontext antirealistischer Positionen anzufindende Wahrheitstheorien (vgl. BENSEL (2007)) sind die

- Kohärenztheorie der Wahrheit: Eine Überzeugung ist wahr, genau dann, wenn sie ein Element in einem kohärenten System von Überzeugungen ist.

---

<sup>13</sup>Dem Realismus sind Vertreter des Rationalismus und des Empirismus zuzuordnen. Gemein ist ihnen die Annahme, dass eine Welt hinter dem Beobachtbaren existiert. Während Erstere argumentieren, dass sich die Wahrheit über die Welt aus der Logik erschließt, betrachten Letztere die Wahrheit als Ergebnis von Erfahrbarkeit und Überprüfung. Antirealisten hingegen gehen davon aus, dass der überdauernde Teil der Wissenschaft Beobachtungen sind und Theorien nur als Gerüste dienen, die ausgesondert werden können, wenn sie nichts mehr nützen. In antirealistischen Positionen spielt die Wahrheitstheorie dementsprechend eine nachrangige Rolle; vereinfacht ausgedrückt sind hier Aussagen wahr, wenn sie nützlich sind (CHALMERS, 2007, S.181ff.).

- Konsenstheorie: Eine Aussage ist wahr, genau dann, wenn sie für alle Mitglieder einer Sprechergemeinschaft unter optimalen Bedingungen rational akzeptierbar ist.

Im Kontext realistischer Positionen ist die Korrespondenztheorie der Wahrheit weit verbreitet, wonach eine Aussage wahr ist, genau dann, wenn es eine Tatsache gibt, mit der sie übereinstimmt.<sup>14</sup>

Eine erkenntnistheoretische Position, die einen wichtigen Anknüpfungspunkt in der weiteren Argumentation darstellt, ist der Kritische Realismus. Dem Kritischen Realismus als Ausprägung des Realismus ist immanent, dass die Existenz einer objektiven, d.h. beobachterunabhängigen Realität nicht ausgeschlossen wird, die Menschen aufgrund ihrer subjektiven Wahrnehmung und Denkmuster aber nur versuchen, sich diesem Ideal anzunähern. Unter Bezug auf die Korrespondenztheorie, wonach Wahrheit die Entsprechung von Geist und Sache ist und die Frage nach Erkenntnis nicht ohne einen Bezug zur Ontologie („Was ist?“) beantwortet werden kann (vgl. HERZOG (2012, S.48)), bleibt dann für subjektive Aspekte im wissenschaftlichen Wissen kein Raum. Wissenschaftliches Wissen bildet sich dann nämlich allein nach den Regeln der Logik und ist objektiv, da die Erkenntnis ohne erkennendes Subjekt ist (POPPER (1974, S.126) zitiert nach HERZOG (2012, S.52)). Dementsprechend bestimmt die (vorläufige) Realität die Überzeugungen der methodologisch korrekt arbeitenden Wissenschaftler und nicht vice versa (vgl. HANDS (2004, S.200)). Wissenschaftlicher Fortschritt bedeutet aus Sicht des Kritischen Realismus, dass Wissen qua falsifizierter Theorien stetig erweitert wird, der Falsifikationist „eher auf Fortschritt als auf Wahrheit (setzt)“ (CHALMERS, 2007, S.72).

Zusammengefasst bezieht sich das erkenntnistheoretische Interesse sowohl im Empirismus als auch im Kritischen Rationalismus auf eine betrachterunabhängige Außenwelt. Dies ist insofern nur eine logische Konsequenz aus dem Selbstverständnis der Wissenschaftsphilosophie, als sie sich bis Mitte des 20. Jahrhunderts als Philosophie der *Naturwissenschaften* versteht und ihr genuines Erkenntnisobjekt die gegebene Natur ist. Damit wird auch die Motivation des Logischen Empirismus als auch des Kritischen Rationalismus evident, eine strenge Unterscheidung zwischen Entstehungszusammenhang wissenschaftlicher Erkenntnis und Rechtfertigungszusammenhang vorzunehmen. Nicht-epistemische und soziale Aspekte (siehe folgenden Abschnitt) in der wissenschaftsphilosophischen Betrachtung sind irrelevant, da sie keine Rolle im Rechtfertigungskontext wissenschaftlicher Erkenntnis spielen. Im Rechtfertigungszusammenhang gelten zeitlich invariante Gesetze der Logik, vor denen sich Wissensansprüche unabhängig von Subjekt und (historischem) Kontext

<sup>14</sup>Die Diskussion der unterschiedlichen Wahrheitstheorien soll an dieser Stelle nicht geleistet werden; eine gute Übersicht und kritische Reflexion findet sich z.B bei BENSEL (2007). Im Hinblick auf die Zielsetzung dieses Kapitels, die Modellanalyse in die relevante Literatur einbetten zu können, wird es hier als zielführend erachtet, lediglich die relevanten Anknüpfungspunkte in der wissenschaftsphilosophischen Literatur zu benennen.

legitimieren müssen. Die traditionelle (analytische) Erkenntnistheorie ist daher eine individualistische, nicht-naturalistische (KOPPL, 2011, S.45), geprägt von der Sichtweise, dass alle Wissenschaftler gleichermaßen von Erkenntnisstreben nach Wahrheit getrieben sind. Wissensansprüche sollen sich vor dem Hintergrund vorhandenen Wissens behaupten, ihren Wert unabhängig von *individuellen* oder *sozialen* Attributen des Protagonisten beziehen. Die Entwicklung wissenschaftlichen Wissens folgt damit einer superioren Rationalität, da sich Wissensansprüche ausschließlich über die Anwendung methodologischer Regeln legitimieren und diese dafür sorgen, dass sich Theorien mit einem höheren Wahrheitsgehalt durchsetzen (vgl. DOWNES (1993, S.456)). Wie Hypothesen faktisch entstehen (deskriptiv), ist Sache der Psychologie und der Soziologie und daher irrelevant für die klassische (normative) Wissenschaftstheorie (LAKATOS, 1981).<sup>15</sup>

#### 4.4 Unterdeterminiertheit von Theorien und Theoriegeladenheit von Beobachtungen

Wie bereits angedeutet, besteht ein wesentliches Problem des Falsifikationismus darin, dass in einem komplexen System aus Anfangsbedingungen, Randbedingungen und Hypothesen im Falle einer falschen Vorhersage nicht ausgemacht werden kann, ob diese Falsifikation auf einen Faktor der Testsituation oder die untersuchte Theorie zurückzuführen ist (Duhem-Quine-These). Die **Unterdeterminiertheit** führt dazu, dass eine Theorie niemals endgültig falsifiziert werden kann; dies gilt umso mehr für sozialwissenschaftliche Theorien, die in der Regel nicht unter kontrollierbaren Laborbedingungen getestet werden können und Rückkopplungseffekten zwischen Hypothesen und Anfangsbedingungen ausgesetzt sind (vgl. BACKHOUSE (2012, S.191)). Der Falsifikationismus steht noch vor einem weiteren Problem: So sind aus der Wissenschaftsgeschichte zahlreiche Beispiele von Theorien bekannt, deren Erfolg der Tatsache zu verdanken ist, dass ihre Verfechter ein gewisses Beharrungsvermögen gezeigt haben und nicht umgehend auf (anfängliche) Falsifikationen reagiert haben. Das Zugeständnis an dogmatisches Verhalten durch den Kritischen Rationalismus selbst offenbart aber zugleich, dass der Falsifikationismus als Abgrenzungskriterium zur Definition wissenschaftlichen Wissens unzulänglich ist (vgl. CHALMERS (2007, S.85f.)). Wenn Kritik wie auch Dogmatismus legitime Mittel darstellen, wie lässt sich dann vermeiden, dass die Legimitation von Erkenntnis beliebig und damit willkürlich ist? Popper löst die Problematik, indem er den Begriff der Konventionen einführt. Konventionen legen fest, wann eine wissenschaftliche Erkenntnis als vorläufig nicht falsifizierbar

---

<sup>15</sup>Die Abgrenzung von Entstehungs- und Rechtfertigungskontext erfolgt in der klassischen Wissenschaftsphilosophie über die Dichotomie deskriptiv (Entstehungskontext) versus normativ (Rechtfertigungskontext). Vergleiche zu unterschiedlichen Abgrenzungsmöglichkeiten, z.B. auch eine chronologische Sicht auf die Kontexte HOYNINGEN-HUENE (2006).

Bestand haben kann. Popper kommt damit „in die Nähe eines sozialen Verständnisses der wissenschaftlichen Erkenntnis“, denn Konventionen sind nichts anderes als das Resultat von Kommunikation in einem sozialen System (vgl. HERZOG (2012, S.66f.)).<sup>16</sup>

Kommunikation und Sprache spielen dann auch bei KUHN (1970) eine wichtige Rolle. Sein zentrales Argument in der Kritik des Logischen Empirismus besteht darin, dass Beobachtungen immer **theoriegeladen** sind. In seiner Idee eines wissenschaftlichen Paradigmas sind nicht nur die akzeptierten Methoden, Modelle und Sprachregelungen definiert, sondern auch, wie die Welt beschaffen ist, welche Entitäten es in der Natur gibt und welche nicht und wie sie sich verhalten (KUHN (1970, S.121) zitiert nach HERZOG (2012, S.71)). Das Kuhnsche Paradigma hat also eine ontologische Funktion in dem Sinne, dass ein Paradigma das bestimmt, was Wissenschaftler überhaupt sehen können (HERZOG, 2012, S.71f.). Es wird im Gegensatz zum Logischen Empirismus und Kritischen Rationalismus keine *einzig*e Wirklichkeit vorausgesetzt<sup>17</sup> die je nach Paradigma unterschiedlich interpretiert wird, sondern eine Welt, deren Gestalt sich je nach Paradigma genauso ändert; „Mit einem Paradigmenwechsel werden sozusagen Welt *und* Wissenschaftler ausgewechselt.“(HERZOG, 2012, S.72)[Hervorhebung im Original].<sup>18</sup> Kuhn gelingt es damit, die Perspektive auf den Wissenschaftsprozess um eine soziologische und historische Komponente zu erweitern, was weitreichende Auswirkungen auf die wissenschaftsphilosophischen Betrachtungen der (Natur-)Wissenschaften hatte, die bis zu dem Zeitpunkt ihre epistemische Legitimation nur von der Natur einholen mussten (vgl. DAVIS (2003, S.578)).

Auch QUINE (1951) bezieht sich in seiner Kritik am Logischen Empirismus und dessen Unterteilung in logische und synthetische Wahrheiten auf die Rolle von Sprache im Wissenschaftsprozess. Er argumentiert, dass eine solche Unterscheidung gar nicht trennscharf durchzuführen sei, da Sprache oftmals einen indirekten Einfluss darauf hat, wie Beobachtungen (in Beobachtungssätzen) formuliert werden. Aus diesem Grund ist es auch nicht möglich, eine wissenschaftliche Hypothese zu testen, die ohne jegliches Vorwissen über die in der Hypothese auftauchenden, relevanten Entitäten auskommt.<sup>19</sup> Quine entwirft das Bild von Wissenschaft als Kraftfeld, als Gesamtheit aus miteinander verwobenen Überzeugungen (beliefs). (Sinnliche) Erfahrungen stellen die Randbedingungen des Kraftfeldes

<sup>16</sup>In diesem Sinne ist das Postulat des Kritischen Rationalismus von der objektiven (subjektungebundenen) Erkenntnis, die sich allein aus den (deduktiven) Regeln der Logik erschließt, auch eher als Regulativ zu verstehen.

<sup>17</sup>Was nicht die Möglichkeit ausschließt, dass es eine einzige Wirklichkeit gibt (KUHN, 1970). Es wird aber die Möglichkeit ausgeschlossen, dass die Menschen zu einem einzigen, wahren Verständnis dieser kommen können.

<sup>18</sup>Zum hieraus resultierenden Relativismus-Vorwurf siehe die Erläuterungen im folgenden Abschnitt.

<sup>19</sup>In dieser Argumentation zeichnet sich bereits ab, dass Quine eine ganzheitliche Sicht auf den Erkenntnisprozess einnimmt, in dem die Dichotomie zwischen Entdeckungs- und Rechtfertigungszusammenhang aufgegeben wird, so dass das Faktische (Entdeckungszusammenhang) durchaus einen Einfluss auf die Frage hat, worüber sich wissenschaftliches Wissen legitimiert.



dar, die auf selbiges einwirken. Dabei ist das Kraftfeld aber in hohem Maße unterdeterminiert, da nicht ausgemacht werden kann, welche (gesetzesmäßigen, logischen oder sprachlichen) Aussagen innerhalb des Kraftfeldes bei widersprüchlicher Evidenz einer Justierung oder Revision bedürfen (vgl. STANFORD (2009)).

In ihrer Kritik am Logischen Empirismus und Kritischen Rationalismus bilden sich die Arbeiten von Kuhn und Quine als Wegbereiter für zeitgenössische wissenschaftsphilosophische Positionen heraus, die sich um eine Öffnung der klassischen Wissenschaftstheorie bemühen, indem sie psychologische und soziale Tatbestände nicht mehr als epistemisch unrein und damit als irrelevant auffassen, sondern als genuine Elemente des Wissenschaftsprozesses verstehen. Kuhn und Quine bilden damit die Grundlage für die weitere Entwicklung für eine Reihe von im weitesten Sinne konstruktivistischen Positionen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Sie sind konstruktivistisch in dem Sinne, als dass sie sich „(...) gegen die Behauptung einer beobachterunabhängigen Außenwelt richten und sich damit in einen Gegensatz zum Positivismus oder erkenntnistheoretischen Realismus stellen.“(HOFMANN UND HIRSCHAUER, 2012, S.85). Diese Positionen unterscheiden sich allerdings dahingehend, ob sie sich primär den epistemischen oder sozialen Faktoren im Erkenntnisprozess widmen und ob sie einen deskriptiven oder normativen Erklärungsanspruch verfolgen. Die Arbeit von KUHN (1970), die als eine der ersten den Fokus darauf richtet, wie in dem *sozialen* Gefüge einer wissenschaftlichen Gemeinde die Entwicklung und Abfolge wissenschaftlicher Paradigmen vonstatten geht, begründet im Wesentlichen die Wissenschaftssoziologie, woraus später dann die *Sociology of Scientific Knowledge (SSK)* hervorgeht. Während sich die Wissenschaftssoziologie den nicht-epistemischen, d.h. den sozialen Faktoren widmet, rücken in der SSK, insbesondere im *Strong Programme*, auch die epistemischen Faktoren in den Fokus der Betrachtung.<sup>20</sup> Dabei verfolgt das *Strong Programme* –wie in Abschnitt 5 näher erläutert– eine Konzeption von Wissen ohne Wahrheitsdefinition und Rechtfertigungsargumentation, d.h. sie ist rein deskriptiv. Gerade dadurch, dass das *Strong Programme* ihren Fokus auf epistemische Faktoren richtet und damit in den genuinen Bereich der normativen Wissenschaftsphilosophie vordringt, ist diese relativistische Position aus wissenschaftsphilosophischer Perspektive

---

<sup>20</sup>Als Vorreiter der Wissenschaftssoziologie gilt auch der institutionalistische Ansatz von MERTON (1942).

Hier geht es primär um die institutionellen Rahmenbedingungen (Regeln), die geschaffen sein müssen, um ‘gute’ Wissenschaft zu gewährleisten. Wie und warum Wissenschaftler bestimmte Methoden und Theorien als *richtig* akzeptierten, steht in der deskriptiv orientierten Wissenschaftssoziologie nicht zur Debatte. Das bedeutet allerdings nicht, dass wissenschaftssoziologische Betrachtungen epistemische Normen ignorieren, vgl. hierzu die institutionellen Imperative nach MERTON (1942). Der Fokus liegt hier aber nur darauf, wie die gegebenen Imperative institutionell abgesichert werden können, die Normen selber stehen hier nicht zur Disposition. Vor dem Hintergrund der von MITROFF (1974) formulierten *Counter-Norms* wird allerdings deutlich, dass die Mertonschen Normen nur als Ideal zu verstehen sind und wenig erhellend im Hinblick darauf sind, wodurch Wissenschaft tatsächlich charakterisiert ist.

scharf kritisiert worden.

Diese Kritik spiegelt sich auch darin wider, dass der soziologisch orientierte Literaturstrang lange Zeit nahezu berührungsfrei zu den Arbeiten verläuft, die sich primär auf die im Folgenden dargelegte Position von Quine beziehen und in der philosophischen Tradition zu verorten sind. Obgleich in der zeitgenössischen Position einer naturalisierten Epistemologie mittlerweile anerkannt wird, dass soziale Faktoren einen Einfluss auf den Erkenntnisprozess einer wissenschaftlichen Gemeinde haben und dadurch im Kontext einer normativen Wissenschaftsphilosophie durchaus relevant sind, haben sich die Philosophen, die ursprünglich die Literatur der naturalisierten Epistemologie vorangetrieben haben, lange gegen die Einbeziehung soziologischer Positionen verwehrt:

*“Many naturalists share (...) the tacit agreement that psychology is an important resource for the empirical study of science while sociology is not.”* (DOWNES, 2001, S.226).

Der naturalistische Zugang zur Wissenschaftsphilosophie fußt im Wesentlichen auf QUINE (1951), der in seinem wegweisenden Aufsatz “Epistemology Naturalized” eine *psychologische* Fundierung der Epistemologie motiviert. Genauer fordert er eine Abkehr von einer rechtfertigungs-zentrierten Epistemologie, um sie durch eine rein deskriptive, kausal-nomologische Wissenschaft menschlicher Erkenntnis zu ersetzen (KIM, 1988, S.388). Quine nimmt damit insbesondere auch den Entstehungskontext in den Blick und widmet sich der Frage, wie wissenschaftliche Theorien entstehen.<sup>21</sup>

Spätere Arbeiten, die in der Tradition einer naturalisierten Epistemologie stehen, konzentrieren sich dann auf die Frage, wie Wissen in wissenschaftlichen Gemeinden erzeugt und legitimiert wird (GOLDMAN UND SHAKED (1991); KITCHER (1993); SOLOMON (2001); LONGINO (2002)). Sie nehmen damit nicht nur den Gedanken einer psychologischen Fundierung der Epistemologie auf, sondern sind mit der Fokussierung auf wissenschaftliche Gemeinden bestrebt, die Bedeutung der Interaktion individueller Wissensträger in ihre Überlegungen mit einzubeziehen, d.h. ein Verständnis des Sozialen im Wissenschaftsprozess zu erzeugen. Diese Arbeiten lassen sich daher als Soziale naturalisierte Epistemologie interpretieren. Im Gegensatz zu Quine formulieren Arbeiten der Sozialen naturalisierten Epistemologie einen normativen Erklärungsanspruch, den sie dadurch versuchen umzusetzen, dass sie –in Abgrenzung zur traditionellen Wissenschaftstheorie– eine Umdeutung der Begriffe von Wahrheit (Erkenntnisziel) und Rechtfertigung (Beurteilungs-

---

<sup>21</sup>KIM (1988, S.389f.) weist darauf hin, dass Quine kaum den Begriff des Wissens verwendet, da dieser im wissenschaftstheoretischen Kontext immer ein normativer Begriff ist, Quine aber gerade den normativen Kontext zu ersetzen sucht. Kim sieht dieses Vorhaben sehr kritisch und kommt zu dem Schluss, “(...) that Quine’s naturalized epistemology, while it may be a legitimate scientific inquiry, is not a kind of epistemology, (...)” KIM (1988, S.392).

maßstäbe) vornehmen.<sup>22</sup>

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass es der naturalisierten Epistemologie offenbar gelungen ist, sich als Versöhnungsprogramm zwischen Erkenntnispsychologie und klassischer Wissenschaftstheorie zu etablieren (vgl. WEBER (2012, S.230)). Für die Arbeiten einer Sozialen naturalisierten Epistemologie, die neben einer psychologischen Fundierung die wissenschaftliche Gemeinde als Erkenntnisträger in den Fokus nehmen, steht ein Urteil über den Erfolg dieser Bestrebungen aufgrund der teilweise sehr heterogenen Ansätze aber noch aus. Im Vorgriff auf den Abschnitt 8.1 zeigt sich die Economics of Scientific Knowledge (ESK) als ein möglicherweise geeigneter Lösungskandidat. Die ESK wird –trotz ihrer begrifflichen Analogie zur SSK– als ein Ansatz gesehen, der eher der naturalistischen Epistemologie zuzuordnen ist. Die Ökonomik bietet, anders als die Soziologie, mit der Wohlfahrtsökonomik einen *expliziten* normativen Bewertungsmaßstab an, der im Kontext einer normativen Wissenschaftsphilosophie Verwendung finden kann (vgl. HANDS (1997)). Für den naturalistischen Aspekt, d.h. die Frage, wie Wissenschaftler *tatsächlich* handeln, bietet die positive Ökonomik den entsprechenden Zugang. Mit dem Bestreben der positiven Ökonomik, menschliches Handeln (werturteilsfrei) zu erklären und empirisch zu prüfen, wird eine Begründung normativer Aussagen gesucht.<sup>23</sup> Darüber hinaus herrscht in der Ökonomik, im Gegensatz zu anderen Sozialwissenschaften, ein vergleichsweise hoher Konsens hinsichtlich des zu verwendenden Instrumentariums und der anzustrebenden Ziele. Mit den unterschiedlichen Analyseebenen der positiven und normativen Ökonomik und ihrem weitreichenden Konsens hinsichtlich der eigenen Ontologie könnte die Ökonomik ein geeigneter Kandidat sein, die der SSK inhärenten Probleme zu überwinden.

## 4.5 Zwischenfazit

In den vorangegangenen Ausführungen wurde der Versuch unternommen, aus der umfangreichen Literatur zur Wissenschaftstheorie und -philosophie mit all ihren Facetten einen an der Chronologie orientierten Abriss über die für die vorliegende Arbeit relevanten, wesentlichen Positionen und Verknüpfungspunkte zu geben. Ausgehend vom Logischen Empirismus und Kritischen Rationalismus wurden zunächst die in der Wissenschafts-

---

<sup>22</sup>Wie CARRIER (2011, S.101) anmerkt, soll eine Redefinition der Erkenntnisziele und Bewertungsmaßstäbe „keineswegs bedeuten, dass die Wissenschaft keine Wahrheitsverpflichtung enthält oder enthalten sollte. Vielmehr geht es darum, dass eine solche Verpflichtung nicht hinreicht, um die Erkenntnisorientierung der Wissenschaft angemessen zu erfassen und durch weitere epistemische Ziele zu ergänzen ist.“

<sup>23</sup>Nicht immer sind Aussagen der positiven Ökonomik klar von der normativen Ökonomik zu trennen, da Erstere häufig *implizite* Vorstellungen über die Ziele und Wertvorstellungen des menschlichen Handelns enthalten. “(...) in general, economic models are constructed in such a way that they can be given a normative interpretation almost automatically, for, after all, they show transparently the evaluations made by the agents whose interaction constitutes those models’ object, and these evaluations are the raw material for any normative assessment.” (ZAMORA BONILLA, 2012, S.826).

theorie wichtigen Begriffe des wissenschaftlichen Schließens, der Wahrheit, Rechtfertigung und des Wissens rekurriert. Die hieraus in der Wissenschaftstheorie formulierte Erkenntnisfähigkeit des Menschen wurde von Kuhn mit der These der Theoriegeladenheit von Beobachtungen und von Quine mit der These zur Underdeterminiertheit von Theorien wesentlich kritisiert. Während sich aus den Arbeiten von Quine die Position einer naturalisierte Epistemologie herausgeschält hat, sind die Arbeiten von Kuhn prägend für soziologisch orientierte Ansätze deskriptiver und normativer Epistemologien. Dieser über die Zeit gespannte rote Faden soll in den folgenden Abschnitten dazu dienen, die Positionen inhaltlich näher zu beleuchten, insbesondere im Hinblick darauf, wo die Verdienste und Defizite der unterschiedlichen Ansätze liegen und welche methodischen Schlussfolgerungen gezogen werden können. Folgende generische Definition der Wissenschaftsphilosophie wird als geeignet betrachtet, die weitere Betrachtung anzuleiten, da sie über die wissenschaftstheoretischen Begriffe (Schluss, Wahrheit und Rechtfertigung) hinausgeht und Raum für die soeben motivierten sozialen und historische Aspekte im Wissenschaftsprozess gibt.

*„Zur Wissenschaftsphilosophie wird die Wissenschaftstheorie in dem Maße, als sie das wissenschaftliche Wissen in seinem Zusammenhang mit anderen Wissensformen und in seiner Bedeutung für den Menschen (...) in den Blick nimmt und auch die Wissenschaftsgeschichte selber als ein Grundgeschehen (...) berücksichtigt“ (HALDER, 2003, S.376).*

Das Verständnis über mögliche Ausprägungen „anderer Wissensformen und in seiner Bedeutung für den Menschen“ wird hier weit gefasst und umschließt im Wesentlichen zwei Aspekte, die in der neueren Wissenschaftsphilosophie diskutiert werden: Erstens die Bedeutung von implizitem wissenschaftlichen Wissen (POLANYI, 1966)<sup>24</sup> und zweitens die Frage, inwiefern nicht-erkenntnisgetriebene Einflussfaktoren eine Rolle in der Wissenschaftsphilosophie spielen sollen.<sup>25</sup> Darüber hinaus stellt die Formulierung, „die Wissenschaftsgeschichte selber als ein Grundgeschehen“ in den Blick zu nehmen, darauf ab, die Historie im Wissenschaftsprozess zu beachten, d.h. Wissenschaft als einen Prozess zu begreifen. Dieser Aspekt bezieht sich insbesondere auf die von KUHN (1970) vertretene Position, dass Wissenschaft ein Prozess ist, der innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinde stattfindet und von unterschiedlichen *sozialen* Institutionen geprägt ist. Eine weitere Lesart auf „die Wissenschaftsgeschichte als ein Grundgeschehen“ besteht darin, auf einer Metaebene zu fragen, ob und was andere Wissenschaften, hier insbesondere die Sozialwissenschaften, zur Wissenschaftsphilosophie, d.h. über den Prozess wissenschaftlicher Erkenntnis beizutragen haben. Letzt genannter Aspekt hat sich mit der naturalistischen Wende (*naturalistic turn*) in den Ansätzen der SSK und ESK als eigenständiger

<sup>24</sup>Dieser Aspekt wird im Kontext von Abschnitt 6 adressiert.

<sup>25</sup>Dieser Aspekt ist Gegenstand der Diskussion in Abschnitt 5.

Forschungszweig etabliert. Zur Hinleitung auf die ESK als Ausprägung einer Sozialen naturalisierten Epistemologie soll im folgenden Abschnitt die SSK rekurriert werden, der eine kurze Verortung in dem Ansatz von Kuhn vorangestellt ist.

## 5 Soziale Aspekte wissenschaftlichen Wissens

### 5.1 Lesarten der Kuhnschen Wissenschaftssoziologie

Ausgelöst durch die Arbeit von KUHN (1970) hat –nach anfänglich harscher Kritik durch Vertreter der klassischen Wissenschaftsphilosophie wie beispielsweise Imre Lakatos, Karl Popper und Stephen Toulmin– die Auffassung von Wissenschaft als von sozialen Faktoren beeinflusster Prozess zunehmend Beachtung unter den Wissenschaftsphilosophen gefunden (KOPPL, 2011, S.45).

Kuhns Ansatz ist ein Gegenentwurf zur Sichtweise derer, die ein kumulatives, stetiges Wachstum von Wissen postulieren.<sup>26</sup> Ausgehend von einem bestehenden wissenschaftlichen Paradigma, innerhalb dessen Konsens der wissenschaftlichen Gemeinde hinsichtlich der akzeptierten Methoden, Instrumente und Theorien herrscht (BOUMANS UND DAVIS, 2010, S.97), geht er davon aus, dass es revolutionäre Umbrüche in der wissenschaftlichen Entwicklung gibt, in denen Wissenschaftler die Welt anders wahrnehmen und dementsprechend ihre Sprache, Methoden und Zielsetzungen verändern. Im Verständnis von Kuhn wechseln sich Umbruchphasen in der Wissenschaft mit Phasen ab, in denen normale, gewöhnliche Wissenschaft betrieben wird und die von wissenschaftlichem Konsens geprägt sind.<sup>27</sup>

Mit einem Paradigma werden innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinschaft gleichzeitig Kriterien für diejenigen Probleme definiert, für die eine Lösung möglich erscheint. Probleme, für die mit den gegebenen Mitteln keine Problemlösung erreichbar ist, werden nicht betrachtet. Der Übergang zu einem neuen Paradigma ist dadurch gekennzeichnet,

---

<sup>26</sup>Während wissenschaftlicher Fortschritt sich bei Popper definiert als stetig wachsender Wissensstock, der nur um falsifizierte Theorien reduziert wird, ist wissenschaftlicher Fortschritt bei LAKATOS (1970) definiert als eine Abfolge von Forschungsprogrammen. Ein Forschungsprogramm wird nach seinen theoretischen und empirischen Aktivitäten im ‘protective belt’ beurteilt. Wissenschaftlicher Fortschritt entsteht dann, wenn für eine Theorie (im ‘protective belt’) der empirische Gehalt erhöht werden kann, d.h. auch hier neue Fakten erklärt werden (HANDS, 2008, S.195). Ganz im Gegensatz zu Poppers Falsifikationismus steht bei Lakatos die Immunität des ‘hard core’ eines Forschungsprogramms vor empirischer Kritik. Die Grundannahmen eines Forschungsprogramms, z.B. in der Ökonomik „Akteure maximieren ihren Nutzen unter Nebenbedingungen“, stehen in der Bewertung eines Forschungsprogramms damit nicht zur Disposition. Aus der Kuhnschen Sichtweise auf Wissenschaft als ein (durch Kommunikation gezeichneter) Prozess wird eine solch zeitlich invariante Immunität von Grundannahmen eher als eine historische Phase interpretiert: Eine Phase, in der es wenig Neigung zur Kritik an den Grundannahmen gibt, wäre bei Kuhn ein Kennzeichen ‘normaler Wissenschaft’ (siehe die Erläuterungen in diesem Abschnitt).

<sup>27</sup>Der Begriff ‘Paradigma’ wird von Kuhn in unterschiedlichen Konnotationen genutzt; insbesondere in der Bedeutung als Theorie auch im Sinne akzeptierte Lösungen für konkrete Probleme und Lösungsansätze für verwandte Probleme (“exemplars”, im Folgenden mit Denkmuster übersetzt) (WRAY, 2011, S.49,58). Als Reaktion auf Kritik für die unpräzise Begriffsverwendung trennt Kuhn den Begriff der Theorie später vom Begriff des Denkmusters ab. Denn schon bevor sich eine Theorie herausbilden kann, ist die Arbeit an selbiger abhängig von dem Denkmuster der betreffenden Wissenschaftler (WRAY, 2011, S.61). Als Paradigma wird hier deswegen der Begriff des Denkmusters verstanden.

dass neue Problemstellungen auftauchen ('Anomalien'), die mit dem vorherrschenden Paradigma zunächst unvereinbar erscheinen. Scheitert das Bestreben, diese Abweichungen in Theorien des bestehenden Paradigmas zu integrieren, und bleiben die Abweichungen weiterhin bestehen und werden als solche von der wissenschaftlichen Gemeinde erkannt, wird nach unterschiedlichen Problemlösungen gesucht, die sich immer mehr von dem Paradigma entfernen.<sup>28</sup> Die Problemstellungen können sich aber auch als so schwerwiegend erweisen, dass auch mit radikal neuen Ansätzen eine Lösung unerreichbar erscheint und ein Paradigmenwechsel zunächst ausbleibt (BOUMANS UND DAVIS, 2010, S.101). Kuhn postuliert, dass die Suche nach neuen Problemlösungen durch besonders angesehene Forscher innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinde getrieben wird. In einem solchen Suchprozess werden in zunehmenden Maße die Theorien, Instrumente und Methoden des bestehenden Paradigmas in Frage gestellt. Daraus argumentiert Kuhn, dass sich ein neues Paradigma nicht nur über die evident gewordenen 'Anomalien' der Natur definiert, sondern auch in Abgrenzung zu dem vorangegangenen Paradigma, d.h. ein Paradigma wird von einem anderen irreversibel abgelöst. Der revolutionäre Charakter im Wandel wissenschaftlicher Paradigmen impliziert, dass unterschiedliche Paradigmen inkommensurabel, d.h. nicht miteinander vergleichbar sind, da sie sich unterschiedlichen Fragestellungen unter einem sich gleichzeitig wandelnden Denkmuster (Instrumente, Methoden, Sprache, Taxonomien) widmen. Die formulierte Inkommensurabilität impliziert, dass mit einem aufkeimenden Paradigmenwechsel insbesondere auch die Bewertungskriterien selbst, auf denen die Bewertung wissenschaftlicher Arbeit in einer wissenschaftlichen Gemeinschaft fußt, zur Debatte stehen. Die Kriterien, anhand derer sich die Rationalität wissenschaftlicher Erkenntnis festmacht, sind bei Kuhn historisch und sozial kontingent. Diese Sichtweise steht damit im krassen Widerspruch zu der klassischen Wissenschaftstheorie, die in der Ahistorizität und Objektivität wissenschaftlicher Rationalität die entscheidenden Merkmale wissenschaftlichen Wissens (in Abgrenzung zu nicht wissenschaftlichem Wissen) sieht.

Der Relativismus-Vorwurf bezieht sich damit insbesondere auf die Phase eines Paradigmenwechsels, denn hier entsteht genau dann ein unbestimmtes Moment, wenn zwei konkurrierende Paradigmen auf ihr jeweils eigenes Regelsystem referenzieren und kein einheitlicher Bewertungskanon wissenschaftlicher Leistung existiert (vgl. BOUMANS UND DAVIS (2010, S.106f.)). Für BOUMANS UND DAVIS (2010) bleibt damit die Frage offen,

---

<sup>28</sup>Als ein Beispiel in der Ökonomik, Abweichungen in bestehende Theorien zu integrieren, kann hier der Fall der sozialen Präferenzen genannt werden: In der ursprünglichen Version des *Homo Oeconomicus* wird dem Wirtschaftssubjekt eine Orientierung am rein materiellen Eigennutz unterstellt. Die empirische Evidenz, dass Menschen auch Reziprozitäts- und Fairnessaspekte in ihren Entscheidungen berücksichtigen, stand zunächst im Widerspruch zu dem ursprünglichen Modell und wurde als 'Verhaltensanomalie' bezeichnet. Mit der Erweiterung der Theorie des *Homo Oeconomicus* um soziale Präferenzen wie Fairness und Reziprozität gelang es, auch nicht-materielle Aspekte einzubinden, deren Beachtung dem Eigennutz der Wirtschaftssubjekte (langfristig) dienlich ist.

ob die Herausbildung eines dominanten wissenschaftlichen Paradigmas letzten Endes auf einen wissenschaftlichen Durchbruch zurückzuführen ist, lediglich das Resultat kollektiver Meinungsbildungsprozesse ist oder sowohl von epistemischen als auch sozialen Argumenten getrieben ist. Wird die letzte Lesart in Betracht gezogen, schließt sich die Frage an, wie Begründungen für wissenschaftliche Schlussfolgerungen gefunden werden können, die nicht nur auf eine logische Argumentation bauen (epistemische Aspekte), sondern um die im Zeitverlauf vorgebrachten Argumente ergänzt werden können (soziale Aspekte).

Die Interpretation von WRAY (2011) tritt mit eben diesem Ziel an, eine Verknüpfung der sozialen und epistemischen Aspekte in der Argumentation von Kuhn zu identifizieren. Insbesondere sucht er Kuhns Auffassung, gerade in seinen späteren Werken, über die Entwicklung von Wissenschaft (KUHN, 1970) als eine 'Evolutionäre Soziale Epistemologie' zu lesen und damit die Relativismuskritik außer Kraft zu setzen. In Abgrenzung zur traditionellen Wissenschaftsphilosophie, die den einzelnen Wissenschaftler in den Mittelpunkt der Betrachtung stellt („War die Entscheidung eines Wissenschaftlers für eine bestimmte Theorie eine rationale Entscheidung?“), sieht Wray die zentrale Frage bei Kuhn darin, wie individuelle Entscheidungen und Verhaltensweisen die Aussichten einer wissenschaftlichen *Gemeinde* in ihrem Bestreben, epistemische Ziele zu realisieren, beeinflussen (WRAY, 2011, S.181). In dieser Konzeptionierung gibt es Raum für Wissenschaftler, die neue Theorien postulieren und für diejenigen, die in der alten Theorie beharren. In diesem Widerstreit der wissenschaftlichen Überzeugungen ist es die Rationalität wissenschaftlicher Evidenz, die am Ende dazu führt, dass die Gruppe der Beharrer hinreichend überzeugt werden kann und eine Theorie abgelöst wird. Die Verhaltensweise individueller Wissenschaftler, die aus traditioneller wissenschaftsphilosophischer Perspektive als irrational bewertet wird (Postulieren einer neuen Theorie trotz anfänglich lückenhafter Evidenz und Beharren auf alter Theorie bei Evidenz gegen selbige bei annahmegemäß gleichem Kenntnisstand der Akteure innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinde), bekommt mit der Sicht auf wissenschaftliches Wissen als Resultat einer wissenschaftlichen Gemeinde eine konstruktive Funktion (WRAY, 2011, S.182). In der Phase des Widerstreits unterschiedlicher Theorien werden die Wissenschaftler von subjektiven Faktoren beeinflusst. Diese sind in der Auffassung von Kuhn allerdings nicht beliebig oder irrational, wie LAKATOS (1970) kritisiert, sondern epistemischer Art. So geht es um die Frage, welche epistemischen Kriterien einer Theorie, z.B. Genauigkeit, Einfachheit und/oder Umfang, einem Wissenschaftler besonders wichtig sind (WRAY, 2011, S.161). Die subjektiven epistemischen Ansätze gewährleisten, dass Theorien unter Zuhilfenahme unterschiedlicher Instrumente weiterentwickelt werden (WRAY, 2011, S.162), in diesem Sinne eine Arbeitsteilung der Wissenschaftler stattfindet und hierdurch ein Vergleich der Evidenzen vorgenommen und sich somit schließlich ein epistemisch abgeleiteter Konsens hinsichtlich



der besseren Theorie herausbilden kann. Die genannten subjektiven Faktoren sind damit nicht ursächlich für den sich herausbildenden wissenschaftlichen Konsens, aber mittelbar von erheblicher Bedeutung (vgl. WRAY (2011, S.162)). HERZOG (2012, S.79f.) fasst diese Aspekte mit dem Begriff der ‘argumentativen Vernunft’ zusammen, die sich aus der Anerkennung der in der wissenschaftlichen Gemeinde vorgebrachten sachlichen Gründe ergibt, wobei deren Anerkennung zeitlich bedingt ist.

## 5.2 Sociology of Scientific Knowledge (SSK)

In Anknüpfung an Kuhn wird im *Strong Programme* (BLOOR, 1991) erstmals eine rein soziologische Ausrichtung der Wissenschaftsphilosophie formuliert, in der die genuin wissenschaftstheoretische Frage nach wissenschaftlicher Rationalität behandelt wird.<sup>29</sup> Das *Strong Programme* verkörpert eine „radikale Soziologisierung der Erkenntnistheorie“ (HOFMANN UND HIRSCHAUER (2012, S.89)), da sie wissenschaftlichen Wandel de facto nur auf Einflussfaktoren sozialer Art zurückführt. Die *Sociology of Scientific Knowledge* (SSK) nach Bloor folgt in ihrer Betrachtung wissenschaftlichen Wissens vier Grundsätzen. Die SSK ist (1) kausal, d.h. wissenschaftliche Überzeugungen<sup>30</sup> sollen soziologisch auf ihre sozialen Ursachen und Entstehungsbedingungen hin analysiert und dadurch kausal erklärt werden; (2) impartial gegenüber Wahrheit und Falschheit, Rationalität und Irrationalität, Erfolg und Misserfolg. Jeder Aspekt dieser Begriffspaare verlangt im Rahmen der SSK eine Erklärung im Hinblick darauf, wie die Kategorien (z.B. wahr/falsch) zugewiesen werden; (3) symmetrisch, d.h. aus der Sicht der SSK wird nicht davon ausgegangen, dass die Entstehungsbedingungen wahrer Überzeugungen grundsätzlich von denen falscher Überzeugungen unterschiedlich sind<sup>31</sup>; (4) reflexiv, d. h. auf sich selbst anwendbar, da sie sonst eine ‘stehende Widerlegung’ ihrer selbst wäre (vgl. HOFMANN UND HIRSCHAUER (2012, S.90); WEBER (2012, S.233)).

Die gegenüber der SSK geäußerte Kritik besteht darin, dass ihre kausalen Verknüpfungen zwischen wissenschaftlichen Inhalten sowie sozialen und politischen wissenschaftsexternen Faktoren post hoc Erklärungen sind, indem sie unter Kenntnis des Ausgangs wissenschaftlicher Debatten eine kausale Verbindung zu wissenschaftsexternen Erklärungs-

---

<sup>29</sup>Die Arbeiten von Kuhn gelten zwar als Grundlage des *Strong Programme*, Kuhn selbst unterstützt diesen Ansatz jedoch nicht. Er distanziert sich insbesondere von der dort formulierten Impartialität in den Begriffsdichotomien (wahr/falsch, etc.) und der Auffassung, dass sich die Legitimation wissenschaftlichen Wissens ausschließlich aus sozialen Einflussfaktoren ableitet (vgl. WRAY (2011, S.154-64)).

<sup>30</sup>BLOOR (1991, S.7) spricht hier von “belief or states of knowledge”.

<sup>31</sup>Wissenschaftliches Wissen entsprechend der klassischen Wissenschaftstheorie ist wahres Wissen und bedarf keiner Erklärung, da ihm die Rationalität aufgrund der methodologischen Stringenz immanent ist. Falsches Wissen kann demnach ausschließlich nicht-epistemisch, d.h. aus Sicht der klassischen Wissenschaftstheorie sozial begründet sein.

faktoren herleiten, von denen nicht sicher gesagt werden kann, dass diese (und nicht andere Faktoren) ursächlich für den Ausgang eines wissenschaftlichen Disputts verantwortlich sind (WEBER, 2012, S.235). Neben diesem Externalismus-Vorwurf ist die SSK dem Relativismus-Vorwurf ausgesetzt, und zwar insbesondere einem Wahrheits- und Rechtfertigungsrelativismus. Der Relativismus, dass Aussagen in der SSK immer nur in Abhängigkeit vom Dafürhalten von Personen wahr oder falsch sind, sowie eine Überzeugung immer nur relativ zu einem bestimmten Satz epistemischer Normen gerechtfertigt ist, lassen sich letzten Endes innerhalb der SSK aufgrund ihres selbstreflexiven Anspruchs nicht lösen (WEBER, 2012, S.236).

Indem die SSK beansprucht, über eine soziologische Betrachtung des Entstehungskontextes hinaus eine soziologisch motivierte Erklärung wissenschaftlichen Wissens zu begründen, ist der Ansatz im (Quineschen Verständnis des) Naturalismus zu verorten, der seinerseits die Unterscheidung zwischen Entstehungs- und Rechtfertigungskontext fallen lässt. Sie folgt dem Postulat von Quine, der die auf den Rechtfertigungskontext zentrierte Epistemologie ersetzt sehen möchte durch eine rein deskriptive, kausal-nomologische Wissenschaft menschlicher Erkenntnis (KIM, 1988, S.388). Ihre deskriptive Orientierung manifestiert sich auch in ihrer Begriffsverwendung von *Wissen*. Die unterschiedlichen wissenssoziologischen und -philosophischen Ansätze lassen sich in ihrer Verwendung des Wissensbegriffs dabei folgendermaßen unterscheiden (GOLDMAN, 2002, S.183):

- *Wissen<sub>1</sub>*: Überzeugung(belief)
- *Wissen<sub>2</sub>*: institutionalisierte Überzeugung
- *Wissen<sub>3</sub>*: wahre Überzeugung
- *Wissen<sub>4</sub>*: wahre, gerechtfertigte Überzeugung

Überzeugungen können wahr oder falsch, rational oder irrational sein. *Wissen<sub>2</sub>* erweitert *Wissen<sub>1</sub>* um soziale oder kulturelle Institutionen, die der Erzeugung, Organisation oder Transformation von individuellen Überzeugungen dienen und kollektive Repräsentationen der Welt erzeugen (GOLDMAN, 2002, S.184). Während die ersten beiden Begriffe deskriptive Terme sind und den Bedingungen proportionalen Wissens nicht genügen, sind die letzten beiden Terme an ein Legitimationsverfahren und an die Bedingung der Wahrheit geknüpft; sie sind dementsprechend normativ. Da die SSK mit ihrem Grundsatz der Impartialität grundsätzlich unvoreingenommen hinsichtlich der Kategorien wahr/falsch ist (*Wissen<sub>3</sub>*) und darüber hinaus keine Unterscheidung zwischen Entstehungs- und Rechtfertigungskontext macht und dementsprechend Anforderungen an Legitimationsverfahren ausblendet (*Wissen<sub>4</sub>*), ist ihr Begriffsverständnis von Wissen ein rein deskriptives und

entspricht der Kategorie *Wissen<sub>2</sub>*. WEBER (2012, S.237) weist darauf hin, dass die Unterscheidung der Begriffskategorien wichtig ist, um in der wissenschaftsphilosophischen Diskussion die jeweiligen Positionen deutlich voneinander abgrenzen zu können. So verwendet die klassische Wissenschaftsphilosophie den Begriff *Wissen<sub>4</sub>*, die naturalistischen Ausprägungen den Begriff *Wissen<sub>3</sub>* und wissenssoziologische und -historische Beiträge argumentieren in der Regel auf Basis von *Wissen<sub>2</sub>*. Die im Folgenden erläuterten Ansätze im Kontext einer Sozialen naturalisierten Epistemologie basieren ebenfalls auf *Wissen<sub>4</sub>*, wie zu zeigen sein wird allerdings unter einer anderen Konzeption von Rechtfertigung und Wahrheit.

## 6 Soziale naturalisierte Epistemologie: Ansatz zur Integration epistemischer *und* sozialer Aspekte wissenschaftlichen Wissens

Die zeitgenössische normative Wissenschaftsphilosophie sieht sich der Herausforderung gegenüber, die durch den Positivismus inspirierte Wissenschaftsphilosophie ebenso zu überwinden wie eine relativistische Haltung. Eine solche Wissenschaftsphilosophie sollte naturalistisch und fallibilistisch<sup>32</sup> sein sowie soziale Aspekte der Wissenschaft nicht ausklammern (HANDS, 1997, S.110).

In der neueren Wissenschaftsphilosophie werden zur Überwindung der Probleme zwei Lösungsansätze verfolgt. Der Neue Experimentalismus (HACKING, 1983; MAYO, 1996) wendet sich von Theorien als Erkenntnisobjekt ab und wendet sich den Experimenten zu. Experimente dienen nicht nur dazu, Fehler aus einer zuvor akzeptierten Behauptung zu entdecken und damit die Behauptung zu falsifizieren, sondern auch dazu, zuvor unbekannte Effekte zu identifizieren. Der Neue Experimentalismus folgt damit dem Kuhnschen Verständnis, dass Wissenschaft sich nicht dadurch auszeichnet, dass sie falsifizierbar ist (Popper), sondern dadurch, dass sie konstruktiv aus Falsifikationen lernen kann (CHALMERS (2007, S.162)). Experimente, das Entdecken von Fehlern und unbekanntem Effekten sind dann auch die wesentlichen Treiber der Kuhnschen Normalwissenschaft. Implizit lehnt der Neue Experimentalismus den Standpunkt ab, dass experimentelle Ergebnisse immer theorie- und paradigmabhängig sind und daher auch nicht die Funktion eines Richters zwischen Theorien übernehmen können (CHALMERS (2007, S.163)). Gleichzeitig wird die Bedeutung der experimentellen Evidenz aber gerade darin gesehen, dass sie in der Lage ist, einen Paradigmenwechsel anzustoßen und damit weitreichende Theorienwechsel auszulösen. Die Vertreter des Neuen Experimentalismus werden bisweilen auch als Anti-Realisten in Bezug auf Theorien, denen sie nur eine heuristische Rolle zuschreiben, und Realisten in Bezug auf Experimente bezeichnet, da nur Letztere überprüfbare Aussagen über die Welt machen (vgl. CHALMERS (2007, S.167)).

Unter dem zweiten Lösungsweg lassen sich unterschiedliche Ansätze subsumieren, die einerseits die erkenntnistheoretische Relevanz sozialer Aspekte in der Wissenschaft akzeptieren, andererseits aber das normative Fundament der Wissenschaftsphilosophie nicht aufgeben wollen. In der sozialen Epistemologie geht es im Kern darum zu klären, welche

---

<sup>32</sup>Demnach kann für eine gerechtfertigte Überzeugung niemals ausgeschlossen werden, dass diese einem Irrtum unterliegt. Gleichwohl schließt der Fallibilismus nicht aus, dass eine gerechtfertigte Überzeugung niemals Wissen (im Sinne einer gerechtfertigten, wahren Überzeugung) sein kann; Sicherheit über eine gerechtfertigte, wahre Überzeugung gibt es jedoch nie. Im Gegensatz zur Falsifikation stellt der Fallibilismus keine methodologische Regel dar, sondern eher eine Grundhaltung, die anregt zu Skepsis und zu pluralistischem Denken (GADENNE, 2002, S.68).

sozialen wissenschaftlichen Praktiken geeignet bzw. zu verbessern sind, um die jeweils definierten epistemischen Ziele zu erreichen (wissenschaftliche Qualität, empirische Evidenz, etc.). Vertreter einer sozialen Epistemologie lassen sich insbesondere dahingehend unterscheiden, ob sie eine klassische Definition von Wahrheit aufrechterhalten (GOLDMAN, 1999; KITCHER, 1993) oder eine Redefinition von Rechtfertigung und Wahrheit vornehmen (HULL, 1988; LONGINO, 2002; SOLOMON, 2001).

Aus Sicht einer sozialen *naturalisierten* Epistemologie spielt in der philosophischen Betrachtung epistemischer Konzepte empirische Evidenz eine wesentliche Rolle (KINCAID (2012, S.115)), insbesondere im Hinblick darauf, wie Individuen innerhalb wissenserzeugender Gemeinschaften *tatsächlich* agieren (vgl. D'AGOSTINO (2008, S.278)). Die wesentliche Herausforderung besteht in diesem Ansatz darin, Erkenntnisse zu Verhaltensweisen auf individueller Ebene, die abgeleitet sind aus der Psychologie (Naturalismus), so auf eine soziale Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde zu heben, dass eine normative Betrachtung im Hinblick darauf, wie wissenschaftliche Gemeinden wissenschaftliches Wissen erzeugen und bewerten (D'AGOSTINO (2008, S.280)), möglich ist. Der von Quine ursprünglich intendierte Ansatz, eine naturalisierte Epistemologie aufgrund der Unterdeterminiertheit von Theorien durch empirische Daten auf ein deskriptives Projekt zu reduzieren, wird dabei nicht unterstützt:

„To say that normative assessments are dependent on descriptive accounts is not to say that they may be read *straightforwardly* off descriptive accounts. Naturalized epistemology *neither collapses the normative* to the descriptive (Quine's remarks in 'Epistemology Naturalized' notwithstanding) nor makes the normative obviously inferable from descriptive accounts. A normative account is one that *evaluates* episodes and processes of scientific change; to get a normative account from a descriptive account, one must first settle the standards of evaluation. This means deciding the goals of the enterprise (truth, or problem solving success, or predictive success, or experimental success etc) and the units to be evaluated for attainment of the goals (individual scientists, groups of scientists, scientific institutions, scientific instruments etc)“ (SOLOMON, 1994a, S.290). [Hervorhebungen im Original]

Insgesamt besteht die Zielsetzung der Sozialen naturalisierten Epistemologie vielmehr in der Aufhebung der Trennung epistemischer und sozialer Aspekte im Wissenschaftsprozess. Untersuchungsobjekt ist hier zunächst der individuelle Wissenschaftler mit spezifischer motivationaler und kognitiver Disposition. Die Erzeugung wissenschaftlichen Wissens ist vor allem ein sozialer Prozess der Interaktion, in dem individuelle Wissenschaftler ihre eigenen Interessen wahrnehmen. Eine große Rolle in der Sozialen naturalisierten Episte-

mologie spielen die sozial konstruierten Regeln, nach denen individuelle Erkenntnis in explizites Wissen transformiert wird. Die Regeln, wie individuelle und soziale Epistemologie miteinander verknüpft werden, manifestieren sich in wissenschaftlichen Praktiken. Die Beschreibung von wissenschaftlichen Praktiken sollte Antworten auf folgende Fragen liefern (vgl. ANDERSON 1995; DOWNES 1993):

- Wie werden Experimente durchgeführt, bestehende Theorien erweitert oder in neue Anwendungen überführt, neue Hypothesen oder Theorien postuliert und getestet, Experimente repliziert, Peer-Reviews durchgeführt oder wie wird an bestehende Forschung angeknüpft?
- Wer schenkt wem Aufmerksamkeit, wie sind bestimmte Forschungsmethoden und -richtungen akzeptiert, welche Modelle sind verfügbar, welche narrativen Formen kennzeichnen die Forschungskultur?

Darüber hinaus impliziert der normative Anspruch einer Sozialen naturalisierten Epistemologie, dass auch die wissenschaftlichen Praktiken selbst, unter denen Forschung stattfindet, danach bewertet werden müssen, ob sie den Weg dafür ebnen, ob und wie sich neue wissenschaftliche Ansätze bewähren können (MÄKI, 2008, S.13). Ein wissenschaftlicher Ansatz oder eine Idee, die keine Aufmerksamkeit erlangt, da sie beispielsweise von zu wenigen, relevanten Wissenschaftlern verfolgt wird, wäre demnach nicht automatisch im Sinne von LAKATOS (1970) als ‘degenerating’ zu betrachten, sondern zunächst auch daraufhin zu untersuchen, ob die neue Idee von der wissenschaftlichen Gemeinde nicht darüber bewertet wird, *wer* eine solche Idee formuliert hat. Bei einem positiven Befund wäre dann zu entscheiden, ob die wissenschaftliche Praxis ‘Aufmerksamkeit erlangen nur Wissenschaftler mit einer bestimmten Reputation’ den unterstellten Zielen der Wissenschaft dienlich sind.

Zusammengefasst liegt das Bestreben der Sozialen naturalisierten Epistemologie darin, die für die Unterdeterminiertheit verantwortlichen Hintergrundannahmen, die ein Konglomerat von motivationalen und sozialen Faktoren darstellen, genauer in die Betrachtung mit einzubeziehen, und zwar insbesondere im Hinblick darauf, welche Rolle sie in der Herausbildung –einer jeweils zu definierenden– wissenschaftlichen Rationalität spielen. Soziale Einflussfaktoren und die –in der traditionellen Wissenschaftsphilosophie fokussierte– Legitimation von Wissen im Rechtfertigungskontext stellen innerhalb der Sozialen naturalisierten Epistemologie nämlich keine Dichotomie mehr dar, sondern werden gemeinsam verhandelt. Der Weg, der in den Ansätzen beschritten wird, um die deskriptive mit der normativen Perspektive zu verknüpfen, besteht darin, die Begriffe der Rechtfertigung und der Wahrheit zu redefinieren (vgl. WEBER (2012, S.237)).

Damit kann in Anlehnung an LAUDAN (1984) ein Verständnis von wissenschaftlicher Rationalität motiviert werden, das

1. abhängig ist von den Erkenntniszielen,
2. von der Methodologie, d.h. den geltenden Bewertungsmaßstäben für Wissensansprüche und
3. bedingt ist durch das verfügbare Wissen, von dem ausgehend beurteilt wird.

Diesem Verständnis folgend können sich die Eigenschaften wissenschaftlicher Rationalität ändern und wissenschaftliche Rationalität ist nicht dadurch bedingt, dass sie invarianten, ahistorischen Bewertungskriterien und Zielsetzungen unterliegt (vgl. CARRIER (2011, S.107)).

Wie im Sinne einer Sozialen naturalisierten Epistemologie die Kriterien wissenschaftlicher Zielsetzung und Bewertungsmaßstäbe redefiniert werden können, soll am Ansatz des Sozialen Empirismus von SOLOMON (2001) beispielhaft illustriert werden. Ihr Ansatz basiert auf der Annahme, dass Wissenschaftler unterschiedliche Gründe haben, die sie dazu veranlassen, sich für oder gegen eine bestimmte Theorie zu entscheiden. Diese Gründe setzen sich zusammen aus nicht-kognitiven Faktoren sowie kognitiven Faktoren. Nicht-kognitive Faktoren umfassen die Motivation der Wissenschaftler und soziale Einflussfaktoren, während kognitive Faktoren das wissenschaftliche Schlussfolgern betreffen. Anders als in der klassischen Wissenschaftsphilosophie üblich, setzt sie die (nicht-)kognitiven Faktoren *nicht* den (nicht-)epistemischen gleich.

Ihr Kernargument lautet, dass auch nicht-kognitive Faktoren wie zum Beispiel Beharrungsvermögen einzelner Wissenschaftler auf der Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde zu empirischem Erfolg führen und damit der wissenschaftlichen Rationalität zuträglich sein können. Wissenschaftlich rational sind hier alle wissenschaftlichen Praktiken, die zu *empirischem Erfolg* führen.<sup>33</sup> Als Konsequenz ersetzt Solomon die Kategorien epistemisch/nicht-epistemisch durch die Kategorien empirische / nicht-empirische Entscheidungsvektoren. Wie die empirischen und nicht-empirischen Entscheidungsvektoren konkret ausgestaltet sind, motiviert sie aus der psychologischen Forschung und greift dabei insbesondere auf die von KAHNEMAN ET AL. (1982) formulierten Heuristiken menschlicher Entscheidungsfindung zurück.<sup>34</sup> Empirische Entscheidungsvektoren sind im Wesentlichen durch die Heuristiken Verfügbarkeit und Salienz der Daten ('cognitive bias'), die

<sup>33</sup>Damit erfordert wissenschaftliche Rationalität nicht zwingend die Anwendung methodologischer und logischer Regeln. Diese Redefinition wissenschaftlicher Rationalität ermöglicht Solomon dann auch die Abkehr von der Verwendung der Dichotomie (nicht-)epistemisch.

<sup>34</sup>Die umfassende Konzeptionierung der wissenschaftlichen Akteure vermittelt psychologischer Fundierung macht noch einmal die Verortung in der naturalistischen Epistemologie deutlich.

Präferenz für eigene Daten (‘motivational bias’) und die Präferenz für Theorien mit neuen Vorhersagen geprägt (SOLOMON, 2001, S.57).<sup>35</sup> Faktoren, die den nicht-empirischen Entscheidungsvektor bilden und die Entscheidung für oder gegen eine Theorie wesentlich beeinflussen können, sind Meinungsbeharrung, Konformitätsdruck (‘peer pressure’), Einfluss durch Autoritäten, aber auch die ursprünglich den kognitiven (epistemischen) Werten zugeordneten Einflussfaktoren wie Konsistenz, Genauigkeit, Einfachheit (SOLOMON, 1994a, S.292); (SOLOMON, 2001, S.57f.).<sup>36</sup> Nur empirische Entscheidungsvektoren sind *immer* der wissenschaftlichen Rationalität im dem hier definierten Sinne zuträglich. Nicht-empirische Entscheidungsvektoren *können* insofern der wissenschaftlichen Rationalität dienlich sein, als sie für eine Verteilung der Forschungsbemühungen sorgen, wenn sich einige Wissenschaftler aus genannten Gründen Theorien zuwenden, die nur einigen empirischen Erfolg haben. Unabhängig davon, wie stark individuelle Wissenschaftler in ihren Entscheidungen von (nicht-)empirischen Entscheidungsvektoren beeinflusst sind, wird die *normative* Bewertung nur im Hinblick auf das Resultat auf sozialer Ebene, der wissenschaftlichen Gemeinde, vorgenommen. Das normative Kriterium zur Beurteilung der wissenschaftlichen Rationalität ist bei SOLOMON (2001) eine optimale Verteilung der Forschungsbemühungen. Konkret bedeutet das, dass (1) die Forschungsbemühungen (empirische Entscheidungsvektoren) *proportional* zu den empirischen Erfolgen der zur Disposition stehenden Theorien verteilt sind und (2) die nicht-empirischen Entscheidungsvektoren ihrer Anzahl nach *gleichmäßig* auf die jeweiligen Theorien verteilt sind. *Tatsächlich* muss es aber nicht der Fall sein, dass wissenschaftliche Gemeinden immer in der Lage sind, die besten (=empirisch adäquatesten) Theorien auszuwählen (WEBER, 2012, S.239). Das Koordinationsergebnis einer wissenschaftlichen Gemeinde kann aber darauf hin geprüft werden, ob ihre Konsensbildung normativ angemessen ist. Das ist sie dann, wenn (1) nur eine Theorie sämtlichen empirischen Erfolg auf sich vereint, (2) alle Wissenschaftler, die empirischen Erfolg erzielen, dies mit dieser Theorie gelingt (zu replizieren), und daher diese eine Theorie alle empirischen Entscheidungsvektoren in sich vereint und (3) die ursprüngliche Gleichverteilung aller nicht-empirischen Entscheidungsvektoren durch den Ausschluss anderer Theorien abnimmt und diese sich zunehmend auf die Konsenstheorie

---

<sup>35</sup>Der üblicherweise in der deutschen und angelsächsischen Literatur verwendete Begriff Verzerrung (‘bias’) erscheint im Kontext wissenschaftlicher Rationalität kontraintuitiv, zeigt aber deutlich, dass mit der Sozialen Epistemologie auch die begriffliche Verankerung der wissenschaftlichen Rationalität aus ihrem ursprünglichen Definitionsrahmen der Erkenntnistheorie herausgehoben wird. Aus Sicht des Sozialen Empirismus nach Solomon tragen auch Verhaltensweisen mit ‘bias’ zu wissenschaftlichem Erfolg bei.

<sup>36</sup>Für eine Übersicht zu den kognitiven Werten in der wissenschaftsphilosophischen Rezeption siehe (LACEY, 2005, S.53)



beziehen (SOLOMON, 2001, S.119).<sup>37</sup>

---

<sup>37</sup>Zu einer Kritik des Ansatzes siehe ROLIN UND WRAY (2008), die den Versuch Solomons, eine normative Theorie wissenschaftlicher Forschung aufzustellen, ohne auf eine normative Bewertung der Entscheidungen und Argumentation individueller Akteure angewiesen zu sein, als gescheitert beurteilen.



## **Teil III**

### **Modellanalyse: Modelle**

### **wissenschaftlicher Koordination**

## 7 Klassifikationskriterien der Modelle

Die große Bandbreite an Ansätzen und Modellen, die sich dem Erkenntnisgegenstand *Wissenschaft* widmen, resultiert aus der Tatsache, dass sich eine Vielzahl unterschiedlicher Disziplinen des Themas angenommen haben und ihren jeweils eigenen Zugang und Erklärungsanspruch formulieren. Dazu gehören Philosophen, Soziologen, Ökonomen, Rechtswissenschaftler und Soziophysiker. Im Wesentlichen lassen sich dabei folgende konzeptionelle Unterschiede ausmachen:

1. Aus dem Selbstverständnis bzw. der Ontologie der jeweiligen Fachdisziplinen leiten sich die zentralen Fragen ab, die im Kontext von Wissenschaft gestellt werden. Die klassische Wissenschaftsphilosophie fragt, was wissenschaftliches Wissen ist, die Soziologie leitet die Frage an, wie wissenschaftliches Wissen sozial konstruiert wird, die Ökonomik fokussiert Fragen nach Effizienz und Effektivität von Wissenschaft und die Soziophysik beschäftigt sich damit, wie Meinungs- und Konsensbildungsprozesse präzise berechnet werden können.
2. Die in Punkt 1 vorgenommene Charakterisierung ist stark simplifizierend und dahingehend zu konkretisieren, ob die Fachdisziplin unterschiedliche, d.h. Ansätze mit einem **normativen** und **deskriptiven** Erklärungsanspruch, zulässt. In der Philosophie verankerte Arbeiten sind in der Regel normativ, während soziologische Arbeiten häufig den deskriptiven Aspekt fokussieren. Die Wissenschaftssoziologie und -ökonomik gehören insbesondere zu den deskriptiven Ansätzen, ebenso wie der Zweig der Bibliometrie, der sich der Erfassung und Messung von Forschungsleistungen widmet. Die SSK als auch die ESK verstehen sich als normative Ansätze.
3. Die Unterscheidung, ob Wissenschaft ein durch ausschließlich **epistemische** oder auch durch **nicht-epistemische** Faktoren geleiteter Prozess ist, fußt auf dem Abgrenzungskriterium der klassischen Wissenschaftstheorie, wonach Wissenschaft das ist, was sich im Rechtfertigungskontext durch die Anwendung wissenschaftlicher Methoden als wissenschaftliches Wissen legitimiert. Nicht-epistemische Faktoren sind alle motivationalen und sozialen Faktoren in und außerhalb dieses Prozesses, d.h. insbesondere die dem Entstehungskontext zuzurechnen sind. Die Deklaration als epistemischer Faktor ist –wie erläutert– abhängig davon, welcher Definition von Wissen und Rechtfertigung gefolgt wird. Die Integration klassischer epistemischer und nicht-epistemischer Faktoren erfolgt in der Sozialen naturalisierten Epistemologie.
4. Mit der Definition (nicht-)epistemischer Faktoren und dem (deskriptiven oder normativen) Erklärungsanspruch geht die Frage einher, ob der **Entstehungs- und /**

**oder der Rechtfertigungskontext** von Wissenschaft als untersuchungsrelevant betrachtet wird. Die aus Sicht der Wissenschaftstheorie vorgenommene Gegenüberstellung von *auf nicht-epistemische Faktoren ausgerichtete, deskriptive Ansätze mit Fokus auf den Entstehungskontext von Wissenschaft* versus *auf epistemische Faktoren ausgerichtete, normative Ansätze mit ausschließlichem Fokus auf den Rechtfertigungskontext von Wissenschaft* ist nur solange gültig, wie die ihr inhärenten erkenntnistheoretischen Argumente (von Wissen, Wahrheit und Erkenntnisfähigkeit) akzeptiert werden. Unter einer Redefinition der erkenntnistheoretischen Begriffe, wie sie beispielsweise der Soziale Empirismus vornimmt, ist diese Grenzziehung nicht mehr gültig. Auch wird von der Grenzziehung zwischen Entstehungs- und Rechtfertigungskontext in der aktuellen Wissenschaftsphilosophie zunehmend Abstand genommen. So kommt gerade dem Experiment als Forschungsmethode die Funktion zu, sowohl im Entstehungs- als auch im Rechtfertigungskontext zu wirken und sie in ein Verhältnis zueinander zu setzen, indem es Logik und Psychologie in einen stetigen Austausch setzt (vgl. HACKING (1983)).

5. Des Weiteren lassen sich Forschungsarbeiten dahingehend unterscheiden, ob sie primär das **Ergebnis wissenschaftlicher Koordination** fokussieren oder den **Wissenschaftsprozess** betrachten. Prozessorientierte Ansätze widmen sich der Frage, wie sich Wissenschaftsakteure in der Interaktion, beispielsweise im Peer-Review-Verfahren, verhalten. Hierzu gehören auch die Arbeiten, die sich der Entstehung und Entwicklung wissenschaftlicher Praktiken widmen. Ergebnisorientierte Ansätze setzen den Schwerpunkt hingegen auf das Ergebnis der wissenschaftlichen Koordination, und streben eine Beurteilung dahingehend an, ob das Ergebnis der Koordination Kriterien wissenschaftlicher Rationalität entspricht. Ergebnisorientierte Forschungsarbeiten haben mithin einen normativen Charakter, der allerdings auch dann für die prozessorientierten Ansätze gilt, wenn sie der Interaktion Gütekriterien wissenschaftlichen Wohlverhaltens unterstellen (z.B. ein Peer-Review, das frei ist von Eigennutz) oder für die wissenschaftlichen Praktiken selbst eine normative Beurteilung vornehmen.
6. Insbesondere die durch die *Opinion Dynamics* der Soziophysik motivierten Ansätze verfolgen zwei unterschiedliche Wege in der Modellierung des Verhaltens von Wissenschaftsakteuren. Während ein Zugang darin besteht, den Akteuren in ihren Entscheidungen ein **bayesianisches Wahrscheinlichkeitskalkül** an die Hand zu geben, stellen andere Arbeiten weniger strenge Anforderungen an die Entscheidungsrationalität der Wissenschaftler und legen **Heuristiken** in der Entscheidungsfindung zu Grunde. In einem weiter gefassten Sinn stellt sich mit dieser Unterscheidung auch

die Frage, welche Fähigkeiten den Wissenschaftlern im Hinblick auf ihre Informationsverarbeitungskapazität zugeschrieben wird und inwiefern ihnen Rationalität in ihrem Verhalten unterstellt wird. Die hier adressierte Frage nach der Entscheidungs-rationalität der Wissenschaftler im Sinne einer ökonomischen Entscheidungstheorie ist dabei nicht zu verwechseln mit der bereits diskutierten wissenschaftlichen Rationalität (vgl. hierzu auch HANDS (2001, S.386)).

7. Schließlich lassen sich Arbeiten dahingehend unterscheiden, ob sie –wie in der klassischen Wissenschaftsphilosophie– das Verhalten **individueller** Wissenschaftler abbilden oder **soziale**, d.h. gemeinschaftliche wissenschaftliche Praktiken als Erkenntnisobjekt untersuchen. Wie bereits ausgeführt, stellt eine konsistente, geeignete Verknüpfung beider Ebenen die gegenwärtige Herausforderung dar, die zu lösen sich die Soziale naturalisierte Epistemologie zur Aufgabe macht.

Aus der Übersicht der Begriffsdichotomien resultiert eine Vielzahl von unterschiedlichen Möglichkeiten, sich dem Erkenntnisobjekt *Wissenschaft* anzunähern. Gegenstand der Arbeit ist es nicht, einen abschließenden und umfassenden Überblick über sämtliche Forschungsansätze zu geben, sondern diejenigen Arbeiten auszuwählen, welche der ESK zuzurechnen sind. Im folgenden Abschnitt wird es daher zunächst darum gehen, die ESK im Hinblick auf die oben genannten Kategorien zu spezifizieren, bevor anschließend die für die vorliegende Arbeit relevanten Modelle analysiert werden.

## 8 Modelle der Economics of Scientific Knowledge (ESK)

### 8.1 Konzept der ESK

Wie im Folgenden gezeigt wird, sind ökonomische Methoden, Paradigmen und Theorien schon seit langer Zeit Elemente wissenschaftstheoretischer und -politischer Arbeiten. Die Ungenauigkeit dieser ersten Umschreibung weist auf die Bandbreite der Spezifizierungsmöglichkeiten hin; sowohl im Hinblick darauf, welches Instrumentarium aus der Ökonomik zum Einsatz kommt als auch im Hinblick darauf, welcher Aspekt der Wissenschaft zum Erkenntnisgegenstand deklariert wird. Trotz der Vielzahl der in den letzten Jahrzehnten entstandenen Arbeiten in diesem Forschungsgebiet ist die Frage, worüber sich die *Economics of Scientific Knowledge (ESK)* definiert und von dem Vorläufer der *Economics of Science (EoS)* abgrenzt, in der aktuellen wissenschaftlichen Debatte nicht geklärt.<sup>38</sup>

Dem Verständnis von Lütge folgend, befasst sich die EoS mit dem Einfluss ökonomischer Faktoren auf das Verhalten von Wissenschaftlern (LÜTGE (2001, S.101)). Diese Definition zielt insbesondere darauf ab, das Verhalten der Wissenschaftler unter Ressourcenrestriktionen (Zeit, Geld, Forschungsressourcen) zu beleuchten und hieraus gegebenenfalls geeignete Institutionen abzuleiten (vgl. LÜTGE (2001, S.122)). Konkret befassen sich Arbeiten, die der EoS zuzurechnen sind, mit der Frage, wie Wissenschaftler ihr Humankapital über den Zeitraum einsetzen (LEVIN UND STEPHAN (1991); RAUBER UND URSPRUNG (2008)), wie sich unterschiedliche Forschungsproduktivitäten erklären lassen (CARAYOL UND MATT (2006); COX UND CHUNG (1991); GRABER ET AL. (2008)), welche Anreizsysteme in der Wissenschaft Anwendung finden und die Wissenschaftler in ihren Forschungsentscheidungen beeinflussen (CARAYOL UND DALLE (2007); DIAMOND (2008)), welchen Einfluss Veränderungen in der Forschungsfinanzierung auf die Wissenserzeugung haben (LARSEN (2011)), ob und wie Forschungseinrichtungen effiziente Organisationsformen bereitstellen (CHANG ET AL. (2009); SCHUBERT (2009)), wie neue Forschungsfelder entstehen (FAGERBERG UND VERSPAGEN (2009)) und welchen Beitrag Wissenschaft zu wirtschaftlichem Wachstum leistet (KOELBEL (2001)).<sup>39</sup>

HANDS (2001) stellt insbesondere auf den normativen Aspekt ab, der die ESK im Ge-

---

<sup>38</sup>Die Begriffsunterscheidung geht auf HANDS (1994) zurück. In der deutschsprachigen Literatur sind die Begriffe Wissenschaftsökonomik für die *Economics of Science (EoS)* und Wissensökonomik für die *Economics of Scientific Knowledge (ESK)* gebräuchlich (LÜTGE (2001); PETER (2004)). Die Begriffsverwendungen sind aber nicht immer eindeutig und zum Teil mit anderen Konnotationen behaftet, was auch dem Umstand geschuldet ist, dass die Abgrenzung und Definition der Begriffe –wie im Text erläutert– noch nicht abgeschlossen ist. Um eine konsistente Begriffsverwendung zu gewährleisten, kommen im weiteren Verlauf die Akronyme EoS und ESK zur Anwendung.

<sup>39</sup>Da letzterer Aspekt genau genommen nicht das Verhalten der Wissenschaftler adressiert, sondern die Bedeutung von Wissenschaft als volkswirtschaftlichen Sektor beleuchtet, werden Arbeiten in diesem Kontext bisweilen nicht der EoS in dem hier verwendeten Sinn zugerechnet. Eine umfassende Übersicht zu Arbeiten im Kontext der EoS findet sich etwa bei STEPHAN (1996).

gensatz zur EoS auszeichnet. Den Unterschied sieht er analog im Unterschied zwischen Mikroökonomik und Wohlfahrtsökonomik. Während sich erstere mit der reinen Analyse von Haushalten und Unternehmen befasst, fragt die Wohlfahrtsökonomik nach der Effizienz des erzielten Marktergebnisses. Ähnlich könne die ESK von der EoS abgegrenzt werden: Während sich die EoS mit der Erklärung des Verhaltens der Wissenschaftler beschäftigt, fragt die ESK nach der epistemischen Effizienz des von den Wissenschaftlern erzeugten Wissens (HANDS, 2001, S.360f.). In der normativen Dimension sieht HANDS (1997) dann auch das wesentliche Argument, Ökonomik als Instrument in der Wissenschaftsphilosophie zu verwenden. Der Ökonomik sei das Potenzial inhärent, dem Relativismus-Vorwurf, der sich die SSK ausgesetzt sieht, zu begegnen. Richten Wissenschaftler ihre Handlungen nicht an wissenschaftlichen Methoden aus, sondern im Wesentlichen an ihren eigenen Interessen oder denen ihrer Bezugsgruppe, vernachlässigen sie die wissenschaftliche Rationalität, die zur Weiterentwicklung wissenschaftlichen Wissens notwendig ist. Die neoklassische Ökonomik stellt sich hier ganz offensichtlich als geeignetes Lösungsinstrumentarium dar: Eine ihrer genuinen Erkenntnisziele ist die Frage nach der Ausgestaltung geeigneter Institutionen, damit sich eigennützige Akteure, in diesem Fall epistemisch unreine Wissenschaftler, so koordinieren, dass ein sozial optimales Ergebnis erzielt wird. Wichtige Definitionskriterien sind für Hands offenbar die Vermeidung von Relativismus durch Fokussierung der normativen Dimension und ökonomische Mechanismen, die individuelles Verhalten koordinieren und korrigieren:

“Properly employed economics should be able to help us develop a philosophy of natural science<sup>40</sup> that recognizes the social nature of science, admits the interestladen behavior of actual scientists, repels relativism, preserves a normative component, and allows us to make useful recommendations about science policy.” (HANDS, 1997, S.112)

Das von Hands formulierte normative Ziel der *epistemischen Effizienz* macht allerdings noch keine Aussage dazu, was ein solches Ziel konkret beinhalten soll bzw. wie ein solches Ziel zustande kommt. Eine Möglichkeit bestünde darin, dass die Zielsetzung (durch den Betrachter eines solchen Systems, d.h. den Wissenschaftsphilosophen) a priori vorausgesetzt wird und als exogener Maßstab an das System angelegt wird. Die andere Möglichkeit wäre, von einer aus dem Wissenschaftssystem endogenen Zielsetzung auszugehen. In

---

<sup>40</sup>Hands gibt hier keine Begründung an, warum er an dieser Stelle explizit die Naturwissenschaften adressiert. Diese Fokussierung kann dem Umstand geschuldet sein, dass sich die klassische Wissenschaftsphilosophie lange Zeit nahezu ausschließlich dem Erkenntnisprozess der Naturwissenschaften gewidmet hat. Eine weitere Erklärung mag dadurch gegeben sein, dass die Ökonomik häufig in ihrer Theoriebildung auf mechanistischen Konzepten beruht (z.B. newtonsche Mechanik) und sich durch ihren Bezug auf naturgesetzliche Zusammenhänge als den Naturwissenschaften nahe stehen sieht. Eine Erweiterung des Postulats auf andere Wissenschaften wird *an dieser Stelle* als unkritisch angesehen; vgl. auch Abschnitt 8.3.



diesem Fall wäre näher zu betrachten, wie eine endogen normative Dimension in einem Wissenschaftssystem entstehen kann. Wird die zweite Möglichkeit in Betracht gezogen, liefern die Definitionen von Lütge und Zamora-Bonilla weitere Anhaltspunkte, worüber die ESK definiert werden kann.

Nach LÜTGE (2001, S.101) befasst sich die ESK mit dem Einfluss ökonomischer Faktoren auf wissenschaftliche Theorien. Im Mittelpunkt steht hier die Art und Weise, wie wissenschaftliche Erkenntnis erzeugt wird, und zwar insbesondere unter Beachtung *epistemischer Kosten*. Diese Kosten stellen abstrakte oder auch interne, psychische Kosten dar, da sie auf die jeweils verwendeten Kategorien im Erkenntnisprozess definiert werden (vgl. LÜTGE (2001, S.122)). Wäre beispielsweise der epistemische Wert einer Theorie über die epistemische Kategorie Einfachheit definiert, sind Verkomplizierungen als epistemische Kosten zu klassifizieren, die zu minimieren sind. Gelingt dies für die Wertkategorie Einfachheit nicht, wäre die Leistungsfähigkeit dieser Theorie geschwächt (vgl. LÜTGE (2001, S.122)). Den Kern der ökonomischen Perspektive auf wissenschaftliche Theorien in der ESK sieht Lütge in der Kosten-Nutzen-Betrachtung:

„Somit lassen sich unter ökonomischen Faktoren all jene Einflüsse subsumieren, die in irgendeiner Form Kostenfaktoren darstellen; entscheidend ist lediglich, *dass* wissenschaftliche Theorien (und ihre wissenschaftstheoretische Bewertung) unter Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten betrachtet werden. Welche Faktoren anschließend ins Kosten-Nutzen-Kalkül eingearbeitet werden, ist sekundär.“ (LÜTGE, 2001, S.123)[Hervorhebungen im Original]

Die Abgrenzung der ESK, wie sie Lütge vornimmt, kommt auch dem Verständnis von Zamora-Bonilla sehr nahe. Dieser definiert ESK als die Anwendung von Konzepten und Methoden der ökonomischen Analyse zur Untersuchung des epistemischen Wesens und dem Wert wissenschaftlichen Wissens (ZAMORA BONILLA, 2012, S. 823). Mit dem Fokus auf epistemische Wertkategorien sieht er die ESK dann auch eher als Teilbereich der Epistemologie denn als Teilbereich der Ökonomik:

“(…) *ESK will be considered here more as a branch of epistemology than as a branch of economics: economic concepts and methods are the tools, but scientific knowledge is our object.*” (ZAMORA BONILLA, 2012, S.826) [Hervorhebungen im Original]

Ein zentrales Merkmal der ESK, das sich sowohl aus der Definition bei Lütge als auch Zamora-Bonilla ergibt, ist, dass die epistemischen (Wert-)Kategorien, über die eine ökonomische Bewertung vorgenommen werden soll, Resultat von Wertvorstellungen innerhalb eines Wissenschaftssystems sind, die nicht a priori vorhanden sind, sondern verhandelt

werden. Mögliche Fragestellungen, die innerhalb der ESK adressiert werden können, lauten damit (vgl. ZAMORA BONILLA (2012, S.826)):

Wie wird wissenschaftliches Wissen *sozial* konstruiert?, d.h. wie entsteht Konsens hinsichtlich bestimmter Wissens Elemente innerhalb einer *wissenschaftlichen Disziplin*?, wie bestimmen Wissenschaftler den *epistemischen Wert* von Wissen?, nach welchen *Normen* nehmen Wissenschaftler eine solche Bewertung vor?

Mit der Frage nach *epistemischen Wertkategorien, die im weitesten Sinn einem Kosten-Nutzen-Kalkül unterliegen, und über die in einer wissenschaftlichen Gemeinde (vorläufig) Konsens* hergestellt werden soll, wird deutlich, dass die ESK viel eher im Kontext einer Sozialen naturalisierten Epistemologie zu verorten ist, anstatt sie –wie es die begriffliche Analogie impliziert– als ökonomische, normative Entsprechung der SSK zu deklarieren.

Den Modellen, die epistemische Entscheidungen wissenschaftlicher Akteure abbilden, ist immer auch eine Vorstellung (des Wissenschaftsphilosophen) darüber inhärent, welche ökonomischen Methoden und Instrumente im Kontext der Wissenschaftsphilosophie geeignet sind und welchen epistemologischen Kriterien die Methoden selbst unterliegen. Die Modelle, die epistemische Entscheidungen von Wissenschaftlern abbilden und eine Aussage über das resultierende Ergebnis machen, sind damit selbst Teil des Projekts ESK. So wird beispielsweise kritisch hinterfragt, ob eine soziale Wohlfahrtsfunktion ein geeignetes Instrument ist, die Entscheidungen individueller Wissenschaftler zu aggregieren, um somit eine Effizienzbewertung des sozialen Systems vorzunehmen (vgl. HANDS (1995); LÜTGE (2004); MIROWSKI (1996)). Die im Folgenden dargestellten unterschiedlichen Ansätze können damit spiegelbildlich als Vorlage für methodologische Diskussionen der Ökonomik genutzt werden. Da eine Diskussion über die Bandbreite ökonomischer Methoden, Instrumente und Paradigmen im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht geleistet werden kann, kann die Frage ob der Geeignetheit ökonomischer Instrumente im Kontext der jeweiligen Ansätze nur punktuell adressiert werden.

Aus den vorangegangenen Erläuterungen wird abschließend folgendes Verständnis der ESK abgeleitet, das helfen soll, die im folgenden Abschnitt vorgestellten Ansätze einer ökonomisch motivierten Wissenschaftsphilosophie dahingehend zu prüfen, ob sie sich als der ESK zugehörig qualifizieren können und welcher Ausprägung sie zuzurechnen sind:

Die ESK ist –als Ausfluss einer naturalisierten Epistemologie– zunächst individualistisch, d.h. sie fokussiert das Verhalten individueller Wissenschaftler. Die ESK ist naturalistisch in dem Sinn, als sie das *tatsächliche* Verhalten der Wissenschaftler zugrunde legt. Sie lässt damit auch Verhaltensweisen zu, die aus Sicht der klassischen Wissenschaftsphilosophie nicht-epistemisch motiviert

sind. Darüber hinaus besteht ihr Erkenntnisgegenstand in dem Ergebnis, welches aus der Interaktion individueller Wissenschaftler in einem sozialen System resultiert, und der Frage, ob das Ergebnis des sozialen Systems Wissenschaft der definierten Zielerreichung dienlich ist (normative Ebene). Die ESK wird zu einer *Sozialen* naturalisierten Epistemologie, wenn sie die Erkenntnisfähigkeit einer wissenschaftlichen Gemeinde als soziales Gefüge *selbst* zum Erkenntnisgegenstand macht. Insbesondere rücken dann die wissenschaftlichen Praktiken einer Wissenschaftsgemeinde in den Fokus der Betrachtung. Die Möglichkeiten, diese philosophischen Bestrebungen zu konzeptionieren bzw. umzusetzen, sind dabei ebenso vielfältig wie die ökonomischen Methoden und Instrumente, die zur Verfügung stehen.

Die folgende Abbildung 1 fasst in stilisierter Weise noch einmal zusammen, welche Elemente anderer wissenschaftsphilosophischer Strömungen Eingang in die ESK gefunden haben. Die gestrichelte Linie zeigt dabei an, dass die ESK –wie im vorangegangenen Abschnitt argumentiert– weniger in der Tradition der SSK als in der naturalisierten Epistemologie gesehen wird.

## 8.2 Ausgewählte analytische Modelle im Kontext der ESK

Die Darstellung der geschlossenen Modelle orientiert sich in Grundzügen an ZAMORA BONILLA (2012), wobei der Fokus auf Modelle gerichtet ist, die der Zielsetzung der ESK, sowohl eine naturalistische Fundierung der Individuen zu liefern als auch die Koordinationsmechanismen auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde zu betrachten, am nächsten kommen. Diesen Modellen mit „sozialen Mechanismen der Wissenserzeugung“ werden einige ausgewählte Modelle vorangestellt, die insbesondere im Hinblick auf den Erkenntnisgegenstand oder die methodische Umsetzung als Vorreiter der ESK eine wesentliche Rolle spielen („Optimierungsparadigma“ respektive „Epistemischer Nutzen“). Nicht betrachtet werden im Rahmen dieser Arbeit rein deskriptive Modelle, insbesondere der Wissenschaftsökonomik („Economics of Science“), spieltheoretische Ansätze und institutionenökonomische Ansätze.<sup>41</sup> Die Tabelle 3 zeigt eine Übersicht ausgewählter wichtiger

---

<sup>41</sup>Die Auslassung dieser Modelle ist damit begründet, dass ein Rekurs dieser Ansätze nicht direkt notwendig für die Konzeptionierung der folgenden Agentenbasierten Modellierung ist. So wird im Rahmen der institutionenökonomischen Ansätze Wissenschaft als ein sich selbst regulierender Wettbewerb interpretiert (ALBERT, 2004, S.128), für dessen Funktionsfähigkeit die individuelle Disposition der Wissenschaftler nicht von entscheidender Bedeutung ist (vgl. ALBERT (2004, S.132)) und dementsprechend epistemische Wertkategorien (wie z.B. die Frage „Was ist ein interessantes Problem?“ in den Modellen von HULL (1988); LEONARD (2002) und WALSTAD (2002) auch nicht verhandelt werden (vgl. ALBERT (2004, S.140)). Gerade die individuelle Disposition ist für die vorliegende Arbeit jedoch essentiell.

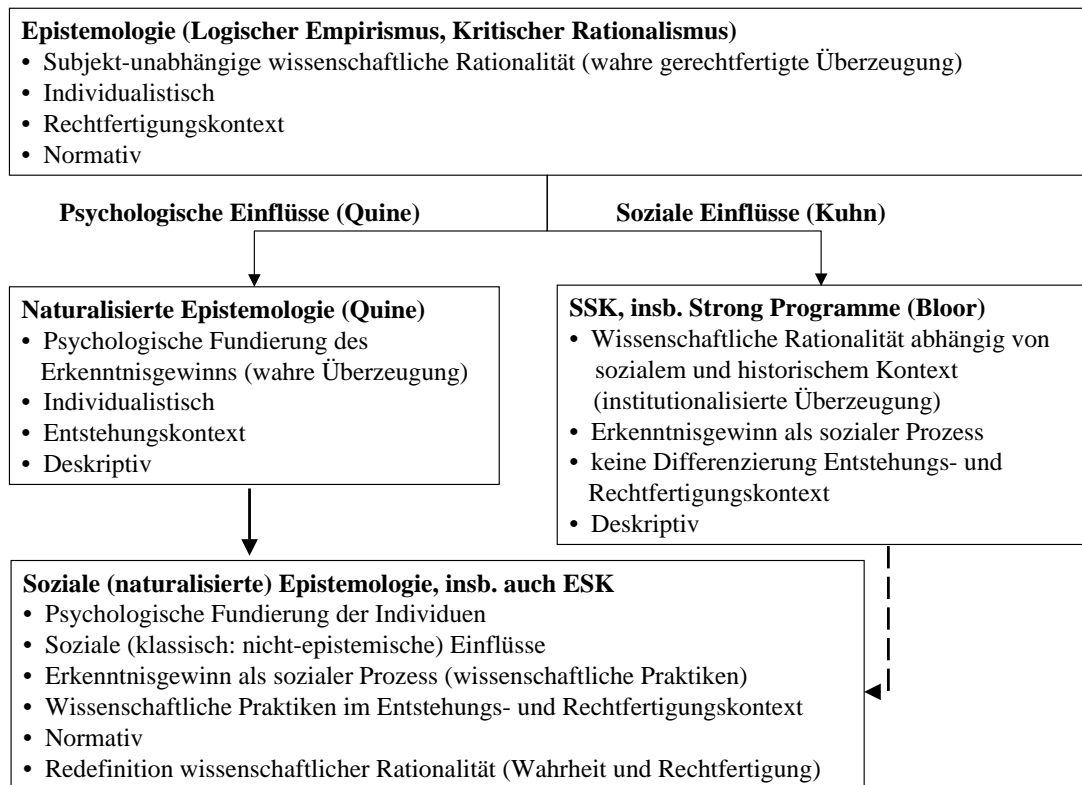


Abbildung 1: Wissenschaftsphilosophische Einordnung der ESK

Arbeiten, die verschiedene Aspekte der Wissenschaft mit unterschiedlichen ökonomischen Instrumenten beleuchten.

### 8.2.1 Wegbereiter der ESK: Kosten-Nutzen Betrachtungen in der Wissenschaft

Als ein Vorreiter in der Anwendung ökonomischer Methoden zur Beantwortung der Frage nach einer effizienten Gestaltung von Wissenschaft kann Charles Sanders Peirce gezählt werden (PEIRCE (1879)). Er bedient sich der Kosten-Nutzen-Analyse und widmet sich in seiner Arbeit der Frage, wie hoch die Forschungsbemühungen (Ressourcenaufwendungen) relativ zu der erzielbaren Genauigkeit der Forschungsergebnisse sein sollen. Die optimale Ressourcenzuweisung zu unterschiedlichen Forschungsprojekten soll nach Peirce so ausgestaltet sein, dass unter der Annahme konstanter marginaler Ressourcenaufwendungen der Grenznutzen aus jedem Forschungsprojekt identisch ist. Neuen Forschungsprojekten sind aufgrund ihrer hohen Dringlichkeit solange höhere Ressourcen zuzuweisen, bis sich die Grenzerträge mit bestehenden Forschungsprojekten wieder angeglichen haben. Das

Tabelle 3: Modelle im weiteren Kontext der Economics of Scientific Knowledge (ESK)

<b>Klassifizierung</b>	<b>Autor</b>
Kosten-Nutzen-Ansatz	PEIRCE (1879) RADNITZKY (1987) RESCHER (1978)
Epistemischer Nutzen	HOWSON UND URBACH (1989) LEVI (1967) MAHER (1993) NIINILUOTO (1987)
Spieltheoretische Ansätze	BICCHIERI (1988) BLAIS (1987)
Soziale Mechanismen der Wissenserzeugung	BROCK UND DURLAUF (1999) DAVID (1998) FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA (2006) GOLDMAN UND SHAKED (1991) KITCHER (1993) STREVENS (2003)
Institutionenökonomische Ansätze	HULL (1988) LEONARD (2002) LÜTGE (2001) SHI (2001) WALSTAD (2002) WIBLE (1998)
Wissenschaftsökonomik	CARAYOL UND MATT (2006) CARAYOL UND DALLE (2007) CHANG ET AL. (2009) COX UND CHUNG (1991) DASGUPTA UND DAVID (1994) DIAMOND (2008) FAGERBERG UND VERSPAGEN (2009) GRABER ET AL. (2008) KOELBEL (2001) LARSEN (2011) LEVIN UND STEPHAN (1991) RAUBER UND URSPRUNG (2008) SCHUBERT (2009)

im Peirce-Modell formulierte Ziel ist es zu zeigen, wie durch den genannten Mechanismus die Wahrheitsfindung auf aggregierter Ebene vorangetrieben werden kann.<sup>42</sup> Es erhebt damit den Anspruch eines normativen Modells, das explizit als wirtschaftspolitische Entscheidungsgrundlage dienen soll (STREVEN (2011)). Allerdings ist letzten Endes nicht nachvollziehbar, wie genau das Kosten-Nutzen-Kalkül dazu beitragen soll, der Wahrheitsfindung zu dienen, insbesondere unter Berücksichtigung der Tatsache, dass sich das Modell auf die Auswahl von Forschungsproblemen richtet und damit eher in den Entstehungs- als den Rechtfertigungskontext einzuordnen ist. Die postulierte Normativität bleibt damit im Entstehungskontext verhaftet, was zumindest aus Sicht der klassischen Wissenschaftstheorie, die dem Entstehungskontext keine normative Dimension zugesteht, höchst problematisch ist.

RESCHER (1978) als zweiter Wegbereiter ökonomischer Analysen des Wissenschafts-systems kann in einer wissenschaftshistorischen Betrachtung empirisch zeigen, dass das Wachstum substantieller wissenschaftlicher Erkenntnisse unter steigenden Forschungskosten abnehmenden Grenzerträgen unterliegt (RESCHER (1978)).<sup>43</sup> Die Anzahl substantieller wissenschaftlicher Ergebnisse steigt nur solange linear an, wie die Investitionen in Wissenschaft exponentiell zunehmen.<sup>44</sup> Werden wie seit Beginn der 1970er Jahre die Investitionen in Forschung zurückgefahren, ergibt sich hieraus als logische Konsequenz ein zurückgehendes Wachstum substantieller Forschung und damit des wissenschaftlichen Fortschritts insgesamt. Aus der deskriptiven Untersuchung identifiziert er stilisierte Fakten, die ihn zu dem Schluss kommen lassen, dass ökonomische und technische Restriktionen dem wissenschaftlichen Wachstum zwar Grenzen setzen, es aber immer wieder Momente substantieller wissenschaftlicher Erkenntnisse gibt, die einen neuen wissenschaftlichen Zyklus anstoßen und somit Grund zur Annahme besteht, dass wissenschaftliches Wachstum durch die Abfolge von Zyklen dennoch möglich ist. Obwohl Rescher selbst kaum Bezug zu der seiner Zeit aktuellen Debatte um wissenschaftlichen Fortschritt nimmt (ZAMORA BONILLA, 2012, S.829), kann sein Fortschrittsverständnis in die Nähe der Kuhnschen Paradigmen eingeordnet werden.

Zusammenfassend legt Rescher mit seiner frühen Arbeit "Scientific Progress" eine Bestandsaufnahme zu Mustern der wissenschaftlichen Entwicklung auf aggregierter Ebene vor. Trotz der Tatsache, dass Rescher aus den stilisierten Fakten bzw. Mustern ein Ver-

---

<sup>42</sup>Eine individualistische Fundierung ist nicht im Modell vorgesehen: "When an investigation is made for the purpose of attaining personal distinction, the economics of the problem are entirely different." PEIRCE (1879, S.190) zitiert nach ZAMORA BONILLA (2012, S.828).

<sup>43</sup>Er knüpft damit an das bereits von PEIRCE (1879) formulierte Argument abnehmender Grenzerträge in der Forschung an.

<sup>44</sup>Unter substantiellen Forschungsergebnisse werden sehr gute oder exzellente Forschungsarbeiten subsumiert, die ihrerseits in einem Quadratwurzel- bzw. logarithmischen Verhältnis zum kumulierten Gesamtoutput aller Forschungsergebnisse stehen.

ständnis von wissenschaftlichem Fortschritt ableitet, wird die Arbeit insgesamt eher als deskriptive Arbeit eingeordnet. Denn zum einen steht in der Arbeit die Identifikation empirischer Regelmäßigkeiten im Fokus der Betrachtung, und zum anderen wird hier vollständig von einer erkenntnistheoretischen Begründung der ermittelten Muster abstrahiert (vgl. hierzu auch WAGNER-DOEBLER (2001, S.422)).

In einer weiteren Arbeit wendet sich RESCHER (1989) der normativen Perspektive zu, indem er der Rationalität von Kosten-Nutzen-Betrachtungen im Wissenschaftsprozess – anders als PEIRCE (1879) – nicht nur auf die Auswahl von Forschungsaufgaben im Entstehungskontext beschränkt. Er argumentiert in der Tradition der Denkökonomie,

- dass eine Kostenbetrachtung für fälschlicherweise akzeptierte falsche Hypothesen genauso in Betracht gezogen werden sollte wie für fälschlicherweise zurückgewiesene richtige Hypothesen (d.h. für den ergangenen Ertrag).
- dass wissenschaftliche Kommunikation nach dem Kostenminimierungsprinzip organisiert ist, so dass die Suchkosten nach relevanten Informationen minimiert werden.
- dass eine im ökonomischen Sinn rationale Entscheidung für eine Theorie so ausgestaltet ist, dass ausgehend von empirischen Daten zunächst die Theorien in Betracht gezogen werden, die ein hohes Maß an Einfachheit, Regelmäßigkeit und Kohärenz haben, da sie ressourcensparend im Hinblick auf kognitive Anstrengungen sind. Erst bei Nichterfüllung der Bedingungen werden sukzessive kompliziertere Theorien in Betracht gezogen. Dieses Vorgehen soll analog für die Reihenfolge gelten, in der gemäß dem Falsifikationsprinzip Theorien aufgestellt und getestet werden.

Die zweite hier vorgestellte Arbeit “Cognitive Economy” steht anders als “Scientific Progress” bereits deutlicher im Kontext einer naturalisierten Epistemologie. Er widmet sich den Prinzipien, die einer rationalen Theoriwahl –unter Berücksichtigung der tatsächlichen kognitiven Fähigkeiten von Wissenschaftlern– zugrunde liegen sollten. Gemeint ist hier insbesondere die Ablehnung des Korrespondenzprinzips im Rechtfertigungskontext zugunsten des Kohärenzprinzips als Beurteilungskriterium, ob eine Aussage als wahr bezeichnet werden kann: “(...) due to the inherent impossibility of ‘confronting the facts’ the correspondence theory is criteriologically of no avail in coming to a decision as to whether or not a given proposition is to be classed as true” (RESCHER, 1977, S.185) zitiert nach KUUKKANEN (2007, S.557).<sup>45</sup> Da Wissenschaftler also keinen direkten Zugang zu einer

<sup>45</sup>Die Bezeichnung *criteriologically* stellt darauf ab, das Korrespondenzprinzip als epistemisch zu interpretieren, d.h. als die Frage nach den Kriterien, die anzeigen, wann etwas als wahr bezeichnet werden kann. Die Formulierung *correspondence theory* ist insoweit missverständlich, als die Korrespondenztheorie nicht-epistemisch ist. Sie definiert lediglich, was Wahrheit ist, liefert aber keine Prüfkriterien. KUUKKANEN (2007) weist darauf hin, dass aus diesem Grund der Begriff der Kohärenztheorie in der Bedeutung, wie sie Rescher beabsichtigt, dann auch eher als *Kohärenztheorie der Rechtfertigung* zu lesen ist (KUUKKANEN, 2007, S.560).

subjektunabhängigen Wahrheit haben, sollen sie Kriterien der Kohärenz anwenden, um ihre Überzeugungen zu rechtfertigen.<sup>46</sup>

Das Zielsystem der Wissenschaft ist dann bei Rescher auch vielmehr durch die Ziele der realen Wissenschaftler definiert (Einfachheit, Kohärenz, etc.) als durch eine subjektunabhängige philosophische Erklärung (Vorhersagekraft, Wahrheitsnähe, etc.). Wie genau jedoch die unterschiedlichen Ziele integriert werden können, bleibt letzten Endes allerdings offen (ZAMORA BONILLA, 2012, S.831). Zusammenfassend lässt sich bei RESCHER (1989) eine naturalisierte Epistemologie in Ansätzen erkennen, die allerdings noch auf den individuellen Wissenschaftler und seine tatsächliche Erkenntnisfähigkeit fokussiert ist. Generell bleibt für den Kosten-Nutzen-Ansatz festzuhalten, dass er keine Aussagen darüber macht, wie Kosten und Nutzen konkret miteinander vergleichbar gemacht werden können, so dass alle wissenschaftlichen Entscheidungen am Ende unterdeterminiert bleiben (ZAMORA BONILLA, 2012, S.831).

### 8.2.2 Bayessches Wahrscheinlichkeitskalkül und epistemischer Nutzen

Ein Ansatz, der sich darum bemüht, die Entscheidung individueller Wissenschaftler für oder gegen eine Theorie oder Hypothese zu formalisieren, findet sich in der kognitiven Entscheidungstheorie. Es handelt sich hierbei insofern um eine adaptierte Version eines Bayesschen Entscheidungskalküls, als die Agenten unter Zuhilfenahme von Wahrscheinlichkeiten wissenschaftlichen Hypothesen einen individuellen epistemischen Nutzen zuweisen. Im Folgenden wird kurz das Bayessche Theorem im wissenschaftlichen Kontext rekurriert, bevor die Modelle epistemischen Nutzens in den Kontext der ESK eingeordnet werden.

Das Ziel des Bayesschen Theorems im wissenschaftlichen Kontext besteht darin, Theorien und Hypothesen auf Grundlage von Befunden Wahrscheinlichkeiten zuzuordnen (CHALMERS, 2007, S.142). Von zentraler Bedeutung ist die Unterscheidung zwischen der Priorwahrscheinlichkeit (Wahrscheinlichkeit, dass eine Hypothese unabhängig von Befunden richtig ist) und der Posteriorwahrscheinlichkeit (Wahrscheinlichkeit, dass eine Hypothese unter Berücksichtigung der Befunde richtig ist) sowie die Unterscheidung zwischen objektiven und subjektiven Wahrscheinlichkeiten.<sup>47</sup> Im subjektiven Bayesianismus wird

<sup>46</sup>Kohärenz verlangt (1.) Konsistenz (ein Set von Überzeugungen B kann nicht p und nicht-p enthalten) und (2.) Geschlossenheit der Erklärung (jede Überzeugung p aus B kann durch andere Überzeugungen in B erklärt werden) (KUUKKANEN, 2007, S.560).

<sup>47</sup>Objektive Priorwahrscheinlichkeiten ziehen zwangsläufig objektive Posteriorwahrscheinlichkeiten nach sich. Da aber grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Anzahl möglicher Hypothesen zu einem Gegenstandsbereich nicht endlich ist, ergibt sich für alle Hypothesen und Theorien eine objektive Priorwahrscheinlichkeit von Null. Da das Problem, wie eine endliche Anzahl von Hypothesen argumentiert werden kann, um somit Prior- und Posteriorwahrscheinlichkeiten ungleich Null zu erhalten, nicht gelöst ist, wird der objektive Bayesianismus im Kontext der Wissenschaftsphilosophie nicht angewendet und daher in der weiteren Betrachtung ausgeklammert (vgl. CHALMERS (2007, S.144)).



davon ausgegangen, dass Wissenschaftler einen subjektiven Überzeugungsgrad im Hinblick auf den Wahrheitsgehalt bestimmter Hypothesen und Theorien haben, der sie eine Priorwahrscheinlichkeit ungleich Null zuweisen. Diese Priorwahrscheinlichkeiten werden unter gegebenen Befunden in entsprechende Posteriorwahrscheinlichkeiten transformiert. Ob die Priorwahrscheinlichkeiten allerdings allein schon ausreichend sind, um die tatsächliche Entscheidung für oder gegen eine Theorie zu fällen, ist kritisch zu sehen, denn das würde voraussetzen, dass die Wissenschaftler allein auf ihre eigene wissenschaftliche Rationalität vertrauen. Dieser Einwand läuft aus Sicht des subjektiven Bayesianismus jedoch ins Leere, wie am Beispiel von HOWSON UND URBACH (1989) deutlich wird. Denn sie beziehen sich in ihrer Argumentation ausschließlich auf die Frage, wie Wissenschaftler zu ihren (Posterior-)Überzeugungen kommen, beanspruchen dabei aber nicht, deren tatsächliches Verhalten zu erklären (CHALMERS, 2007, S.151). Damit bleibt die Frage, wie es im Widerstreit unterschiedlicher Theorien zur Herausbildung einer dominanten Theorie kommen kann, dann auch im Verborgenen der subjektiven Überzeugungen (vgl. CHALMERS (2007, S.151)).

Insgesamt entzieht sich der Ansatz sowohl dem Aspekt, unter welchen Voraussetzungen es angemessen ist, einen bestimmten Befund als wahr anzuerkennen, als auch der Frage, wie die Priorwahrscheinlichkeiten überhaupt zustande kommen.<sup>48</sup> Der Ansatz von HOWSON UND URBACH (1989) ist offenbar eng in der deduktiven Logik verankert, denn sie stellen nicht zur Disposition, wie die Vorannahmen (Priorwahrscheinlichkeiten) zustande kommen und Befunde legitimiert werden, sondern argumentieren, wie auf eine objektive Art und Weise aus subjektiven Priorwahrscheinlichkeiten und subjektiven Befunden entsprechende Posteriorwahrscheinlichkeiten abzuleiten sind. Mit ihrer Bayesschen Theorie beanspruchen sie eine objektive Theorie wissenschaftlichen Schließens (vgl. CHALMERS (2007, S.145)), die aber nichts mehr über die Wissenschaft sagt, „als dass beobachtet werden kann, dass Wissenschaft dem Diktat der deduktiven Logik verhaftet bleibt“ (CHALMERS, 2007, S.154).

Die kognitive Entscheidungstheorie geht insofern über die reine Bayessche Argumentation hinaus, als sie die *Entscheidungen* –und nicht nur die Ableitung von wissenschaftlichen Überzeugungen, d.h. Posteriorwahrscheinlichkeiten– in den Fokus rückt. Den epistemischen Nutzenmodellen liegt das Postulat zugrunde, dass sich Wissenschaftler für eine bestimmte wissenschaftliche Problemlösung dann entscheiden (sollen), wenn der erwartete epistemische Nutzen aus dieser höher ist als derjenige, der sich aus der Akzeptanz einer anderen wissenschaftlichen Problemlösung ergeben würde. Konkret ergibt sich der erwartete Nutzen aus der Akzeptanz einer Hypothese  $h$  bei gegebener Evidenz  $e$  aus dem episte-

---

<sup>48</sup>“Bayesianism leaves in the dark how experts proceed when trying to transform experience into a prior.”(ALBERT, 2003, S.108)

mischen Nutzen  $u$  unter Anwendung der jeweiligen Posteriorwahrscheinlichkeiten  $p(s, e)$ .  $p$  repräsentiert dabei die wissenschaftliche Überzeugung bzw. zeigt die Wahrscheinlichkeit an, dass der Zustand  $s$  der wahre Zustand der Welt bei gegebener Evidenz  $e$  ist (ZAMORA BONILLA, 2012, S.832):  $EU(h, e) = \sum_{s \in X} u(h, s)p(s, e)$

Intuitiv stellt sich jedoch die Frage, wie Akteure eine *Entscheidung* darüber fällen können, welcher (wissenschaftlichen) Überzeugung sie folgen, wenn die Überzeugung im Moment der Entscheidung dieser bereits inhärent ist (ZAMORA BONILLA, 2012, S.833). Die *Wahl* einer bestimmten Überzeugung scheint zunächst ein Indiz dafür zu sein, dass die Person keine von epistemischer Rationalität geleitete Entscheidung trifft. Aber, so die Argumentation von MAHER (1993), die Akzeptanz einer wissenschaftlichen Theorie ist logisch unabhängig davon, ob diese Theorie tatsächlich für wahr gehalten wird. Insbesondere vor dem Hintergrund sozialer Einflüsse in einer wissenschaftlichen Gemeinde gibt es plausible Gründe, eine Theorie zu akzeptieren, auch wenn die subjektive Einschätzung hinsichtlich ihres Wahrheitsgehalts eine andere ist. Anders formuliert ist die Entscheidung, eine bestimmte Theorie zu akzeptieren, nicht identisch damit, ihr eine Wahrscheinlichkeit von  $p = 1$  zuzuordnen (ZAMORA BONILLA, 2012, S.833). Für die Geschichte der Wissenschaftstheorie ist es demnach auch von weitaus höherer Relevanz, welche Theorie (mit welchen Vorbehalten) (nicht) akzeptiert wurde, nicht welche subjektiven, wahren Wahrscheinlichkeiten ihr zugeordnet wurden. Die Evidenz für eine kategoriale Entscheidungsnatur schränkt damit die Anwendbarkeit der Bayesschen Entscheidungstheorie als Modellierungsinstrument im Kontext der Theoriewahl ein, da diese Wahrscheinlichkeiten *de facto* nicht der tatsächlichen Entscheidung entsprechen müssen.<sup>49</sup>

Die epistemischen Nutzenmodelle von HILPINEN (1968); LEVI (1967); MAHER (1993) unterscheiden sich –je nachdem, ob sie einen Unterschied zwischen Überzeugung und Akzeptanz machen– dann dahingehend, ob die epistemischen Nutzenfunktionen strikt aus dem Theorem von Bayes hergeleitet werden oder einfacheren Heuristiken wie bei MAHER (1993) folgen (vgl. hierzu auch ZAMORA BONILLA (2012, S.836f.).)

Folgt man der Argumentation, dass subjektive Wahrscheinlichkeiten im Kontext individueller epistemischer Entscheidungen (für oder gegen eine bestimmte Theorie) irrelevant sind, wird auch deutlich, warum wissenschaftsphilosophische Modelle, die rein auf dem Bayesschen Wahrscheinlichkeitskalkül beruhen, keinen naturalistischen Erklärungsanspruch haben können, da die Theoriewahl von Wissenschaftlern *tatsächlich* nicht das Resultat von Wahrscheinlichkeitsberechnungen ist (vgl. DOWNES (2001, S.234)). Das Potenzial des Bayesschen Wahrscheinlichkeitskalküls zur empirischen Fundierung von Ent-

<sup>49</sup>Vgl. nochmals dazu den Erklärungsanspruch von HOWSON UND URBACH (1989), wonach nicht die *Entscheidung* für eine Theorie epistemisch relevant ist, sondern nur die wissenschaftliche *Überzeugung*, d.h. die subjektive Posteriorwahrscheinlichkeit.

scheidungen fasst Albert so zusammen:

“Bayesianism was originally proposed as an empiricist solution to the problem of induction. The most fundamental criticism of Bayesianism is therefore that it is empty. By choosing an appropriate prior, any reaction to any experiences can be justified in advance. Thus, Bayesianism implies ‘anything goes’ as long as one rationalizes choices in the Bayesian way, which can always be done.”  
(ALBERT, 2003, S.114)

### 8.2.3 Von der individuellen zu einer sozialen Epistemologie

Die Auswahl der hier skizzierten Arbeiten ist dadurch motiviert, Modelle darzustellen, die aus der Rezeption der Literatur zu ökonomisch orientierten Ansätzen im Kontext der Wissenschaftsphilosophie als Referenzwerke bezeichnet werden können. Dies gilt insbesondere für die Arbeiten von BROCK UND DURLAUF (1999); GOLDMAN UND SHAKED (1991); KITCHER (1993) und STREVEVS (2003). Allen Modellen liegt ein vergleichbares ökonomisches Instrumentarium zugrunde, mittels dessen sie sich den Fragestellungen der Wissenschaftsphilosophie annähern. Trotz der Defizite, wie sie von Kritikern angezeigt wurde (vgl. Abschnitt 8.3), stellt die Rigorosität dieses Instrumentariums offenbar auch für aktuellere Arbeiten, hier beispielhaft durch FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA (2006) repräsentiert, ein entscheidendes Argument dar.

#### Ferreira und Zamora-Bonilla, 2006: An Economic Model of Scientific Rules

Ausgangspunkt der Arbeit von FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA (2006) ist die Überlegung, dass die Akzeptanz einer Theorie als explizites Wissen kollektiven Kriterien einer wissenschaftlichen Gemeinde unterliegt. Ziel des Modells ist zu zeigen, wie rationale Agenten, die nach Reputation streben, aus einem Set an methodologischen Regeln sich auf diejenigen Regeln koordinieren, die dazu führen, dass Wissenschaftler Theorien guter Qualität akzeptieren.<sup>50</sup> In Abgrenzung zu den Modellen von GOLDMAN UND SHAKED (1991) und KITCHER (1993), in denen methodologische Regeln modellexogen sind, ist es das wesentliche Merkmal dieses Modells, dass die Akteure eine bestimmte methodologische Regel auswählen (FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA, 2006, S.192). Jeder Wissenschaftler  $i \in N$  vertritt genau eine Theorie  $t$ , die sich alle in ihrem epistemischen Wert  $x^i$  voneinander unterscheiden, wobei der epistemische Wert unter den Theorien normalverteilt ist. Die Population  $N$  wählt aus diesen Theorien eine Theorie  $t$  aus, die gemäß der

<sup>50</sup>Methodologische Regeln werden in einem abstrahierten Sinn als Tests für ein wissenschaftliches Problem interpretiert: Dabei geht es weder um die Auswahl geeigneter Tests für eine Theorie noch um deren korrekte Ausführung, sondern nur um die Frage, wie vielen Tests eine Theorie standhalten muss, damit sie akzeptiert wird (FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA, 2006, S.192f.).

methodologischen Regeln dann akzeptiert ist (FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA, 2006, S.195), wenn (1) keine andere Theorie  $\neg t$  einen höheren epistemischen Wert hat und  $t$  einen epistemischen Minimalstandard  $x$  erfüllt, (2) nur die Theorie  $t$  den epistemischen Minimalstandard erfüllt oder (3) alle Theorien  $t$  akzeptiert werden, die den epistemischen Minimalstandard  $x$  erfüllen. Für den Wissenschaftler resultieren daraus unterschiedliche Nutzenwerte, je nachdem, ob die Theorie eines Wissenschaftlers die einzig akzeptierte Theorie ist ( $u(x^i) = u$ ), seine Theorie neben anderen Theorien Bestand hat ( $u(x^i) = v$ ) oder überhaupt nicht akzeptiert wird ( $u > v > 0$ ). Unter der Prämisse, dass die Wissenschaftler  $i \in N$  ausschließlich an Reputation interessiert sind, zeigt sich in dem Modell, dass Wissenschaftler die Regel (1) der Regel (2) aus folgendem Grund vorziehen: Der erwartete Nutzen der Akteure ist unter Regel (1) maximal, wenn der Minimalstandard  $x^* = 0$  ist. In diesem Fall erfüllt jede Theorie den Minimalstandard und jede Theorie hat eine Wahrscheinlichkeit, akzeptiert zu werden, von  $1/n$ .<sup>51</sup> Unter Anwendung der Regel (2) ist der Minimalstandard, der den Erwartungsnutzen der Wissenschaftler maximiert,  $x^* > 0$ , da sonst die Wahrscheinlichkeit jeder Theorie, akzeptiert zu werden, null betrüge. Aus der Regel (2) folgt ebenfalls, dass keine Entscheidung getroffen wird, wenn mehrere Theorien  $t$  den Minimalstandard erfüllen. In diesem Fall werden weniger wissenschaftliche Probleme gelöst, so dass die Wissenschaftler weniger häufig zu ihrer erstrebten Anerkennung gelangen. Aus dieser Konstellation ergibt sich, dass rein an Reputation orientierte Wissenschaftler ein sozial nicht erstrebenswertes Ergebnis, nämlich einen minimalen wissenschaftlichen Minimalstandard (von null) befördern, da ihr erwarteter Nutzen unter Regel (1) größer ist als unter Regel (2) (FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA, 2006, S.199).

In einem zweiten Analyseteil wird der optimale epistemische Minimalstandard für den Fall ermittelt, dass die Wissenschaftler auch den epistemischen Wert der *ausgewählten Theorie* in ihre Entscheidung mit einbeziehen. Dazu führen FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA (2006, S.200f.) einen epistemischen Wert in die Nutzenfunktion derart ein, dass der Minimalstandard einer Theorie nun ein Argument der Nutzenfunktion ist  $u(x)$ . In diesem Fall führt ein höherer Minimalstandard (epistemischer Wert) zu einem höheren

---

<sup>51</sup>Dagegen bedeutet ein zunehmender Standard  $x$  eine positive Wahrscheinlichkeit, dass eine Theorie den Minimalstandard nicht erreicht, woraus sich wiederum die Wahrscheinlichkeit, akzeptiert zu werden, verringert.

epistemischen Nutzen der akzeptierten Theorie.<sup>52</sup> Aus der Maximierung des epistemischen Nutzens ergibt sich auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinschaft in der Folge ein wissenschaftlicher Minimalstandard, d.h. ein minimaler epistemischer Wert, den akzeptierbare Theorien erreichen müssen, als Element der methodologischen Regeln mit  $\hat{x} > x^*$ . Als wesentliche Schlussfolgerung ergibt sich damit, dass Wissenschaftler nicht nur nach Reputation streben, sondern auch ein Interesse an der Qualität der ausgewählten Theorien haben, da sie hierdurch einen höheren erwarteten Nutzen haben. Die Koordination auf *einen* Standard  $x = x^*$  oder  $\hat{x}$  in einer wissenschaftlichen Gemeinde stellt unabhängig davon, ob der minimale epistemische Wert einer akzeptierbaren Theorie als Argument in die Nutzenfunktion der Agenten eingesetzt wird, unter einer gegebenen methodologischen Regel ein Nash-Gleichgewicht dar.

Mit dem Fokus auf die modellendogene Erzeugung methodologischer Regeln einer wissenschaftlichen Gemeinde und dem Ergebnis, dass diese Regeln Theorien guter Qualität befördern, adressiert das Modell normative Aspekte auf sozialer Ebene. Getrieben ist der Prozess durch rationale Akteure, die ihren erwarteten Nutzen im Hinblick auf Anerkennung (und den epistemischen Wert einer akzeptierbaren Theorie) durch die Wahl einer methodologischen Regel maximieren. Indem die Autoren zeigen, dass das epistemische Argument zumindest nicht ausgeschlossen werden kann, d.h. dass sich methodologische Regeln herausbilden, die es **nicht** systematisch ausschließen, dass Theorien mit einem höheren epistemischen Wert durch die wissenschaftliche Gemeinde akzeptiert werden, distanzieren sie sich von der durch die *SSK* vertretenen Position, dass der Koordinationsprozess auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde generell frei ist von objektiven, epistemischen Elementen. In diesem Fall müsse mindestens gezeigt werden, dass die (auf sozialer Ebene resultierenden) wissenschaftlichen Regeln aus dieser Verhandlung in einem epistemischen Sinn ineffizient sind, d.h. dass diese Regeln *systematisch* die Akzeptanz von Theorien ausschließen, die objektiv besser als derzeit akzeptierte Theorien sind (vgl. FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA (2006, S.206)). Das Gegenargument liefern die Autoren mit diesem Beitrag. Das Modell hat nicht den Anspruch zu zeigen, dass die verwendeten methodologischen Regeln tatsächlich effizient sind, da sie lediglich idealisiert dargestellt sind und nicht auf einer deskriptiven Beschreibung beruhen (FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA,

---

<sup>52</sup>Dem Kritikpunkt, dass die Interpretation des Minimalstandards als epistemischer Wert in der Nutzenfunktion ziemlich genau das *in* das Modell einbringt, was aus dem Modell *heraus* gezeigt werden soll, spricht Wissenschaftler sich für Theorien mit höherem epistemischen Wert entscheiden, begegnen sie folgendermaßen: Aufgrund der Konzeptionierung der unterschiedlichen Nutzenwerte ist das Koordinationsergebnis nicht durch die Einführung eines epistemischen Werts in die Nutzenfunktion determiniert. Denn es existiert eine Bandbreite strategischer Verhaltensweisen, die zu unterschiedlichen Koordinationsergebnissen führen können. Handelten die Wissenschaftler z.B. nach der Maxime „Akzeptiere niemals die Theorie eines wissenschaftlichen Kollegen, unabhängig von dem epistemischen Wert der Theorie.“, würden alle Wissenschaftler einen epistemischen Nutzen von null erhalten (FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA, 2006, S.202).

2006, S.206). Insbesondere auch unter Berücksichtigung der postulierten Rationalität der Akteure wird deutlich, dass das Modell zwar durchaus der sozialen Epistemologie zugerechnet werden kann, aber keinen naturalistischen Ansatz auf Ebene der Individuen verfolgt.

### **Goldman und Shaked, 1991: An Economic Model of Scientific Activity and Truth Acquisition**

Ein Modell, welches ebenfalls das in der Ökonomik verbreitete Instrument nutzenmaximierender Akteure verwendet, findet sich bei GOLDMAN UND SHAKED (1991). Bei den Akteuren handelt es sich um Wissenschaftler, die ihren Nutzen aus wissenschaftlichem Erfolg (wissenschaftliche Anerkennung) ableiten und damit auf sozialer Ebene der Wissenschaft das Wahrheitsstreben vorantreiben. Das Ziel dieses Modells ist es damit zu zeigen, dass eine individuelle mit einer sozialen Epistemologie insofern miteinander vereinbar ist, als an Eigennutz orientierte Akteure das soziale Ziel der Wissenschaft, d.h. die Wahrheitsfindung, nicht unterminieren. Die Akteure haben subjektive a priori Wahrscheinlichkeiten im Hinblick auf die möglichen Zustände der Welt  $w_1, w_2, \dots, w_k \in W$ . Wissenschaftlicher Erfolg ist darüber definiert, dass es einem Wissenschaftler  $A$  mit seinem explizierten wissenschaftlichen Beitrag  $e$  zu einem  $w_i$  gelingt, die subjektiven Wahrscheinlichkeiten der anderen Akteure im Hinblick auf die –entweder positive oder negative– Erkenntnis zu  $w_i$  zu verändern. Der Nutzen von Wissenschaftler  $A$  steigt also in dem Maße linear an, wie er von anderen Wissenschaftlern wissenschaftliche Anerkennung dadurch erhält, dass diese ihre subjektiven Wahrscheinlichkeiten anpassen. Diesem Anerkennungsmechanismus ist inhärent, dass der Akteur  $A$  vollständige Information über die ihm zuteil gewordene Anerkennung haben muss. Um wissenschaftliche Beiträge zu erzeugen, müssen die Akteure forschen, Experimente durchführen, Forschungsanträge schreiben, etc. Diese Aktivitäten sind zeitintensiv und gehen zunächst nutzenmindernd in die Nutzenfunktion ein, so dass ein Wissenschaftler vor der Aufgabe steht, das Level an ‘speech acts’ (Veröffentlichung) und ‘informational acts’ (Forschung) so zu wählen, dass dadurch der erwartete Nutzen aus Anerkennung abzüglich der Forschungsaufwendungen maximiert wird. Zur Bestimmung des optimalen Levels an ‘informational acts’, hier insbesondere an Experimenten, wird das Bayessche Wahrscheinlichkeitskalkül herangezogen.

Der Schwerpunkt des Beitrages liegt aber nicht in der Bestimmung des individuellen maximalen Nutzens, sondern darin, den Bezug zu dem sozialen Ziel der Wahrheitsfindung herzustellen. Dazu wird zunächst der Wahrheitsbegriff definiert, und zwar im Kontext von Wahrscheinlichkeiten, wobei in dem Modell aufgrund der Annahme einer vollständigen Menge möglicher Zustände der Welt  $W$  immer genau eine Wahrheit existiert (GOLDMAN UND SHAKED, 1991, S.40):

“If proposition P is true, then the higher an agent’s probability for P, the greater is her ‘possession’ of that truth. An agent’s degree of truth-possession for a specified set of possible world-states depends on her probability assignment to the proposition, or possible worldstate, that happens to be true (to obtain).”

Die interessierenden Fragestellungen mit Bezug auf diesen Wahrheitsbegriff lauten so dann, ob (1) Forschungserkenntnisse (durch Experimente) einem höheren ‘Wahrheitsbesitz’ dienlich sind, (2) das postulierte Motiv der Wissenschaftler nach Anerkennung die Wahrheitsfindung fördert und (3) das Streben nach Anerkennung einen Unterschied zu einem reinen Wahrheitsstreben bewirkt.

Zu Punkt (1): Ordnet ein Wissenschaftler jedem aus seiner Sicht für möglich gehaltenem Zustand  $w_i$  eine (*subjektive*) Priorwahrscheinlichkeit zu, ist sein Grad des ‘Wahrheitsbesitzes’ umso höher, je höher seine Priorwahrscheinlichkeit für den wahren Zustand  $w^*$  ist. Wird nun experimentelle (*objektive*) Evidenz  $z$  erzeugt, und der Agent ist in der Lage, hieraus die *objektiv* richtigen bedingten Wahrscheinlichkeiten  $pr(z|w_i)$  abzuleiten<sup>53</sup>, werden seine modifizierten Posteriorwahrscheinlichkeiten einen höheren ‘Wahrheitsbesitz’ erzeugen (GOLDMAN UND SHAKED, 1991, S.42). Aus der Argumentation des ersten Aspekts ergibt sich dann auch die Schlussfolgerung für Punkt (2), dass an Anerkennung orientierte Wissenschaftler die Durchführung von Experimenten befördern, da unter der Annahme, dass Anerkennung in dem Maße erlangt wird, wie sich die Posteriorwahrscheinlichkeiten der anderen Wissenschaftler ändern, dies genau durch Experimente erwirkt wird. Unter der Voraussetzung, dass die Priorwahrscheinlichkeiten des anerkennenden Wissenschaftlers  $B$  weder 0 noch 1 betragen, ändern sich die Posteriorwahrscheinlichkeiten des Experimentators und  $B$  aufgrund der Objektivität (der bedingten Wahrscheinlichkeit) in die gleiche Richtung, so dass sich ein durchschnittlich höherer ‘Wahrheitsbesitz’ auch für den anerkennenden Wissenschaftler  $B$  ergibt (GOLDMAN UND SHAKED, 1991, S.45). Ist darüber hinaus die Möglichkeit für den Experimentator gegeben, dasjenige Experiment durchzuführen, welches im Vergleich zu anderen stärker diskriminiert, d.h. einen quantita-

<sup>53</sup>So sollte aus der Evidenz eines fallenden Barometers nicht geschlossen werden, dass die Wahrscheinlichkeit, dass es morgen nicht regnet, höher eingeschätzt werden kann, als für den Fall, dass es morgen regnet (GOLDMAN UND SHAKED, 1991, S.42). Ansonsten können sich Posteriorwahrscheinlichkeiten ergeben, die dem wahren Zustand eine fälschlicherweise geringere Wahrscheinlichkeit zurechnen. Sollen die Agenten wie bei GOLDMAN UND SHAKED (1991) in der Lage sein, eine *objektiv* richtige bedingte Wahrscheinlichkeit ableiten zu können, so muss ein endlicher Hypothesen- bzw. Zustandsraum  $W$  vorhanden sein. In dem Fall muss in der abgeschlossenen Menge aber ebenso ein Zustand als ‘Sammelbecken’ für den Fall enthalten sein, dass alle anderen Zustände  $\in W$  *nicht* zutreffen. Hierfür eine objektive Wahrscheinlichkeit ableiten zu wollen, erscheint aufgrund ihrer inhärenten Heterogenität wenig plausibel. GOLDMAN UND SHAKED (1991, S.54) beschränken die Gültigkeit ihres Theorems dann insbesondere auch auf den Fall, dass der wahre Zustand nicht Element des ‘Sammelbeckens’ ist und damit eine objektive Wahrscheinlichkeit haben *kann*. Bereits an anderer Stelle wurde auf das wissenschaftsphilosophische Problem objektiver Prior- und Posteriorwahrscheinlichkeiten eingegangen (vgl. CHALMERS (2007, S.144)).

tiv höheren Einfluss auf die resultierenden Posteriorwahrscheinlichkeit der möglichen Zustände hat, wird er diese Möglichkeit aufgrund einer höheren Zuweisung an Anerkennung in der Regel wahrnehmen. Unter Berücksichtigung von Punkt (1) impliziert dies eine größere erwartete Zunahme des ‘Wahrheitsbesitzes’ (GOLDMAN UND SHAKED, 1991, S.49). Für den Fall (3), nach dem der Experimentator nun keinen Nutzen mehr aus der ihm zuteil werdenden Anerkennung anderer Wissenschaftler zieht, sondern nur daraus, in welchem Ausmaß sich die anerkennenden Wissenschaftler an den wahren Zustand annähern, lässt sich schließlich zeigen, dass die Existenz eines rein an Erkenntnis orientierten Agenten dem sozialen Ziel der Wahrheitsfindung in einem höheren Ausmaß dienlich ist als ein ein Wissenschaftler, der nur an Anerkennung interessiert ist, auch wenn diese Szenarien nur einen geringen Unterschied aufweisen (GOLDMAN UND SHAKED, 1991, S.51).

Insgesamt ist festzuhalten, dass die Eindeutigkeit der Ergebnisse im Wesentlichen auf die Stringenz des Bayesschen Mechanismus zurückzuführen ist. Die Vermittlung zwischen individuellem Verhalten und dem Resultat auf sozialer Ebene (Annäherung an die Wahrheit) erfolgt über die bedingten Wahrscheinlichkeiten, die subjektive wie auch objektive Elemente enthalten. Wie auch in den Fußnoten bei GOLDMAN UND SHAKED (1991, S.54) angemerkt, ist die Anwendung des Bayesschen Wahrscheinlichkeitskalkül im Kontext der Wissenschaftsphilosophie eigentlich nicht zu vertreten, insbesondere vor dem Hintergrund, dass es keinen Hinweis darauf gibt, dass wissenschaftliche Überzeugungen tatsächlich das Resultat eines Bayesschen Wahrscheinlichkeitskalküls sind. Selbstkritik üben Goldman und Shaked auch im Hinblick auf die Annahme, dass Wissenschaftler ihren erwarteten Nutzen maximieren

“The descriptive adequacy of the MEU model of choice is open to serious question (...). For present purposes, however, its simplicity is convenient.” (GOLDMAN UND SHAKED, 1991, S.53)

und im Hinblick auf die Annahme, dass Wissenschaftler im Entscheidungsprozess für ein nutzenmaximales Niveau an ‘speech acts’ und ‘informational acts’ einen umfangreichen Entscheidungsalgorithmus nutzen “(...) nor do we assume that real agents possess such an algorithm” (GOLDMAN UND SHAKED, 1991, S.40).

### **Strevens, 2003: The Role of the Priority Rule in Science**

Eine ökonomische Interpretation der Prioritätsregel liefert Strevens, der argumentiert, dass die Vorteilhaftigkeit des Prioritätswettbewerbs in der Wissenschaft durch die ihr inhärente Anreizstruktur erklärt werden kann, indem sie zu einer Ressourcenallokation führt, die auf sozialer Ebene einen maximalen erwarteten Auszahlungswert bzw. Nutzen erwirkt. Nur die Anreizstruktur der Prioritätsregel erzeugt im Kontext der Wissenschaft



eine effiziente Ressourcenallokation, die der Zielerreichung der Gesellschaft dient; andere Anreizstrukturen implizierten andere Ressourcenallokationen, die –im Hinblick auf die Zielsetzung nach maximalem Nutzen auf sozialer Ebene– nicht effizient wären.

Ein wesentliches Ziel von Strevens ist es, den Wettbewerb der Wissenschaftler um wissenschaftliche Anerkennung ('rewards race') mit dem Wettbewerb um gesellschaftlichen Nutzen ('benefits race') zu verknüpfen. Das Argument aus Sicht der Gesellschaft lautet, dass die erste Problemlösung, die für eine wissenschaftliche Fragestellung erreicht werden kann, von höherem Nutzen ist als diejenigen Lösungsvorschläge (des gleichen Problems), die der ersten Lösung folgen. Die Bemühungen der nachfolgenden Forschungsansätze werden mit der ersten Problemlösung entwertet (STREVENS, 2003, S.55). Auf individueller Ebene ist für den Prioritätswettbewerb charakteristisch, dass Anerkennung nur durch Leistung, nicht nach Bemühung oder Talent erreicht werden kann und dass die Anerkennung nur demjenigen zuteil wird, der das wissenschaftliche Problem zuerst löst (STREVENS, 2003, S.56f.).

Strevens sieht seine Argumentation in der Tradition der Kosten-Nutzen Betrachtung bei PEIRCE (1879) und knüpft in seiner formalen Darstellung bei KITCHER (1993) an. Er geht von der Überlegung aus, dass jedes Forschungsprogramm zur Erreichung eines wissenschaftlichen Ziels scheitern oder erfolgreich sein kann. Jedem Forschungsprogramm wird damit eine Erfolgsfunktion zugeordnet, die anzeigt, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass ein Forschungsprogramm in Abhängigkeit von seinem epistemischen Wert ('intrinsic potential') und den eingesetzten kognitiven Ressourcen erfolgreich ist. Damit wird impliziert, dass ein Forschungsprogramm dann einen höheren epistemischen Wert hat, wenn es bei gleichen Ressourcen eine höhere Erfolgswahrscheinlichkeit aufweist. Aus sozialer Sicht ist der erwartete Ertrag zu maximieren, der sich aus dem Nutzen der wissenschaftlichen Problemlösung, multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit, dass eines der Forschungsprogramme erfolgreich ist, ergibt. Mit der Annahme abnehmender Grenzerträge zusätzlich eingesetzter Ressourcen für die Erfolgswahrscheinlichkeit eines jeden Forschungsprogramms kann eine Maximierung unter Nebenbedingungen durchgeführt werden, nach der eine *sozial* optimale Lösung des Ressourceneinsatzes dann erreicht wird, wenn sich die Grenzerträge respektive die marginalen Veränderungen der Erfolgswahrscheinlichkeiten der Forschungsprogramme angleichen (STREVENS, 2003, S.64).<sup>54</sup>

Damit stellt sich die Frage nach einem effizienten 'Entlohnungssystem' bzw. die Frage, wie wissenschaftliche Anerkennung vergeben wird, damit sich die Wissenschaftler aus *individuellem* Kalkül entsprechend auf die Forschungsprogramme allozieren. Die Entscheidung der individuellen Wissenschaftler folgt der grundsätzlichen Überlegung, sich dem

---

<sup>54</sup> Anders als KITCHER (1993) nimmt Strevens keine Spezifikation der Erfolgsfunktion vor, sondern formuliert lediglich die Annahme abnehmender Grenzerträge.

Forschungsprogramm zuzuwenden, das die höchste zu erwartende Anerkennung beinhaltet. Dabei entspricht der Anteil der Anerkennung, der einem einzelnen Wissenschaftler zugesprochen wird, seinem zuvor eingesetztem marginalen Beitrag zur Steigerung der Erfolgswahrscheinlichkeit eines Forschungsvorhabens (*‘Marge reward scheme’*) (STREVENS, 2003, S.66).<sup>55</sup> Die Agenten berechnen ihre erwartete Anerkennung als Produkt ihres marginalen Beitrags zu jedem Forschungsprogramm und der insgesamt zur Verfügung stehenden Anerkennung und treffen über ein Maximierungskalkül eine Entscheidung für ein Forschungsprogramm. Unter der Annahme, dass ein fixer Betrag an Anerkennung auf alle Forschungsprogramme, die Erfolg haben, verteilt wird, resultiert in einer *‘the-winner-takes-it-all’*-Situation (wie im Prioritätswettbewerb) eine Allokation, die mehr Forscher demjenigen Forschungsprogramm zuordnet, das eine höhere Erfolgswahrscheinlichkeit bzw. epistemischen Wert hat (STREVENS, 2003, S.69).

Der Grund dafür, so die Argumentation von Strevens, liegt in einer risikoaversen Haltung der Wissenschaftler, die aus abnehmenden Grenzerträgen der Anerkennung resultiert, denen sich ein Wissenschaftler mit zunehmendem Ressourceneinsatz für ein Forschungsprogramm gegenüberstellt. In diesem Fall ziehen sie es vor, ein Forschungsprogramm mit geringerer Anerkennung, aber höherer Erfolgswahrscheinlichkeit zu wählen. Unter der Annahme, dass im Falle eines Erfolgs eine fixe Höhe an Anerkennung zu verteilen ist, macht sich die Prioritätsregel genau diese Risikoaversion der Wissenschaftler zu Nutze (STREVENS, 2003, S.74): Sie lenkt die Wissenschaftler in Forschungsprogramme mit höherem epistemischen Wert (d.h. einer höheren Erfolgswahrscheinlichkeit) im Gegensatz zu Forschungsprogrammen, die zwar eine geringe Erfolgswahrscheinlichkeit aufweisen, aber für die Wissenschaftler (unter Abwesenheit der Prioritätsregel) gleichermaßen interessant sind, da aufgrund des Umstandes, dass die resultierende Anerkennung auf weniger Wissenschaftler verteilt wird, der ihnen zuteil werdende Anteil an Anerkennung im Erfolgsfall höher wäre.

Insgesamt ist Strevens mit seinem Bestreben, den Prioritätswettbewerb als Koordinationsmechanismus im wissenschaftlichen Wettbewerb nach Anerkennung zu interpretieren und seine Vorteilhaftigkeit für das Resultat auf der sozialen Ebene herauszustellen, in das Projekt der ESK einzuordnen. Die Eindeutigkeit der Gleichgewichtslösung einer effizienten Allokation ist dabei bedingt durch die abnehmenden Grenzerträge der Erfolgswahrscheinlichkeit, wobei dieses Argument aufgrund der Fundierung als stilisiertes Faktum (RESCHER (1978)) als eher unkritisch einzuschätzen ist. Die Existenz einer op-

---

<sup>55</sup>Das *‘Marge reward scheme’* hat die Eigenschaft, unter der Annahme abnehmender Grenzerträge zuzusätzlichen Ressourceneinsatzes stets eine optimale Allokation zu erzeugen. Die Zuweisung von Anerkennung in der Spezifikation von Kitcher hingegen kann auch zu suboptimalen Allokationen führen. Strevens beansprucht mit seiner Formulierung damit eine größere Allgemeingültigkeit (vgl. STREVENS (2003, S.66)).

timalen Lösung ist allerdings davon abhängig, dass die Erfolgswahrscheinlichkeiten der Forschungsprogramme bekannt sind und keine unvorgesehenen Änderungen derselbigen auftauchen, die die Ressourcenzuweisung obsolet machen (STREVEN, 2003, S.67).

### **Brock und Durlauf, 1999: A Formal Model of Theory Choice in Science**

Die zentrale Frage in den Modellen von BROCK UND DURLAUF (1999) und BROCK (2006) lautet, ob und wie sich Wissenschaft zu einer besseren Approximation der Wirklichkeit unter dem Einfluss sozialer Faktoren wie Reputationsdruck und Konformität entwickeln kann. Unter der Annahme einer gegebenen Anzahl an Theorien wird gezeigt, dass die Existenz von Konformitätseffekten nicht gezwungenermaßen eine Behinderung bei der Durchsetzung besserer Theorien darstellt.<sup>56</sup> Darüber hinaus hat das Modell insbesondere die Eigenschaft, dass soziale Interaktionen dazu führen können, dass sich aus einer Phase des Dissenses sehr rasch ein Konsens entwickeln kann, d.h. soziale Einflussfaktoren damit auch die Konsensbildung auf eine superiore Theorie beschleunigen können (BROCK UND DURLAUF, 1999, S.115).

Konkret ist die Entscheidung eines Akteurs für oder gegen eine Theorie nicht nur abhängig von einem idiosynkratischen Nutzeneffekt  $h$ , d.h. die individuelle Beurteilung, welche Theorie besser ist, sondern auch davon, welche Theoriewahl die Mehrheit pflegt.<sup>57</sup> Die Akteure haben Erwartungen hinsichtlich der durchschnittlichen Theoriewahl aller anderen Akteure in einer Periode, wobei Abweichungen der eigenen Theoriewahl vom Konsens über ein Distanzmaß nutzenmindernd in die Bewertungsfunktion eingehen (sozialer Effekt). Entsprechend dieser Einflussgrößen maximieren sie ihren Nutzen über die Wahl der geeigneten Theorie.<sup>58</sup> Aus den Eigenschaften der Gleichgewichtslösung der Theoriewahl aller Akteure lassen sich folgende wesentliche Implikationen ableiten (vgl. BROCK UND DURLAUF (1999, S.119f.)): (1) Die Einbeziehung sozialer Effekte in die Entscheidung für oder gegen eine Theorie hat keinen eindeutigen Einfluss im Hinblick auf die Fortschrittlichkeit der Theorieentwicklung. So kann –anders als in der klassischen Wissenschaftsphilosophie– nicht gefolgert werden, dass die Berücksichtigung sozialer Effekte die Entscheidung für superiore Theorien per se verhindert. (2) Solange sich die empirische Evidenz zweier Theorien ausreichend voneinander unterscheidet, können soziale Faktoren den wissenschaftlichen Fortschritt (im Sinne einer Konsensbildung auf die bessere Theorie) nicht blockieren. (3)

<sup>56</sup>Konformität wird in diesem Ansatz einzig als nicht-epistemische Einflussvariable interpretiert. Der Einfluss (nicht-)konformen Verhaltens auf weitere Publikationschancen als epistemisches Merkmal wird hier ausgeklammert (BROCK UND DURLAUF, 1999, S.115).

<sup>57</sup>Mit  $h_{i,t} = 1/2(u_{i,t}(1) - u_{i,t}(-1))$  als komparatives Vergleichsmaß für zwei Theorien  $T \in 1, -1$ .

<sup>58</sup>Das Modell basiert auf der –aus wissenschaftsphilosophischer Sicht kontroversen– Annahme, dass die Theorien auf einer metrischen Skala miteinander verglichen werden können (BROCK UND DURLAUF, 1999, S.115).

Bei nur geringen Unterschieden zwischen zwei Theorien kann es eine Bewegung auf ein lokales Gleichgewicht geben, obwohl eine andere superiore Theorie existiert.

In der prozessualen Modellanalyse zeigt sich, dass soziale Effekte insbesondere einen nicht linearen Umschwung in einer wissenschaftlichen Gemeinde verursachen können. Ausgehend von einer Phase der Akzeptanz für Theorie  $T_{-1}$  wird eine neue Theorie  $T_1$  vorgeschlagen, die nach wissenschaftlichen Kriterien superior ist. Die sozialen Effekte sorgen zunächst für eine sich fortsetzende Akzeptanz für  $T_{-1}$ , bis die Evidenz (d.h. der durchschnittlich zugerechnete Wert  $h$ ) für  $T_1$  soweit angestiegen ist, dass ein plötzlicher Umschwung zugunsten der Theorie  $T_1$  stattfindet und sich als neues Gleichgewicht herausbildet (vgl. BROCK UND DURLAUF (1999, S.123)). Die Auswirkungen der Interaktionseffekte zwischen sozialen Einflussfaktoren und relativer Evidenz für die Theorien sind damit auch abhängig von dem jeweiligen Kontext, d.h. wie die einzelnen Akteure die Evidenz für die Theorien  $T_{-1}$  bei Auftreten von  $T_1$  gewichten und wie stark die sozialen Einflussfaktoren sind (BROCK UND DURLAUF, 1999, S.123).

Das Modell von 2006 umfasst neben dem Konformitätseffekt einen weiteren Parameter, die Überzeugung für die eigene Theoriewahl  $b$ . Je höher der Parameter in einem System ausgeprägt ist, desto fester sind die Akteure in ihren Meinungen.<sup>59</sup> Die Akteure sehen sich einem Trade-Off gegenüber, denn so ist die Entscheidung, einer nicht-konformen Theorie zu folgen und damit hohe Kosten  $c$  aufzuwenden, nur dann rational, wenn der idiosynkratische Nutzen vermittelt des Überzeugungsparameters  $b$  höher ist. Eine hohe Ausprägung des Parameters  $b$  impliziert eine geringe Bereitschaft zu Verhaltensänderungen und kann somit dazu führen, dass es bei nur geringem Konformitätsdruck ( $c > 0$ ) auf Systemebene zu einem Sprung in ein 'lock-in' kommt, d.h. sich ein Konsens auf eine Theorie herausbildet, die möglicherweise inferior ist (BROCK, 2006, S.7,10,22). Dieser 'basin of attraction' kann nur durch ein Absinken von  $b$  wieder aufgelöst werden, z.B. durch Informationen, die die Akteure in ihrer Überzeugung unsicher werden lassen. Das Modell von 2006 kann damit als ein um ein institutionelles Design (der Informationsverbreitung) erweitertes Modell von 1999 interpretiert werden.

Aufgrund der Prozessbetrachtung geht das Modell von Brock und Durlauf über eine rein komparative Entscheidung zur Akzeptanz oder Ablehnung einer Theorie in einer wissenschaftlichen Gemeinde hinaus; es ist explizit dynamisch und kann damit die Nicht-Linearität im Anpassungsprozess unter Beachtung epistemischer und nicht-epistemischer Interaktionseffekte berücksichtigen (vgl. BROCK UND DURLAUF (1999, S.128)).

Da das hier skizzierte Modell die Theoriewahl in einer wissenschaftlichen Gemeinde adressiert, ist der Fokus auf den Rechtfertigungskontext im Wissenschaftsprozess gerichtet. Damit scheinen sie eher eine chronologische Sicht auf Entstehung und Rechtfertigung

---

<sup>59</sup>Der Parameter  $b$  gilt für das ganze System und ist nicht akteurspezifisch.

zu vertreten (vgl. HOYNINGEN-HUENE (2006)), denn sie machen –wie bei Arbeiten mit Fokus auf den Rechtfertigungskontext in der Regel üblich– keine normativen Aussagen, sondern sehen ihre Arbeit vielmehr in der Wissenschaftssoziologie verortet, d.h. in einer rein deskriptiven Betrachtung auf Wissenschaftsprozesse. Diese rein deskriptive Sicht ist offenbar insofern auf die Erkenntnis der Modellanalyse zurückzuführen, als dass die Auswirkungen der Interaktionseffekte von den spezifischen Bedingungen in einer wissenschaftlichen Gemeinde abhängig sind und damit weder generalisierende Aussagen zu Auswirkungen sozialer Einflussfaktoren auf den wissenschaftlichen Fortschritt noch normative Schlussfolgerungen gemacht werden können.

“Hence we are skeptical that there is any generic empirical regularity to be found in the role of social factors in the evolution of scientific theories; rather careful case-by-case historical studies need to be conducted.” (BROCK UND DURLAUF, 1999, S.129)

### **Kitcher, 1993: The Advancement of Science**

Kitcher sieht sich in der Tradition einer naturalistischen Wissenschaftsphilosophie, die –anders als im Quineschen Verständnis– insbesondere normative Fragen zu verhandeln hat (KITCHER, 1993, S.9). Das zentrale Ziel ist es zu zeigen, dass Wissenschaft tatsächlich progressiv ist, auch wenn sie kognitiven Beschränkungen ihrer Vertreter und sozialen Rahmenbedingungen unterlegen ist:

“(…) to treat the growth of science as a process in which cognitively limited biological entities combine their efforts in a social context. Placing the knowing subject firmly back into the discussion of epistemological problems seems to me to be the hallmark of naturalistic epistemology.” (KITCHER, 1993, S.9)

Die soziale Epistemologie, die Kitcher verfolgt, um seine naturalistisch fundierte individuelle Epistemologie mit einer Epistemologie der wissenschaftlichen Gemeinde zu verknüpfen, fokussiert eine am wissenschaftlichen Fortschritt orientierte wissenschaftliche Gemeinde und untersucht, inwiefern es mit individuellen Praktiken ausgestatteten Wissenschaftlern gelingt, durch Interaktion eine fortschrittliche Abfolge wissenschaftlicher Konsenspraktiken zu erzeugen:<sup>60</sup>

---

<sup>60</sup>Das hier verwendete Verständnis von wissenschaftlichem Fortschritt ist –wie auch bei GOLDMAN UND SHAKED (1991)– an dem normativen Maßstab der klassischen Wissenschaftsphilosophie ausgerichtet; es wird ein wissenschaftlicher Realismus vertreten, demnach wissenschaftliche Erkenntnis (der einzelnen Wissenschaftler) über eine subjektunabhängige Außenwelt erlangt wird mit dem Ziel, sich der Wahrheit anzunähern (KITCHER, 1993, S.127). Damit steht Kitchers Verständnis denjenigen Ansätzen gegenüber, die die Wahrheits- und Rechtfertigungsfrage vollständig ablehnen (vgl. z.B. BLOOR (1991)) oder den traditionellen Wahrheitsbegriff aufgeben und unter Redefinition des Wahrheits- und Rechtfertigungsbegriffes den Fokus darauf richten, zu bestimmen, wann eine wissenschaftliche Überzeugung als ‘gerechtfertigt’ oder rational gelten kann (vgl. z.B. SOLOMON (1992)).

“The general problem of social epistemology, as I conceive it, is to identify the properties of epistemically well-designed social systems, that is, to specify the conditions under which a group of individuals, operating according to various rules for modifying their individual practices, succeed, through their interactions, in generating a progressive sequence of consensus practices.”(KITCHER, 1993, S.303)

Kitchers Konzept einer Sozialen naturalisierten Epistemologie basiert dabei im Wesentlichen auf drei Untersuchungsebenen bzw. Elementen: (1) Er unterstellt kognitive Variation der Wissenschaftler, d.h. Wissenschaftler unterscheiden sich im Hinblick auf ihre Neigung, bestimmte Modi der Problemlösung, Darstellungs- und (wissenschaftliche) Schließweisen zu nutzen (KITCHER, 1993, S.71). Die Zielsetzungen der Wissenschaftler unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich epistemischer<sup>61</sup> und nicht-epistemischer Ziele, sondern auch hinsichtlich persönlicher als auch gemeinschaftlicher Ziele (der wissenschaftlichen Gemeinde). Hieraus resultieren vier mögliche Ziele, die für das Individuum unter Umständen zueinander im Konflikt stehen können. Das *Erkennen* mehrdimensionaler Ziele und die gegebenenfalls daraus resultierenden Zielkonflikte hält Kitcher für essentiell, um die Funktionsweise von institutionellen Arrangements auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde überhaupt beleuchten zu können (vgl. KITCHER (1993, S.73)).<sup>62</sup> Ein weiteres Analyseelement, das Kitcher zum Einsatz bringt, sind wissenschaftliche Praktiken individueller Wissenschaftler (2). Dieses Instrument ist auf der Ebene zwischen dem individuellen Wissenschaftler (und seinem kognitiven Zustand) und der wissenschaftlichen Gemeinde (und ihrem wissenschaftlichen Wandel) verortet. Eine wissenschaftliche Praxis eines Wissenschaftlers umfasst, wie folgt, sieben Komponenten (KITCHER, 1993, S.74): Seine professionelle Sprache, relevante Forschungsfragen seines Forschungsgebiets, Aussagen, die er als Stand der Forschung akzeptiert, zulässige Erklärungsmuster, Anerkennung von Autoritäten in bestimmten Sachgebieten, akzeptierte und für zuverlässig erklärte Paradigmen, Techniken und Methoden sowie schließlich Regeln des wissenschaftlichen Schliessens und Bewertungskriterien für angestellte Behauptungen. Das dritte wesentliche Element in Kitchers Konzept des wissenschaftlichen Fortschritts ist die Konsenspraxis einer wissenschaftlichen Gemeinde (3), die aus den gleichen Elementen wie individuelle wissenschaftliche Praktiken besteht, allerdings mit dem Unterschied, dass die Kriterien nicht mehr an Zielsetzungen einzelner Wissenschaftler gebunden sind (z.B. „Welche For-

<sup>61</sup>Im Verständnis von Kitcher sind epistemische Ziele kognitive Ziele, eine andere Interpretation verfolgt z.B. SOLOMON (1992).

<sup>62</sup>Kitcher stellt z.B. die Frage, warum und wie sich eine neue wissenschaftliche Idee etabliert, obwohl eine bereits etablierte Theorie der zuverlässigere Weg zu wissenschaftlicher Erkenntnis für den individuellen Wissenschaftler ist und welchen Vorteil eine potentielle Diversifizierung für die wissenschaftliche Gemeinde bringt. Siehe dazu die folgenden Erläuterungen.

schungsfrage ist im Hinblick auf mein Erkenntnisziel primär zu behandeln?“), sondern im Sinne der wissenschaftlichen Gemeinde definiert sind (z.B. „Welche Forschungsfrage ist im Hinblick auf die Erkenntnisdefizite in einem bestimmten Forschungsgebiet primär zu behandeln?“). Eine Konsenspraxis entsteht dann, wenn die in den einzelnen Dimensionen möglichen Variationen wissenschaftlicher Praktiken (der einzelnen Wissenschaftler) bis auf eine Variante eliminiert werden konnten (KITCHER, 1993, S.87). Dementsprechend wird wissenschaftlicher Fortschritt bei Kitcher in Gradabstufungen definiert; je nachdem, ob sich eine, mehrere oder alle Dimensionen zweier aufeinanderfolgender Konsenspraktiken im Hinblick auf ihren konzeptionellen oder empirischen Erklärungsgehalt verbessert haben (KITCHER, 1993, Kap.4).<sup>63</sup>

Eine formale Darstellung der so konzeptionierten sozialen Epistemologie wird in dem zentralen Kapitel “The Organization of Cognitive Labor” vorgestellt, indem zunächst das Handeln individueller Wissenschaftler in der Interaktion mit anderen Wissenschaftlern fokussiert wird, bevor es in einem zweiten Teil darum geht zu zeigen, welche Auswirkungen das Handeln interagierender Wissenschaftler auf das System einer wissenschaftlichen Gemeinde hat. Konkret werden unter Berücksichtigung individueller epistemischer und nicht-epistemischer Bestrebungen die Fragen adressiert, wie eine optimale ‘Arbeitsteilung’ in einer wissenschaftlichen Gemeinde abgeleitet, wissenschaftliche Diversifikation aufrecht erhalten und ein Konsens herbeigeführt werden kann (KITCHER, 1993, S.304).

Die Analyse sei an folgendem Beispiel illustriert (vgl. KITCHER (1993, S.334f.)): Innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinde kommt ein Wissenschaftler zu einem Ergebnis  $I$ , das mit dem geltenden Ansatz nicht zu vereinbaren ist. Alle anderen Wissenschaftler haben nun die Möglichkeit, dieses Ergebnis zu ignorieren, anzunehmen oder zu replizieren. Eine Annahme durch die anderen Wissenschaftler geht damit einher, dass das Ergebnis  $I$  in die Konsenspraxis aufgenommen wird. Zunächst wird nun bestimmt, wie –unter Annahme eines benevolenten Diktators– eine Verteilung der Handlungsstrategien unter den Wissenschaftlern aussehen müsste, damit der erwartete Nutzen der wissenschaftlichen Gemeinde maximiert wird. Berücksichtigt werden hierbei die Priorwahrscheinlichkeit  $p \neq 0$ , dass  $I$  richtig ist, die Autorität der Innovators  $a(X)$  sowie Kosten und Nutzen der jeweiligen Handlungsstrategien. Kitcher zeigt, dass die Replikation den anderen Strategien in der Regel vorzuziehen ist und dass die optimale Anzahl an Wissenschaftlern, die sich der Replikation zuwenden sollten, mit abnehmender Wahrscheinlichkeit des Ergebnisses  $I$  und zunehmenden (Folge-)Kosten eines fälschlicherweise akzeptierten Ergebnisses sinkt (KITCHER, 1993, S.337).

---

<sup>63</sup>Der Unterschied zum wissenschaftlichen Paradigma nach Kuhn besteht im Wesentlichen darin, dass durch die Veränderung einer Konsenspraxis der Bezug zur vorangegangenen Praxis immer bestehen bleibt, die Praktiken (bzw. Paradigmen) also nicht inkommensurabel zueinander sind (vgl. KITCHER (1993, S.87).)

In einem nächsten Analyseschritt wird nun die Frage adressiert, ob die Wissenschaftler aus ihrem individuellen Kalkül, wieder unter Berücksichtigung der Priorwahrscheinlichkeit  $p \neq 0$ , der zugewiesenen Autorität des Innovators und erwartetem Nutzen (aus Erkenntnis- und/oder Reputationsgewinn) und Kosten  $d$  (Verzögerung der eigenen Forschungsarbeit), ebenfalls die Replikationsstrategie vorziehen würden, wobei der Nutzen aus positiver Replikation  $u^*$  als höher angenommen wird als aus Replikation mit negativem Ergebnis  $v^*$ .<sup>64</sup> Eine Replikation wird dann durchgeführt, wenn  $p > ((d-v^*)/(u^*-v^*))$  (KITCHER, 1993, S.340). Mit  $d$  als individueller Größe ist die Entscheidung im Wesentlichen abhängig von der Wahrscheinlichkeit  $p$  und dem Nutzen aus Ergebniswiderlegung  $v^*$ . Es kann gezeigt werden, dass beide Größen als Funktion der Autorität des Innovators  $a(X)$  darstellbar sind. Kitcher kommt in dieser Betrachtung zu dem Ergebnis, dass diejenigen Wissenschaftler eine Ergebnisreplikation anstreben, deren Kosten  $d$  kleiner sind als der Nutzen  $v^*$ , der sich daraus ergibt, den Befund eines Innovators mit einer hohen Autorität zu widerlegen. Anders formuliert reicht bei einem Agenten mit geringen Kosten  $d$  ein geringes Maß an Autorität, um dennoch die Replikation durchzuführen. Konkret ergibt sich der Nutzenwert durch die von der wissenschaftlichen Gemeinde zugewiesene Autorität des Innovators  $v^* = V * a^*(X)$  mit  $V$  konstant.<sup>65</sup> Ziel dieser Kosten-Nutzen-Betrachtung ist zu zeigen, dass die wissenschaftliche Praxis ‘Anerkennung von Autoritäten’ –unabhängig von den Gründen der Autoritätszuweisung– nicht per se dazu führt, dass eine wissenschaftliche Gemeinde stagniert, solange hinreichend große (epistemische und nicht-epistemische) Anreize existieren, diese Autorität zu hinterfragen (KITCHER, 1993, S.341).

In einem weiteren Kapitel “Division of Cognitive Labor” widmet sich Kitcher der Vorteilhaftigkeit unterschiedlicher Forschungsansätze zu einem wissenschaftlichen Problem. Er knüpft damit an FEYERABEND (1965) und KUHN (1970) an, die argumentieren, dass die Aufrechterhaltung von Minderheitenmeinungen und hartnäckige wissenschaftliche Opposition dem wissenschaftlichen Fortschritt insoweit zugute kommen, als sie im Diskurs sowohl die Argumente für den vorherrschenden Forschungsansatz als auch für die Alternative schärfen können. Im Zentrum der Überlegungen von Kitcher steht die Frage, wie diese unter Unsicherheit vorteilhafte Art der Arbeitsteilung bzw. Risikodiversifikation innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinde aufrechterhalten werden kann. Anders als SOLOMON (1992) sieht Kitcher den *ausschlaggebenden* Grund dafür, dass sich Wissenschaftler unterschiedlichen Forschungsansätzen widmen, nicht in ihrer psychologischen

<sup>64</sup>Im Grunde werden nur die Bedingungen untersucht, die erfüllt sein müssen, damit ein Agent die Replikationsstrategie durchführt. Die Möglichkeit der unmittelbaren Akzeptanz wird als Handlungsstrategie ausgeschlossen; ebenso wird das Ignorieren von  $I$  als ‘Nulloption’ interpretiert, da hierdurch bei dem betreffenden Agenten weder zusätzlicher Nutzen noch Kosten entstehen (KITCHER, 1993, S.339).

<sup>65</sup> $a^*$  stellt eine durch die wissenschaftliche Gemeinde  $Y$  aufgestellte Durchschnittsfunktion  $a(Y, X)$  über die Autorität des Innovators dar.



Disposition, sondern in den Beziehungen der Wissenschaftler, die insbesondere durch den Wettbewerb um wissenschaftliche Anerkennung gezeichnet sind (KITCHER, 1993, S.345).

Entsprechend der allgemeinen Vorgehensweise wird auch für diese Fragestellung zunächst eine sozial optimale Lösung hergeleitet, bevor untersucht wird, ob und wie dieses Optimum durch –ein rein epistemisch motiviertes oder an wissenschaftlicher Anerkennung orientiertes– Entscheidungsverhalten individueller Agenten erreicht wird. Ausgehend von einer wissenschaftlichen Problemstellung, für die zwei Lösungsmethoden in der wissenschaftlichen Gemeinde zur Disposition stehen, wird zunächst eine Ertragsfunktion einer Methode  $p(n)$  formuliert, die den Ertrag im Sinne einer Wahrscheinlichkeit widerspiegelt, das wissenschaftliche Problem unter Einsatz von  $n \in N$  Wissenschaftlern zu lösen. Das Ziel des benevolenten Diktators besteht darin,  $N$  so auf beide Methoden zu allozieren, dass die Wahrscheinlichkeit, dass das Problem gelöst wird, maximiert wird ( $p_1(n) + p_2(N - n) \rightarrow \max$ ). Des Weiteren wird angenommen, dass Methode 1 eine höhere Wahrscheinlichkeit aufweist, das Problem zu lösen, als die Methode 2, es sich um monotone Funktionen handelt ( $p_i(n)' \geq 0$  mit  $p(0) = 0$ ), dass die Funktion  $p_i(n)_{n \rightarrow \infty}$  asymptotisch gegen einen unabhängig vom Ressourceneinsatz ‘wahren’ Wert ihrer Erfolgswahrscheinlichkeit  $p$  konvergiert, und dass davon abstrahiert wird, dass beide Methoden gleichzeitig zum Erfolg führen und damit für die Asymptoten  $p_1 + p_2 < 1$  gelte. Spezifiziert wird die Funktion  $p_i(n)$  als logistische Wachstumsfunktion, so dass ein zunehmendes  $n$  zunächst eine nur geringe Steigerung der Erfolgswahrscheinlichkeit impliziert, diese dann aber überproportional zunimmt, bevor ein Sättigungseffekt eintritt, so dass die Erfolgswahrscheinlichkeit gegen einen maximalen Wert  $K$  konvergiert. In der Spezifikation  $p_i(n) = p_i(3n^2 - (2n^3/kN))/k^2N^2$  für  $n < kN$  und  $p_i(n) = p_i$  für  $n > kN$  zeigt sich, dass es sich bei dem Parameter  $k$ , der widerspiegelt, wie sensibel eine Forschungsmethode auf zusätzlichen Ressourceneinsatz reagiert, um eine kritische Größe handelt. So gilt beispielsweise für  $k \geq 1$ , dass alle Ressourcen auf die Methode mit der höheren intrinsischen Erfolgswahrscheinlichkeit  $p_1$  alloziert werden sollten ( $n^* = N$ ), für  $1/2 < k < 1$  kann nur der ‘intrinsic prospect’ einer, aber nicht beider Methoden realisiert werden, so dass  $n^* < kN$  die optimale Lösung darstellt und für  $k < 1/2$  beide Methoden zum Einsatz kommen und daher die Ressourcen  $N$  entsprechend diversifiziert werden sollten (KITCHER, 1993, S.348).

Im Hinblick auf die Frage, ob die Akteure aus ihrer individuellen Motivation heraus auch eine Allokation auf unterschiedliche Forschungsmethoden erreichen können, zeigt sich, dass rein epistemisch motivierte Agenten sich immer und vollständig auf die Forschungsmethode mit dem höheren ‘intrinsic prospect’  $p_1$  allozieren (KITCHER, 1993, S.349f.). Wird allerdings die epistemische Zielsetzung gegen ein (epistemisch unreines) Streben nach wissenschaftlicher Anerkennung ausgetauscht, so kann eine stabile Vertei-

lung der Agenten auf beide Forschungsmethoden erreicht werden, bei der es sich für keinen Agenten lohnt, von der gewählten Methode abzuweichen. Dieser Lösung liegt die Überlegung zugrunde, dass alle Agenten, die eine Forschungsmethode verfolgen, bei erfolgreicher Problemlösung derselbigen durch einen Agenten die gleichen Chancen haben, die wissenschaftliche Anerkennung zu gewinnen (KITCHER, 1993, S.350). Ein Wechsel von Forschungsmethode 1 auf 2 ist für einen Agenten nur dann rational, wenn er dadurch seine Erfolgsaussichten auf die wissenschaftliche Anerkennung erhöhen kann. Dies gelingt umso eher, je höher der ‘intrinsic prospect’ (der Methode 2) einerseits und je geringer die Anzahl der sich auf die entsprechende Forschungsmethode allozierenden Wissenschaftler ausfällt:<sup>66</sup>  $p_2(N - n + 1)/(N - n + 1) > p_1(n)/n$ . Unter den Prämissen, dass weiterhin  $p_2 < p_1$  gilt,  $p_2$  nicht zu klein ist und die Forschungsmethoden sensibel auf zusätzlichen Ressourceneinsatz reagieren ( $k < p_2/(p_1 + p_2)$ ), existiert mit  $n^* = p_1N/(p_1 + p_2)$  eine Lösung für die oben genannte Spezifikation der logistischen Funktion, bei der eine optimale Allokation der Ressourcen auf beide Forschungsmethoden erreicht wird.<sup>67</sup>

Das zentrale Ergebnis des formalen Modells ist, dass Reputationsstreben, wissenschaftlicher Wettbewerb und die Akzeptanz wissenschaftlicher Autoritäten im Hinblick auf den Fortschritt einer wissenschaftlichen Gemeinde weder per se gut noch schlecht sind. So zeigt sich beispielsweise, dass wissenschaftlicher Wettbewerb der Diversifikation in einer wissenschaftlichen Gemeinde zwar in der Regel zuträglich ist, aber genauso eine unerwünschte Homogenität erzeugen kann (KITCHER, 1993, S.305f.). Anders herum können auch nicht-epistemische Motive wie Reputationsstreben –wie an obigen Beispielen illustriert– dazu führen, dass neue wissenschaftliche Ansätze einem sozial erstrebenswerten Umfang an Replikationsversuchen unterzogen werden oder eine sozial wünschenswerte Allokation der Wissenschaftler auf unterschiedliche Forschungsansätze erreicht werden kann. In diesem Sinne können nicht-epistemische Ziele auch eine konstruktive Rolle spielen (KITCHER, 1993, S.387).

In der methodischen Umsetzung steht Kitcher vor zwei Herausforderungen. Zum einen sieht er seine Konzeptionierung der sozialen Epistemologie im methodologischen Individualismus verortet (KITCHER, 1993, S.303), woraus die Schlussfolgerung zu ziehen ist, dass evidente Muster auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde ausschließlich auf das Handeln der individuellen Akteure zurückzuführen sind und soziale Gebilde keine autonomen ‘Subjekte’ darstellen. Zum anderen tritt Kitcher mit dem Ziel an, die individuelle Ebene der Akteure naturalistisch zu fundieren, indem er für die Mikroebene einen allge-

<sup>66</sup>An dieser Stelle soll nur die grundsätzliche Lösung illustriert werden; für die genauen Bedingungen und Fallunterscheidungen siehe KITCHER (1993, S.350f).

<sup>67</sup>KITCHER (1993, S.352) verweist darauf, dass bei kleinen Werten von  $p_2$  und hohem  $N$  eine suboptimale Allokation auf Methode 1 entstehen kann, d.h. es sich in diesem Fall für einen einzelnen Agenten nicht lohnt, auf Methode 2 zu wechseln. Diese Situation kann dadurch aufgelöst werden, dass Autoritäten innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinde eine kollektive Entscheidung auf 2 auslösen.

meinen, deskriptiven Rahmen wissenschaftlichen Wandels entwerfen will (KITCHER, 1993, S.58). In dem formalen Modell kommt mit der Erwartungsnutzenmaximierung und dem Bayesschen Wahrscheinlichkeitskalkül dann ein Instrumentarium zum Einsatz, das ein Abstraktionsverfahren von den tatsächlichen (kognitiven) Entscheidungsprozessen darstellt, aber vor dem Anspruch einer naturalisierten (individuellen) Epistemologie dahingehend angezweifelt werden muss, ob es tatsächlich zu den gleichen Vorhersagen kommt wie die aus den deskriptiven Beschreibungen hergeleiteten und ob mit dem Instrumentarium ein gleiches Ergebnis hätte erzielt werden *können*.

Die Kritik an Kitchers Modell adressiert zum einen den methodologischen Individualismus und den daraus resultierenden Umstand, dass Konsenspraktiken nie mehr als eine einfache Aggregation individueller wissenschaftlicher Praktiken sein können und zum anderen die Anwendung mikroökonomischer Instrumente, die dem Anspruch einer naturalisierten Epistemologie nicht gerecht werden.<sup>68</sup> Kitcher hat zu diesem Instrumentarium, insbesondere dem Bayesschen Wahrscheinlichkeitskalkül, offenbar selbst eine ambivalente Haltung. Er diskutiert den Beitrag des Bayesschen Wahrscheinlichkeitskalküls für die normative Wissenschaftsphilosophie, insbesondere dessen Fähigkeit, aus differierenden subjektiven Priorwahrscheinlichkeiten auf einem objektiven Weg (indem durch Evidenz die jeweiligen Priorwahrscheinlichkeiten unterschiedlich stark angepasst werden) Konvergenz auf eine nahezu gleiche Posteriorwahrscheinlichkeit zu erzeugen (“washing out of the priors” (KITCHER, 1993, S.292)). Er verweist aber zugleich darauf, dass das Bayessche Kalkül im Kontext einer naturalisierten Wissenschaftsphilosophie wenig hilfreich ist, da die Psychologie (vgl. KAHNEMAN ET AL. (1982) und NISBETT UND ROSS (1980)) gezeigt hat, dass (1.) die Entscheidungen der Menschen *tatsächlich* nicht auf einem Bayesschen Wahrscheinlichkeitskalkül beruhen und es (2.) diskussionswürdig ist, ob die zugewiesenen Wahrscheinlichkeiten tatsächlich den jeweiligen (kognitiven) Überzeugungen entsprechen (KITCHER, 1993, S.292). Nichtsdestotrotz werden im Kapitel “The Organization of Cognitive Labor” Wissenschaftler idealisiert als Bayessche Entscheidungsträger konzeptioniert, mit dem Hinweis

“My excuse for this idealization is that, in attempting to study the results of interactions among cognitive agents, it is convenient to have a quantitative representation of each individual. The precision of Bayesianism may be artificial, but when we need precision we have nothing that is preferable to tolerating the artificiality.” (KITCHER, 1993, S.292)

---

<sup>68</sup>Siehe zur Kritik ausführlich Abschnitt 8.3.

### David, 1998: Communication Norms and the Collective Cognitive Performance of 'Invisible Colleges'

Ein Modell, das sich auch auf das Verhalten von nach Reputation strebenden Wissenschaftlern konzentriert, findet sich bei DAVID (1998). Wissenschaftler sind in Netzwerken ('invisible colleges') organisiert, kommunizieren untereinander und determinieren damit die epistemologische Entwicklung ihres Netzwerkes. Diese epistemologische Entwicklung ist im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass die Wissenschaftler sich für oder gegen eine gegenwärtig diskutierte Theorie entscheiden müssen und damit einen Konsens herausbilden.<sup>69</sup> Die Wissenschaftler haben in Abhängigkeit ihres eigenen Wissens und der von ihren jeweiligen Nachbarn vertretenen Überzeugung Erwartungen darüber, welche als richtige Theorie durch die wissenschaftliche Gemeinde akzeptiert werden wird. Der Nutzen, eine Theorie  $T$  zu vertreten, ist damit abhängig von der Wahrscheinlichkeit  $p$ , dass  $T$  in Zukunft in der Mehrheit sein wird und dass Theorie  $T$  momentan in der Mehrheit ist. Dabei wird folgende Reihung des Nutzens aus Reputation unterstellt (DAVID, 1998, S.139):  $a$  ("being right with a few")  $>$   $c$  ("being right with the crowd")  $>$   $b$  ("being wrong with the crowd")  $>$   $d$  ("being wrong with a few"). Unter der Priorwahrscheinlichkeit  $p$ , die jeder Wissenschaftler über die Anzahl der momentan  $T$  unterstützenden Wissenschaftler schätzt, lässt sich ermitteln, dass konformes Verhalten dann den erwarteten Nutzen im Hinblick auf Reputation maximiert, wenn gilt (vgl. DAVID (1998, S.139)):  $(c - d)/(a - b) > (1 - p)/p$ . Es lässt sich zeigen, dass konformes Verhalten dann rational ist, wenn  $(a - b)$  einen kleinen positiven Wert annimmt; d.h. abweichendes Verhalten sollte –auch wenn es sich als richtig herausstellt– weder zu stark honoriert werden, noch sollte eine 'falsche' Entscheidung nicht zu einem großen Reputationsverlust führen, wenn der Fehler von der Mehrheit der wissenschaftlichen Gemeinde begangen wurde (DAVID, 1998, S.140). Die Entscheidungsroutine der Meinungsadaption innerhalb eines Netzwerkes läuft dergestalt ab, dass in zufälligen Zeitintervallen die Meinungen der anderen Agenten abgefragt werden. Herrscht Konsens unter den befragten Agenten, passt der befragende Agent  $x$  ggf. seine Meinung an den Konsens an. Herrscht Dissens, führt der Agent ein Experiment durch, das mit uneindeutigem Resultat behaftet ist. In dem Modell wird dies über einen Münzwurf abstrahiert, dessen Werte die Verteilung der Meinungen innerhalb

<sup>69</sup>Da sich die 'Epistemologie' in diesem Modell ausschließlich durch Konsensbildung definiert und keine subjektunabhängigen, objektiven Kriterien an die Theorie angelegt werden, ist das Modell prinzipiell einem Relativismus-Vorwurf ausgesetzt. Die 'soziale Determiniertheit' versucht David damit zu umgehen, dass er in seinem Modell Ereignisse einbaut, die in der Lage sind, den herrschenden Konsens zu zerstören: "Probabilistic failures of this kind will be triggered by "accidents" in the interpretation of ambiguous observational evidence that, in effect, lead researchers to state counter-consensual opinions, thereby injecting into the network of scientific communications some "seeds of doubt" about the currently reigning set of beliefs." (DAVID, 1998, S.144).

des Netzwerkes zur Gültigkeit von  $T$  bzw.  $\neg T$  widerspiegeln.<sup>70</sup> Alle Agenten passen damit auf Basis ihrer Priorwahrscheinlichkeit und der probabilistischen Meinungsabfrage in ihrem Netzwerk ihre eigene Meinung zur Theorie  $T$  an. Das Resultat aus der skizzierten quasi-Bayesschen Entscheidungsstruktur ist dabei äquivalent mit der vereinfachten Variante, nach der ein Agent  $x$  die Meinung eines zufällig ausgewählten Nachbarn aus seinem Netzwerk imitiert (DAVID, 1998, S.141).

Die probabilistische Entscheidungsroutine wird in einem weiteren Teil der Arbeit als stochastischer Prozess modelliert. Unter Anwendung der im Voter-Modell hinterlegten Entscheidungsheuristik und der Modellierung der Netzwerke als Markov-Felder wird der Kommunikations- und Konsensbildungsprozess als pfadabhängiger, kontinuierlicher Markov-Prozess über endliche Zeit abgebildet. Aus den Eigenschaften des Voter-Modells ergibt sich –in Übereinstimmung mit der probabilistischen Entscheidungsroutine– insbesondere, dass das Modell bei konsequenter Anpassung an die von den Nachbarn vertretene Meinung immer zu eindeutigen Konsens-Entscheidungen für oder gegen eine Theorie führt, wobei die Wahrscheinlichkeit proportional zur Ausgangsverteilung der befürwortenden oder ablehnenden Wissenschaftler ist (DAVID, 1998, S.148). Dieser Prozess ist dementsprechend als pfadabhängig zu beurteilen, da er mit der Annahme oder Ablehnung von  $T$  *mehrere mögliche Ergebnisse* hat, abhängig von der *zeitlichen Entwicklung* ist, da das Ergebnis durch die Anfangsverteilung mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit vorausgesagt werden kann und die Herausbildung eines Konsenses ein *Lock-in* darstellt. Die hier beschriebene sichere Herausbildung eines Konsenses als Lock-in hat allerdings nur Gültigkeit bis zu einem zweidimensionalen Netzwerk; in einem höherdimensionierten Netzwerk nimmt die Fähigkeit einer wissenschaftlichen Gemeinde, zu einem eindeutigen Konsens zu gelangen, stark ab. Gerade diese Eigenschaft bietet eine wichtige Interpretation an, denn sie erlaubt die Existenz von heterodoxen Meinungen innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinde, die trotz des Konformitätsdrucks Bestand haben können und unter Umständen ein Abweichen vom herrschenden Konsens initiieren können (DAVID, 1998, S.149). Damit kommen den Mertonschen Normen, beispielsweise der Norm, wissenschaftliche Beiträge unabhängig vom sozioökonomischen Hintergrund des Forschenden zu beurteilen (‘Universalismus’), wichtige Funktionen zu,

“(...) because they [die Normen, M.B.] reinforce behaviors at the micro-level that permit the tendency for more “objectively reliable” forms of belief to emerge by selection from the collision between consensus and contradictory observations.”(DAVID, 1998, S.154)

<sup>70</sup>Bei drei befragten Agenten resultiert aus den möglichen Verhältnissen 2:1 oder 1:2 (für Theorie  $T$ ) ein Münzwert von  $1/3:2/3$ , falls die Mehrheit gegen die Theorie  $T$  des befragenden Agenten  $x$  ist und von  $2/3:1/3$ , falls  $x$  sich mit seiner Theorie in der Mehrheit befindet.

Obwohl David diesen Beitrag seinerzeit der EoS zurechnet (DAVID, 1998, S.121), wird das Modell mit Blick auf die bereits diskutierten Definitionen eher der ESK zugeordnet, da es abbildet, wie Kommunikation und Verhalten von Akteuren auf der Mikroebene die Herausbildung eines Ergebnisses auf der (sozialen) Ebene des wissenschaftlichen Netzwerkes beeinflussen. Dabei hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse aus der formalen Abbildung kompatibel sind mit Interpretationen, die Bedingungen an 'gute' Wissenschaft stellen, wie sie sich in den Mertonschen Normen finden. Bevor im folgenden Kapitel der Modelle der ESK einer kritischen Reflexion unterzogen werden, können die Arbeiten im Hinblick auf die in Kapitel 7 formulierten Kriterien zusammengefasst werden (vgl. Tabelle 4).

## **8.3 Kritische Reflexion geschlossener Modelle der ESK**

### **8.3.1 Wissenschaftsphilosophische Kritikpunkte**

Die Kritik zu den oben skizzierten Modellen adressiert im Wesentlichen zwei Problemfelder, wobei in der philosophischen Rezeption eher die inhaltlich-logische Konsistenz der Argumentation zwischen individueller und sozialer Epistemologie in Frage gestellt wird (vgl. DOWNES (2001); PETER (2004)), während aus dem Umfeld der ökonomischen Methodologen methodisch-formale Aspekte diskutiert werden (vgl. HANDS (1997); LÜTGE (2001); SENT (1997)).

DOWNES (2001) übt an den Modellen von GOLDMAN UND SHAKED (1991) und KITCHER (1993) insbesondere dahingehend Kritik, dass es ihnen nicht gelinge, eine naturalistische Fundierung individueller Akteure auf sozialer Ebene konsistent umzusetzen. Sie motivieren Akteure, die gemäß dem naturalistischen Anspruch in ihren kognitiven Strukturen empirischen Erkenntnissen entsprechen. Insbesondere beziehen sie sich in ihrer Konzeptionierung einer individuellen Epistemologie auf die Erkenntnisse von KAHNEMAN ET AL. (1982), wonach Individuen ihr Verhalten nicht konsistent an Wahrscheinlichkeitskalkülen ausrichten und sie dementsprechend die Bayessche Wahrscheinlichkeitstheorie für Entscheidungen im Kontext individueller Epistemologie auch nicht als geeignet betrachten (vgl. DOWNES (2001, S.231)).

In der formalen Umsetzung der Modelle werden dann aber, um sozial optimale Lösungen herleiten zu können, mit der Erwartungsnutzenmaximierung und der Bayesschen Entscheidungstheorie Instrumente genutzt, die von der tatsächlichen Motiv- und Entscheidungssituation der Akteure stark abstrahieren. DOWNES (2001) sieht hierin eine schwerwiegende Inkonsistenz, die sich seiner Meinung nach auch nicht über das Argument retten läßt, die Akteure im Kontext der sozialen Epistemologie stellten eine Abstraktion des kognitionspsychologisch fundierten Akteurs der individuellen Epistemologie dar. Denn eine solche Konzeption sei keine Abstraktion der realen Situation, die sich auf einem Kontinu-

Tabelle 4: Modelle der ESK mit sozialen Mechanismen der Wissenserzeugung

Modell	Ökonomische Methoden / Konzepte	Wertmaßstab im Modell	(Nicht-) epistemische Faktoren	Entstehung / Rechtfertigung	Ergebnis / Prozess	Entscheidungs-rationalität	individuelle / soziale Epistemologie
BROCK UND DURLAUF (1999)	Koordinations rationaler Agenten auf 'bessere' Theorie	Definition einer 'besseren' Theorie	Intrinsischer Nutzen (epistemisch) sowie Konformität und Reputation (nicht-epistemisch)	Rechtfertigung: Theorienwahl der wissenschaftlichen Gemeinde	Prozess: nicht-lineare Anpassung; Ergebnis: Koordination auf Theorie	Maximierung Erwartungsnutzen	Kein normativer Erklärungsanspruch
DAVID (1998)	Konformität als rationales Verhalten in Netzwerken (NW)	Konsens	Streben nach Reputation	Rechtfertigung: Konsensbildung in NW	Prozess: Pfadabhängigkeit der Konsensbildung; Ergebnis: Eindeutiger Konsens in zweidimensionalem NW	Maximierung Erwartungsnutzen	Kein normativer Erklärungsanspruch im zweidimensionalen NW
FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA (2006)	Koordinations rationaler Agenten auf methodologische Regeln	Epistemischer Wert $t$ der Theorien $T$ ( $t \sim N(0,1)$ )	Streben nach Reputation (Erweiterung um epistemischen Nutzen)	Rechtfertigung: Wahl wissenschaftlicher methodologischer Regeln	Ergebnis: Gleichgewicht mit wissenschaftlichem Standard	Maximierung Erwartungsnutzen	Soziale E.: Auswahl einer Regel, wenn $T$ akzeptiert wird
GOLDMAN UND SHAKED (1991)	Einfluss individueller Entscheidungs-rationalität auf soziale Zielerreichung	Posterior-wahrscheinlichkeit (PW) als Wahrheitsbesitz	Streben nach Anerkennung (Einflussnahme auf PW anderer Agenten)	Rechtfertigung: Modifikation von Posterior-wahrscheinlichkeiten durch experimentelle Evidenz	Ergebnis: Annäherung an die Wahrheit	Maximierung Erwartungsnutzen	Soziale E.: Wahrheitsfindung als Aggregat individuellen Wahrheitsbesitzes
KITCHER (1993)	Allokation rationaler Akteure (N) auf Forschungsmethoden (kognitive Arbeitsteilung)	Erfolgsfunktion einer Forschungsmethode	Epistemischer Nutzen, Reputation, Autorität	Rechtfertigung: Wahl der Forschungsmethode in Abhängigkeit der zu erwartenden Anerkennung	Ergebnis: Optimale Allokation erzeugt aus individuellem Entscheidungskalkül	Maximierung Erwartungsnutzen	Soziale E.: Allokation von N zur Maximierung der Problemlösungswahrscheinlichkeit
STREVEENS (2003)	Allokation rationaler Akteure (N) auf Forschungsprogramme (kognitive Arbeitsteilung)	Erfolgsfunktion eines Forschungsprogramms	Streben nach Anerkennung	Rechtfertigung: Wahl des Forschungsprogramms in Abhängigkeit der Anerkennung nach Prioritätsregel	Ergebnis: Optimale Allokation erzeugt aus individuellem Entscheidungskalkül	Maximierung Erwartungsnutzen	Soziale E.: Allokation von N zur Maximierung der Erfolgswahrscheinlichkeit

um der kognitiv reichhaltigeren Modelle einordnen lässt, sondern ein Konzept, das sich in allen Situationen als empirisch falsch entpuppt:

”There are numerous empirically false theories used in attempts to explain human behavior that we will not defend on the ground that they are idealizations of one kind or another. We do not resort to Ptolemaic models to solve some problems of astronomy and Newtonian models to solve others, as the Ptolemaic model is considered empirically false.” (DOWNES, 2001, S.233)

Philosophische Betrachtungen von Wissenschaft, so sie dem Naturalismus entsprechen sollen, sind gerade durch empirische Betrachtungen zu unterstützen und durch selbige zu beschränken (DOWNES, 2001, S.226). Und gerade diese empirische Relevanz beanspruchen Goldman und Shaked sowie Kitcher in ihren Modellen. Downes sieht das Problem dabei nicht einmal in dem methodologischen Individualismus, der den Modellen zugrunde liegt. Er kommt aber zu dem Schluss, dass die *Implikationen*, die sich aus beiden Konzepten individuellen Handelns (fehlbare versus rationale Akteure) für die soziale Ebene –genauer für möglichen wissenschaftlichen Erfolg– ableiten sollen, völlig unterschiedliche sind und sich dementsprechend die *Begründungen* für wissenschaftlichen Erfolg je nach Konzeptionierung der Wissenschaftler unterscheiden müssten (DOWNES, 2001, S.233f.).

In eine ähnliche Richtung geht die Kritik von PETER (2004); auch sie stellt mit Blick auf das Modell von KITCHER (1993) die Frage, was –aus naturalistischer Sicht– wissenschaftliches Wissen eigentlich legitimiert. Ihr Vorschlag ist die explizite Berücksichtigung von wissenschaftlichen Praktiken, in denen sich soziale, epistemische und ontologische Elemente verbinden (PETER, 2004, S.165). Den im Modell von Kitcher unterstellten rationalen Akteuren, die im wissenschaftlichen Wettbewerb ihre Interessen verfolgen, entzieht sich gerade das Wissen um geltende wissenschaftliche Praktiken, genauer das *implizite* Wissen um diejenigen Regeln, welchen Kriterien Erfolg versprechende Forschung entsprechen soll.

Wenn aus dieser naturalistischen Perspektive folgt, dass ein subjektunabhängiger, ahistorischer Maßstab zur Bewertung von Wissensansprüchen abgelehnt werden muss, bleibt die Frage offen, wie die Forderung nach wissenschaftlicher Rationalität in der sozialen Epistemologie alternativ umgesetzt werden kann. Anders formuliert stellt sich die Frage, wie wissenschaftliche Rationalität zu definieren ist, wenn die Ergebnisse erfolgreicher individueller Wissenschaftler bisweilen nicht auf universell gültigen methodologischen Regeln fußen (DOWNES, 2001, S.235). Mit LONGINO (2002) und SOLOMON (1992) finden sich zwei Philosophinnen, die sich der Redefinition wissenschaftlicher Rationalität widmen; aus dem Umfeld der Ökonomik gibt es nach dem Erkenntnisstand der Verfasserin –mit Ausnahme von LÜTGE (2001), der einen konstitutionenökonomischen Ansatz verfolgt–



keine weiteren derartigen Bestrebungen, dieses Problem zu lösen. Hier sind den Ansätzen im Kontext der ESK offenbar einige methodisch-formale Schwierigkeiten inhärent, die insbesondere von HANDS (1997) und SENT (1997) diskutiert wurden.

### 8.3.2 Methodologische Kritikpunkte

SENT (1997) zeigt sich mit Blick auf die Modelle von GOLDMAN UND SHAKED (1991) und KITCHER (1993) insbesondere kritisch, was die Zielsetzung der Modelle, eine soziale Epistemologie zu modellieren, angeht. Zur Reduktion formaler Komplexität sind die Modelle auf repräsentative Akteure angewiesen; im Fall von Goldman und Shaked besteht das Modell aus einem nach Reputation strebenden Wissenschaftler *A* und einem anerkennenden Wissenschaftler *B*. Wie SENT (1997, S.146f.) darlegt, umgehen sie damit das Aggregationsproblem, wonach sich das Ergebnis aus individueller Nutzenmaximierung nicht automatisch auf eine aggregierte (Makro-)Ebene überträgt. Gemäß dem Sonnenschein-Mantel-Debreu Theorem übernimmt eine aggregierte Nachfragefunktion nicht alle Eigenschaften der individuellen Nachfragefunktionen, so dass sich auf aggregierter Ebene multiple Gleichgewichte ergeben können. Im Hinblick auf die verwendete Nutzenmaximierung als Instrument individueller Epistemologie in den genannten analytischen Modellen der ESK kann damit auch nicht gefolgert werden, dass sich die wissenschaftliche Gemeinde auf *ein* Gleichgewicht koordiniert, das aus Sicht der sozialen Epistemologie erstrebenswert ist (z.B. Annäherung an die Wahrheit). Zumindest besteht die Möglichkeit, dass ein anderes Koordinationsergebnis resultieren *könnte*. Die Möglichkeit multipler Gleichgewichte macht darüber hinaus deutlich, dass der Reihenfolge, in der bestimmte Ereignisse stattfinden bzw. wissenschaftliche Informationen erzeugt und verbreitet werden, eine viel größere Bedeutung beigemessen werden sollte, d.h. der Faktor Zeit und damit Pfadabhängigkeiten in solchen Modellen abzubilden wären (ZAMORA BONILLA, 2002, S.367). Dies geschieht in den analysierten Modellen –mit Ausnahme von DAVID (1998)– allerdings nicht.

Neben der Aggregationsproblematik sieht HANDS (1997) das zentrale Problem in der (neoklassisch-) ökonomischen Konzeption eines sozial effizienten Ergebnisses: Ob ein Koordinationsergebnis effizient ist, wird in der neoklassischen Ökonomik über das Pareto- oder Kompensationskriterium beurteilt. Diese Beurteilung beinhaltet jedoch keine Vorstellung von einem emergenten sozialen Ergebnis, dass sich qualitativ von den Ergebnissen jedes einzelnen Akteurs unterscheidet, sondern stellt lediglich eine Aufrechnung der individuellen Ergebnisse dar (vgl. HANDS (1997, S.113)). Im Kontext einer normativen naturalisierten Epistemologie ist diese Aggregation allerdings nicht ausreichend. Ihr zentraler Erkenntnisgegenstand besteht gerade darin, wie aus subjektiven *Überzeugungen* einzelner Wissenschaftler wissenschaftliches *Wissen* entsteht, in seinem Verständnis gerechtfertigte wahre Überzeugung (HANDS, 1997, S.113). In dem Modell von KITCHER (1993) offenbart

sich die Problematik anhand seiner Vorstellung, dass die individuellen wissenschaftlichen Praktiken in einer Konsenspraxis aggregiert werden.

Das Zustandekommen einer Konsenspraxis über eine Aggregation individueller Forschungspraktiken sieht Lütge genauso zum Scheitern verurteilt wie das Vorhaben der Wohlfahrtsökonomik, aus individuellen Nutzenfunktionen eine soziale Nutzenfunktion abzuleiten (vgl. LÜTGE (2004, S.290)). Lütge stellt damit auch die Frage, ob und wie sich aus einer dem methodologischen Individualismus zugewandten Ökonomik ein kollektives Ziel ableiten lässt (LÜTGE, 2004, S.287). Anders als die neueren Ansätze der sozialen Epistemologie will Lütge nicht den Rationalitätsbegriff redefinieren, sondern von der Vorgabe einer inhaltlicher Zielsetzung Abstand nehmen.<sup>71</sup>

Auch für die hier vorgestellten Modelle von BROCK UND DURLAUF (1999), DAVID (1998) und FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA (2006), die in der Literatur diesbezüglich bislang nicht umfassend kritisch reflektiert wurden, kann die Frage nach möglichen Kritikpunkten aus ihrem Erklärungsanspruch beantwortet werden. Sowie das Modell naturalistisch motiviert ist, aber auf dem neoklassisch orientierten ökonomischen Instrumentarium basiert, greifen die Argumente von DOWNES (2001) und PETER (2004): Wenn Akteure ihre wissenschaftlichen Entscheidungen nicht einem ökonomisch rationalen Entscheidungskalkül unterwerfen, dann kann nicht mehr davon ausgegangen werden, dass es auf Ebene der sozialen Epistemologie das Ziel ist, eine optimale Lösung anzustreben (z.B. Annäherung an die Wahrheit). Damit sollte der Raum zulässiger Erklärungen für wissenschaftlichen Erfolg erweitert werden. Sind die Modelle nicht naturalistisch motiviert, greift aber dennoch die Aggregationsproblematik, nach der zum einen mehrere Resultate bzw. Gleichgewichte auf sozialer Ebene nicht ausgeschlossen werden können und zum anderen die Aggregation verhindert, dass das Resultat auf Ebene der wissenschaftliche Gemeinde eine Wertigkeit besitzt, die sich erst durch die Interaktion der Individuen entwickelt bzw. emergent wird.

### 8.3.3 Lösungsangebot

Insgesamt stehen die analytischen Modelle der ESK vor dem Problem, einerseits eine naturalistische Fundierung der Entscheidungen individueller Wissenschaftler anbieten zu wollen, in denen sich (nicht-)epistemische und soziale Einflussfaktoren unterbringen lassen, andererseits mit dem Instrumentarium, was ihnen die Ökonomik zur Verfügung stellt, an die Grenze zu stoßen, wenn es darum geht, hieraus ein sozial erstrebenswertes Resultat

---

<sup>71</sup>Lütge schlägt vor, das kollektive Ziel 'Koordination auf die beste Theorie' durch Theorienpluralismus zu ersetzen, was in der ökonomischen Interpretation einer Risikodiversifikation entspräche. Normativität, d.h. 'gute Wissenschaft' speist sich in seiner konstitutionenökonomischen Argumentation damit aus Konsens, der sich aber nicht auf ein kollektives inhaltliches Ziel bezieht, sondern auf wenige abstrakte *Regeln* wissenschaftlicher Praxis (LÜTGE, 2001, S.233).

tat auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde abzuleiten, das sich qualitativ von den Einzelentscheidungen abhebt und das in seiner Existenz und seiner Ausgestaltung nicht schon durch die Modellannahmen vorherbestimmt ist.

Im folgenden Kapitel 9 soll geprüft werden, ob die Methode der Agentenbasierten Modellierung aus ihrem Selbstverständnis und Erklärungsanspruch heraus in der Lage ist, die hier formulierten grundsätzlichen Probleme der ESK zu lösen.

## 9 Simulationsmodelle

### 9.1 Agentenbasierte Modelle (ABM)

#### 9.1.1 Untersuchungsgegenstand

Mittlerweile existiert ein breites Spektrum unterschiedlichster Simulationsmodelle, deren Einsatzzweck die spezifische Ausprägung des Simulationsmodells bestimmt. Im Wesentlichen lassen sich Simulationsmodelle daher über zwei Dimensionen spezifizieren: Im Hinblick auf ihren Gegenstandsbereich variieren die Modelle danach, ob sie abstrakte soziale Prozesse modellieren, empirische Tatbestände replizieren, einzelne historische Vorgänge ('history - friendly models') versuchen zu erklären oder bestimmte Ereignisse beabsichtigen vorherzusagen (GILBERT UND AHRWEILER, 2009, S.21),(GRUENE-YANOFF UND WEIRICH, 2010, S.34ff). In der Architektur variieren die Modelle hinsichtlich der Anzahl der Modellebenen, der Anzahl und Komplexität der Agenten sowie ihren Interaktionsmöglichkeiten (GILBERT UND TROITZSCH, 2008, S.13).<sup>72</sup>

Eine Klasse von Simulationsmodellen, die den Fokus auf die Interaktion komplexer Agenten richtet, sind die Agentenbasierten Simulationsmodelle (ABM). In Anlehnung an TEFATSION (2006, S.836f.) können sich ABM verschiedenen Erkenntniszielen zuwenden, wobei die Zuordnung nicht immer überschneidungsfrei ist. ABM können (1.) darauf ausgerichtet sein, empirisches Verständnis zu erlangen. Dabei geht es um die Suche nach kausalen Begründungen für empirische Regularitäten (auf der Makroebene), die sich aus der Interaktion der individuellen Agenten ergeben. Im Sinne eines (2.) normativen Verständnisses dienen ABM als Experimentallabor, um herauszufinden, welche institutionellen Designs notwendig sind, damit sich auf der Makroebene bestimmte Wertkategorien (z.B. effiziente Allokationen) herausbilden, die nicht in den Motiven und Verhaltensweisen der individuellen Akteure hinterlegt sind. Verfolgen ABM (3.) ein heuristisches Verständnis bzw. sind auf die Weiterentwicklung bestimmter Theorien ausgerichtet, ist es das Ziel solcher abstrakten ABM, Einblick in die fundamentalen kausalen Mechanismen eines sozialen Systems und deren Bedingtheit durch die formulierten Anfangsbedingungen zu erlangen. Auch unter einfachen Annahmen kann die Interaktion der Agenten zu unerwarteten Ergebnissen führen, wie z.B. im "Segregation Model" nach SCHELLING (1969). Hier kann die Simulation dazu beitragen, dass Konsequenzen theoretischer Annahmen aufgedeckt werden, die implizit in ihr verborgen sind und erst durch die Emergenz der Interaktion offenbar werden (WEBER, 2007, S.116).

Agenten in ABM sind heterogene Akteure, die absichtsvoll, autonom und adaptiv han-

---

<sup>72</sup>Zu den Simulationsmodellen, die beispielsweise keine Interaktion der Agenten abbilden können, gehören Mikrosimulationen, Warteschlangenmodelle oder Systemdynamiken (vgl. GILBERT UND TROITZSCH (2008, S.16f.)).

deln sowie eingeschränkt rational sind (CHANG UND HARRINGTON JR., 2006, S.1280), (EPSTEIN, 2006, S.51f.).<sup>73</sup> Der Untersuchungsgegenstand von ABM lässt sich folgendermaßen zusammenfassen: Es handelt sich um komplexe Systeme, die 1. aus *interagierenden* Agenten bestehen, woraus 2. Eigenschaften des jeweiligen Systems *emergent* werden, die aus der Interaktion entstanden sind, die aber nicht Eigenschaften der interagierenden Individuen selbst darstellen (vgl. TEFATSION (2006, S.836)). Im Folgenden soll kurz skizziert werden, welche Implikationen sich aus den beiden genannten Punkten ergeben.

### 9.1.2 Interaktion in ABM

Da die Interaktion der Agenten ein über die Zeit stattfindender Vorgang ist, kommt den Prozessen in den ABM eine besondere Bedeutung als Erkenntnisgegenstand zu. Dies wird insbesondere im Vergleich mit der in der neoklassischen Analyse verfolgten Zielsetzung deutlich: Während Letztere die Gleichgewichtszustände eines Systems zum Gegenstand hat, wird in der ABM der Fokus auf die *Prozesse* der Entwicklung unter bestimmten Anfangsbedingungen gerichtet. Die Prozesse *können* zu einem Gleichgewichtszustand führen, ihre Existenz ist jedoch nicht davon abhängig; d.h. die Prozesse der Interaktion können auch dann ablaufen, wenn gar kein Gleichgewicht existiert (TEFATSION, 2006, S.843). Entsprechend müssen ABM im Kontext von Organisationen a priori kein Ziel der Organisation voraussetzen, sondern können die Agenten Entscheidungen treffen lassen, aus deren Interaktion dann organisationaler Output, z.B. ein Set organisationaler Praktiken, entsteht (CHANG UND HARRINGTON JR., 2006, S.1276). Ziel der ABM ist es demnach auch nicht, Gesetzmäßigkeiten aufzudecken ('wenn X, dann Y'), sondern Mechanismen zu identifizieren ('X führt zu Y über die Schritte a, b, c') (vgl. FRANK ET AL. (2009, S.4) und GILBERT UND AHRWEILER (2009, S.21)).

ABM nehmen damit eine 'bottom-up'- Perspektive ein: Ausgehend von heterogenen Agenten mit bestimmten Eigenschaften und Verhaltensweisen auf der Mikroebene wird untersucht, welche Auswirkungen der Prozess der Interaktion zwischen diesen Agenten auf das soziale System der Agenten hat (Makroebene). In dem Verständnis darüber, welche Eigenschaften diesem Resultat auf der Makroebene zugesprochen werden und in welchem Verhältnis dieses zur Mikroebene steht, stehen sich die Vertreter des methodologischen Individualismus und diejenigen des methodologischen Holismus gegenüber. Die Diskussion manifestiert sich dabei insbesondere in der Frage nach der Definition des Emergenz-

---

<sup>73</sup>Absichtsvolles Handeln impliziert Anpassung des Verhaltens, um eine definierte Art des Wohlbefindens zu verbessern, Autonomie verweist darauf, dass die Agentenentscheidung von der der Organisation abweichen kann, adaptives Verhalten meint die Anpassung des Verhaltens aufgrund vergangener Erfahrung und eingeschränkte Rationalität beschreibt die Tatsache, dass die Akteure kein Wissen über die Entscheidungsregeln der anderen Akteure haben, wie dies z.B. zur Erzeugung eines Nash-Gleichgewichts im Kontext interagierender Akteure in der Spieltheorie der Fall ist (CHANG UND HARRINGTON JR., 2006, S.1280).

Begriffes. Ohne auf die Diskussion umfassend einzugehen, sollen die beiden Positionen an dieser Stelle kurz rekurriert werden, um die grundsätzlichen Argumente herauszustellen.

### 9.1.3 Emergenz in ABM

Epstein als ein Vertreter des methodologischen Individualismus beschreibt emergente Phänomene als stabile makroskopische Muster, die aus der lokalen Interaktion von Agenten entstehen (EPSTEIN, 2006, S.31). ABM nehmen dabei die Funktion ein, ein solches Phänomen erzeugen zu können:

“Agent-based models provide computational demonstrations that a given microspecification is in fact *sufficient to generate* a macrostructure of interest.”  
(EPSTEIN, 2006, S.8) [Hervorhebungen im Original]

Gesucht wird damit eine Mikrospezifikation, die als *mögliche* Erklärung (‘candidate explanation’) für ein Phänomen auf der sozialen Ebene fungieren kann (EPSTEIN, 2006, S.9).<sup>74</sup> Misslingt es mit einer Mikrospezifikation  $x$ , eine Makrostruktur  $y$  zu erzeugen, kann die Hypothese, dass  $x$  hinreichend (‘sufficient’) für  $y$  ist, abgelehnt werden und  $x$  entfällt als mögliche Erklärung. Wenn neben  $x$  weitere Mikrospezifikationen existieren, die als generierende Erklärung herangezogen werden können, müssen weitere Analysen auf der Mikroebene durchgeführt werden, um die Hypothese zu extrahieren, “which is the most tenable explanation empirically” (EPSTEIN, 2006, S.9). Epstein weist darauf hin, dass mit der Falsifikation einer Mikrospezifikation  $x$  keine Aussage dazu gemacht werden kann, welcher Aspekt von  $x$  (essentielle Handlungsregeln der Agenten oder Randbedingungen) ursächlich für die Falsifikation ist. Die hierdurch evidente Unterdeterminiertheit aufgrund mehrerer möglicher Mikrospezifikationen versucht Epstein aber mit dem Argument zu entschärfen, dass er dem konstruktiven Empirismus folgend (FRAASSEN (1980)) nicht an dem Wahrheitsgehalt einer Theorie (hier einer Mikrospezifikation) interessiert ist, sondern an empirischer Adäquatheit, so dass alle *generierenden* Mikrospezifikationen zunächst gleichberechtigt sind. Bei mehreren Mikrospezifikationen  $x$ , die empirisch äquivalent sind, ist dann die empirisch plausibelste Mikrospezifikation, z.B. durch genetische Algorithmen, herauszufiltern (EPSTEIN, 2006, S.54).<sup>75</sup> Epstein geht damit davon aus, dass die Makrostruktur, d.h. das emergente Phänomen, durch die generierende Eigenschaft der Mikrospezifikation erklärt werden *kann*. Die generierende Eigenschaft resultiert dabei insbesondere aus den sozialen Interaktionsregeln, die auf der Mikroebene bereits hinterlegt

<sup>74</sup>Was genau eine Mikrospezifikation definiert, wird bei Epstein nicht umfänglich definiert. Außer den von Epstein genannten sozialen Interaktionsregeln wird in Anlehnung an FRANK ET AL. (2009, S.4) die Mikroebene als räumlich und zeitliche definierte Anordnung von Entitäten und Prozessen (Agenten, Handlungsregeln und Interaktionsregeln) aufgefasst.

<sup>75</sup>Für eine Kritik zu dieser Vorgehensweise siehe CONTE (2009, S.37).

sind; "(...) it is precisely the adequate description of the "individual bee" that explains the hive" (EPSTEIN, 2006, S.37). An anderer Stelle fordert er:

"Rather, to explain a pattern, one must show how a population of cognitively plausible agents, interacting under plausible rules, could actually arrive at the pattern on time scales of interest." (EPSTEIN, 2006, S.50ff)

Damit wird evident, dass Epstein nicht nur der Plausibilität und Kohärenz auf der Mikroebene eine essentielle Rolle zuspricht, sondern einen insgesamt reduktionistischen Ansatz verfolgt, da er Makrophänomene gänzlich durch die Beschreibung der Mikrospezifikation erklärt sehen möchte.<sup>76</sup>

Im Gegensatz zu dem von Epstein vertretenen methodologischen Individualismus postulieren Vertreter des methodologischen Holismus (z.B. SAWYER (2005)), dass die soziale Realität mit Eigenschaften und Gesetzen ausgestattet ist, die sich nicht auf Gesetze und Theorien tieferliegender Ebenen reduzieren lassen; das Soziale ist in diesem Sinne eine autonome Entität (NEUMANN, 2009, S.73). Aus diesem holistischen Ansatz folgt für das Verständnis von Emergenz, dass emergente Phänomene gar nicht erklärt werden *können*, da sie eben nicht auf die Eigenschaften und Interaktionen ihrer Elemente reduziert werden können. In diesem Sinne bleibt eine "mystery gap" zwischen Mikro- und Makroebene bestehen (EPSTEIN, 2006, S.37).

NEUMANN (2009, S.72) stellt die Frage, von welchem Interesse die ABM (noch) ist, wenn –nach Epsteins Argumentation– alle sozialen Eigenschaften des Modells im Grunde auf die Modellannahmen und die Spezifikation der Agenten zurückzuführen sind. Die Gegenposition, ein emergentes Phänomen als autonome Entität zu verstehen, bietet ihm allerdings keine brauchbare Lösung an, denn es wird nicht erklärt, was ein solches Phänomen auf sozialer Ebene eigentlich auszeichnet (NEUMANN, 2009, S.74). In dem Bestreben, den Begriff eines autonomen sozialen Bereichs einzuführen, bei dem nicht auf Erklärung verzichtet werden muss, schlägt Neumann vor, den Begriff der 'diachronischen Emergenz' im Kontext der ABM anzuwenden. Demnach ist ein emergentes Phänomen zwar nicht prognostizierbar, aber dennoch erklärbar. So ist eine wesentliche Erkenntnis der mathematischen Chaos-Theorie, dass mathematische Funktionen mit nicht prognostizierbarem Ergebnis existieren, *weil* marginal unterschiedliche Anfangswerte völlig unterschiedliche Trajektorien verursachen können (NEUMANN, 2009, S.77). Im Kontext von ABM kann diese Emergenz als diachron bezeichnet werden, da der Simulation eine zeitliche Dimension inhärent ist, durch die das interessierende Makrophänomen erst erzeugt wird (NEUMANN, 2009, S.77). In Anlehnung an EPSTEIN (2006) und NEUMANN (2009) sowie konkretisierend

<sup>76</sup>Epstein äußert schließlich grundsätzliche Bedenken, den Emergenzbegriff zu verwenden, "(...) I have researched this term more deeply and find myself questioning its adoption altogether" (EPSTEIN, 2006, S.31).

zur oben genannten Definition von TEFATSION (2006) wird hier folgendes Verständnis von Emergenz zugrundegelegt:<sup>77</sup>

Die Interaktion von Agenten auf der Mikroebene führt mit dem Zeitablauf der Simulation zu einem Phänomen auf der Makroebene, das erklärbar, aber nicht vorhersehbar ist. Erklärbar bedeutet, dass ein Makrophänomen aus einer plausiblen Spezifikation der Agenten und ihren Interaktionsregeln erklärt werden *kann*. Nicht vorhersehbar bedeutet, dass das Phänomen auf der Makroebene nicht analytisch aus der Beschreibung der Akteure der Mikroebene hergeleitet werden kann.

Hierbei handelt es sich zunächst um eine epistemologische Aussage, die aber einige Hinweise darauf geben kann, wodurch sich Emergenz in einem ontologischen Sinn auszeichnet, d.h. welche Kennzeichen die soziale Realität hat, die aus einer ABM entsteht. NEUMANN (2009, S.82f.) lehnt sich hier an die Idee des Neuen Experimentalismus von HACKING (1983) an und versteht die soziale Realität –ähnlich dem Atom im 19. Jahrhundert– als eine Hypothese, die hilft, andere Phänomene zu verstehen, auch wenn (noch) nicht geklärt ist, was Emergenz im ontologischen Sinn definiert. Mit Rückgriff auf die epistemologische Aussage kann jedoch formuliert werden, dass Emergenz im ontologischen Sinn keine Entität ist, die unabhängig von den erzeugenden Prozessen ist, da sie durch diese ex post erklärbar wird, aber gleichzeitig autonom in dem Sinne ist, da sie nicht vorhersehbar ist. Unter diesem Verständnis lässt sich der Erklärungsgehalt von ABM folgendermaßen abstecken: In ihrem Bestreben, ergebnis- und verlaufsoffene Prozesse zu verstehen, eignet sie sich primär für diejenigen Wissenschaftszweige, die nicht beanspruchen, Vorhersagen treffen zu können (vgl. NEUMANN (2009, S.84f.)).

#### 9.1.4 Die Konzepte Interaktion und Emergenz in ABM der ESK

Ziel der hier erläuterten Aspekte der ABM ist es zu zeigen, dass sich die ABM offenbar in zwei wesentlichen Aspekten als geeignete Methode für die ESK anbietet: Zum einen definiert die ABM individuelle Akteure als heterogene, absichtsvolle und eingeschränkt rationale Agenten. Diese Sichtweise entspricht der naturalistischen Fundierung, die die ESK in ihrer Sicht auf individuelle Wissenschaftler beansprucht. Zum anderen scheint das im Kontext der ABM hergeleitete Verständnis von Emergenz geeignet, einen Zugang zur Frage nach der Verknüpfung von individueller und sozialer Epistemologie zu finden. Dieser neue Zugang rekurriert dabei auf die in Abschnitt 8.3 genannten Kritikpunkte zur

<sup>77</sup>Der Begriff ‘Emergenz’ bezieht sich hier nur auf die ‘bottom-up’-Wirkungsrichtung, d.h. von der Mikro- auf die Makroebene. Die Wirkungsrichtung von der Makro- auf die Mikroebene abzubilden ist nicht Gegenstand des vorliegenden Simulationsmodells und wird aus diesem Grund nicht diskutiert. Siehe hierzu NEUMANN (2009, S.79).



ESK und könnte folgende Fragestellungen beinhalten: Unter Abweichung von der Modellierung repräsentativer Agenten (wie in der ESK), wodurch ist der Interaktionsverlauf gekennzeichnet?, bilden sich Makrostrukturen heraus, die kein, ein, oder mehrere Gleichgewicht(e) aufweisen?, wodurch sind die Makrostrukturen definiert?, können sich z.B. aus der Interaktion der Agenten Wertkategorien (als Makrostrukturen) herausbilden, an denen sich wissenschaftliches Wissen legitimiert, und die nicht den Modellannahmen inhärent sind?, wie können Modellansätze formuliert werden, die frei von epistemischen Wertkategorien sind, d.h. der Interaktion naturalistisch motivierter Agenten a priori keine Zielsetzung unterstellen?

## 9.2 ABM im Kontext der Wissenschaftsforschung

### 9.2.1 ABM im Kontext der ESK

Genauso wie Wissenschaftsforschung von völlig unterschiedlichen Disziplinen wie der Soziologie, Philosophie, Soziophysik und Ökonomik betrieben wird, sind simulationsanalytische Ansätze im Kontext der Wissenschaftsphilosophie über eben diese Disziplinen verteilt. So finden sich in einer Sonderausgabe von 2011 zum Thema ‘Simulating the Social Processes of Science’ im *Journal of Artificial Societies and Social Simulation (JASSS)* 16, sehr heterogene Positionspapiere zu unterschiedlichen Aspekten von ABM im Wissenschaftskontext. Dabei sehen EDMONDS ET AL. (2011, S.2) die Simulationsanalyse als eigenständige Methode bislang kaum in die bestehende, formal orientierte Wissenschaftsforschung integriert. Solche formal-analytischen Ansätze, wie sie beispielsweise in der Netzwerkanalyse, der Spieltheorie oder den Modellen der Opinion Dynamics zu finden sind, fokussieren darüber hinaus in der Regel *entweder* die Mikro- oder die Makroebene von Wissenschaft.

Die ABM bietet sich gerade hier an, die *individuelle Ebene* der Wissenschaftler mit den Prozessen auf *sozialer Ebene* durch das Konzept der *Emergenz* miteinander zu verknüpfen. Im Hinblick auf diese Zielsetzung ist das Potenzial der ABM darin zu sehen, dass sich aus den Interaktionsprozessen Ergebnisse ergeben, die nicht durch eine bestimmte wissenschaftsphilosophische Haltung determiniert sind, das heißt, dass nicht von vornherein die *Art* des Ergebnisses festgelegt ist:

“The only way to examine and tease out the various and apparently contradictory effects of these social processes will be to simulate them letting the results emerge from the interaction. In other words, *without* a prior commitment to such processes regarding the soundness of their ultimate outcomes.”  
(EDMONDS, 2011, S.6)[Hervorhebung im Original]

Im Rückgriff auf die formulierte Zielsetzung der ESK sollen hier ABM in den Fokus gesetzt werden, die sich der Frage widmen, in welcher Beziehung individuelles Verhalten der Wissenschaftler mit der Reliabilität der wissenschaftlichen Gemeinde steht (ZOLLMAN, 2011, S.2).<sup>78</sup> Dazu gehört auch die Beantwortung der Frage, wie Objektivität in einer wissenschaftlichen Gemeinde entsteht, die sich aus nicht per definitionem objektiven Individuen konstituiert; oder anders formuliert, wie Reliabilität der wissenschaftlichen Gemeinde auf objektive Art erzeugt werden kann. ZOLLMAN (2011) formuliert unter dieser –der sozialen Epistemologie entsprechenden– Zielsetzung folgende Fragen, die Gegenstand einer ABM sein können: (1.) Welchen Einfluss haben begrenzte Informationsverarbeitungskapazitäten der Wissenschaftler? Können weniger Informationen produktiv im Sinne der Zielsetzung sein, wenn Wissenschaftler Entscheidungsheuristiken anstatt eines Optimierungskalküls nutzen?, (2.) wie viel Heterogenität unter den Wissenschaftlern ist der Zielsetzung der Wissenschaft zuträglich? Insbesondere bezieht Zollman sich auf die Modelle kognitiver Arbeitsteilung bei KITCHER (1993) und STREVENs (2003), sowie die hieran anknüpfende ABM von WEISBERG UND MULDOON (2009), in der gezeigt wird, dass eine im Hinblick auf ihre wissenschaftliche Suchmethoden heterogene Population ein Suchproblem *besser* löst als eine homogene.<sup>79</sup> Neben dem Heterogenitätsaspekt sieht Zollman (3.) einen relevanten Untersuchungsaspekt darin, welche Bedeutung wissenschaftliches Fehlverhalten<sup>80</sup> auf das kollektive Verhalten der Wissenschaft hat sowie ob und welche Institutionen diesem Verhalten Einhalt gebieten. In diesem Kontext haben beispielsweise SQUAZZONI UND GANDELLI (2012) und THURNER UND HANEL (2011) Simulationsmodelle entwickelt, die sich mit der Zuverlässigkeit von Gutachtern im Peer-Review beschäftigen.<sup>81</sup> Darüber hinaus sind (4.) Verhaltensweisen relevant, die der psychologischen oder sozialen Disposition der individuellen Wissenschaftler entspringen. Zu diesen Dispositionen gehört beispielsweise das Beharren auf der eigenen Theorie, das Anpassen der eigenen Meinung an reputationsstarke wissenschaftliche Kollegen oder die Fokussierung auf Daten, die im Einklang mit der von dem Individuum vertretenen Theorie stehen. Die aus Sicht der klassischen wissenschaftsphilosophischen Positionen in-

<sup>78</sup>Der Begriff ‘Reabilität’ hat hier zunächst keine inhaltliche Bedeutung, sondern wird in Anlehnung an Zollman als Platzhalter für die Fähigkeit der wissenschaftlichen Gemeinde genutzt, ihr Ziel zu erreichen: “(...) making the group as a whole less reliable (*when there is a well-defined sense of reliability*)?” (ZOLLMAN, 2012, S.34) [Hervorhebungen M.B.].

<sup>79</sup>‘Besser’ bedeutet im Kontext des Modells, die Erhöhungen in der epistemischen Landschaft schneller zu finden. Vgl. die ausführlichen Erläuterungen zu dem Modell in Abschnitt 9.3.

<sup>80</sup>Neben der absichtsvollen Fälschung von Daten spricht er die Neigung an, Daten, die der bevorzugten Theorie widersprechen, nicht zu veröffentlichen, das Design von Experimenten marginal zu ändern, um erwünschte Resultate zu erhalten oder Replikationsbestrebungen mit positivem Resultat eher wertzuschätzen als diejenigen mit negativem Resultat.

<sup>81</sup>Die hier genannten Modelle sind, wie im folgenden Abschnitt deutlich wird, eher der Wissenschaftssoziologie zuzurechnen. Die Zuordnung der ABM zu den wissenschaftsphilosophischen Strömungen ist damit nicht immer überschneidungsfrei.

dividuell irrationalen Verhaltensweisen können sich bei Betrachtung des Ergebnisses auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde durchaus als produktiv erweisen, wenn sich beispielsweise durch Beharrungsvermögen und Konformitätseffekte am Ende die superiore wissenschaftliche Theorie durchsetzt (BROCK UND DURLAUF (1999); HULL (1988)) oder andere Zielsetzungen erreicht werden (LONGINO (2002); SOLOMON (1994b)).

Die von Zollman genannten Gegenstandsbereiche lassen sich damit in vereinfachter Darstellung zusammenfassen und adressieren in der Gegenüberstellung die individuellen Eigenschaften mit den jeweiligen sozialen Zielsetzungen (1.) begrenzte Informationsverarbeitungskapazitäten - allokativer Effizienz, (2.) Heterogenität der Agenten - kollektive Problemlösungsfähigkeit, (3.) Wissenschaftliches Fehlverhalten - Institutionen zur Vermeidung und (4.) Verhaltensheuristiken - Herausbildung "wahrer" Theorien.<sup>82</sup>

### 9.2.2 Abgrenzung: ABM der soziologisch orientierten Wissenschaftsforschung

Wie bereits erwähnt, gibt es eine große Bandbreite an Simulationsmodellen, die im weitesten Sinne der Wissenschaftsforschung zuzurechnen sind. Da die hier fokussierten ABM im Kontext der ESK nur einen Teilbereich darstellen, soll im Folgenden ein kurzer Einblick in den angrenzenden Bereich der soziologisch motivierten ABM gegeben werden, die sich von den ABM mit Bezug zur ESK dadurch abgrenzen, dass sie

- keinen expliziten Bezug zu ökonomischen Konzepten und Methoden aufweisen und / oder
- den Erkenntnisprozess individueller Wissenschaftler bzw. wissenschaftlicher Gemeinden ausblenden.

Eine wesentliche Zielsetzung der soziologisch orientierten Arbeiten ist es, in einer ABM die so genannten stilisierten Fakten der Wissenschaft durch das Verhalten individueller Wissenschaftler (SQUAZZONI UND GANDELLI (2012); SUN UND NAVEH (2009); WATTS UND GILBERT (2011)) oder die Entwicklung wissenschaftlicher Disziplinen zu erklären (BETTENCOURT ET AL. (2008); FARHAT (2011)).<sup>83</sup> Stilisierte Fakten bilden aggregierte Muster ab, wie z.B. die durch LOTKA (1926) beschriebene Verteilung von Publikationen auf  $n$  Autoren, den von MERTON (1968) beschriebenen Matthäus-Effekt, die Halbwertszeit wissenschaftlicher Publikationen (FRANCESCHET (2010)) oder das Wachstum wissenschaftlicher Disziplinen (DE SOLLA PRICE (1963); RESCHER (1978)). Die stilisierten

---

<sup>82</sup>Hierbei handelt es sich nicht um eine eindeutige Zuordnung der Begriffe; andere Kombinationen sind durchaus denkbar. Sie geben jedoch einen Überblick über diejenigen Fragestellungen, die Gegenstand der Literatur im Kontext der ESK sind und –wie im folgenden Abschnitt gezeigt werden kann– zum Teil als ABM umgesetzt sind.

<sup>83</sup>Vgl. für eine Übersicht auch EDMONDS ET AL. (2011); MEYER (2011).

Fakten werden im Kontext der soziologisch orientierten, meist empirisch oder heuristisch orientierten ABM häufig als Kalibrierungs- bzw. Validierungsinstrument genutzt, indem sie durch bibliometrische Analysen repliziert werden.

Ein solches Modell, in dem bibliometrische Daten zur Kalibrierung einer ABM genutzt werden, findet sich bei WATTS UND GILBERT (2011). In der ABM untersuchen sie, ob wissenschaftliche Gemeinden, in denen in wissenschaftlichen Artikeln die Zitationen nach dem Matthäus-Effekt erfolgen, bessere Problemlösungen erreichen, als wenn auf die Referenzierungen der meist zitierten Beiträge verzichtet würde.<sup>84</sup> Motiviert ist der Modellansatz, selbstverstärkende Effekte wie den Matthäus-Effekt mit Suchproblemen zu verknüpfen, durch die Erkenntnis aus der Organisationstheorie, nach der der Sucherfolg einer Organisation abhängig ist von einer guten Balance zwischen der Exploration neuer Ideen und der Exploitation bestehender Erkenntnisse. Die Akteure innerhalb einer Organisation dürfen demnach nicht zu ähnlich, aber auch nicht zu unterschiedlich in ihren Bestrebungen sein. Während ein hohes Maß an Ähnlichkeit mit zu schneller Konvergenz auf eine lokale, möglicherweise nicht-optimale Lösung verbunden ist, führt ein hohes Maß an Unterschiedlichkeit dazu, dass Agenten den Lösungsraum mit seinen sub-optimalen Lösungen unablässlich absuchen und damit eine Einigung auf eine kollektive Lösung verhindern (MARCH, 1991).<sup>85</sup> Dieser Grundgedanke wird bei WATTS UND GILBERT (2011) auf den wissenschaftlichen Problemlösungsprozess übertragen. Berufen sich Zitierungen in wissenschaftlichen Artikeln nur auf bereits häufig zitierte Arbeiten (Matthäus-Effekt), können einige Arbeiten zu Zitationsklassikern und damit zur gemeinsamen Grundlage einer wissenschaftlichen Gemeinde werden, was aber die (explorative) Suche nach alternativen, unter Umständen besseren Lösungsansätzen unterdrückt (WATTS UND GILBERT, 2011, S.441). Damit ist das wesentliche Ergebnis der Simulationsanalyse bei Watts und Gilbert, dass die selbstverstärkenden Effekte durch den Matthäus-Effekt, die in den Zitationen ihren Niederschlag finden, nicht die Fähigkeit der wissenschaftlichen Gemeinde verbessern, Punkte in der Landschaft wissenschaftlicher Problemstellungen zu finden, die einen signifikant höheren Fitnesswert aufweisen (WATTS UND GILBERT, 2011, S.458).

Eine ABM, die sich ebenfalls auf stilisierte Fakten im wissenschaftlichen Wettbewerb bezieht, diese aber nicht zur Kalibrierung des Modells verwendet, ist das Modell von SQUAZZONI UND GANDELLI (2012). Ziel dieser ABM ist es, unterschiedliche Verhaltensweisen von Gutachtern –unter definierten Struktureigenschaften der wissenschaftlichen Gemeinde– im Hinblick auf die Qualität und Effizienz des Review-Prozesses zu testen.

---

<sup>84</sup>Der Problemlösungsprozess findet dabei in einer Landschaft statt, wie sie durch das NK-Modell (KAUFFMAN, 1993) motiviert ist.

<sup>85</sup>Dieses Problem verschärft sich, je höher die Komplexität des Problemlösungsraumes ist, da dies mit einer hohen Anzahl suboptimaler lokaler Maxima einhergeht (CHANG UND HARRINGTON JR., 2006, S.1302).

Aufgrund der Schwierigkeit, das Akteursverhalten im Peer-Review empirisch zu fundieren, eignet sich gerade auch diese Fragestellung für die ABM, auch wenn der Modellcharakter damit eher explorativ ist (SQUAZZONI UND GANDELLI, 2012, S.266). Die wesentlichen Kenngrößen der ABM sind die Qualität im Review-Prozess, die über den prozentualen Anteil an Begutachtungsfehlern ('evaluation bias') gemessen wird und die Ressourcen, die für nicht veröffentlichte Arbeiten der Autoren ('productivity loss') und für den Aufwand der Begutachtung des Gutachters ('reviewing expenses') aufgewendet wurden. Zuverlässige Gutachter sind dadurch gekennzeichnet, dass sie genügend Ressourcen einsetzen, um die Qualität einer Einreichung entsprechend ihrem wahren Wert bewerten zu können; in diesem Fall stimmt die wahre Qualität mit der erwarteten überein. Nicht zuverlässige Gutachter begehen systematisch Fehler vom Typ I oder II, d.h. ihr geringer Ressourcenaufwand führt dazu, dass Beiträge schlechter Qualität zur Veröffentlichung vorgeschlagen werden oder solche guter Qualität nicht akzeptiert werden. Die Struktur der wissenschaftlichen Gemeinde kann in dem Modell zwei Ausprägungen annehmen: Sie kann einerseits sehr homogen sein, so dass die Agenten in der Lage sind, andere Agenten korrekt zu beurteilen, andererseits kann sie aber sehr fragmentiert sein, so dass Agenten nur die Agenten in ihrer näheren Umgebung korrekt beurteilen und andere systematisch unterschätzen (SQUAZZONI UND GANDELLI, 2012, S.269).

Das zu erwartende Ergebnis, dass bei einem hohen Maß an Zuverlässigkeit der Gutachter die Begutachtungsfehler minimal sind, ändert sich drastisch, wenn anstatt einer homogenen Struktur der wissenschaftlichen Gemeinde eine fragmentierte Struktur unterstellt wird: In diesem Fall kann auch ein hoher Anteil zuverlässiger Gutachter nicht verhindern, dass ein hoher Anteil der Begutachtungen fehlerhaft ist. Der Effekt aus der Struktureigenschaft überlagert hier den Effekt aus der Qualität der Begutachtung. Darüber hinaus zeigen die Autoren, dass zunehmender Wettbewerb, modelliert über eine abnehmende Annahmquote der Einreichungen, in einer fragmentierten wissenschaftlichen Gemeinde den Evaluierungsbias –unabhängig von der Zuverlässigkeit der Gutachter– verstärkt und Ineffizienzen im Review-Prozess zunehmen.

Ein weiteres Simulationsmodell, das sich der Effizienz des Peer-Review Verfahrens als wissenschaftsinternes Qualitätsregulativ widmet, findet sich bei THURNER UND HANEL (2011). Sie gehen von der Beobachtung aus, dass Gutachter und Herausgeber häufig keine objektive Bewertung vornehmen, also nicht entsprechend der Mertonschen Norm 'Uneigennützigkeit' handeln, sondern eigennützig im Streben nach Erstveröffentlichung, Status, Ruhm und Stellung dazu neigen, bessere Ideen als ihre eigenen oder kritische Beiträge zur eigenen Forschung abzulehnen. Die Autoren bezeichnen diese Akteure als rationale Nutzenmaximierer. Sie akzeptieren nur Beiträge, die nicht über ihrem eigenen Qualitätsindex liegen. Sobald der Anteil dieses Gutachter-Typs ein Drittel aller Gutachter-Typen

(rationaler Nutzenmaximierer, korrekter Entscheider entsprechend der Qualität der eingereichten Beiträge und Entscheider nach dem Zufallsprinzip) überschreitet, ist das Review-Verfahren nicht besser als ein Münzwurf (THURNER UND HANEL, 2011, S.2). In diesem Fall liegt die Qualität der Veröffentlichungen nur noch im Durchschnitt der eingereichten Beiträge und beinhaltet nicht mehr nur überdurchschnittliche Einreichungen.<sup>86</sup> Da dies realistische Werte für die Verteilung von Gutachter-Typen in einigen wissenschaftlichen Gemeinden seien, sehen sie die wissenschaftspolitische Implikation darin, dass bei Überschreiten dieser Werte ein Review-Verfahren nach dem Zufallsprinzip eine erhebliche Einsparung an Arbeitsaufwand und Koordinationskosten bedeuten würde. Neben diesen agentenbasierten Modellen, die der Wissenschaftsökonomik zuzuordnen sind, ist der Fokus der folgenden Erläuterungen auf solche ABM gerichtet, die sich dem Erkenntnisprozess von Individuen und / oder wissenschaftlichen Gemeinden widmen *und* hierbei ökonomische Methoden zur Anwendung bringen.

### 9.3 Ausgewählte ABM im Kontext der ESK

Konkretisierend zu den im vorangegangenen Abschnitt genannten Kriterien wird ein ABM dann als der ESK zugehörig definiert, wenn es heterogene Agenten modelliert, deren Entscheidungsverhalten durch das tatsächliche Verhalten wissenschaftlicher Akteure motiviert ist (naturalistische Fundierung), die im weitesten Sinne einem Kosten-Nutzen-Kalkül folgen oder deren Verhalten ökonomischen Prämissen unterliegt und die miteinander interagieren. Das aus der Interaktion resultierende, nicht-vorhersehbare Ergebnis wird unter wissenschaftsphilosophisch motivierten normativen Gesichtspunkten bewertet, wobei sich Kriterien wissenschaftlicher Rationalität grundsätzlich endogen aus dem Modell entwickeln können oder a priori vorhanden sind.

Konkret sind für die ausgewählten ABM damit Fragen in den folgenden Kategorien zu beantworten (vgl. Tabelle 5):

- Welchen konkreten Bezug haben die ABM zu Modellen der ESK?
- Welche ökonomischen Konzepte und Methoden verwenden sie?
- Welchem individuellen Entscheidungsmaßstab folgen die Agenten?
- Wie werden individuelle Agenten im Modell abgebildet, liegt dem Design eine naturalistische Motivation zugrunde?

<sup>86</sup>Jeder Akteur bekommt einen Qualitätsindex aus  $N(\mu, \sigma)$  zugewiesen und erzeugt Publikationen, die in ihrer Qualität normalverteilt um seinen durchschnittlichen Qualitätsindex variieren. Das gleiche Resultat folgt auch für den Fall, dass ein Drittel der Gutachter (aus Unkenntnis oder Zeitmangel) nach dem Zufallsprinzip entscheidet.

- Was sind die Muster der Interaktion bzw. welches Verständnis von Emergenz ist den Modellen inhärent?
- Worin besteht das emergente Resultat?
- Was ist der soziale Wertmaßstab?
- Welche sozialen Wertkategorien sind in den ABM (implizit) enthalten?

### **DeLanghe und Greiff, 2010: Standards and the distribution of cognitive labor**

Ausgangspunkt des Modells von DE LANGHE UND GREIFF (2010) sind die Argumente von KITCHER (1993) und GOLDMAN UND SHAKED (1991), nach denen kognitive Arbeitsteilung auf zwei Mechanismen zurückzuführen ist: Zum einen sind Wissenschaftler daran interessiert, dass sich der von ihnen vertretene wissenschaftliche Ansatz verbreitet, da eine hohe Zahl an Agenten mit gleichem wissenschaftlichen Ansatz mehr Kooperationsmöglichkeiten und damit Synergien in der Erkenntnisgewinnung ermöglicht und hierdurch eine Tendenz zum Konsens entsteht, zum anderen haben Wissenschaftler aber auch ein Interesse an Diversifizierung, da –aufgrund der Prioritätsregel– die Chancen auf wissenschaftliche Anerkennung bei einer zunehmenden Anzahl an Agenten des eigenen vertretenen wissenschaftlichen Ansatzes sinken. Durch diese beiden Mechanismen kann ein soziales Optimum erreicht werden, das sich zwischen vollständiger Spezialisierung (Konsens) und Diversifizierung (Dissens) einpendelt.

Die Argumentation setzt dabei implizit voraus, dass es einen wissenschaftlichen Standard (bei Kitcher eine Konsenspraxis) gibt, auf Basis dessen in der wissenschaftlichen Gemeinde festgelegt ist, was relevante wissenschaftliche Probleme sind, für die im wissenschaftlichen Wettbewerb eine Lösung und wissenschaftliche Anerkennung gesucht wird. Dieser ‘1-Standard’- Fall wird bei DE LANGHE UND GREIFF (2010) um mehrere Standards erweitert. Anders als Goldman und Shaked sowie Kitcher konzentrieren sie sich damit nicht auf den Wettbewerb *innerhalb* eines wissenschaftlichen Clusters (mit einem Standard), sondern fokussieren in ihrem Beitrag den Wettbewerb *zwischen* wissenschaftlichen Clustern (d.h. unterschiedlichen Standards, z.B. im Hinblick auf relevante wissenschaftliche Probleme). Die Autoren leiten ihre Argumentation aus der Literatur um den Wettbewerb technologischer Standards her (ARTHUR (1989)). Sie beziehen sich insbesondere auf das Argument, dass durch die Erzeugung, den Zugriff und die Nutzung von spezifischen Technologien (respektive Wissen) sowohl Eintrittsbarrieren als auch Skalenerträge entstehen, die die Durchsetzung *eines* Standards befördern und damit die regulierende Funktion des Wettbewerbs (im Kontext der Wissenschaft ergo den Anreiz zur

Tabelle 5: Dimensionen der ESK in ausgewählten ABM

Modell und Bezug zur Literatur der ESK	Ökonomische Konzepte oder in der Ökonomik verwendete Konzepte	Individueller Entscheidungsmaßstab (Ziel)	Design der Agenten	Interaktionsmuster (der Emergenz)	Emergentes Resultat	Soziales Ziel	Soziale Wertkategorien
DE LANGHE UND GRHEFF (2010) mit Bezug auf GOLDMAN UND SHAKED (1991); KITCHER (1993)	Selbstverstärkende Effekte (Skalenerträge und Transaktionskosten) im Wettbewerb zwischen Standards (Clustern)	Cluster mit maximalem Wert	(Präferenz mit) Beharrungstendenz und soziale Einflussnahme	Selbstverstärkende Effekte bzgl. Clusterwert und Präferenzen	1-n wissenschaftliche Cluster	Verminderung monopolistischer Cluster	Allokation auf wissenschaftliche Cluster
MARTINS (2010) mit Bezug auf BROCK UND DURLAUF (1999); GOLDMAN (1999)	Bayessches Wahrscheinlichkeitskalkül	Meinungsänderung in Abhängigkeit subjektiver Wahrscheinlichkeit und externer Einflüsse	Agententypen: Experimentatoren und Imitatoren	Interaktion experimentelle Beobachtung und sozialer Einfluss auf Konsensbildung	Unterschiedliche Grade Konsens – Dissens	Koordination (Konsens) auf 'bessere' Theorie	'Bessere' Theorie
MURDOON UND WEISBERG (2011) mit Bezug auf KITCHER (1993); STRREVENS (2003)	Individuelle Erwartungsnutzenmaximierung vs. optimale Allokation	Forschungsprogramm (FP) mit max. Anerkennung	Begrenzte Information und heterogene Erfolgswahrscheinlichkeiten für FP	Koordinationsversagen durch begrenzte Information und Heterogenität	1-n Forschungsprogramme	Ressourcenallokation auf n Forschungsprojekte	Optimale Allokation auf FP (Erfolgsversus Realisationswahrscheinlichkeit)
WEISBERG UND MURDOON (2009) mit Bezug auf KITCHER (1993); SOLOMON (1992); STRREVENS (2003)	Kognitive Arbeitsteilung; Problemlösungsfähigkeit unterschiedlicher Suchstrategien	(Lokales) Maximum in Forschungslandschaft	Suchstrategien: autonom, hinierend, innovativ	Kombination / Interaktion der Suchstrategien erzeugt unterschiedliche soziale Zielerreichung	Lock-in in lokale / globale Maxima	n Agenten in globalen Maxima	Epistemische Signifikanz in Forschungslandschaft
ZOULMAN (2008) mit Bezug auf BROCK UND DURLAUF (1999); KITCHER (1993); STRREVENS (2003)	Entscheidungen in unterschiedlichen Netzwerkstrukturen (NW)	Individuelle Reliabilität (Wahl der 'wahren' Theorie) nach Mehrheit im Netzwerk	Informiertheit über die 'wahre' Theorie	Determiniert durch Anfangsverteilung (keine Emergenz)	Unterschiedliche Grade Konsens – Dissens durch NW (keine Emergenz)	Koordination der Mehrheit auf 'wahre' Theorie (soziale Reliabilität)	Wahrheit



Differenzierung unterschiedlicher Cluster) zumindest temporär unterdrücken (DE LANGHE UND GREIFF, 2010, S.281).<sup>87</sup> Ihr Kernargument lautet, dass die Durchsetzung bzw. die Zuwendung zu einem wissenschaftlichen Cluster selbstverstärkende Effekte aufweist, da mit steigender Clustergröße nicht nur der Konsens über die Relevanz des dort behandelten Problems zunimmt, sondern im Wettbewerb *innerhalb* des Clusters die Anerkennung, wenn das dort behandelte wissenschaftliche Problem gelöst wird (DE LANGHE UND GREIFF, 2010, S.283).

Zur Abbildung des Wettbewerbs zwischen wissenschaftlichen Clustern wird ein Simulationsmodell implementiert, in dem die Wissenschaftler, repräsentiert durch Agenten, entscheiden, in welches Cluster  $J$  sie einen wissenschaftlichen Beitrag einbringen möchten.<sup>88</sup> Die Entscheidung eines Agenten  $n$  wird dabei abgebildet als Vektor der individuellen Präferenzen  $p_n = (p_{1n}, \dots, p_{Jn})'$  über den relativen Output eines Clusters, d.h. eines jeden Elements des Vektors  $\bar{E} = (E_1, \dots, E_J)'$ , gewichtet mit einem Parameter der selbstverstärkenden Effekte  $c \geq 0$ . Damit ergeben sich für jeden Agenten seine ‘Likelihoods of pursuit’ für ein Cluster:  $\pi_n(t) = p_n + c\bar{E}(t)$ . Jede Periode  $t$  entscheiden die Agenten sich für das Cluster  $J$  mit maximalem  $\pi_n(t) = (\pi_{1n}(t), \dots, \pi_{Jn}(t))'$ . Der selbstverstärkende Effekt bildet sich darüber ab, dass mit jedem Beitrag für ein Cluster der Output eines Clusters  $E_j$  zunimmt und damit die Entscheidung der Agenten in der Folgeperiode positiv beeinflusst.<sup>89</sup>

In der Grundversion des Modells ergibt sich die Wahrscheinlichkeit, dass ein Beitrag in ein bestimmtes Cluster eingebracht wird, damit als pfadabhängiger und –durch die Abhängigkeit von vergangenen, bereits eingebrachten Beiträgen– selbstverstärkender Prozess (DE LANGHE UND GREIFF, 2010, S.285). Für  $J = 5$  und 1000 Agenten zeigt sich unter Annahme gleichverteilter Präferenzen  $p \sim [0, 1]$  und für in  $t = 0$  gesetzte Beiträge  $K_j \in \{0, 1\}$  in den Simulationsexperimenten für  $c = 0$ , dass die in  $t = 0$  erzeugte Anfangsverteilung der Agenten auf unterschiedliche Cluster aufgrund der Präferenzen etwa gleichverteilt ist und sich über den Zeitablauf nicht verändert. Für  $c > 0$  wachsen die initial größten Cluster durch den selbstverstärkenden Effekt und die konstanten Präferenzen am schnellsten und bilden ein mit der Zeit dominantes Cluster heraus, d.h. es entwickelt sich eine hohe Spezialisierung auf ein Cluster bei gleichzeitig nur wenigen Beiträgen in anderen Clustern (geringe Diversität). In einem weiteren Simulationsexperiment werden die Präferenzen insofern endogenisiert, als mit zunehmenden  $t$  –aufgrund steigender Transaktionskosten und wachsender Reputation– die Wahrscheinlichkeit abnimmt, dass ein Agent

<sup>87</sup>Inwieweit die Analogie zwischen technologischem und wissenschaftlichem Wettbewerb zulässig ist, wird im Kontext der ‘Science as a Market’-Literatur diskutiert (vgl. hierzu z.B. ZAMORA BONILLA (2012)).

<sup>88</sup>Da der Prioritätswettbewerb innerhalb eines Clusters hier *nicht* betrachtet wird, wird auch die Art des wissenschaftlichen Beitrages in diesem Modell nicht näher spezifiziert; d.h. von einer epistemischen Interpretation wird in der Simulation abstrahiert (DE LANGHE UND GREIFF, 2010, S.284).

<sup>89</sup>Genau ergibt sich der Wert  $E_j$  als gewichtete Summe der vergangenen Beiträge.

das Cluster wechselt. Hier kann gezeigt werden, dass sich unter gleicher Variation von  $c$  der Anteil der Agenten je Cluster weniger schnell verändert und die Verteilung der Agenten auf die Cluster einer geringeren Varianz unterliegt (DE LANGHE UND GREIFF, 2010, S.286f.). Allerdings ergibt sich hier, ebenso wie im Grundmodell, eine Überlagerung der intrinsischen Präferenzen  $p$  durch die selbstverstärkenden Effekte, da ein sehr hoher Parameterwert von  $c \geq 1$  zu einem Lock-in führt, in dem sich alle Agenten auf ein Cluster spezialisieren.

Zusammenfassend zeigt sich unter Einfluss selbstverstärkender Effekte ( $c > 0$ ), dass sich regelmäßig ein dominantes Cluster herausbildet, dabei aber nicht vorhersehbar ist, welches Cluster zu einem dominanten Cluster wird. Darüber hinaus ist der Verlauf abhängig von den Anfangsbedingungen, d.h. der initialen Verteilung der Präferenzen  $p$  und Beiträge  $K$ . Schließlich erzeugt der Prozess einen mit der Zeit stabilen Zustand, in dem sich die Clustergröße nicht mehr ändert (DE LANGHE UND GREIFF, 2010, S.286). In der Terminologie von ARTHUR (1989) handelt es sich damit um einen nicht-vorhersehbaren, nicht-ergodischen und zunehmend inflexiblen Prozess. Aus diesem pfadabhängigen Prozess folgt auch, dass mehrere Gleichgewichte *möglich* sind, wobei das erreichte Gleichgewicht keinesfalls optimal sein muss. Die pfadabhängige Sicht impliziert damit auch eine Abkehr von singulären Gleichgewichtslösungen, wie sie den meisten analytischen Modellen der ESK inhärent sind, und von einer ahistorischen Sicht auf wissenschaftliche Aktivitäten, die unabhängig von der Dynamik des Prozesses sind (vgl. DE LANGHE UND GREIFF (2010, S.291f.)).

Die regulierende Funktion des Prioritätswettbewerbs, die im Modell von Kitcher garantiert, dass sich unter *einem* wissenschaftlichen Standard eine sozial optimale Lösung zwischen vollständiger Spezialisierung und Diversifikation einpendelt, kommt entsprechend des hier vorgestellten Modells dann nicht zum Tragen, wenn statt des Wettbewerbs innerhalb eines Clusters der Wettbewerb zwischen den Clustern betrachtet wird. In diesem Fall erzeugen die selbstverstärkenden Effekte (über  $c$ ) Konzentrationstendenzen auf einen wissenschaftlichen Standard. Damit lässt sich der Ansatz der Autoren auch als Motivation für ein institutionelles Design interpretieren, das Pluralismus gestattet, wenn beispielsweise durch Senkung der Transaktionskosten zwischen den Standards eine stärkere Diversifizierung auf unterschiedliche Standards erreicht werden soll (DE LANGHE UND GREIFF, 2010, S.291).

### **Muldoon und Weisberg, 2011: Robustness and idealization in models of cognitive labor**

Ziel der Arbeiten von Kitcher und Strevens war es zu zeigen, wie nicht-epistemische Motive der Wissenschaftler und die Prioritätsregel im wissenschaftlichen Wettbewerb zu einer

optimalen Verteilung der Forschungsbemühungen führen (vgl. Abschnitt 8.2.3). Demnach folgen die Wissenschaftler nicht zwingend der Forschung mit der höchsten Erfolgswahrscheinlichkeit (epistemische Zielsetzung), sondern derjenigen, die die höchste Anerkennung verspricht (nicht-epistemische Zielsetzung). Letzterer Fall kann beispielsweise dadurch gekennzeichnet sein, dass die Erfolgswahrscheinlichkeit des Forschungsprojektes im Vergleich zu einem anderen gering ist, aber die Realisation schon bei einer kleinen Anzahl an Forschern möglich ist. Hierin spiegelt sich die Vorteilhaftigkeit der Prioritätsregel wider, deren Anwendung eine ineffiziente Allokation aller Forscher auf die Forschung mit der höchsten Erfolgswahrscheinlichkeit unterbindet.

Sowohl im Modell von KITCHER (1993) als auch von STREVENs (2003) ist das *'marginal contribution/reward scheme'*, wonach die erzielte Anerkennung eines Wissenschaftlers seinem zuvor eingesetztem marginalen Beitrag zur Steigerung der Erfolgswahrscheinlichkeit eines Forschungsprojektes entspricht, Kernbestandteil (MULDOON UND WEISBERG, 2011, S.163). Es setzt einige Annahmen voraus, die, wie die Autoren zeigen, nicht robust gegenüber Veränderungen sind: (1) Jeder Wissenschaftler kennt vor seiner Entscheidung für ein bestimmtes Forschungsprojekt die Verteilung aller anderen Wissenschaftler auf die jeweiligen Forschungsprojekte und (2) jeder Wissenschaftler kennt die Erfolgswahrscheinlichkeit eines jeden Forschungsprojektes. Nur auf Grundlage dieser Informationen ist ein Wissenschaftler in den Modellen von Kitcher und Strevens in der Lage, seine erwarteten Nutzen für unterschiedliche Forschungsprojekte zu berechnen und eine entsprechende Entscheidung zu treffen. Da diese Annahmen nicht als Repräsentation der Wirklichkeit interpretiert werden können, müssen diese vereinfachenden Annahmen zumindest robust gegenüber Modelländerungen sein (MULDOON UND WEISBERG, 2011, S.162).<sup>90</sup> Nur dann sind die Annahmen geeignet, den Erklärungsgehalt des Modells über die Modellspezifikation hinaus zu sichern.

Um die beiden zentralen Annahmen zu prüfen, wird eine ABM konzipiert, in der eine endliche Anzahl von Agenten zufällig in einer Simulationslandschaft verteilt wird. Die Agenten bekommen einen Kommunikationsradius zugeteilt, innerhalb dessen sie die Entscheidungen anderer Agenten beobachten können. Bei einem Radius, der alle Felder der Simulationslandschaft abdeckt, können alle Agenten miteinander kommunizieren, so dass hiermit der Referenzfall der analytischen Modelle erfasst wird (1). Des Weiteren erfolgt eine Spezifizierung der Erfolgswahrscheinlichkeit (2), wobei dieser in Anlehnung an KITCHER (1993, S.347) mit  $P = K/(1 + \exp^{-rN})$  ein logistischer Verlauf unterstellt wird. Der Parameter  $K$  gibt die exogen bestimmte, maximale Erfolgswahrscheinlichkeit an und  $r$  repräsentiert den notwendigen Einsatz kognitiver Arbeit zum Erreichen der maximalen Erfolgswahrscheinlichkeit  $K$ . Alle Agenten gehen ergo davon aus, dass die Erfolgswahrscheinlichkeit

---

<sup>90</sup>Vgl. hierzu auch CASINI (2014) und SUGDEN (2008, S.496f.).

bei gegebenem  $r$  und mit wachsendem  $N$  zunächst nur langsam zunimmt, dann überproportional ansteigt, bevor sie einen Grenzwert erreicht.<sup>91</sup> Initial werden  $N$  Agenten zufällig in der Landschaft verteilt und gleichverteilt zwei Forschungsprojekten mit unterschiedlichen Erfolgswahrscheinlichkeiten zugeordnet. In zufälliger, sequenzieller Reihenfolge treffen die Agenten unter Maximierung ihres Erwartungsnutzens eine Entscheidung für ein Forschungsprojekt. Unter einem maximalen Kommunikationsradius und identischer Erfolgswahrscheinlichkeit für alle Agenten kann das Ergebnis von Kitcher und Strevens repliziert werden, wonach sich bei einer geringen Anzahl von Agenten alle für das Forschungsprojekt mit der höheren Erfolgswahrscheinlichkeit entscheiden, sich bei zunehmender Anzahl an Agenten aufgrund der sinkenden, ihnen zuteil werdenden Anerkennung die Agenten zunehmend auf das Forschungsprojekt mit geringeren Erfolgsaussichten fokussieren (MULDOON UND WEISBERG, 2011, S.166).

Es zeigt sich jedoch, dass bei eingeschränktem Informationsstand (1) eine optimale Verteilung der Forschungsbemühungen ausbleibt und die Agenten sich mit sinkendem Kommunikationsradius davon abwenden, in Forschung zu gehen, die unter Umständen eine geringere Erfolgswahrscheinlichkeit, dafür aber eine höhere Anerkennung verspricht (MULDOON UND WEISBERG, 2011, S.167). Aufgrund des begrenzten Kommunikationsradius schätzen die Agenten ihren marginalen Beitrag (und damit den Erwartungsnutzen) höher ein, als er tatsächlich ist. Auch für Annahme (2) gilt, dass heterogene Einschätzungen zum Parameter  $r$  in der Spezifikation der Erfolgswahrscheinlichkeit zu qualitativ anderen Ergebnissen führen.<sup>92</sup> Bei zunehmender Varianz der Einschätzungen zeigt sich auch hier ein wachsender Anteil an Agenten, die abweichend von der optimalen Verteilung sich für Forschungsprojekte mit höherer Erfolgswahrscheinlichkeit entscheiden (MULDOON UND WEISBERG, 2011, S.171).

### **Weisberg und Muldoon, 2009: Epistemic Landscapes and the Division of Cognitive Labor**

In Erweiterung der Modelle von KITCHER (1993) und STREVENs (2003), die auf repräsentativen und damit homogenen Akteuren beruhen, untersuchen WEISBERG UND MULDOON (2009) in einer ABM den Einfluss unterschiedlicher Suchstrategien der Akteure auf den Erfolg in der Suche nach signifikanten Ergebnissen in wissenschaftlichen

---

<sup>91</sup>Die abnehmenden Grenzerträge, wie sie bei STREVENs (2003) für die Erfolgswahrscheinlichkeit postuliert werden, gelten damit nur für den Teil der logistischen Funktion. Die Resultate bleiben dieselben, so MULDOON UND WEISBERG (2011, Fn7), unabhängig davon, ob die vollständige logistische Funktion in der ABM verwendet wird oder nur der Teil mit abnehmenden Grenzerträgen.

<sup>92</sup>Um eine Vergleichbarkeit mit den analytischen Referenzmodellen zu erzeugen, wird angenommen, dass die Agenten Kenntnis über den logistischen Verlauf der Erfolgswahrscheinlichkeiten haben. Heterogene Ansichten zur funktionalen Form verstärken ineffiziente Allokationen (MULDOON UND WEISBERG, 2011, S.171).

Landschaften. Die Autoren können zeigen, dass eine im Hinblick auf ihre wissenschaftlichen Suchmethoden heterogene Population ein Suchproblem *besser* löst als eine homogene Population, d.h. dass die Agenten Erhöhungen in der epistemischen Landschaft schneller finden. Eine wissenschaftliche Landschaft respektive der Suchraum wird über drei Größen definiert (WEISBERG UND MULDOON, 2009, S.228f.): Die Grenzen der wissenschaftlichen Landschaft werden durch das Forschungsthema einer wissenschaftlichen Gemeinde festgelegt, die Forschungsmethoden werden in den Koordinaten abgebildet und die Erhöhungen in der Landschaft repräsentieren die epistemische Signifikanz der Forschungsergebnisse.<sup>93</sup> Der Suchprozess beschränkt sich in diesem Modell auf epistemische Signifikanz im Sinne eines erhöhten Wahrheitsgehalts; nicht-epistemische Ziele und Grundüberzeugungen ('background beliefs') werden hier nicht betrachtet. Damit herrscht in der wissenschaftlichen Gemeinde Einigkeit über den Bewertungsmaßstab, was als signifikantes Ergebnis zu beurteilen ist (WEISBERG UND MULDOON, 2009, S.229). Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass Agenten, die den Problemlösungsraum absuchen, immer den wahren, objektiven epistemischen Wert eines Ansatzes erkennen können, d.h. in ihrer Funktion als Wissenschaftler –wie bei MARTINS (2010) die Experimentatoren– immer erfolgreich sind.<sup>94</sup>

Die Entdeckung epistemischer Relevanz wird in dieser ABM als ein relativ autarker Prozess modelliert, der sowohl von epistemischen Erkenntnissen der Vergangenheit als auch von sozialen Einflüssen auf die epistemische Relevanz abstrahiert. Aspekte, die in der Literatur Eingang als stilisierte Fakten der wissenschaftlichen Koordination gefunden haben, werden ausgeklammert. So wird in dem Modell z.B. davon abstrahiert, dass der Erkenntnisgewinn in einem Forschungsbereich mit zunehmender Anzahl an Publikationen immer kleiner wird und sich damit der Wert eines augesuchten Feldes im Suchraum verringern kann, je häufiger ein Feld von den Agenten bereits aufgesucht wurde (WEISBERG UND MULDOON, 2009, S.232).

Kern des Modells ist es vielmehr herauszufinden, wie erfolgreich (schnell) unterschiedliche Forschungspraktiken bzw. -ansätze sind, um Erhöhungen der epistemischen Landschaft zu erreichen. Die Landschaft ist wie auch bei WATTS UND GILBERT (2011) exogen vorgegeben und besteht aus einer definierten Anzahl an Feldern, die zwei Bereiche mit

---

<sup>93</sup>In der graphischen Darstellung wird in der Regel der Ansatz verfolgt, unterschiedliche Forschungsmethoden in den (x,y)- Koordinaten zu spezifizieren und die epistemische Signifikanz als z-Koordinate abzubilden. Die genaue Beschreibung einer Forschungsmethode erstreckt sich in der Realität meist über mehr als zwei Dimensionen (z.B. Methoden der Datenerhebung, Datenauswertung, theoretische Grundlage, etc.), die dann als n-dimensionale Forschungslandschaften abgebildet werden. Aus Gründen der (graphischen) Nachvollziehbarkeit beschränken sich die meisten dieser Modelle jedoch auf ein (x,y,z)-Koordinatensystem.

<sup>94</sup>Technisch gesehen stellen die Erhöhungen des Suchraums beliebige Werte dar, die die Agenten in der Lage sind zu sortieren. In der Spezifikation der ABM wird davon abstrahiert, welche Forschungsmethoden genau (z.B. Experimente, wissenschaftlicher Austausch) zum Erfolg führen.

einer epistemischen Relevanz  $\neq 0$  aufweist, wobei die jeweiligen Bereiche durch zweidimensionale Gaußfunktionen mit unterschiedlicher Amplitude (den jeweiligen globalen Maxima) und Streuung repräsentiert werden. Anders als in den Modellen von Kitcher und Strevens, in denen die Agenten den potenziellen Erfolg eines Forschungsprogrammes in ihr Entscheidungskalkül einbeziehen, haben die Agenten kein a priori Wissen über die Erfolgswahrscheinlichkeit aller verfügbaren Forschungsprogramme. Die Agenten haben keine globale Sicht auf die wissenschaftliche Landschaft, sondern erlangen Informationen nur sukzessive im Suchprozess oder in der Kommunikation mit anderen Agenten (vgl. WEISBERG UND MULDOON (2009, S.233)). Gemessen wird der Erfolg zum einen über die Zeit, die eine bestimmte Anzahl an Agenten benötigt, um eine (oder beide) Erhöhungen zu finden und zum anderen über den epistemischen Fortschritt, d.h. den prozentualen Anteil der von den Agenten aufgesuchten Felder mit einer epistemischen Relevanz  $\neq 0$ .

Untersucht wird, wie erfolgreich die folgenden Suchstrategien im Hinblick auf die definierten Zielgrößen sind: Als Referenzfall (1.) autarke Forschung ohne jegliche Beeinflussung durch die Ergebnisse anderer, (2.) Forschung basierend auf Imitation bereits angewandeter Forschungsansätze und (3.) Forschung, die bereits verwendete Forschungsansätze vermeidet.<sup>95</sup> Die Suchstrategien basieren auf unterschiedlichen Algorithmen der nicht-linearen Optimierung. Ausgehend von einem einfachen ‘Hillclimbing’-Algorithmus im Referenzfall, in dem die Agenten den epistemischen Wert der aktuellen Problemlösung (Punkt in der wissenschaftlichen Landschaft) mit dem in der vergangenen Periode besuchten Punkt vergleichen und entscheiden, ob und in welche Richtung sie weitersuchen, werden zwei Varianten der ‘Tabu-Suche’ untersucht, in denen hinterlegt ist, dass die Verletzung bestimmter Handlungsregeln einen ‘Tabu-Punkt’ in den Entscheidungsmöglichkeiten definiert. Die ‘Tabu-Suche’ kommt in den Heuristiken der imitierenden und innovativen Agenten zur Anwendung. Während imitierende Agenten Punkte aufsuchen, die bereits von anderen Agenten aufgesucht wurden und einen höheren epistemischen Wert aufweisen, vermeiden Innovatoren bereits aufgesuchte Lösungsansätze in ihrer unmittelbaren Umgebung.

Im Ergebnis zeigt sich eine Population von Agenten, die der Strategie (3) folgt, als hochgradig effizient im Finden von Spitzen in einer epistemischen Landschaft, wohingegen sich die Strategie (2) als wenig erfolgreich erweist. Reine Imitation führt dazu, dass die Agenten rasch ein lokales Maximum erreichen, d.h. Felder erreichen, die einen epistemischen Wert  $\neq 0$  aufweisen, aber von dem aus keine weiteren Suchbewegungen mehr auf eines der globalen Maxima stattfinden (WEISBERG UND MULDOON, 2009, S.242). Dagegen findet eine Population, die Strategie (1) folgt, auch stets die Spitze einer episte-

<sup>95</sup>Forschungstyp (3) hat einen indirekten Bezug zu dem bei Kitcher und Strevens formulierten Prioritätswettbewerb in dem Sinne, als dass dieser Forschungstyp bereits genutzte Forschungsansätze gänzlich vermeidet, d.h. bereits aufgesuchten Forschungsfeldern keinen Wert beimisst.

mischen Landschaft, allerdings langsamer als in Strategie (3). Bei gemischten Strategien, insb. unter Hinzugabe eines einzelnen Agenten mit Strategie (3) in eine Population mit Strategie (2) zeigt sich ein positiver externer Effekt in der Weise, als dass die Agenten mit Strategie (3) durch die Exploration neuer Felder die Population mit Strategie (2) aus den lokalen Maxima ‘befreien’ und diese zu erhöhter Suchaktivität animieren. Die erhöhte Suchaktivität äußert sich auch darin, dass der epistemische Fortschritt der Imitatoren in gemischten Strategipopulationen erheblich zunimmt, diese also erheblich häufiger Felder mit epistemischer Relevanz  $\neq 0$  aufsuchen als zuvor (WEISBERG UND MULDOON, 2009, S.247).

Mit dem Ergebnis des Simulationsmodells, dass sich eine Population, die nur aus Innovatoren besteht, im Suchprozess am erfolgreichsten erweist, wird im Grunde das Argument zur Vorteilhaftigkeit des Prioritätswettbewerbs –wie bei KITCHER (1993) und STREVENIS (2003)– gestützt. Mit der ABM von Weisberg und Muldoon kann –gegenüber der repräsentativen Akteursstrategie– jedoch gezeigt werden, dass bereits ein geringer Anteil von ca. 10% an Innovatoren einen signifikanten positiven externen Effekt auf den Sucherfolg von Populationen mit imitierender Strategie hat. Vor dem Hintergrund, dass es sich bei der ABM um eine Situation handelt, in der die Forschungsfrage abgegrenzt ist und damit im Kuhnschen Sinne Normalwissenschaft betrieben wird (vgl. WEISBERG UND MULDOON (2009, S.249)), stellt sich eine gemischte Population als realistischerer Fall dar als eine rein explorative Population. In der Frage nach einer *optimalen* Arbeitsteilung, so wie sie in den Modellen von Kitcher und Strevens adressiert wird, gibt die hier vorgestellte ABM (noch) keine Antworten. Hierzu sind Kostenüberlegungen im Hinblick auf die unterschiedlichen Strategien einzuführen, die in der ABM nur intuitiv motiviert werden.<sup>96</sup> Die Autoren argumentieren, dass die imitierende Strategie weniger ressourcenintensiv ist als die innovative Suchstrategie, und damit eine optimale Arbeitsteilung dort anzutreffen ist, wo mit einem minimalen Anteil an Innovatoren ein schneller und erfolgreicher Suchprozess implementiert werden kann.

## 9.4 Opinion Dynamics im Kontext der ABM

Sowohl in der ökonomisch als auch soziologisch orientierten Wissenschaftsforschung spielt konformes und nicht-konformes Verhalten als Reputations- oder Abgrenzungsstrategie eine große Rolle (BROCK UND DURLAUF (1999); GILBERT (2007); GOLDMAN UND SHAKED (1991); KITCHER (1993)). Auch die Soziophysik hat in ihren Modellen der Opinion Dynamics (nicht-)konforme Meinungsäußerungen und die Abbildung entstehender Dyna-

---

<sup>96</sup>In der ABM wird von weiteren Eigenschaften der Agenten wie Präferenzen, Fähigkeiten, Reputation, Ressourcen etc. abstrahiert und lediglich der Einfluss der Suchstrategie auf die Problemlösungsfähigkeit untersucht.

miken auf der Makroebene zum zentralen Gegenstand (WEIDLICH UND HAAG (1983)). Allen Varianten der Opinion Dynamics-Modelle liegt folgendes Muster zugrunde (vgl. ACEMOGLU UND OZDAGLAR (2010)): (1.) Alle Agenten haben a priori eine Meinung, von der sie unterschiedlich stark überzeugt sein können, (2.) diese Meinung aktualisieren sie auf Basis neuer Informationen, eigener Erfahrungen oder in Kommunikation mit anderen Agenten, wobei sie (3.) einem bestimmten Verfahren folgen, wie sie aus der a priori Meinung mit den Informationen der Aktualisierung (2.) zu einer a posteriori Überzeugung gelangen.

Opinion Dynamics-Modelle unterscheiden sich im Wesentlichen in den drei genannten Punkten. Die Meinungen können diskret ( $\in \{0, 1\}$ ) (ISING (1925); SZNAJD-WERON UND SZNAJD (2000)) oder kontinuierlich auf dem Intervall  $(0, 1]$  (DEFFUANT ET AL. (2000); HEGSELMANN UND KRAUSE (2006)) modelliert sein; das Kommunikationsregime kann sich beispielsweise darin unterscheiden, ob die Agenten zufällig aufeinander treffen und über einen Kompromiss entscheiden (DEFFUANT ET AL. (2000)) oder die Agenten sich auf die durchschnittliche Meinung ihrer Bezugsgruppe zubewegen (HEGSELMANN UND KRAUSE (2006)), und die Art der Informationsverarbeitung (3.) kann sich schließlich darin unterscheiden, ob die Agenten ihre Entscheidungen auf Basis von Entscheidungsheuristiken treffen (z.B. DEFFUANT ET AL. (2000); HEGSELMANN UND KRAUSE (2006)) oder ein Bayessches Entscheidungskalkül nutzen (MARTINS (2008)).

Ein wesentliches Merkmal aller Opinion Dynamics-Modelle besteht darin, dass die Agenten keine Erwartungen über das Verhalten anderer Agenten haben. Ihre Entscheidung basiert auf Informationen, die ihnen in der *aktuellen* Periode zur Verfügung stehen, wobei die Agenten in den meisten diskreten Modellen gar keine Erinnerung haben, während sie in den Modellen, in denen die Informationsverarbeitung nach dem Bayesschen Lernen erfolgt, immerhin vergangene Erfahrungen in die Entscheidungsfindung einfließen lassen können. Darüber hinaus haben diese Modelle häufig Interaktionseffekte zum Gegenstand, die zu besonderen Dynamiken auf sozialer Ebene führen; neben der Existenz multipler Gleichgewichte werden häufig Phasenübergänge evident, in denen nur kleine Parameteränderungen zu plötzlichen und schnellen Veränderungen der Struktureigenschaften auf der Makroebene führen (MARTINS (2010)).

In den Eigenschaften der Opinion Dynamics-Modellen ist auch der Grund dafür zu suchen, warum die Literatur um Opinion Dynamics kaum in die sozialwissenschaftlichen, insbesondere ökonomisch orientierten Ausprägungen der Wissenschaftsforschung



integriert ist.<sup>97</sup> Insbesondere lässt sich hier die aus sozialen Interaktionen resultierende Komplexität nennen, die in den analytischen Modellen der Ökonomik nur schwer handhabbar ist, das Konzept der rationalen Erwartungen, wonach die Akteure Kenntnis über die Existenz *eines* Gleichgewichts haben und die Entscheidungsfindung in vielen ökonomischen Modellen –wie auch in der ESK–, die auf Nutzenfunktionen fußt, die sich aus der Erwartungsbildung der Akteure ableiten, diese jedoch wie beschrieben im Kontext der Opinion Dynamics keine Rolle spielt (vgl. OSTASIEWICZ ET AL. (2006, S.2f.)).<sup>98</sup>

Einzig diejenigen Opinion Dynamics-Modelle, die im Prozess der Informationsverarbeitung ein Bayessches Entscheidungskalkül nutzen, haben einen engeren Bezug zu den analytischen Modellen der ESK (vgl. Abschnitt 8.2). So konzipiert etwa MARTINS (2008, 2010) in seinem Model “Continuous Opinions and Discrete Actions” (CODA) eine Meinungsdynamik, in der sich die Meinungen zwar als diskrete Entscheidungen offenbaren, diese jedoch bei jedem Agenten mit einer auf kontinuierlichen Größen fußenden Meinungsbildungsfunktion, basierend auf Bayesschen Wahrscheinlichkeiten, hinterlegt ist. Martins knüpft damit an das –in Abschnitt 8.2.2 erläuterte– Vorgehen an, wie Wissenschaftler unter Nutzung bedingter Wahrscheinlichkeiten ihre (Posterior-)Überzeugungen herleiten können und schließt diesem Prozess die tatsächliche (diskrete) Entscheidung an, die wie erwähnt im Modell von HOWSON UND URBACH (1989) explizit ausgeblendet wurde. Die wesentliche Parallele zu den in Abschnitt 8.2.2 vorgestellten Modellen zeichnet sich zu den epistemischen Nutzenmodellen ab, die ebenfalls die Entscheidung unter Verwendung Bayesscher Wahrscheinlichkeiten modellieren. Während diese Modelle auf dem ökonomischen Prinzip der Erwartungsnutzenmaximierung beruhen und damit das Resultat des Prozesses fokussieren, stellt MARTINS (2010) die Dynamik des Prozesses in den Vordergrund der Betrachtung.

### **Martins,2010: Modeling Scientific Agents for a Better Science**

MARTINS (2010) geht in seinem ABM der Frage nach, welchen Einfluss soziale Faktoren auf den Konsensbildungsprozess einer wissenschaftlichen Gemeinde im Streben nach einer besseren Theorie haben. Ziel des Modells ist es, qualitative Muster auf der Makroebene

---

<sup>97</sup>Eine Ausnahme bilden hier lediglich die Arbeiten von BROCK UND DURLAUF (1999) und BROCK (2006), in denen soziale Interaktionseffekte zu multiplen Gleichgewichten und nicht-linearen Dynamiken führen. Selbst in der formal orientierten Literatur agentenbasierter Modelle finden sich kaum Referenzen auf Vertreter der Soziophysik. Im ‘Handbook of Computational Economics Vol.2 (Agent-based Computational Economics)’ findet sich unter dem Fachbegriff Opinion Dynamics kein Eintrag im Stichwortverzeichnis. Autoren, die der Soziophysik zuzuordnen sind, werden nur punktuell und ohne Einordnung in den Gesamtzusammenhang zitiert.

<sup>98</sup> Kritik an der weitestgehenden Isolation, unter der die Soziophysik agiert, richtet sich dabei auch an die Soziophysik: “Unfortunately, in many cases physicists are so fascinated with their tools that they forget to ask if the topic they choose to study - and the details of the models they use - are indeed interesting to the social scientists.” (SOBKOWICZ, 2009, S.2)

des Wissenschaftsprozesses, konkret Konsensbildungsprozesse, als Resultat interagierender Akteure darzustellen. Die Herausbildung eines wissenschaftlichen Konsenses wird im Sinne der Kuhnschen wissenschaftlichen Paradigmen interpretiert, d.h. die Herausbildung eines Konsenses ist die Einigung in der wissenschaftlichen Gemeinde auf die bessere Theorie. Zentral ist also die Frage, welchen Einfluss soziale Faktoren (im Gegensatz zur wissenschaftlichen Rationalität) auf die Herausbildung eines Konsenses im Sinne einer besseren Theorie haben. Bildet sich kein Konsens auf die bessere Theorie heraus, so die These, sind es die sozialen Einflüsse, die dies verhindern (MARTINS, 2010, S.522).

Die in diesem Modell verwendete Meinungsdynamik CODA (Continuous Opinions and Discrete Actions) für (oder gegen) eine Theorie ist eine diskrete Entscheidung und basiert auf einem Bayesschen Kalkül subjektiver Wahrscheinlichkeiten. Diese ‘interne Meinung’, d.h. die subjektive Wahrscheinlichkeit entspricht der subjektiven Einschätzung über den Wahrheitsgehalt einer Behauptung (MARTINS ET AL., 2009, S.3326).<sup>99</sup>

Konkret ist jeder Agent mit einer subjektiven (transformierten) Priorwahrscheinlichkeit  $v_i(t) = \ln(p_i/(1-p_i))$  ausgestattet, die für  $v_i(t) > 0$  widerspiegelt, dass er die Wahrscheinlichkeit für Theorie A ( $p_i$ ) höher einschätzt als die für Theorie B ( $1-p_i$ ) und Theorie A wählt.<sup>100</sup> Der Agent beobachtet, welche Entscheidung die anderen Agenten in seiner Umgebung treffen ( $\text{sgn}(v_j)$ ) und ermittelt über die Wahrscheinlichkeit, dass die anderen Agenten richtig liegen ( $a$ ), seine Posteriorwahrscheinlichkeit  $v_i(t+1) = v_i(t) + \text{sgn}(v_j) * a$ . Eine Meinungsänderung (d.h. die diskrete Entscheidung) ist damit abhängig von der Priorwahrscheinlichkeit, der Entscheidung der anderen Akteure und von der bedingten Wahrscheinlichkeit, dass die anderen Agenten mit ihrer Entscheidung richtig liegen.<sup>101</sup>

Selbstverstärkende Effekte im Mechanismus der Meinungsdynamik sorgen dafür, dass –bei reiner durch die Entscheidungen anderer beeinflusster Entscheidungsfindung– zwei gegebene Theorien langfristig nebeneinander her bestehen. Durch den oben skizzierten Prozess wird es im Zeitverlauf immer schwieriger, die eigene Meinung zu ändern, da sich  $v_i$  immer weiter von null (und damit von der ‘Entscheidungsgrenze’) weg bewegt. Anders formuliert verfestigen sich die Posteriorwahrscheinlichkeiten immer mehr, da sich die Agenten an ihren Netzwerkpartnern orientieren. Die dem CODA Modell inhärente Annahme rationaler Agenten, die sich immer an der für sie besten Option orientieren (MARTINS ET AL., 2009, S.3226), führt im Falle einer Entscheidungsfindung, die nur auf

<sup>99</sup>Die Bayessche Entscheidungslogik dient der Approximation der Realität, so dass der Erklärungsanspruch des Modells sich auf der Ebene einer künstlichen Welt bewegt; den Anspruch, die Realität abzubilden, hat dieses Modell nicht (MARTINS, 2010, S.522).

<sup>100</sup>Für  $v_i(t) < 0$  gilt entsprechend, dass sich der Agent für Theorie B entscheidet.

<sup>101</sup>Vereinfachend wird in diesem Modell angenommen, dass ausgehend von dem Fall, dass die Agenten A für die richtige Variante halten, jeder Nachbar in der Umgebung eines Agenten die Wahrscheinlichkeit von  $\alpha > .5$  hat, tatsächlich Variante A zu wählen;  $a$  ist demnach eine Funktion von  $\alpha$  (MARTINS, 2010, S.524).

sozialer Einflussnahme basiert, nicht zu einem optimalen Ergebnis. Damit wird auch die Motivation von Martins deutlich, die kategoriale Entscheidung für oder gegen eine Theorie mit einem auf kontinuierlichen Größen basierenden Meinungsbildungsprozess zu hinterlegen, da sich in diesem selbstverstärkende Effekte niederschlagen, die eine alternative Entscheidung (d.h. ein Vorzeichenwechsel von  $v_i$ ) zunehmend erschweren.

Die Ergänzung des sozialen Einflussfaktors um epistemische Aspekte erfolgt in der Weise, dass ein Anteil  $\tau$  der Agenten Experimente durchführt, die die Agenten –so die Annahme– immer zu der besseren Theorie  $A$  führen, d.h. dass die Experimente fehlerfrei sind. Ein Gewichtungsfaktor  $\rho$ , der den relativen Einfluss der direkten Beobachtung (aus dem Experiment) relativ zu den Entscheidungen anderer abbildet, bestimmt, inwieweit ein Wissenschaftler vom Typ ‘Experimentator’ in seiner Meinungsbildung sozial beeinflusst wird. Gesucht werden in dem Simulationsmodell dann die Anteile an Experimentatoren  $\tau$  und der Gewichtungsfaktor  $\rho$ , ab dem sich die ‘bessere’ Theorie  $A$  durchsetzen kann.

In den Simulationen zeigt sich, dass es sich bei  $\tau$  um einen kritischen Wert handelt: Falls dieser kleiner .5 ist, also nicht mindestens die Hälfte aller Wissenschaftler vom Typ ‘Experimentator’ ist, sich eine neue, in diesem Modell per definitionem bessere Theorie, nicht durchsetzen kann, unabhängig davon, wie stark die Experimentatoren in ihren Entscheidungen von der experimentellen Evidenz ( $\rho$ ) geleitet sind. Ein höherer Gewichtungsfaktor  $\rho$  fördert zwar die Durchsetzung von  $A$ , kann aber einen geringen Anteil von  $\tau < .5$  nicht kompensieren, so dass die Konsensbildung auf die bessere Theorie durch die selbstverstärkenden Effekte in der Meinungsbildung verhindert wird (MARTINS, 2010, S.526).

In einem weiteren Simulationsexperiment, in dem die Annahme initial gleichverteilter Agenten auf die möglichen Theorien fallen gelassen wird, zeichnet sich ein interessanter Phasenübergang an: In einer Betrachtung über variierende Perioden  $t$  wird unter der Annahme, dass alle Agenten Experimentatoren sind ( $\tau = 1$ ) und initial 1% der Agenten Theorie  $A$  wählt, der Einfluss von  $\rho$  geprüft. Während sich bei starkem sozialen Einfluss ( $\rho$  nahe null) nie ein Konsens auf  $A$  herausstellt, liegt der Wert, ab dem sich immer ein Konsens auf die ‘bessere’ Theorie herausbildet, nicht etwa bei  $\rho > .5$ , sondern bereits bei  $\rho > 1/3$ . Ab diesem Wert treten erhebliche selbstverstärkende Effekte auf, die einen plötzlichen Übergang von Dissens zu Konsens auf die ‘bessere’ Theorie auslösen. Solange also die Experimentatoren die Evidenz in ihren Entscheidungen ausreichend berücksichtigen, kann sich die bessere Theorie durchsetzen; der soziale Einflussparameter beeinflusst in diesem Fall lediglich die Geschwindigkeit des Prozesses (MARTINS, 2010, S.530).

Auch wenn in den CODA-Modellen kein Anspruch auf Wahrheit formuliert wird (MARTINS, 2010, S.520), handelt es sich um Modelle mit einem normativen Anspruch, da sie ex-ante eine ‘bessere’ Theorie bestimmen, um zu untersuchen, ob sich eine wissenschaftli-

che Gemeinde durch Informationsaustausch generell der besseren Theorie annähert, d.h. hier ihren Konsens findet.<sup>102</sup>

### **Zollman,2008: Social Structure and the Effects of Conformity**

ZOLLMAN (2008) widmet sich in seiner Arbeit der Frage, welchen Einfluss Konformität als Praxis kollektiver Meinungsbildung auf die soziale Epistemologie hat. Konkret geht es um die Frage, ob konformes Verhalten einen positiven Effekt auf die individuelle Reliabilität wie auch die Reliabilität der wissenschaftliche Gemeinde hat. Die Frage wird insbesondere vor dem Hintergrund gestellt, als Konformität einen sozial negativen Einfluss haben kann, wenn sich Individuen durch konformes Verhalten wissentlich an falsche Aussagen anpassen und sich damit auf ein schlechtes Ergebnis koordinieren. Dieser Effekt ist durch die Experimente von ASCH (1955) motiviert, wonach ein solches Verhalten darauf zurückzuführen ist, dass die Kosten falsch zu liegen, geringer bewertet werden als die Kosten, anderer Meinung bzw. in der Minderheit zu sein. Dies gilt insbesondere für Situationen, in denen eine hohe Komplexität herrscht und in denen bei Entscheidungsfindungen Informationen anderer, vermutlich besser informierter Akteure, genutzt werden (JANSSEN UND OSTROM, 2006, S.1481). Imitierendes Verhalten im wissenschaftlichen Koordinationsprozess wird hier allerdings weniger auf eine starkes Informationsgefälle zurückgeführt, sondern als Ausdruck dafür interpretiert, dass in der wissenschaftlichen Gemeinde hinreichend empirische Evidenz für eine bestimmte Auffassung herrscht und unter Voraussetzung gleicher Reliabilität und Ehrlichkeit aller Akteure eine Anpassung an diese stattfindet (vgl. ZOLLMAN (2008, S.319)).

In dem Modell wird davon ausgegangen, dass a priori eine wahre Theorie existiert, über die die Agenten mit Verzerrung korrekt informiert sind. Reliabilität bedeutet, richtig über die wahre Theorie informiert zu sein, d.h. die Wahrscheinlichkeit, korrekt informiert zu sein ( $1 - \epsilon$ ). Während auf individueller Ebene ein Wissenschaftler reliabel ist, wenn er die wahre Theorie angenommen hat, wird Reliabilität auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde darüber definiert, sich auf die wahre Theorie zu koordinieren bzw. mindestens eine Mehrheit über diese herzustellen. Die Struktur, über die die Individuen ihre Meinungen koordinieren, wird in drei verschiedenen Netzwerkvarianten abgebildet: (1) vollständige

<sup>102</sup>Ganz ähnlich modellieren Hegselmann und Krause einen Parameter, der dafür sorgt, dass Wissenschaftler eine Tendenz zur Wahrheit haben (HEGSELMANN UND KRAUSE, 2006, S.2). Es wird die Existenz einer einzigen Wahrheit unterstellt, die ein unbekannter, sich nicht verändernder Punkt im Meinungsraum und damit unabhängig davon ist, was von den Agenten für wahr *gehalten* wird (vgl. HEGSELMANN UND KRAUSE (2006, S.23)). In dieser Interpretation beeinflusst die Wahrheit die Meinungen, aber die Wahrheit wird nicht von den Meinungen beeinflusst (HEGSELMANN UND KRAUSE, 2006, S.3). Hierin spiegelt sich auch ihre wissenschaftsphilosophische Haltung wider: Relevant ist aus ihrer Sicht allein die wissenschaftliche *Überzeugung* eines Agenten; eine nachgeschaltete Entscheidung (wie bei Martins), in der sich auch soziale Einflussfaktoren niederschlagen und damit die 'Entscheidung' beeinflussen können, wäre aus ihrer Sicht epistemisch unrein und damit irrelevant.

Netzwerke, in denen alle Agenten miteinander verbunden sind, (2) Ringnetzwerk, in dem jeder Agent mit seinen zwei Nachbarn verbunden ist und (3) Radnetzwerk, in dem jeder Agent zusätzlich zu (2) noch mit einem zentralen Agenten verbunden ist. Ein individueller Agent ändert seine Meinung dann, wenn die Mehrheit seiner Partner im Netzwerk anderer Meinung ist. Die Aktualisierung erfolgt simultan bei jedem Agenten in jeder Periode, d.h. die Agenten zeigen keine Beharrung und können ihre Meinung prinzipiell immer wieder ändern. Die Ergebnisse der Simulationsanalyse verweisen insgesamt auf eine Diskrepanz zwischen individueller und sozialer Epistemologie, da für die Agenten mit einer Reliabilität  $\epsilon < .5$  (Reliabilität größer als der Zufall) gilt, dass sie bessere Ergebnisse erzielen, wenn sie sich an den Meinungen anderer orientieren, als wenn sie sich nur auf ihr eigenes Urteil verlassen (ZOLLMAN, 2008, S.336). Hinsichtlich der Frage nach der sozialen Epistemologie, d.h. ob eine Gruppe von Wissenschaftlern die richtige Mehrheit erreicht, stellt sich der positive Effekt konformen Verhaltens nicht notwendigerweise ein. Insbesondere im Ring- und Radnetzwerk stellt sich durch gegenseitige Beeinflussung keine höhere Reliabilität ein (ZOLLMAN, 2008, S.336). Ergänzend dazu hat sich im Hinblick auf das institutionelle Setting gezeigt, dass ein vollständiges Netzwerk im Vergleich zu den anderen Netzwerken sowohl hinsichtlich des individuellen als auch sozialen Ergebnisses erfolgreicher ist. In einer Entscheidungsumgebung, in der soziale Einflüsse eine Rolle spielen, sollte also jeder Agent mit jedem kommunizieren können, um soviel gegenseitige Einflussnahme wie möglich zu erreichen (ZOLLMAN, 2008, S.336). Die Ergebnisse der analytischen Lösung und der Simulationsanalyse unterliegen einem deterministischem Charakter in dem Sinne, als dass die Agenten sich in jeder Entscheidungsrunde tatsächlich an die Meinung ihrer Netzwerkpartner anpassen, d.h. sie deren Meinung korrekt erkennen und sich auch an diese anpassen.<sup>103</sup>

## 9.5 Kritische Reflexion der ABM im Kontext der ESK

In der kritischen Reflexion der analytischen Modelle der ESK wurden zwei wesentliche Problemfelder ausgemacht (vgl. Abschnitt 8.3): Zum einen die Figur des rationalen, repräsentativen Akteurs und zum anderen die Ableitung einer sozialen Epistemologie, die eine Aggregation individueller Epistemologien darstellt und sich *qualitativ* nicht von diesen unterscheidet. Im Abschnitt 9.1 wurde das Potenzial der ABM vorgestellt, diese Probleme zu beheben: Zum einen durch die Modellierung heterogener, eingeschränkt rationaler Akteure und zum anderen durch das Konzept der Emergenz als ein aus der Interaktion der Akteure erklärbares, aber nicht vorhersehbares Resultat auf sozialer Ebene. Inwieweit die

---

<sup>103</sup>Die Einführung einer Mutationsrate, in der Agenten entgegen der Regel entscheiden, verbessert zwar die soziale Reliabilität im Ring- und Radnetzwerk, verändert aber die grundsätzlichen Ergebnisse nicht (ZOLLMAN, 2008, S.334).

hier vorgestellten ABM im Kontext der ESK diese Lösungsmöglichkeiten umsetzen, soll abschließend beurteilt werden. Für die betrachteten ABM sind damit folgende Aspekte zu klären: Sind die Agenten naturalistisch motiviert, d.h. spiegeln sich in ihrer Modellierung *tatsächliche* Dispositionen und Verhaltensweisen wider?, was ist das Resultat auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde und welche Interaktionsmuster erklären das Resultat (Emergenz)?, und welcher Bewertungsmaßstab wird an dieses Resultat angelegt?

### 9.5.1 Naturalistische Perspektive auf die Agenten?

Mit Blick auf die Anforderungen einer zeitgenössischen Wissenschaftsphilosophie ist im Folgenden zu beurteilen, inwiefern die in den ABM hinterlegten Verhaltensstrategien soziale Einflussfaktoren –oder in der Terminologie der klassischen Wissenschaftsphilosophie nicht-epistemische Einflussfaktoren– abbilden. Das betrifft im Sinne einer naturalistischen Fundierung zum einen die Frage, ob psychologische und / oder motivationale Faktoren im individuellen Entscheidungsverhalten Eingang in die ABM finden, und zum anderen die Frage, ob tatsächliche wissenschaftliche Praktiken, wie z.B. Reputationseffekte im Publikationswettbewerb oder Autoritätsargumente in der wissenschaftlichen Debatte, modelliert werden.

So fokussieren DE LANGHE UND GREIFF (2010) die Entscheidung der Agenten zwischen Forschungsclustern, die abhängig ist von einer individuellen Größe (Präferenzen  $\sim U[0, 1]$ ) und einer sozial bestimmten Größe (Wert eines Clusters definiert durch akkumulierten Forschungsoutput und selbstverstärkenden Effekt). Die Agenten wählen das Cluster, welches den maximalen Summenwert aus Präferenzen und Clusterwert liefert, so dass die Dynamik in dem Grundmodell im Wesentlichen durch die sozial bestimmte Größe determiniert ist. Den Präferenzen kommt in einer Modellerweiterung insofern höhere Bedeutung zu, als durch eine Endogenisierung der Präferenzen erreicht wird, dass die Neigung der Agenten, das Forschungscluster zu wechseln, umso geringer wird, je länger sie bereits einem Cluster verbunden sind. Als mögliche Gründe führen die Autoren Reputationseffekte, die Vermeidung von Investitionskosten und die Stabilisierung der eigenen Position durch abnehmende Berücksichtigung anderer Überzeugungen an (DE LANGHE UND GREIFF, 2010, S.288). Neben der sozial bestimmten Einflussgröße, die, wie in Abschnitt 9.3 erläutert, selbstverstärkende Effekte aufweist, werden in dieser ABM damit auch motivationale Dispositionen der *individuellen* Akteure berücksichtigt, so dass diese ABM als naturalistisch motiviert eingeordnet werden kann.

Die ABM von MULDOON UND WEISBERG (2011) ist als Kritik der Entscheidungsrationale, wie sie in den Modellen von KITCHER (1993) und STREVENS (2003) hinterlegt ist, konzipiert. Da die ABM dazu dient, die Robustheit zentraler Annahmen dieser Modelle zu prüfen, wird das grundlegende Prinzip des *'marginal contribution/reward scheme'* auch

nicht aufgegeben (vgl. die Ausführungen zu dem Modell in Abschnitt 8.2). Konkret wird in der ABM die Erwartungsnutzenmaximierung der Agenten beibehalten (vgl. die Kritik von DOWNES (2001) in Abschnitt 8.3) und den Agenten unterstellt, dass die Kenntnis der funktionalen Form, wie sich die Erfolgswahrscheinlichkeit eines Forschungsprojektes ermitteln lässt, ‘common knowledge’ ist. Allerdings wird den Agenten in ihrer Zielsetzung, ihre Anerkennung durch die Allokation von Forschungsbemühungen auf eine gegebene Anzahl von Forschungsprojekten zu maximieren, ein begrenztes Wissen im Hinblick auf die Allokation aller anderen Agenten und eine vom wahren Wert abweichende, individuelle Überzeugung zu den Erfolgswahrscheinlichkeiten der Forschungsprojekte unterstellt. Insgesamt sind die Agenten zwar wie in den Modellen von Kitcher und Strevens an maximaler Anerkennung interessiert, d.h. sie sind nicht-epistemisch motiviert, unterliegen in ihren Entscheidungen dabei aber begrenzten Informationen und heterogenen Einschätzungen zur Erfolgswahrscheinlichkeit. Die Modellierung der individuellen Agenten kann damit –in Bezug auf diese beiden Eigenschaften– als naturalistisch motiviert gelten.

Die bei MARTINS (2010) zentrale Frage, inwieweit soziale Einflüsse die Koordination auf eine bessere Theorie beeinflussen, wird in seinem Modell darüber abgebildet, wie hoch der Anteil der sich der besseren Theorie zuwendenden Experimentatoren ist und wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass sich der Experimentator in seiner Entscheidung nicht durch die per definitionem richtige Evidenz leiten lässt, sondern durch die Überzeugung der benachbarten Agenten. Insgesamt resultiert aus den –in dem Bayesschen Entscheidungskalkül hinterlegten– selbstverstärkenden Effekten in der sozialen Einflussnahme (durch die benachbarten Agenten), dass eine Entscheidungskultur, die nur auf sozialen Effekten beruht, der Zuverlässigkeit der Wissenschaft schadet, da sich initial vorhandene (falsche) Überzeugungen festigen. Diese Struktur kann nur dadurch aufgelöst werden, dass hinreichend rationale Experimentatoren vorhanden sind, die die soziale Einflussnahme in die richtige Richtung lenken bzw. den selbstverstärkenden Effekt auf die richtige Theorie umleiten. Das abschließende Urteil darüber, ob diesem Modell eine naturalistische Fundierung zugesprochen werden kann, fällt zwiespältig aus: Im Hinblick auf die Entscheidungs rationalität der Agenten offenbart sich die hier adaptierte Bayessche Entscheidungsheuristik als sinnvolles Instrument, um in den kontinuierlichen Werten der Posteriorwahrscheinlichkeiten die Festigung der eigenen Meinung abzubilden, gleichzeitig in der Entscheidung aber nur die tatsächlich verfügbare Information, d.h. die Entscheidung und nicht die Überzeugung anderer Agenten, einfließen zu lassen.<sup>104</sup> Im Hinblick auf die den Experimentatoren

<sup>104</sup>Die Kritik an dem Bayesschen Wahrscheinlichkeitskalkül, dass erstens nicht evident ist, wie die Priorwahrscheinlichkeiten zustande kommen, und zweitens die *Entscheidung* der Akteure für oder gegen eine Theorie nicht erklärt wird, kann Martins im Hinblick auf den zweiten Kritikpunkt damit zumindest dahingehend entkräften, als er epistemische und soziale Einflüsse auf den Meinungsbildungsprozess *und* die Entscheidung thematisiert. Aber auch hier wird von einer inhaltlichen Begründung für oder gegen eine Entscheidung abstrahiert (vgl. auch Abschnitt 8.2.2).

unterstellte wissenschaftliche Rationalität, dass diese immer fehlerfrei die per definitionem richtige Theorie bestätigen, scheint Skepsis angebracht, da es sich hierbei um eine Annahme handelt, die im Hinblick auf ihren tatsächlichen Gehalt angezweifelt werden muss. Wenn eine vereinfachende Annahme aber nicht den Anspruch hat, tatsächliche Gegebenheiten zumindest zu approximieren, sollte diese nicht so zentral sein, dass sie das Resultat des Modells wesentlich steuert (MULDOON UND WEISBERG, 2011, S.162). Unter Aufhebung der wissenschaftlichen Rationalität der Experimentatoren ist allerdings davon auszugehen, dass die Herausbildung eines wissenschaftlichen Konsenses auf die bessere Theorie weniger durch die Existenz von Experimentatoren determiniert, sondern durch die selbstverstärkenden Effekte der sozialen Beeinflussung gesteuert würde, die, wie gezeigt, einen negativen Einfluss auf die Konsensbildung haben.

Ausgangspunkt des Modells bei WEISBERG UND MULDOON (2009) ist die Überlegung, dass Wissenschaftler auf der Suche nach Problemlösungen nur begrenztes Wissen haben, d.h. sie ex-ante nicht wissen, ob und wo in der epistemischen Landschaft Problemlösungen existieren. Das Wissen der Agenten beschränkt sich entsprechend der Entscheidungsheuristiken darauf, dass die Agenten lediglich ein (Kurzzeit-)Gedächtnis über die Resultate der vergangene Periode und Kenntnis über die möglichen Problemlösungen in der unmittelbaren Umgebung ihres eigenen Lösungsansatzes haben. Das impliziert ebenfalls, dass, so die Agenten eine Problemlösung erzielt haben, sie weiterhin kein Wissen um die Existenz besserer Lösungen haben und ihre Problemlösung nur ein lokales Maximum darstellen kann. Insgesamt stellen die erreichten Positionen der Agenten aufgrund der Möglichkeit lokaler Maxima und der Unkenntnis über ein globales Maximum eine zufriedenstellende Lösung aus *individueller* Perspektive dar, die sich erst aus der indirekten Kommunikation mit anderen Agenten entwickelt und abhängig ist von der Historie des Suchprozesses. Die Modellierung der Agenten mit unterschiedlichen Motiven, lokal und zeitlich begrenztem Wissen über den epistemischen Wert ihrer Problemlösungsmöglichkeiten kann damit als naturalistisch motiviert angesehen werden.

Ob die Modellierung der Akteure bei ZOLLMAN (2008) als naturalistisch fundiert angesehen werden kann, bleibt aufgrund des hohen Abstraktionsgrades diskussionswürdig: Die Agenten folgen alle derselben Entscheidungsregel, wobei sie unterschiedlich gut über die wahre Theorie informiert sind. Die Überzeugung der Agenten ist darüber hinaus vollständig durch die Überzeugungen der benachbarten Agenten determiniert (ZOLLMAN, 2008, S.321), und dadurch, dass die Agenten in jeder Periode eine (neue) Entscheidung treffen, auch vollkommen losgelöst von Beharrungstendenzen oder Effekten, die die eigene Überzeugung bestärken. Die individuelle Zielsetzung, die wahre Theorie anzunehmen, d.h. die individuelle Reliabilität zu erhöhen, ist unmittelbar determiniert durch die jeweils unterstellte Netzwerkstruktur der wissenschaftlichen Gemeinde (vgl. ZOLLMAN (2008, S.333)



sowie die Erläuterungen zu diesem Modell in Abschnitt 9.4).

### 9.5.2 Emergente soziale Epistemologie?

In diesem Abschnitt wird kurz rekuriert, wie in den ABM das jeweilige Resultat auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde definiert ist und welche Interaktionsmuster zur Erklärung des Resultats herangezogen werden. Anders formuliert ist die Frage nach der Emergenz in den jeweiligen ABM zu klären.

Die ABM von DE LANGHE UND GREIFF (2010); MARTINS (2010); WEISBERG UND MULDOON (2009); MULDOON UND WEISBERG (2011) und ZOLLMAN (2008) sind dadurch gekennzeichnet, dass sie mehrere Resultate respektive Gleichgewichte ermöglichen. So können sich im Modell von DE LANGHE UND GREIFF (2010) auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde 1 bis  $n$  wissenschaftliche Standards herausbilden, bei MULDOON UND WEISBERG (2011) die Agenten auf 1 bis  $n$  Forschungsprojekte allozieren, im Modell von WEISBERG UND MULDOON (2009) können die Agenten Positionen in lokalen und globalen Maxima einnehmen und bei MARTINS (2010) und ZOLLMAN (2008) kann sich (eindeutiger) Konsens oder Dissens bezüglich zweier Theorien herausstellen. Welche Resultate sich in den Modellen ergeben, ist dabei nicht vorhersehbar.<sup>105</sup> Die Ergebnisse sind aber insofern erklärbar, als

- das Ausmaß selbstverstärkender Effekte den Wert wissenschaftlicher Cluster erhöht und –unter Berücksichtigung von Beharrungstendenzen– die Entscheidungen der Agenten beeinflusst, wobei diese wiederum die Herausbildung von Standards beeinflussen (DE LANGHE UND GREIFF (2010)),
- ein eingeschränkter Informationsradius und unterschiedliche Erfolgseinschätzungen die Allokation der Forscher auf unterschiedliche Forschungsprojekte beeinflussen (MULDOON UND WEISBERG (2011)),
- selbstverstärkende Effekte in der Festigung der eigenen wissenschaftlichen Überzeugung und Evidenz erzeugende Experimentatoren die Konsensbildung beeinflussen (MARTINS (2010)),

---

<sup>105</sup>Das Modell von Zollman stellt diesbezüglich eine Ausnahme dar, da er –soweit möglich und zusätzlich zu den Simulationsergebnissen– analytisch die Bedingungen herleitet, unter denen es zu einer Konvergenz auf die bessere Theorie unter bestimmten Netzwerkstrukturen kommt (vgl. ZOLLMAN (2008, S.326)). Die Möglichkeit der analytischen Lösung resultiert aus der deterministischen Entscheidungsstruktur, die diesem Modell zugrunde liegt. Im Hinblick darauf, dass dieses Modell zudem sehr stark stilisierte Agenten unterstellt, ist die Zugehörigkeit zur Klasse der wie in Abschnitt 9.1 definierten ABM im Grunde nicht gegeben. Damit liegt hier ein Modell vor, das zwar einen Bezug zur Literatur der ESK aufweist, in dem Lösungsansatz jedoch nicht den Erfordernissen entspricht, wie sie abschließend in Abschnitt 9.1 formuliert wurden.

- erweiterte Suchstrategien die Herauslösung aus lokalen Maxima ermöglichen (WEISBERG UND MULDOON (2009)) oder
- die Netzwerkstruktur und damit die Interaktionsmöglichkeiten der Agenten Einfluss nehmen auf die Reliabilität einer wissenschaftlichen Gemeinde (ZOLLMAN (2008)).

Darüber hinaus erweisen sich die Koordinationsprozesse im Zeitverlauf als zunehmend unflexibel und sind kritisch in ihren Anfangsbedingungen: Bei DE LANGHE UND GREIFF (2010) betrifft dies die initiale Evidenz für die wissenschaftlichen Standards und die Verteilung der Präferenzen, bei MARTINS (2010) die Startwerte für den Anteil an Experimentatoren, bei WEISBERG UND MULDOON (2009) den Anteil an Innovatoren in einer Population imitierender Agenten, bei MULDOON UND WEISBERG (2011) die initiale Verteilung der Agenten auf die Forschungsprojekte sowie ihren Informationsradius und bei ZOLLMAN (2008) die initiale Verteilung der Überzeugungen auf die Konvergenzeigenschaft unter bestimmten Netzwerkstrukturen.

Insgesamt sind die hier erwähnten ABM dadurch gekennzeichnet, dass unterschiedlich motivierte Akteure in Interaktion miteinander treten und dadurch ein (in der Regel) nicht vorhersehbares Resultat auf sozialer Ebene erzeugen. Eine Bewertung dieses Resultats kann aber nur erfolgen, wenn Wertkategorien vorhanden sind. Diese sind, wie im nächsten Abschnitt gezeigt, in den vorgestellten ABM stets exogen vorgegeben.

### 9.5.3 Normative Wertmaßstäbe auf sozialer Ebene?

Im Hinblick auf die Frage, über welchen Maßstab das soziale Ergebnis der Interaktion bewertet wird, zeigt sich, dass einige ABM die Existenz einer (den Agenten unbekannt) Wahrheit annehmen (WEISBERG UND MULDOON (2009); ZOLLMAN (2008)) oder mindestens eine subjektunabhängige Außenwelt (MARTINS (2010)). So werden bei Weisberg und Muldoon signifikante Wahrheiten als Felder in der wissenschaftlichen Landschaft mit Erhöhungen dargestellt, womit ein Maximum als ein signifikantes Ergebnis mit dem höchsten zu vergebenden Wahrheitsgehalt zu interpretieren ist (WEISBERG UND MULDOON, 2009, Fn3). Zollman geht von einer wahren Theorie aus, über deren Existenz die Agenten unterschiedlich gut informiert sind (ZOLLMAN, 2008, S.320). Bei MARTINS (2010, Fna) wird zwar kein expliziter Wahrheitsanspruch formuliert, aber es wird eine betrachterunabhängige Außenwelt unterstellt, in der ein Phänomen durch eine Theorie *A* besser erklärt wird als durch eine andere Theorie. Eine Konsensbildung auf *A* ist dadurch möglich, dass ein Teil der Population sich per definitionem für die bessere Theorie *A* entscheidet. Auch wenn Martins vorsichtiger formuliert, macht die begriffliche Differenzierung im Hinblick auf die Modellierung letzten Endes keinen Unterschied: Der wesentliche Punkt ist, dass die genannten ABM mit der Existenz einer besseren Theorie oder der Wahrheit einen

subjektunabhängigen, epistemischen Maßstab formulieren, anhand dessen das Ergebnis aus der Interaktion der Agenten *objektiv* beurteilt werden kann. Somit wird in diesen Modellen eine normative Dimension erzeugt, anhand derer das Resultat auf sozialer Ebene, d.h. die soziale Epistemologie, bewertet werden kann.

Die normativen Bewertungsmaßstäbe in den ABM von DE LANGHE UND GREIFF (2010) und MULDOON UND WEISBERG (2011) hingegen sind nicht an einer absoluten epistemischen Wertkategorie ausgerichtet. In ihrem Beurteilungskriterium formulieren die Autoren vielmehr diejenigen Bedingungen, unter denen sich nicht-monopolistische Forschungsstandards herausbilden oder eine Allokation auf unterschiedliche Forschungsprojekte erzielen lässt. Während die ABM von MARTINS (2010), WEISBERG UND MULDOON (2009) und ZOLLMAN (2008) die Normativität positiv über die richtige Theorie, epistemische Signifikanz oder Annäherung an Wahrheit definieren, formulieren DE LANGHE UND GREIFF (2010) und MULDOON UND WEISBERG (2011) ein negatives Kriterium bzw. ein Resultat auf sozialer Ebene, das entsprechend wissenschaftsphilosophischer Argumente zur kognitiven Arbeitsteilung zu *vermeiden* ist.

#### 9.5.4 Abschließende Bemerkungen

Diese kritische Würdigung der ABM im Kontext der ESK hat gezeigt, dass die Modelle von DE LANGHE UND GREIFF (2010), MARTINS (2010) und WEISBERG UND MULDOON (2009) emergente Phänomene abbilden, die durch die Interaktion heterogener, eingeschränkt rationaler Akteure erklärbar, aber nicht vorhersehbar sind. Ein zentraler Kritikpunkt, der insbesondere die ABM von MARTINS (2010) und WEISBERG UND MULDOON (2009) betrifft, kann im Hinblick darauf formuliert werden, dass die Maßstäbe zur Beurteilung des Resultats aus der wissenschaftlichen Interaktion exogen und über das Wahrheitskriterium eindeutig vorgegeben sind. Dieses Vorgehen ist aber insofern zu rechtfertigen, als diese ABM sich im Wesentlichen auf diejenigen Arbeiten im Kontext der ESK beziehen, die den Wahrheitsbegriff als normativen Maßstab bemühen (GOLDMAN UND SHAKED (1991); KITCHER (1993)) und nicht auf diejenigen Ansätze, die die Kriterien, anhand derer sich Wissen legitimiert, abseits des Wahrheitsbegriffs suchen (LONGINO (2002); SOLOMON (2001)) oder erst über den Interaktionsprozess der Akteure ableiten (DOWNES (1993)). Dennoch gelingt es diesen ABM mit der Darstellung emergenter Resultate, die aus der Interaktion der Agenten resultieren, sich ein Stück weit von dem Verständnis des ‘Sozialen’ zu lösen, wie es durch die klassische Wissenschaftsphilosophie motiviert ist und in einigen Ansätzen der ESK –beispielsweise bei GOLDMAN UND SHAKED (1991)– zum Ausdruck kommt: Hier impliziert ‘sozial’ eine Aggregation der Epistemologien individueller Akteure, da individuelle Erkenntnisfähigkeit der einzig relevante Gegenstandsbereich der Wissenschaftsphilosophie ist. Und auch wenn –wie bei Kitcher– der Fokus auf den

rein epistemisch motivierten Akteur aufgegeben und der Beitrag nicht-epistemischer Motive in den Fokus gerückt wird, so bemüht er doch einen universellen ‘Externen Standard’ (KITCHER, 1993, S.188f.), der Bedingungen der Rationalität für Veränderungen von Überzeugungen oder Praktiken formuliert.<sup>106</sup>

Den hier skizzierten ABM gelingt es damit einerseits, das Verständnis des ‘Sozialen’ mehr als Resultat interagierender Akteure zu erfassen (anstatt als Aggregation individueller Eigenschaften), andererseits sind die ABM einem Bewertungsmaßstab (der ESK) verhaftet, der ahistorisch und subjektunabhängig als Norm eingesetzt wird. Im Hinblick auf die technische Umsetzung in einer ABM liegt der Vorteil eines exogen gegebenen Bewertungskriteriums auf der Hand, da hiermit eine eindeutige Bewertung des emergenten Resultats ermöglicht wird. Wesentlich komplexer stellt sich die Modellierung dar, wenn neben interagierenden Agenten zusätzlich historisch und sozial bedingte Wertkategorien einer wissenschaftlichen Gemeinde als emergentes Resultat zu betrachten sind. In diesem Fall wären explizit die Regeln einer wissenschaftlichen Gemeinde, nach denen sich wissenschaftliches Wissen legitimiert, d.h. individuelle Erkenntnis in explizites Wissen transformiert wird, zu betrachten. ABM im Kontext der ESK mit dem expliziten Ziel, andere Wertkategorien zu modellieren oder die Wertkategorien endogen aus der Interaktion der Agenten entstehen zu lassen, sind der Verfasserin dieser Arbeit nicht bekannt.

Das Erbe der klassischen Wissenschaftsphilosophie spiegelt sich schließlich auch darin wider, dass –mit Ausnahme von MULDOON UND WEISBERG (2011)– in den ABM kaum Gebrauch davon gemacht wird, den Agenten explizit nicht-epistemisch motivierte Entscheidungsalternativen zur Verfügung zu stellen, sondern die Beeinflussung durch andere Agenten –wie in der ABM von DE LANGHE UND GREIFF (2010); MARTINS (2010) und WEISBERG UND MULDOON (2009)– auf einem abstrakten Niveau und als der Zielerreichung hinderlich darzustellen.<sup>107</sup>

Ob die hiermit geäußerte Kritik an den analysierten ABM gerechtfertigt ist, ist vor dem Hintergrund zu klären, was die ABM selbst überhaupt beanspruchen zu leisten, d.h. welchen Erklärungsanspruch sie formulieren. Alle hier vorgestellten ABM sind der Klasse der heuristisch motivierten ABM zuzuordnen. Sie replizieren keine empirischen Prozesse, sondern sind bestrebt, Einblick in kausale Mechanismen eines sozialen Systems und deren Bedingtheit durch die formulierten Anfangsbedingungen zu erlangen, alternative Hypothesen zu formulieren und Konsequenzen theoretischer Annahmen aufzudecken (vgl.

<sup>106</sup>“Kitcher thus joins Goldman, (...) in the view that it is possible to articulate a priori conditions of rationality or of epistemic warrant that operate independently of, or, perhaps one might say, orthogonally to, the social relations of science.” (LONGINO (2013))

<sup>107</sup>“In most real cases, this is an idealization, which we made here in order to keep the models simple (...). Real judgments about epistemic significance are likely to be colored by background beliefs and nonepistemic goals.(...) The scientists’ overall judgments about the significance of the truths yielded by an approach will (...) vary between scientists.” (WEISBERG UND MULDOON, 2009, Fn4).

Abschnitt 9.1). Dies wird insbesondere im Hinblick auf die jeweils referenzierten Modelle der ESK deutlich. So ist der Erklärungsanspruch bei

- DE LANGHE UND GREIFF (2010, S.278) zu zeigen, dass die Schlussfolgerungen derjenigen Modelle, die die Vorteilhaftigkeit der Arbeitsteilung in der Wissenschaft über den Mechanismus der unsichtbaren Hand erklären wollen (KITCHER, 1993), nicht robust gegenüber der Anzahl der angenommenen wissenschaftlichen Standards sind.
- MARTINS (2010, S.531) zu zeigen, welche Verhaltensweisen –wie soziale Beeinflussung und experimentelle Evidenz– einer wissenschaftlichen Gemeinde in dem Streben nach einer besseren Theorie zu- oder abträglich sind.
- WEISBERG UND MULDOON (2009, S.227) zu zeigen, dass eine ABM zur Arbeitsteilung in wissenschaftlichen Gemeinden im Gegensatz zu Modellen auf Basis des ‘marginal contribution / reward (MCR) scheme’ (KITCHER, 1993; STREVEN, 2003) eine höhere Flexibilität in der Repräsentation der Agententypen zulässt. Es wird gezeigt, dass eine feinere Abstufung der Agententypen und ihrer Zielsetzungen es erlaubt, die Erkenntnisse aus MCR-Ansätzen zu verallgemeinern.
- MULDOON UND WEISBERG (2011, S.162) zu zeigen, dass die Annahmen in den Modellen auf Basis des ‘marginal contribution / reward (MCR) scheme’ (KITCHER, 1993; STREVEN, 2003) weder approximativ wahr noch robust sind und eine Lockerung der Annahmen zu einer nicht optimalen Allokation (Arbeitsteilung) in wissenschaftlichen Gemeinden führt.
- ZOLLMAN (2008, S.317) zu zeigen, dass Konformität als insbesondere in der Sozialpsychologie negativ konnotierter Einflussfaktor in Entscheidungsprozessen nicht grundsätzlich der Reliabilität einer wissenschaftlichen Gemeinde abträglich ist.

Auch wenn die hier vorgestellten ABM den heuristischen Modellen zuzuordnen sind, lässt sich in den meisten dieser ABM eindeutig das Bestreben erkennen, der Entscheidung, *warum und wie* Agenten sich von anderen wissenschaftlichen Positionen überzeugen lassen, eine psychologische und motivationale, d.h. naturalistische Fundierung zu geben (vgl. Abschnitt 9.5.1). Wenn den ABM damit ein Erklärungsanspruch unterstellt wird, der Bezug nimmt auf die *tatsächlichen* Motive und Entscheidungen der durch Agenten repräsentierten Wissenschaftler, kann den ABM insgesamt ein Erklärungsanspruch unterstellt werden, mit dem Aussagen zu *tatsächlichen* oder *möglichen* Eigenschaften und Prozessen der (realen) Welt möglich sind oder handelt es sich um Modelle, die lediglich

Mechanismen bestehender Modelle untersuchen und damit in der Modellwelt verhaftet bleiben?

Um die Frage zu klären, ob und welches Verhältnis heuristische (Simulations-) Modelle zur Realwelt aufweisen können, erweist es sich als sinnvoll, das in Abschnitt 9.1 dargelegte Verständnis darüber, was eine abstrakte ABM epistemisch leisten kann, insbesondere eine ‘candidate explanation’ für ein spezifisches Makrophänomen anzubieten (EPSTEIN, 2006, S.9), mit der Diskussion der Wissenschaftsphilosophie darüber zu verknüpfen, welchen epistemischen Wert oder Erklärungsgehalt abstrakte ökonomische Modelle aufweisen. Dass für die hier skizzierten ABM unter bestimmten Bedingungen ein Erklärungsanspruch abgeleitet werden *kann*, der über eine rein –in der Modellwelt verhaftete– konzeptionelle Exploration hinausgeht, soll im folgenden Kapitel auf generischer Ebene dargelegt werden. Dabei ist es nicht das Ziel, die einzelnen ABM daraufhin zu untersuchen, ob sie einen Erklärungsanspruch außerhalb der Modellwelt aufweisen, sondern lediglich Bedingungen anzugeben, die abstrakte bzw. heuristische ABM erfüllen müssen, um in ihnen einen Erklärungsanspruch außerhalb der Modellwelt identifizieren zu können.

# 10 Modelle als glaubwürdige Welten

## 10.1 Abgrenzung

Die Mehrheit der Wissenschaftsphilosophen und Methodologen vertritt die Auffassung, dass Modelle Eigenschaften aufweisen sollten, die es erlauben, einen Bezug zur Realwelt herzustellen. Vertreter des ‘Idealisierungsprinzips’ beziehen sich dabei insbesondere auf die Fähigkeit der Modelle, komplexe Tatbestände der Realwelt so zu vereinfachen und *idealisieren*, dass kausal relevante Faktoren deduktiv darauf untersucht werden können, welche Auswirkungen sie in der Modellumgebung haben (MORGAN UND KNUUTTILA, 2012, S.51). Das Idealisierungsprinzip wird in unterschiedlichen Ausprägungen vertreten: (1.) Der ‘Capacity-Ansatz’ von CARTWRIGHT (1999) basiert auf dem Gedanken, dass es trotz der Komplexität und Interdependenz in der Realwelt möglich ist, invariante Zusammenhänge zwischen Ereignissen zu identifizieren. Modelle stellen Blaupausen dar, derartige kausale Zusammenhänge (‘nomologische Maschinen’) der realen Welt zu erfassen (MORGAN UND KNUUTTILA, 2012, S.52). Konkret ist in einem Modell damit zu zeigen, dass ein bestimmter Faktor  $F$  das Vermögen (‘capacity’) hat, einen Effekt  $E$  zu erzeugen, wobei zur Erzeugung des gesetzmäßigen Charakters der Wirkungsmechanismus kontextunabhängig gelten soll und bestimmte Prinzipien (wie Stabilität und Wahrheit) einzuhalten sind (CARTWRIGHT, 1999, S.45ff.). (2.) Gemäß dem ‘Isolation-Ansatz’ nach MÄKI (1994) stellen Modelle partielle Repräsentationen der Realwelt in einer isolierten Modellumgebung dar. Analog zur Abstraktion in Experimenten werden (ökonomische) Modelle als ‘Quasi-Experimente’ interpretiert. Zweck eines Modells ist es zu zeigen, dass der isolierte Mechanismus auch in der Realwelt operiert; “(...) *by virtue of the method of construction*, it [das Modell, M.B.] describes some aspect of reality, isolated from other factors. The properties of such an isolating model (...) are therefore also properties of the real world.” (SUGDEN, 2009, S.17)[Hervorhebungen im Original]

Tatsächlich beinhalten die wenigsten ökonomischen Modelle die von Cartwright und Mäki postulierten Eigenschaften (GRUENE-YANOFF, 2009; HAUSMAN, 1992; MORGAN UND KNUUTTILA, 2012; SUGDEN, 2009). Während insbesondere Cartwright den Schluss zieht, dass ökonomische Modelle generell wenig Erkenntnisgehalt haben (vgl. SUGDEN (2009, S.7)), widmen sich andere Ansätze der Frage, ob für derartige abstrakte Modelle dennoch eine Verknüpfung zur Realwelt hergestellt werden kann oder, falls nicht, worin ihr Erkenntniswert liegt.

Letzere Position findet sich im Verständnis von Modellen als genuine Konstruktion des Wissenschaftlers, d.h. als Fiktion (FRIGG, 2010) mit imaginären Eigenschaften und nicht als vereinfachendes Abbild der Realwelt. Dieses Verständnis von Modellen wird insbesondere durch GRUENE-YANOFF (2009) und SUGDEN (2009) ausformuliert. Das Ziel derar-

tiger Modelle besteht darin, Mechanismen der realen Welt zu verstehen, ohne allerdings die Modelle selbst als Repräsentationen der Realwelt zu interpretieren (MORGAN UND KNUUTTILA, 2012, S.62). Innerhalb der Deutung von Modellen als Fiktion bieten sich insbesondere zwei Argumentationslinien an: (1.) die Interpretation als ‘minimale Modelle’ (GRUENE-YANOFF, 2009) und (2.) die Interpretation abstrakter Modelle als ‘glaubwürdige, aber kontrafaktische Welten’ (SUGDEN, 2009). Während Sugden fordert, dass ökonomische Modelle nicht in der Modellwelt verhaftet bleiben sollen, sondern Erkenntnisse über die reale Welt zu Tage bringen sollen (SUGDEN, 2008, S.477), argumentiert GRUENE-YANOFF (2009), dass ein Bezug des *Modells* zur Realwelt nicht notwendig ist, um von ‘minimalen’ Modellen zu *lernen*.<sup>108</sup>

## 10.2 Gruene-Yanoff: Minimale Modelle

Minimale Modelle sind zunächst dadurch gekennzeichnet, dass sie eine formale Struktur aufweisen, ihre Interpretation sich jedoch darauf beschränkt, dass es als imaginäres, konkretes ökonomisches System auf eine Variation der Parameter und Variablen untersucht werden *könnte* (GRUENE-YANOFF, 2009, S.84). Minimale Modelle weisen in der Argumentation von Gruene-Yanoff weder Ähnlichkeiten (GIERE, 1988) noch Übereinstimmungen mit der Realwelt auf (SUGDEN, 2009), sind nicht durch naturgesetzliche Zusammenhänge bestimmt (CARTWRIGHT, 1999) und isolieren keine realweltlichen Aspekte wie im Ansatz von MÄKI (1994) (vgl. GRUENE-YANOFF (2009, S.83)).<sup>109</sup> Das epistemische Ziel minimaler Modelle liegt damit nicht darin, tatsächliche, d.h. so genannte “how-actually”-Erklärungen zu liefern, sondern “how-possibly”-Erklärungen anzubieten. Während mit einer “how-actually”-Erklärung notwendige und hinreichende Gründe für ein Explanandum identifiziert werden, deckt eine “how-possibly”-Erklärung Elemente möglicher Gründe für ein Explanandum auf (GRUENE-YANOFF, 2013, S.854).<sup>110</sup>

In der Interpretation von Gruene-Yanoff liegt der epistemische Zweck von (minimalen) Modellen, die mögliche Erklärungen für ein Explanandum aufzeigen, darin, eine gerecht-

<sup>108</sup>Die Funktion von derartigen Modellen besteht aus konstruktivistischer Sicht damit nicht mehr primär in der Abbildung kausaler Faktoren der Realwelt und deren Auswirkungen, sondern in ihrer Funktion als erforschendes Instrument, um systematisch unterschiedliche theoretische Optionen aufzuzeigen und weitere Untersuchungen anzuleiten (MORGAN UND KNUUTTILA, 2012, S.79).

<sup>109</sup>CASINI (2014) äußert sich kritisch zum Aspekt der Ähnlichkeit als Differenzierungskriterium. Er argumentiert, dass ein gewisses Maß an Ähnlichkeit auch in minimalen Modellen immer vorhanden ist, da ein Modell ohne jedwede Ähnlichkeit überhaupt nichts repräsentieren *kann*.

<sup>110</sup>MÄKI (2009, S.86) sieht viele ökonomische Modelle, die bestimmte Muster zu erklären suchen, indem sie einen Zusammenhang zwischen Input- und Outputgrößen kausal durch bestimmte Mechanismen verbunden sehen, genau in diesem epistemologischen Kontext: Indem mit den Modellen gefragt wird, welcher Mechanismus ein bestimmtes Muster (bzw. ein stilisiertes Faktum) erklären könnte, bieten die Modelle einen Schluss auf eine *mögliche* Erklärung an, nicht jedoch einen Schluss auf die *beste* Erklärung.



fertigte *Veränderung* in das Vertrauen bestimmter *Hypothesen* über die (reale) Welt vorzunehmen (GRUENE-YANOFF, 2009, S.85). Einerseits geht der den minimalen Modellen zugesprochene Erkenntniswert damit über diejenigen Modelle hinaus, die –in der Modellwelt verharrend– der Entdeckung neuer Theoreme oder dem Aufzeigen von Inkonsistenzen bestehender Theorien dienen und die HAUSMAN (1992, S.221) und SUGDEN (2008, S.484) als ‘conceptual exploration’ bezeichnen.<sup>111</sup> Andererseits beanspruchen minimale Modelle aber auch nicht, dass sie die Überzeugungen zu bestimmten *tatsächlichen* Entitäten oder Eigenschaften der Realwelt beeinflussen; vielmehr ermöglichen sie veränderte Behauptungen zu *möglichen* Entitäten, Eigenschaften oder Prozessen der Realwelt, “(...) they are about what is possible in this world, not about facts in some other, possible, world.” (GRUENE-YANOFF, 2013, S.852).

Dieses Verständnis ist offenbar analog zur formulierten Zielsetzung abstrakter Modelle im Kontext von ABM, in denen der Fokus auf die Untersuchung von *möglichen* Prozessen in der Realwelt gerichtet ist: “The aim of abstract models is to demonstrate some basic social processes that may lie behind many areas of social life” (GILBERT, 2008, S.41).

Ein wesentlicher Aspekt der Überlegungen bei Gruene-Yanoff ist die Frage, wie die Glaubwürdigkeit minimaler Modelle sichergestellt werden kann. Den geeigneten Referenzpunkt sieht er in einer Analogie minimaler Modelle zur Fiktion (FRIGG, 2010). In der Fiktion müssen Aussagen weder wahr sein noch wird beabsichtigt, dass sie für wahr gehalten werden; sie müssen nur ‘wahr in der Fiktion’, d.h. plausibel sein. Minimalen ökonomischen Modellen spricht er einen analogen Zweck zu; sie sollen insbesondere dazu dienen, neue Überzeugungen hervorzubringen, dass etwas möglich sein könnte, ohne dass es für wahr oder wahrscheinlich gehalten werden muss (GRUENE-YANOFF, 2009, S.94).

Minimale Modelle beziehen ihre Glaubwürdigkeit damit darüber, dass sie kohärent auf der Modellebene sind. Analog zur Glaubwürdigkeit von Fiktion ist die Glaubwürdigkeit minimaler Modelle nicht von der konkreten Ausgestaltung ihrer Entitäten abhängig, sondern dann gegeben, wenn das *Zusammenspiel* zwischen der fiktiven Umgebung, den fiktiven Charakteren und ihrer Entwicklung konsistent ist (GRUENE-YANOFF, 2009, S.95). Die Bedingung der Glaubwürdigkeit gilt dabei nur für das Zusammenspiel der Elemente auf der Mikroebene, nicht für die Eigenschaften des Resultats auf der Makroebene. Denn ein unter Umständen zunächst kontraintuitives oder unplausibles Resultat auf der

---

<sup>111</sup>Gegenstand konzeptionell explorativer Modelle ist es, in einem Modell Mechanismen zu identifizieren, indem (via Deduktion) gezeigt wird, dass ein Set von Eigenschaften oder Annahmen  $A_1, \dots, A_n$  so interagieren, dass ein Ergebnis  $R$  resultiert (SUGDEN, 2009, S.5). Dem schließt sich folgendes Argument an: Wenn *alle*  $A_1, \dots, A_n$  Eigenschaften der Realwelt sind, dann operiert auch der Mechanismus in der Realwelt. Wenn aber alle Spezifikationen des Modells in der wenn-Aussage enthalten sind, dann ist die dann-Aussage ein notwendigerweise wahres Theorem (und macht keine Aussage zur Gültigkeit des Modells in der Realwelt). Solche Aussagen können dementsprechend auch eher als Behauptungen gelesen werden, dass bestimmte Mechanismen (logisch) *möglich* sind (SUGDEN, 2009, S.23).

Makroebene kann durch die Glaubwürdigkeit auf der Mikroebene ebenfalls glaubwürdig werden; in diesem Fall wäre erreicht, dass von dem Modell in oben definiertem Sinne gelernt werden kann (GRUENE-YANOFF, 2009, S.95).

An dem Segregationsmodell von Schelling kann illustriert werden, welche Bedingungen konkret erfüllt sein müssen, damit von einem minimalen Modell gelernt werden kann (vgl. GRUENE-YANOFF (2009, S.96ff.)): Es muss erstens eine relevante Möglichkeit aufgezeigt werden, die zweitens einer allgemein anerkannten Unmöglichkeitshypothese widerspricht.<sup>112</sup> Die *Relevanz* einer Möglichkeit kann durch empirische Studien, den Bezug auf naturgesetzliche Zusammenhänge oder durch Glaubwürdigkeit (siehe oben) gegeben sein. Schelling bezieht sich in seinem Modell auf letztere Möglichkeit und zeigt, dass plausible Settings (der Mikroebene) existieren, die zu Segregation führen, ohne dass rassistisch motivierte Präferenzen angenommen werden müssen.<sup>113</sup> Die dem Segregationsmodell inhärente Unmöglichkeitshypothese lautet damit: Segregation kann nicht ohne rassistisch motivierte Präferenzen entstehen.<sup>114</sup> Durch das Aufzeigen plausibler Settings gelingt es ihm, die Unmöglichkeitshypothese zu widerlegen; konkret das Vertrauen in die ‘Rassismus-Hypothese’ (der Realwelt) zu verändern. Der Lerneffekt bezieht sich damit insbesondere auf das Phänomen der Makroebene.

### 10.3 Sugden: Credible Worlds

In der zweiten Argumentationslinie verfolgt SUGDEN (2009) wie erwähnt eine Verknüpfung der (abstrakten) Modellebene mit der Realwelt. Er sieht seinen Ansatz in enger Verbindung zu dem ‘Similarity-Ansatz’ nach GIERE (1988), nach dem –im Gegensatz zu den Ansätzen von Cartwright und Mäki– Modelle nicht dazu dienen, deduktiv die Auswirkungen bekannter (Natur-)Gesetze in kontrollierter Umgebung abzuleiten und damit gekürzte Versionen der Realwelt darzustellen (SUGDEN, 2009, S.17). Vielmehr sind Modelle reine Konstruktionen des Wissenschaftlers. Erst durch die Formulierung von Hypothesen über die Ähnlichkeit der Eigenschaften des (konstruierten) Modells mit Eigenschaften von Vorgängen in der Realwelt wird eine Verknüpfung erzeugt. Sugden verfolgt wie Giere und auch Gruene-Yanoff ein ebensolches Verständnis von Modellen als reine Konstruktion.

<sup>112</sup>Ist die zweite Bedingung nicht erfüllt, wird lediglich gezeigt, dass ‘etwas der Fall’ sein kann bzw. es wird die Möglichkeit eines Zustandes aufgezeigt, von dem niemand glaubt, dass er unmöglich ist. Derartige Modelle weisen keine Unmöglichkeitshypothese auf, die durch das Modell korrigiert werden könnte.

<sup>113</sup>So zeigt sich in dem Simulationsmodell, dass es bereits bei einem ‘Toleranz-Schwellwert’ von 30% zu einer nahezu vollständigen Segregation kommt. Obwohl die Agenten bereits zufrieden sind, wenn 30% ihrer benachbarten Agenten derselben Ethnie sind, und sie dementsprechend auch in der Minderheit keine Anstrengungen unternehmen, ihren Ort zu verlassen, kommt es auf der Makroebene zu Segregation (GILBERT UND TROITZSCH, 2008, S.146).

<sup>114</sup>Im Sinne einer Notwendigkeitshypothese kann alternativ formuliert werden: Segregation ist eine notwendige Konsequenz rassistisch motivierter Präferenzen.

Er unterscheidet sich von Gruene-Yanoff dadurch, *dass* er einen Bezug der Modelle zur Realwelt darstellen will und von Giere dadurch, *wie* er diesen Bezug erzeugt.

Die Ausgangsüberlegung von SUGDEN (2008) ist, dass abstrakte und unrealistische Modelle, die keine eindeutig testbaren Hypothesen hervorbringen, dennoch etwas über die reale Welt aussagen. Ein Modell wie das Segregationsmodell stellt seiner Auffassung nach keine Abstraktion oder Vereinfachung der realen Welt dar, sondern vielmehr eine kontrafaktische Welt. Sugden grenzt derartige Modelle aber auch von rein Hypothesen erzeugenden und damit explorativen, konzeptionellen Modellen ab, die keinen Anspruch haben, die Modellwelt mit der realen Welt zu verknüpfen (SUGDEN, 2008, S.487).<sup>115</sup>

Die Argumentation bei Schelling auf der *Modellebene* rekonstruiert Sugden im Sinne der ‘inexact deductive method’ (HAUSMAN, 1992). Der zugrunde liegende Gedanke ist, dass es durch die Formulierung impliziter *ceteris paribus* Sätze gelingen kann, ein Subset aus dem Konglomerat unterschiedlicher kausaler Faktoren, die für ein Phänomen in der realen Welt verantwortlich sind, zu isolieren und so vermittels deduktivem Schluss allgemeine Sätze hinsichtlich ihrer Wirkungsweise abzuleiten (SUGDEN, 2008, S.491). Übertragen auf das Modell von Schelling gilt es, den Einfluss eines variierenden Präferenzwerts für die gleiche Ethnie unter Konstanz aller anderen Variablen auf das Segregationsergebnis zu untersuchen (*ceteris paribus* Ergebnis), oder anders formuliert (vgl. SUGDEN (2008, S.495)): Sei  $x$  das Explanandum und  $(v_1, \dots, v_n)$  ein Set möglicher Einflussvariablen. So ist unter Konstanz spezifischer Ausprägungen von  $(v_2^*, \dots, v_n^*)$  der Einfluss von  $v_1$  auf  $x$  ..., wobei  $(v_2^*, \dots, v_n^*)$  Spezifikationen des (Simulations-)Modells darstellen. Eine solche Interpretation der Argumentation bezieht sich noch ausschließlich auf die Modellwelt, Schelling intendiert jedoch Aussagen, die sich auf den Effekt von  $v_1$  auf  $x$  unter Konstanz von  $(v_2, \dots, v_n)$  beziehen. Damit bleibt in Sugdens Interpretation das Problem zu lösen, wie Hypothesen, die sich in der Modellwelt als wahr erwiesen haben, soweit generalisiert werden können, dass sie auch in der realen Welt als wahr gelten können (SUGDEN, 2008, S.496).

Für die abstrakten Modelle in ihrer Intention, verallgemeinerte Schlussfolgerungen zu ziehen, die über die Spezifikation im Modell hinausgehen, sind zunächst unterschiedliche Lesarten möglich. Sie können sowohl als erklärende, prognostizierende oder auch als abduktive Modelle interpretiert werden. In letzterem Fall lautet die Argumentation für ein Muster R, das in der Realwelt auftreten kann oder nicht und ein Set kausaler Faktoren F, das ebenfalls in der Realwelt auftreten kann oder nicht (SUGDEN, 2008, S.496ff.):

- A1 - In der Modellwelt wird R (Segregation) von F (Präferenz) verursacht.

<sup>115</sup>SUGDEN (2009, S.23) sieht auch die Interpretation des Segregationsmodells von Schelling, wie sie Gruene-Yanoff vornimmt, in dieser Kategorie verortet, was allerdings im Hinblick auf dessen Argumentation, Lernen in minimale Modellen –wie im Segregationsmodell– finde in der *Veränderung* von Hypothesen statt, diskussionswürdig ist.

- A2 - R (Segregation) kommt in der realen Welt vor.  
Aus diesem Grund gibt es Grund zur Annahme, dass
- A3 - F (Präferenz) in der realen Welt operiert.

Um den induktiven Schluss (A3) zu rechtfertigen, muss daher gezeigt werden, dass der deduktive Schluss (A1) allgemeiner gilt als nur für das spezifizierte Modell (SUGDEN, 2008, S.497).

An dieser Stelle kommt die Interpretation der Modellwelt als *credible world* ins Spiel, mit der angestrebt wird, signifikante Ähnlichkeiten zwischen der Modell- und der Realwelt (induktiv) abzuleiten. Die Lücke zwischen Modellwelt und realer Welt kann umso besser geschlossen werden, je glaubwürdiger die Modellwelt im Hinblick darauf ist, was wahr sein *könnte* (vgl. SUGDEN (2008, S.501)). Glaubwürdigkeit zeigt sich in der Kohärenz eines Annahmegerüsts und, in diesem Punkt über das Verständnis von Gruene-Yanoff hinausgehend, in der Kohärenz der Annahmen mit bekannten, allgemeinen Ursache-Wirkungsbeziehungen der *Realität*. Letzteres bedeutet aber nicht, dass die Annahmen spezifischen realen Situationen oder Spezifikationen entsprechen müssen (SUGDEN, 2008, S.504). Vielmehr wird hier eine kohärente Darstellung beispielsweise mit Empireremen oder stilisierten Fakten gefordert. CASINI (2014) beschreibt diese Definition von Glaubwürdigkeit, wie sie von Sugden vertreten wird, als ‘credibility-with-respect-to-the-target’. Neben Glaubwürdigkeit eines Modells in Bezug auf dessen innere Kohärenz und Plausibilität (‘credibility-with-respect-to-intuitions’) können Modelle, die nicht auf dem Prinzip der Isolation beruhen, in seiner Argumentation durchaus auch einen Bezug zur Realwelt haben und damit –hinausgehend über eine *mögliche* Erklärung– eine *partielle* Erklärung liefern; das Modell ist dann in der Lage, nichts als die Wahrheit im Hinblick auf partielle Eigenschaften eines Mechanismus, der sowohl in der Modell- als auch Realwelt verbreitet ist, auszusagen. Dabei bezieht sich die Glaubwürdigkeit der Modelle im Hinblick auf die Realwelt anders als bei Modellen, in denen Glaubwürdigkeit zur Realwelt durch gesetzmäßige Zusammenhänge (vgl. den o.g. ‘capacity’-Ansatz) oder das Isolationsprinzip erzeugt werden, auf das Modell als Ganzes. Ob ein solches Modell glaubwürdig im Hinblick auf die Realwelt ist, kann anhand dessen externer Validität, d.h. anhand dessen Generalisierbarkeit auf andere Situationen, geprüft werden (CASINI, 2014): Hierzu gehören (1.) geeignete theoretische Prinzipien, psychologische Annahmen und funktionale Analogien, (2.) Robustheit der Simulationsergebnisse gegenüber Veränderungen der Anfangsbedingungen und Parameterwerte sowie (3.) die Robustheit der Simulationsergebnisse im Hinblick auf die Modellannahmen. Unter Punkt (1) geht es darum, Phänomene –wie z.B. Prozessverläufe mit Phasenübergängen– auf der Makroebene zu identifizieren, die auch in anderen Kontexten auftreten und die durch die grundsätzlich gleichen Mechanismen er-

zeugt werden, z.B. Heterogenität der betrachteten Entitäten (Subjekte und Objekte) und Interaktionsregeln, die selbstverstärkende Effekte erzeugen. Die Glaubwürdigkeit bezieht sich auf das Modell als Ganzes, da nicht durch isolierte Eigenschaften oder Interaktionsregeln, sondern nur durch die *Interaktion* der heterogenen Entitäten selbstverstärkende Effekte entstehen, die sich in dem Makrophänomen abbilden. Die Bedingung in Punkt (2.) ist durch Sensitivitätsanalysen zu prüfen. Insbesondere sind diejenigen Anfangswerte und Parameter zu prüfen, die nicht empirisch kalibriert werden können, für die im Modell jedoch ein direkter Einfluss auf den Mechanismus des Modells vermutet wird. Dies umfasst beispielsweise die Frage, wie Heterogenität der Objekte initial in dem Modell abgebildet wird, welche Entscheidungsregeln der Interaktion zugrunde gelegt werden und in welchem Intervall Interaktionen stattfinden. Zeigen sich die Ergebnisse robust gegenüber solchen Variationen, kann ausgeschlossen werden, dass die Ergebnisse ein Artefakt des Modells sind; die Ergebnisse nur Ausfluss von unrealistischen Repräsentationen von Bedingungen und Parameterwerten sind. Im Sinne von (3.) nimmt die externe Validität eines Modells in dem Maße zu, wie es möglich ist zu zeigen, dass das Modell robust gegenüber Variationen der grundsätzlichen Annahmen des Modells ist. In dem hier genannten Fall sollten sich unabhängig davon, wie *genau* Heterogenität und Interaktionen in einzelnen Modellierungsansätzen abgebildet werden, immer wieder selbstverstärkende Effekte einstellen, die zu Phasenübergängen im Zeitablauf führen. Kann eine solche Klasse von Simulationsmodellen identifiziert werden, so CASINI (2014), kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass Heterogenität im Allgemeinen –neben anderen möglichen Faktoren– zumindest als *partielle* Erklärung für ein stilisiertes Faktum, in diesem Fall für Phasenübergänge, dient. Damit wird ein Erklärungsanspruch geschaffen, der über die Widerlegung einer Unmöglichkeitshypothese –wie bei GRUENE-YANOFF (2009) argumentiert– hinausgeht: Es wird gezeigt, dass etwas ist und nicht, dass etwas nicht sein muss.

#### 10.4 Aspekt der Emergenz in ABM versus glaubwürdige Welten

Insgesamt zeigt sich mit der Interpretation von Modellen als Fiktion eine Parallele zu dem Verständnis von Erklärung, wie es EPSTEIN (2006) für ABM formuliert hat (vgl. Abschnitt 9.1). In Epsteins Verständnis ist es das zentrale Ziel von ABM, plausible und kohärente Mikrospezifikationen (Explanans) zu erzeugen, die als *mögliche* Erklärung für ein Phänomen auf der Makroebene (Explanandum) dienen können. Wie bei Gruene-Yanoff und Sugden ist eine solche Erklärung zwar hinreichend, aber nicht notwendig. Die Argumentation bei Epstein, wie eine mögliche Erklärung erzeugt wird, bezieht sich dabei allein auf den deduktiven Schluss innerhalb der Modellwelt (vgl. EPSTEIN (2006, S.57ff.)): Ausgehend von einer Mikrospezifikation  $m$  mit hinterlegten Annahmen und Interaktionsregeln erklärt

ein (Simulations-)Modell dann, wenn es möglich ist, aus  $m$  nur *eine* Aussage  $z$  abzuleiten, die Realisation eines Musters  $p$  ist. *Ein* Simulationslauf stellt seiner Argumentation nach einen rein deduktiven Schluss dar, und durch Replikationen wird eine Vielzahl von Realisationen bzw. Theoremen erzeugt; dementsprechend ist die induktive Tätigkeit eine “(...) *induction over a sample distribution of theorems* (...)” (EPSTEIN, 2006, S.66) [Hervorhebungen im Original]. Der Fokus der Erklärung liegt bei Epstein rein auf der Ebene der Modellwelt; er hat nicht den Anspruch, in bzw. mit der Erklärung Bedingungen für die Glaubwürdigkeit derselbigen in der Realwelt zu formulieren. Die Mikrospezifikation muss zwar plausibel sein, wie diese Plausibilität erreicht wird, ist jedoch –im Gegensatz zu Gruene-Yanoff und Sugden– nicht Gegenstand der Erklärung. Anders formuliert ist es nicht sein Ziel, den deduktiven Schluss der Modellwelt so zu verallgemeinern, dass dieser –wie in der Argumentation bei Casini und Sugden– auch in der Realwelt gelten könnte oder –wie bei Gruene-Yanoff– eine Aussage zu einer *Hypothese* der Realwelt zu machen. Hieraus ergibt sich auch die bereits erwähnte antirealistische Position, die Epstein aus seinem Erklärungsanspruch ableitet (vgl. Abschnitt 9.1.2). Das Abduktionsprinzip, welches in der Herleitung einer ‘candidate explanation’ zur Anwendung kommt, beschränkt sich damit auch eher auf die heuristische Funktion der Abduktion und lässt keinen Schluss auf die beste Erklärung zu (vgl. Kapitel 4).

## **Teil IV**

**Continuous Opinions of Satisficing**

**Agents with Discrete Actions**

**(*COSDA*): Ein Agentenbasiertes Modell**

**wissenschaftlicher Koordination**

# 11 Einordnung und Leitgedanken

## 11.1 Einordnung der ABM *COSDA*

Das in dieser Arbeit entwickelte ABM knüpft an die analysierten ABM in Abschnitt 9.3 insofern an, als der Gegenstandsbereich hier ebenfalls dynamische Prozesse und Muster der Koordination in wissenschaftlichen Gemeinden sind. Motiviert aus der kritischen Reflexion in Abschnitt 9.5, grenzt sich die vorliegende ABM von den analysierten agentenbasierten Modellen hingegen insofern ab, als die Prämissen im Hinblick auf individuelle Verhaltensanpassungen als auch die soziale Zielsetzung (der wissenschaftlichen Gemeinde) modifiziert werden (vgl. im Detail Abschnitt 11.2). Insbesondere ist der namensgebende Mechanismus, der der ABM zugrunde liegt, “Continuous Opinions of Satisficing Agents with Discrete Actions” (*COSDA*), in Abgrenzung zum “Continuous Opinions and Discrete Actions” (CODA) - Ansatz von MARTINS (2010) zu verstehen. Der hier gewählte Zugang basiert auf der Offenbarung eines gewählten wissenschaftlichen Ansatzes  $\in \{-1, 1\}$ , wobei die Entscheidung Resultat einer auf kontinuierlichen Größen basierenden subjektiven Einschätzung ist. Diese subjektiven Einschätzungen basieren aber nicht auf einem Bayesschen Wahrscheinlichkeitskalkül wie im CODA-Modell, sondern auf einer individuellen Bewertung der eigenen Zielerreichung respektive -diskrepanz als Resultat der Anspruchsanpassung. Diese subjektive Einschätzung manifestiert sich dann in (der kategorialen Zuordnung) einer wissenschaftlichen Überzeugung bzw. in der Entscheidung für einen wissenschaftlichen Ansatz (vgl. zur Begrifflichkeit Abschnitt 11.3). Mit den formulierten Prämissen, die in der hier vorgelegten ABM umgesetzt werden, soll insgesamt eine bessere Kohärenz im Hinblick auf das Annahmegerüst, d.h. die fiktiven Charaktere, ihre Entwicklung und Umgebung erreicht werden (vgl. Abschnitt 10.2). Das Vorhaben kann damit gleichzeitig als Versuch interpretiert werden, ein ABM zu entwerfen, dem ein höheres Maß an Glaubwürdigkeit zugerechnet werden kann als den zuvor diskutierten ABM im Kontext der ESK.

Die vorliegende ABM dient mithin nicht der Replikation spezifischer empirischer Prozesse, sondern fungiert als abstraktes bzw. heuristisches ABM und soll qualitative Erkenntnis in Bezug auf bestehende Modellierungsansätze hervorbringen (vgl. TESFATSION (2006, S.838f.)). Eine solch abstrakte ABM muss intern valide sein, d.h. zu erwartende und interpretierbare Muster auf der Makroebene erzeugen, auf plausiblen Verhaltensregeln der Akteure basieren (Mikroebene) und Erkenntnisse liefern, die eine Weiterentwicklung bestehender Theorien ermöglichen (vgl. GILBERT (2008, S.41)).<sup>116</sup> In Übereinstimmung mit

---

<sup>116</sup>Gilbert spricht an dieser Stelle nur von ‘Validität’; im Kontext heuristischer Modelle müsste es dezidiert jedoch ‘interne Validität’ heißen, da es hier zunächst darum geht, die *kausale* Verknüpfung eines *im Modell* abgebildeten Zusammenhangs festzustellen.



den im Folgenden erläuterten Leitgedanken beansprucht die ABM nicht, eine *beste* Erklärung für die emergenten Muster auf der Makroebene abzuliefern, sondern eine *mögliche* Erklärung.

Es ist weiter nicht das Ziel der ABM, einen vollständigen wissenschaftlichen Wettbewerbsprozess abzubilden. So wird insbesondere ausgeblendet, Gewinne aus dem Prioritätswettbewerb der Wissenschaftler abzubilden. Die ABM ist vielmehr als ein Phasenausschnitt zu verstehen, in dem –ausgehend von einem etablierten wissenschaftlichen Ansatz– der Fokus auf die *Herausbildung* eines neuen wissenschaftlichen Ansatzes gerichtet ist. Ein wissenschaftlicher Ansatz, der durch eine Publikation als initiiert gilt (vgl. Abschnitt 11.3), ist damit noch lange nicht anerkannt oder etabliert. Über die Erzeugung von Evidenz, weiteren Publikationen und in der Kommunikation mit anderen Wissenschaftlern wägen die Wissenschaftler in Abhängigkeit ihrer privaten Disposition, insbesondere ihrer Präferenz, ab, den Pfad des neuen wissenschaftlichen Ansatzes einzuschlagen oder nicht. Der Prozess wird damit als eine längerfristige Investition interpretiert, bei dem erstens nicht sicher ist, ob der Pfad zu einem (noch zu definierenden) Erfolg führt (vgl. Abschnitt 12.6) und welche ‘Erträge’ hieraus zu erwarten sind.

## 11.2 Leitgedanken der ABM *COSDA*

Aus der Reflexion der analytischen Modelle und der ABM im Kontext der ESK leiten sich folgende Überlegungen ab, die die Modellierung im Rahmen der ABM anleiten. Die folgenden Leitgedanken respektive Vorannahmen stellen das Gelenkstück zwischen dem ersten Teil, der Modellanalyse, und dem zweiten Teil, der Simulationsanalyse, dar.

### 11.2.1 Wahrscheinlichkeit

Wie in Kapitel 8 ausgeführt, kann es aufgrund sozialer Einflüsse in der Wissenschaft plausibel sein, eine wissenschaftliche Hypothese zu akzeptieren, auch wenn man nicht vollkommen davon überzeugt ist, dass diese wahr sein könnte. Wenn, wie MAHER (1993) argumentiert, die subjektiven Wahrscheinlichkeiten eines Wissenschaftlers keine Relevanz im Hinblick darauf haben, was als (nicht-) akzeptierte wissenschaftliche Hypothese im Ergebnis beobachtet werden kann, ist es gerechtfertigt, von einem dezidierten Wahrscheinlichkeitskalkül im Entscheidungsprozess der Agenten Abstand zu nehmen. Stattdessen wird eine Entscheidungsheuristik motiviert, in der die Agenten mit unterschiedlicher Motivation und spezifischem Erinnerungsvermögen und unter Nutzung der ihnen zur Verfügung stehenden begrenzten Informationen (SIMON (1955)) eine diskrete Entscheidung für oder gegen einen wissenschaftlichen Ansatz fällen. Beobachtbar sind damit die tatsächlichen Entscheidungen der Agenten, die Ausfluss subjektiver Motivation und heterogener

Disposition sind.

### 11.2.2 Entscheidungsrationaliät

Die Wissenschaftler werden als Agenten konzeptioniert, die ein umfassendes psychologisches Profil haben und die in einem sozialen Kontext handeln (DOWNES, 2001, S.228). Sie sind keine rationalen Akteure, die ihren (nicht-) epistemischen Nutzen maximieren. Insbesondere wenn ein wissenschaftlicher Ansatz noch unpräzise und nicht eindeutig abgegrenzt ist, Begriffe unvollständig oder uneinheitlich definiert sind, sollte ein Wissenschaftler eine hohe Verbundenheit zu seiner jeweiligen wissenschaftlichen Gruppe zeigen und "(...) believe in his own findings with utter conviction while doubting those of others (...)" (MITROFF, 1974, S.592). Ein hohes Maß an Überzeugung kann zu Meinungsbeharrung führen und Einfluss auf die Konsensbildung in einer wissenschaftlichen Gemeinde haben (vgl. SOLOMON (1992)). Unter Berücksichtigung der Annahme, dass Wissenschaftler nur begrenztes Wissen hinsichtlich der wissenschaftlichen Stichhaltigkeit und Stringenz eines neuen wissenschaftlichen Ansatzes haben und die Unterstützung der wissenschaftlichen Gemeinde nicht vorhersehen können, fußen die Entscheidungen der Agenten dann nicht auf einer Erwartungsbildung über das zukünftige Entscheidungsverhalten der anderen Agenten, sondern lediglich auf den sichtbaren Entscheidungen der letzten Periode. Erst durch das Zugrundelegen einer Entscheidungsregel, die nicht unter der Zielsetzung, eine *optimale* Lösung zu finden, funktioniert, kann überhaupt eine Entscheidung zwischen rivalisierenden Theorien getroffen werden (GIERE (1988)).

### 11.2.3 Entscheidungsheuristik

Die Anpassung stellt eine möglicherweise geeignete Entscheidungsheuristik dar. Sie nutzt in der Handlungsentscheidung einen relativen Bezugspunkt, der unterschiedlich definiert sein kann (z.B. über individuelle Erfahrung, soziale Normen), so dass das objektive Geschehen bedingt ist durch die Ausgestaltung individueller Referenzpunkte. Im Wettstreit zweier rivalisierender Theorien kann dies bedeuten, dass die Unterstützung für eine Theorie zurückgeht, obgleich sie (objektiv) verbessert wird. Aus abnehmender Unterstützung für eine Theorie lässt sich nicht, wie LAKATOS (1970) argumentiert, automatisch ihre Unterlegenheit ableiten, sondern nur ihre relative Unterlegenheit (WRAY, 2011, S.20). In den Bezugspunkten der Anpassung kommt zum Ausdruck, dass Handlungsstrategien auch immer ein implizites Wissen darüber widerspiegeln, in welcher Weise Handlungsmöglichkeiten mit erzielbaren Ergebnissen zusammenhängen (vgl. NOVARESE ET AL. (2010, S.2)).

#### 11.2.4 Wahrheit

In diesem Sinne wird in dem Simulationsmodell keine Annahme über einen a priori, objektiv superioren wissenschaftlichen Ansatz getroffen. Der Fokus richtet sich vielmehr auf den Konsensbildungsprozess in der Herausbildung eines neuen wissenschaftlichen Ansatzes. Ein wesentlicher Mechanismus in der Konsensbildung sozialer Systeme ist (nicht-)konformes Verhalten. Aus Sicht eines individuellen Akteurs kann -in Abhängigkeit der Situation- die Reputation erhöht werden, wenn konformes, aber auch nicht-konformes Verhalten gezeigt wird (BROCK UND DURLAUF (1999); DAVID (1998)). Letzterer Fall gilt insbesondere dann, wenn ein Akteur bereits über einen hohen Status verfügt und sich durch abgrenzendes Verhalten seine Position sichern will (GILBERT (2007)). Auf sozialer Ebene kann der Status-Quo eines Systems aufgrund -von Konformität verursachter- negativer Rückkopplungseffekte aufrecht erhalten werden (BROCK (2006)) oder wie ASCH (1955, S.34) formuliert: "When consensus comes under the dominance of conformity, the social process is polluted (...)." Konformität wird hier nicht nur als mittelbares Instrument zur Beeinflussung der Reputation interpretiert, sondern insbesondere als unmittelbarer Einflussfaktor im Hinblick auf die Möglichkeit der Agenten, zusätzliche Publikationen zu erzeugen. Damit wird als Erweiterung zu den Modellen von BROCK UND DURLAUF (1999) und MARTINS (2010) dem Umstand Rechnung getragen, dass konformes Verhalten auch dazu beitragen kann, in einem von Publikationsdruck geprägten wissenschaftlichen Wettbewerb ('publish or perish'), erfolgreich zu sein.<sup>117</sup>

In diesem Modell wird mithin weder davon ausgegangen, dass ein a priori superiorer wissenschaftlichen Ansatz existiert, noch beurteilt, welcher wissenschaftliche Ansatz der „richtige“ ist. Da hier nur gezeigt wird, welcher wissenschaftliche Ansatz zu einem bestimmten Zeitpunkt eine größere experimentelle Evidenz auf sich vereinen kann, bildet das Modell nicht ab, wem Prioritätsgewinne zufließen.<sup>118</sup>

---

<sup>117</sup> Anders als bei BROCK UND DURLAUF (1999) ist die Interpretation der Konformität hier auch epistemischer Natur, da sich konformes Verhalten auf mögliche Publikationsgewinne und damit positiv auf den Erkenntnisgewinn auswirken kann.

<sup>118</sup> Dieser Aspekt könnte durch die Untersuchung von MAZLOUMIAN ET AL. (2011) motiviert werden. Dort wird die These aufgestellt, dass mit Erreichen einer bahnbrechenden Forschungsarbeit, institutionalisiert durch den Nobelpreis, nicht nur die betreffende Forschung Aufmerksamkeit (Zitationen) auf sich zieht, sondern auch vergangene Forschung desselben Autors. Sie stellen damit einen Effekt allgemeiner ex post Autoritätszuweisung fest, da sich die erhöhten Zitationsraten für vergangene Forschungsarbeiten dann nicht mehr nur auf das Thema mit der herausragenden Forschungsarbeit beziehen (MAZLOUMIAN ET AL., 2011, S.2). Da der Nobelpreis in der Regel mit erheblicher zeitlicher Verzögerung im Hinblick auf die betreffende Forschungsarbeit verliehen wird, kann mit diesem Indikator einer ex post Honorierung ebenfalls nur ex post geprüft werden, ob es durch die Forschungsarbeit gelungen ist, einen neuen wissenschaftlichen Ansatz zu begründen. Da der Fokus der hier entwickelten ABM nicht darauf gerichtet ist, eine ex post Analyse wissenschaftlicher Durchbrüche zu ermöglichen, sondern den Interaktionsprozess der Wissenschaftler abzubilden, wird die Zuweisung von Prioritätsgewinnen im Rahmen dieser Arbeit nicht modelliert.

### 11.3 Arbeitsdefinitionen

Mit den einleitenden Überlegungen zur Konzeptionierung der ABM *COSDA* ergeben sich einige Implikationen insbesondere im Hinblick auf die Verwendung der Begriffe wissenschaftliche Überzeugung und wissenschaftlicher Ansatz. Da sich die Agenten auf Grundlage ihrer Entscheidungsheuristiken für oder gegen einen wissenschaftlichen Ansatz *entscheiden* und lediglich diese kategoriale Entscheidung als Referenz für andere Agenten sichtbar ist, wird in der ABM *COSDA* in der Regel der Begriff wissenschaftlicher Ansatz verwendet. Eine kontinuierliche Größe findet hier ausschließlich in der Entscheidungsheuristik Konformität Eingang, wenn anpassungsbereite Agenten eine individuelle Bewertung der eigenen Zielerreichung respektive -diskrepanz vornehmen und sich in der Folge ggf. für einen anderen wissenschaftlichen Ansatz entscheiden.<sup>119</sup> Lediglich Innovatoren können in der ABM *COSDA* kurzzeitig Träger wissenschaftlicher Überzeugungen sein; sie werden aber in dem Moment Vertreter eines wissenschaftlichen Ansatzes, wenn sie eine Publikation tätigen. Die folgenden Definitionen fassen die begrifflichen Konventionen für die ABM *COSDA* zusammen.

**Arbeitsdefinition 11.1** (Wissenschaftliches Wissen). *In Publikationen explizit gemachtes Wissen eines Wissenschaftlers, das vorläufig durch die wissenschaftliche Gemeinde legitimiert ist und dieser als Arbeitsbasis zur Verfügung steht.*

**Arbeitsdefinition 11.2** (Wissenschaftliche Überzeugung). *Zugrundelegen bestimmter wissenschaftlicher Hypothesen, Forschungsmethoden oder ontologischer Prämissen für die eigene wissenschaftliche Arbeit. Eine wissenschaftliche Überzeugung kann, muss aber nicht identisch sein mit dem geltenden wissenschaftlichen Ansatz (siehe ‘Wissenschaftliche Innovation’).*

**Arbeitsdefinition 11.3** (Wissenschaftlicher Ansatz). *Wissenschaftliche Überzeugung eines Wissenschaftlers, die in Publikationen explizit gemacht wird. Durch die Publikation erfolgt eine Transformation von personengebundenem Wissen (explizit und implizit) in kodifiziertes Wissen.*

**Arbeitsdefinition 11.4** (Wissenschaftliche Innovation). *Durch Publikation Einführung neuer wissenschaftlicher Hypothesen, Forschungsmethoden oder ontologischer Prämissen innerhalb einer wissenschaftlichen Disziplin auf unterschiedlichen Aggregationsstufen (z.B.*

<sup>119</sup>Dieser kontinuierlicher Grad ist aber nur bedingt vergleichbar mit dem Grad der *Überzeugung*, wie dieser dem Bayesschen Entscheidungskalkül in anderen (agentenbasierten) Modellen zugrunde liegt. Während diese ABM den Grad der wissenschaftlichen Überzeugung abbilden, spiegelt die in der Entscheidungsheuristik Konformität zugrunde gelegte kontinuierliche Größe nur die Dringlichkeit der eigenen Zielerreichung wider, die wiederum je nach Agententyp erkenntnis- oder reputationsorientiert sein kann.

---

*auf Ebene der Evolutorischen Ökonomik, Mikroökonomik oder Ökonomik). Eine wissenschaftliche Innovation begründet einen neuen wissenschaftlichen Ansatz.*

**Arbeitsdefinition 11.5** (Experimentelle Evidenz). *Bestätigung eines wissenschaftlichen Ansatzes durch einen Experimente durchführenden Wissenschaftler.*

## 12 Modellierung der ABM *COSDA*

### 12.1 Zielsetzung und Modellstruktur

Das Ziel der ABM ist es, ausgehend von der motivationalen und kognitiven Disposition individueller Wissenschaftler, die Bedingungen herauszufiltern, unter denen sich ein neuer wissenschaftlicher Ansatz innerhalb einer Fachdisziplin durchsetzen kann oder zwei Ansätze nebeneinander bestehen bleiben. Die ABM ist damit im Kontext einer Sozialen naturalisierten Epistemologie zu sehen, in der Interaktionen zwischen den individuellen Agenten (Mikroebene) bestimmte, noch näher zu spezifizierende Resultate auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde (Makroebene) befördern (vgl. Abschnitt 12.6). In der Interaktion der Agenten spielen unterschiedliche, zugrunde gelegte Regeln der Entscheidungsanpassung (Mesoebene) eine wichtige Rolle. Das Ziel der ABM ist es mithin, vermittels einer ‘bottom-up’- Vorgehensweise die Bedingungen, unter denen sich die Resultate herausbilden, zu erklären.<sup>120</sup>

In der technischen Umsetzung dieses Modellansatzes wird eine gedankliche Unterteilung des Gesamtmodells in Hauptmodell (Makroebene), Submodelle (Mesoebene) und Subsubmodell (Mikroebene) vorgenommen. Das Hauptmodell, welches neben einigen Einstellungen zur Laufzeit und Größe des Modells die Resultate, konkret die Anpassungsrate der wissenschaftlichen Ansätze und ihre experimentelle Evidenz, auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde abbildet, speist sich aus drei Submodellen, in denen die möglichen Handlungsstrategien zweier unterschiedlicher Agententypen hinterlegt sind. Die Handlungsstrategien beinhalten die Ausprägungen (1) Konformität, (2) Experimentelle Evidenz sowie (3) Salienz und werden ausführlich in Abschnitt 12.5 erläutert. Wird zusätzlich jeder Agentengruppe mit Präferenz für Erkenntnisstreben (Agententyp KT) oder Reputationsstreben (Agententyp RT) eine Handlungsstrategie zugewiesen, entsteht eine (3x3)- Matrix möglicher Strategiekombinationen. Alle Submodelle speisen sich dabei aus demselben Modell, das die Mikroebene abbildet (Subsubmodell).

Entsprechend der gedanklichen Unterteilung des ABM *COSDA* in unterschiedliche Modellebenen ist die Analyse im weiteren Verlauf der Arbeit strukturiert: In Abschnitt 13 wird zunächst die Sensitivität des Mikromodells auf Parametervariationen untersucht. Besondere Berücksichtigung in der Modellierung sollen die in Abschnitt 11.2 formulierten Prämissen finden, nach denen Wissenschaftler keine Erwartungsnutzenmaximierung verfolgen, ihre Entscheidungen keinem Wahrscheinlichkeitskalkül unterwerfen und a priori keine bessere Theorie oder Wahrheit als exogener Bewertungsmaßstab vorliegt. In Erweiterung zu den in Abschnitt 9.3 diskutierten ABM wird in der vorliegenden ABM mit

---

<sup>120</sup>Vgl. hierzu die Sichtweise von Emergenz in Abschnitt 9.1 sowie den Erklärungsanspruch in Abschnitt 16.5.

Tabelle 6: Mikroebene des ABM *COSDA*

<b>Gemeinsames Submodell der Heuristiken Konformität, Experimentelle Evidenz und Salienz</b>		
Unabhängige Variable (Faktoren)	Faktorausprägungen	Abhängige Variable (Response)
Präferenztyp $\alpha/(1 - \alpha)$	$\in [.5, 1]$	Anspruchsniveau der Agententypen RT, KT
Erinnerungsvermögen $\mu$	$\in [0, 1]$	
Strebsamkeit $\gamma$	$\in [0, 1]$	
Entwertungsrage $\theta$	$\in \{.956, .978\}$	Performanz Wissen
Organisationale Trägheit $(1 - \delta)$	$\in [0, 1]$	Performanz Reputation
Publikationslotterie	$\in \{0, 1\}$	Publikationswahrscheinlichkeit

Betrachtung des Publikationsprozesses explizit ein Mechanismus der Wissenslegitimation einbezogen, der einen wesentlichen Einfluss auf die Entscheidung der Akteure für oder gegen einen wissenschaftlichen Ansatz hat. Darüber hinaus werden in der ABM wissenschaftliche Praktiken berücksichtigt, die keinen unmittelbaren Einfluss auf das Legitimationsverfahren haben, aber mittelbar die Zielerreichung der Wissenschaftler beeinflussen. Die wissenschaftlichen Praktiken werden in der vorliegenden ABM durch das Erinnerungsvermögen der Agenten  $\mu$ , ihre Strebsamkeit  $\gamma$ , die Entwertungsrage wissenschaftlichen Wissens  $\theta$  sowie die organisationale Trägheit  $(1 - \delta)$  definiert (vgl. Tabelle 6).

Sodann werden in Abschnitt 14 die Anpassungsprozesse unterschiedlicher Agentengruppen unter Annahme unterschiedlicher Entscheidungsheuristiken und unter Variation der Parameter wissenschaftlicher Praktiken betrachtet. Von besonderer Relevanz ist hierbei der Parameter, der die Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool  $\tau$  repräsentiert (vgl. Tabelle 7). In Abschnitt 15 werden die Koordinationsergebnisse und Ergebniskategorien auf der Makroebene in Abhängigkeit der jeweiligen Entscheidungsheuristiken dargestellt (vgl. Tabelle 8).

## 12.2 Stilisierte Fakten wissenschaftlicher Koordination

Da es sich bei dem vorliegenden Simulationsmodell nicht um ein empirisches Simulationsmodell handelt, das mittels empirischer Daten kalibriert werden kann, werden stilisierte Fakten ex-ante verwendet, um das Design des Simulationsmodells, insbesondere die Charakterisierung der Agenten (vgl. Abschnitt 12.3) und das Mikromodell in Abschnitt 12.7, anzuleiten. Dies stellt ein in der Literatur akzeptiertes Vorgehen dar (vgl. HEINE ET AL. (2005, S.2)). Die im Folgenden genannten stilisierten Fakten können als solche bezeichnet werden, da ihre Muster in zahlreichen Arbeiten bestätigt werden konnten (vgl. MEYER

Tabelle 7: Mesoebene des ABM *COSDA*

<b>Submodell Konformität</b>		
Unabhängige Variable (Faktoren)	Faktorausprägungen	Abhängige Variable (Response)
Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool $\tau$	$\in \{.1, .5\}$	Anteil Experimentatoren
Anzahl Experimentatoren / Innovatoren	wiss. Ansatz $\in \{-1, 1\}$	Verlauf der Konformität
Anzahl Agenten nach Präferenz	Präf. $\in \{KT, RT\}$	Zeitpunkt des Konformitätswechsels
Anzahl (un)zufriedene Agenten	Anspruchsniveau $> / <$ Performanz	Wechsel wiss. Ansatz
<b>Submodell Experimentelle Evidenz</b>		
Unabhängige Variable (Faktoren)	Faktorausprägungen	Abhängige Variable (Response)
Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool $\tau$	$\in \{.1, .5\}$	Anteil Experimentatoren
Experimentatoren nach wiss. Ansatz	wiss. Ansatz $\in \{-1, 1\}$	Experimentelle Evidenz
Experimentatoren nach Präferenz	Präf. $\in \{KT, RT\}$	für Belief $\{-1, 1\}$
Anzahl (un)zufriedene Agenten	Anspruchsniveau $> / <$ Performanz	Wechsel wiss. Ansatz
<b>Submodell Salienz</b>		
Unabhängige Variable (Faktoren)	Faktorausprägungen	Abhängige Variable (Response)
Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool $\tau$	$\in \{.1, .5\}$	Anteil Experimentatoren
Anzahl Agenten nach wiss. Ansatz	wiss. Ansatz $\in \{-1, 1\}$	Mehrheitsverhältnis
Anzahl (un)zufriedene Agenten	Anspruchsniveau $> / <$ Performanz	Wechsel wiss. Ansatz

Tabelle 8: Makroebene des ABM *COSDA*

<b>Faktoren im Hauptmodell</b>		
Unabhängige Variable (Faktoren)	Faktorausprägungen(Submodelle)	Abhängige Variable (Response)
Kombinationen der Heuristiken (3x3)	<b>Konformität</b>	Experimentelle Evidenz versus
	<b>Experimentelle Evidenz</b>	Mehrheitsverhältnisse $\Rightarrow$
	<b>Salienz</b>	Koordination der Agenten entsprechend/entgegen Evidenz & Mehrheit
	Anzahl Agenten / Zeitschritte (Ticks)	Stabilität der Publikationsverteilung



(2011)).

### **Heterogenität der Wissenschaftler**

Wissenschaftler zeichnen sich im Hinblick auf ihre Präferenzen dahingehend aus, dass sie eine intrinsische Motivation haben, die darin besteht, zu wissenschaftlicher Erkenntnis zu gelangen, und eine extrinsische, nicht-monetäre Motivation nach wissenschaftlicher Reputation haben. Diese Präferenzen können unterschiedlich stark ausgeprägt sein (LAM, 2011). Wissenschaftler lassen sich des Weiteren hinsichtlich ihrer Originalität, d.h. Risikobereitschaft in ihrer Forschung unterscheiden. Während bei risikobereiten Wissenschaftlern angenommen wird, dass sie ihre inhaltlich getriebenen Forschungsinteressen verfolgen, wird Wissenschaftlern, die lediglich den Status-Quo reproduzieren, konformistisches, risikoaverses Verhalten unterstellt (GUETZKOW ET AL., 2004, S.204). Risikobereite Wissenschaftler bewerten dabei den möglichen Gewinn aus einem neuartigen Forschungsansatz höher als das Risiko des Scheiterns (vgl. WALSTAD (2002, S.35)). Unabhängig von der präferierten Zielsetzung und Risikobereitschaft besteht das Mittel, um zu wissenschaftlicher Erkenntnis und Reputation zu gelangen, in der Erzeugung / Veröffentlichung wissenschaftlicher Publikationen. Publikationen repräsentieren geprüftes, kodifiziertes Wissen (vgl. DOWNES (1993, S.453)).<sup>121</sup>

### **Publikationsprozess**

Als zweites stilisiertes Faktum wird die Verteilung wissenschaftlicher Publikationen herangezogen. Sie folgt der Lotka-Verteilung, wonach die Anzahl der Autoren, die  $m$  Publikationen erzeugen, approximativ proportional zu  $1/m^c$  ist. Dieses Faktum konnte bereits für unterschiedlichste Fachdisziplinen bestätigt werden. COX UND CHUNG (1991) haben für die Wirtschaftswissenschaften einen Wert von  $c = 1.84$  ermittelt; dieser Wert wird auch hier zugrunde gelegt.

### **Erkenntnisgewinn**

Als drittes stilisiertes Faktum wird das Gesetz abnehmender Grenzerträge in einem wissenschaftlichen Feld verwendet. Demnach werden die erzielbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse umso kleiner, je mehr bereits in einem bestimmten Feld geforscht wurde (RESCHER, 1978). Neben der Schwierigkeit, mit zunehmender Reife eines Wissensfeldes signifikant

<sup>121</sup>Die Abbildung des Aspekts der außerwissenschaftlichen Reputation (Kooperationsaktivitäten mit anderen Akteuren, Verwaltungs- und Gremienarbeit, Drittmittelinwerbung aus privaten Drittmitteln) stellt eine wichtige Erweiterung dar, wird hier aber vernachlässigt. Ebenso wird die extrinsische, monetäre Motivation im Rahmen dieser Arbeit ausgeklammert.

neue Erkenntnisse hervorzubringen, sollte auch berücksichtigt werden, dass sich wissenschaftliches Wissen über die Zeit entwertet (FRANCESCHET, 2010).

## Reputation

Schließlich wird einigen Wissenschaftsdisziplinen eine sehr enge Vorstellung von Bewertungsmaßstäben, relevanten Forschungsfragen und -methoden zugeschrieben, sie sind

*“(...) tightly knit in terms of their fundamental ideologies, their common values, their shared judgments of quality, (...) and the level of their agreement about what counts as appropriate disciplinary content.”* (BECHER UND TROWLER, 2001, S.59)

In diesem Sinne ist es naheliegend, einen Trägheitsmoment der wissenschaftlichen Gemeinde zu berücksichtigen, der widerspiegelt, wie schnell oder langsam in Publikationen kodifiziertes Wissen durch die wissenschaftliche Gemeinde akzeptiert wird und entsprechend Eingang in die wissenschaftliche Reputation eines Agenten findet.

Diese stilisierten Fakten werden nun im folgenden Abschnitt für das Agentenbasierte Modell spezifiziert. Die wissenschaftsbezogenen stilisierten Fakten werden darüber hinaus –wie in Abschnitt 11.2 motiviert– um das Konzept der Anpassung im wissenschaftlichen Kontext ergänzt. Die folgende Darstellung der Modellierung orientiert sich dabei in Grundzügen an der von GRIMM ET AL. (2010) vorgeschlagenen, modifizierten Variante des ODD-Protokolls (**O**verview, **D**esign concepts, **D**etails). Eine Anpassung wurde hier insbesondere vor dem Hintergrund als sinnvoll erachtet, als es sich bei dieser ABM nicht um eine empirische ABM handelt, wie sie GRIMM ET AL. (2010) für ihren Kontext der Ökologie fokussieren.

## 12.3 Heterogenität der Agenten

### 12.3.1 Präferenztypen KT und RT

Wissenschaftler werden im Simulationsmodell durch Agenten  $i \in N$  repräsentiert, die unterschiedliche Zielsetzungen im Hinblick auf ihr Erkenntnis- und Reputationsstreben haben. Während die Zielsetzung des Erkenntnisgewinns eine individuelle Disposition ist, ist Reputation eine soziale Disposition, deren Zielerreichung nur im Vergleich mit anderen Agenten definiert werden kann. Ob die Agenten ihre Zielsetzung hinsichtlich Erkenntnis- und/oder Reputationsstreben erreichen, wird durch ihr Anspruchsniveau definiert (vgl. Abschnitt 12.7.5). Die Heterogenität der Agenten wird darüber abgebildet, wie sie die beiden Zielsetzungen Erkenntnisstreben ( $\alpha$ ) und Reputation ( $(1 - \alpha)$ ) gewichten.

- Agenten, die Erkenntnisstreben relativ höher bewerten als Reputation, werden als Wissenspräferenztypen (KT) bezeichnet.
- Agenten, die in erster Linie eine hohe Reputation verfolgen, werden als Reputationspräferenztypen (RT) bezeichnet.

Die Zuweisung der Gewichtungsfaktoren ist als Zufallsprozess ( $\alpha_i \sim U[0, 1]$ ) modelliert, wobei die Agenten die Präferenzdisposition der anderen Agenten nicht beobachten können. Darüber hinaus bleiben die Präferenzdispositionen über den Simulationslauf konstant.

### 12.3.2 Innovatoren

Agenten, die ihr erkenntnisbezogenes Anspruchsniveau nicht erreichen, können eine wissenschaftliche Innovation initiieren, indem sie eine neue wissenschaftliche Überzeugung annehmen und durch Publikation einen neuen wissenschaftlichen Ansatz zu begründen versuchen. Da ein solches Engagement Kosten in Form von Zeit, Risiko und Mühe erzeugt, benötigen sie ein Minimum an wissenschaftlichem Kapital, das es ihnen erlaubt, Arbeiten hoher Originalität zu erzeugen.<sup>122</sup> Das Vorhandensein von derartigem wissenschaftlichen Kapital wird in dem Simulationsmodell in stilisierter Weise darüber abgebildet, dass nur diejenigen Agenten zu Innovatoren werden können, die in der Vergangenheit einen essentiellen Beitrag zum Erkenntnisgewinn der wissenschaftlichen Gemeinde geleistet haben und die ein ausgeprägtes Erkenntnisstreben aufweisen. Die ‘Investitionen’ in Innovation beschränken sich jedoch nicht nur auf Sachmittel, sondern sind mit einem hohen Maß an emotionaler Verbundenheit verknüpft, da ein Wissenschaftler mit erheblichen Widerständen aus seiner wissenschaftlichen Gemeinde rechnen muss. Innovatoren neigen mithin dazu, ihren wissenschaftlichen Ansatz mit großer Leidenschaft zu verteidigen und auf ihrer Position zu beharren, auch wenn es gegenteilige Evidenzen gibt oder der wissenschaftliche Ansatz von der Mehrheit der anderen Wissenschaftlern nicht angenommen

---

<sup>122</sup>Als ein Beispiel für diese Motivation kann Joseph Schumpeter als ein wesentlicher Begründer der Innovationsökonomik angeführt werden. Aus seiner Überzeugung, dass die in der Neoklassik formulierte Auffassung von ökonomischem Wandel als Abfolge stationärer Zustände eine viel zu passive Sichtweise darstellt, motiviert er einen neuen Ansatz, dessen zentraler Gedanke darin besteht, dass die Ökonomie gerade durch die ihr inhärente Kraft der ‘schöpferischen Zerstörung’, d.h. durch aktive Entrepreneur, angetrieben wird (vgl. FAGERBERG UND VERSPAGEN (2009, S.220)). Die Rolle von Schumpeter als Begründer der Innovationsökonomik wird darin deutlich, dass unterschiedliche aktuelle Ausprägungen der Innovationsökonomik auf ihn als wichtigste Inspirationsquelle verweisen (FAGERBERG UND VERSPAGEN, 2009, S.225).

wird (vgl. MITROFF (1974); SOLOMON (1992)).<sup>123</sup> Zusammenfassend können sich in dem vorliegenden Simulationsmodell nur Agenten vom Typ KT als Innovatoren ausweisen, deren kumulierte Produktivität höher ist als die mittlere (median) kumulierte Produktivität der wissenschaftlichen Gemeinde, d.h.  $I_t = \{i \in N^{KT} \mid cpr_{i,t-1} > med(cpr_{j,t-1})\}$ . Die Entscheidung eines Innovators für einen neuen wissenschaftlichen Ansatz ist endgültig und in der Folge eines Simulationslaufs irreversibel.

### 12.3.3 Experimentatoren

Einige Agenten werden in einen Pool von Agenten aufgenommen, die *prinzipiell* in der Lage sind, experimentelle Evidenz für den von ihnen vertretenen wissenschaftlichen Ansatz  $b_{i,t}$  zu erzeugen. Diese Agenten sind dadurch gekennzeichnet, dass sie –erfasst über ihre kumulierte Produktivität– zu einem prozentualen Anteil  $\tau$  der produktivsten Agenten der wissenschaftlichen Gemeinde gehören, d.h.  $E_{t,\tau} = \{i \in N, \text{gdw. } cpr_{i,t-1} > (1 - \tau)\overline{cpr}_{j,t-1}\}$ , wobei  $\tau \in \{.1, .5\}$ .<sup>124</sup> In jeder Periode wird aus diesem Pool zufällig ein Experimentator bestimmt, der *tatsächlich* experimentelle Evidenz für  $b_{i,t} \in \{-1, 1\}$  erzeugt. Alle Agenten, die aus diesem Pool ausgewählt wurden, d.h. zu Experimentatoren werden, bleiben über den Simulationslauf als solche klassifiziert und sind –wie die Innovatoren– in der Folge von möglichen Strategieanpassungen ausgeschlossen. Anders als in dem Modell von MARTINS (2010, S.525), in dem Experimentatoren auch durch die Überzeugung anderer Agenten beeinflusst werden können, wird hier argumentiert, dass sich Agenten *mit* erfolgreicher Veröffentlichung ihrer experimentellen Evidenz für einen spezifischen Forschungspfad in der wissenschaftlichen Gemeinde positionieren und damit gleichzeitig von anderen Positionen abgrenzen. Die Abgrenzung von konkurrierenden Positionen kann mit Mitroff als ‘organisierter Dogmatismus’ zusammengefasst werden, wonach Wissenschaftler nicht die eigenen Ergebnisse in dem gleichen Maß wie die Ergebnisse anderer Wissenschaftler kritisch betrachten, sondern von ihren eigenen Ergebnissen absolut überzeugt sind, während sie die anderer anzweifeln (MITROFF (1974, S.592)).

In dem Simulationsmodell wird der Pool mit Experimentatoren und damit experimentelle Evidenz erst ab dem Moment erzeugt, wenn mindestens ein Innovator erstmals die wissenschaftliche Überzeugung  $b = 1$  in einer Publikation explizit gemacht hat und damit

<sup>123</sup>Das Phänomen der Meinungsbeharrung, in der angelsächsischen Literatur als ‘belief perseverance’ bezeichnet, kann der Argumentation von SOLOMON (1992, S.443) folgend durchaus dem wissenschaftlichen Erfolg zuträglich sein. Wissenschaftler, die auf ihrer wissenschaftlichen Position beharren, führen ihre Bemühungen, Evidenz für selbige zu erzeugen, fort und tragen somit zu einer Forschung bei, die unterschiedliche Pfade offenhält. In Abgrenzung zu Kuhn und Kitcher, die sich den *motivationalen* und *sozialen* Einflussfaktoren in der Entscheidung für unterschiedliche Forschungspfade zuwenden, sieht Solomon das Phänomen der Meinungsbeharrung als Ausprägung *kognitiver* Entscheidungsheuristiken (SOLOMON, 1992, S.440).

<sup>124</sup>Für  $\tau = .5$  folgt damit, dass alle Agenten mit einer kumulierten Produktivität höher als der Median in den Pool potenzieller Experimentatoren aufgenommen werden.

einen neuen wissenschaftlichen Ansatz begründet. Da initial  $b_{i,t=0} = -1 \forall i \in N$  gilt, folgt hieraus insbesondere für die Perioden, in denen der Pool potentieller Experimentatoren aufgebaut wird, dass dieser vornehmlich von Agenten als Vertretern des vorherrschenden wissenschaftlichen Ansatzes  $b = -1$  besetzt ist und damit die Wahrscheinlichkeit für einen Agenten mit  $b = -1$  als Experimentator ausgewählt zu werden, höher ist als für Innovatoren mit  $b = 1$ . Durch diesen Modellierungsansatz wird dem Umstand Rechnung getragen, dass es einem etablierten wissenschaftlichen Ansatz aufgrund seiner Historie in der Regel gelingt, bei Auftreten eines neuen wissenschaftlichen Ansatzes zumindest für einen gewissen Zeitraum noch eine höhere experimentelle Evidenz zu erzeugen.

Aufgrund der selbstverstärkenden Effekte in der Verteilung der Publikationen ist es möglich, dass in der Erzeugung des Experimentatorenpools über einen Simulationslauf ein oder mehrere Agenten mehrmals als Experimentator ausgewählt werden. Eine wiederholte Auswahl desselben Agenten wird daher als Replikation seiner erzeugten experimentellen Evidenz interpretiert. Zusammenfassend sind die Experimentatoren nicht nur entscheidend in der Erzeugung experimenteller Evidenz, sondern spielen als Vertreter des ein oder anderen wissenschaftlichen Ansatzes und ihrer Populationsgröße eine wichtige Rolle für diejenigen Agenten, die ihre Entscheidung aus den Entscheidungen anderer Akteure ableiten. Denn je größer die Population der Experimentatoren ist, desto kleiner ist –bei konstanter Gesamtpopulation– die Anzahl derjenigen Agenten, die ihre Entscheidungen grundsätzlich anpassen können.

## 12.4 Zeitablauf des ABM *COSDA* im Überblick

Die folgende Tabelle 9 zeigt anhand des Pseudocodes den zeitlichen Ablauf des Simulationsmodells auf.<sup>125</sup> Nach der Initialisierung der Parameter beginnt die Hauptprozedur eines Simulationslaufs, in der die Agenten Publikationen erzeugen, ihre Zielgrößen ermitteln, diese im Gedächtnis abspeichern und einige Agenten Experimente durchführen. Nach Ablauf eines Entscheidungszeitraumes ermitteln die Agenten ihr Anspruchsniveau und gleichen dieses mit ihrer aktuellen Zielerreichung ab. Agenten, die nicht zum Pool der Experimentatoren gehören und die ihr Anspruchsniveau nicht erreichen, sind prinzipiell bereit, ihre Entscheidung für oder gegen einen bestimmten wissenschaftlichen Ansatz zu revidieren. Im Ergebnis zeigt sich auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde (Makroebene) der Durchsetzungsgrad der jeweiligen wissenschaftlichen Ansätze und die jeweils erzeugte experimentelle Evidenz. Die hierdurch veränderten Variablen Konformität und Publikationswahrscheinlichkeit nehmen mittelbar über den erreichten Erfolg Einfluss auf die Entscheidungsanpassungen einiger Agenten in der folgenden Hauptprozedur des Si-

<sup>125</sup>Das ABM wurde in der Multi-Agenten-Programmiersprache NetLogo in der Version 4.1.2 programmiert.

mulationslaufs.<sup>126</sup> In welcher Weise die Entscheidungsanpassungen beeinflusst werden, ist abhängig von der für den Agententyp hinterlegten Entscheidungsheuristik (vgl. Abschnitt 12.5 und Tabelle 11).

## 12.5 Die Mesosicht: Anpassungsverhalten

### 12.5.1 Das Anspruchsniveau der Agenten

Unter der in Abschnitt 11.2 erläuterten begrenzten Verfügbarkeit von Informationen und Wissen hat die Abbildung von Handlungsstrategien als Entscheidungsheuristik im Vergleich zur Erwartungsnutzenmaximierung den Vorteil, dass die Agenten nicht jedem möglichen Ergebnis einen Nutzenwert zuordnen müssen. Für den Entscheidungsprozess bedeutet das, dass die Agenten, gegeben ihre Handlungen, keine bedingten Wahrscheinlichkeiten berechnen müssen (vgl. BYRON (2005, S.313)). Die Agenten bewerten nur das Ergebnis ihrer Handlung als zufriedenstellend oder nicht zufriedenstellend. Wird ein Ergebnis als nicht zufriedenstellend beurteilt, begeben sich die Agenten auf die Suche nach einer zufriedenstellenden Lösung. Kann keine zufriedenstellende Lösung gefunden werden, senken sie ihr Anspruchsniveau ab. Damit die Entscheidungsheuristik überhaupt genutzt werden kann, muss bestimmt werden, was ein Ergebnis als zufriedenstellend definiert und wie es genau zu Entscheidungsanpassungen kommt. Das ‘Satisficing-Konzept’ benötigt daher folgende Spezifizierungen (vgl. BRENNER (2006, S.913)):

1. Bestimmung des Anspruchsniveaus zur Definition eines zufriedenstellenden Ergebnisses,
2. Zusammenhang zwischen dem Grad der Unzufriedenheit und einer möglichen Verhaltensanpassung sowie
3. alternative Handlungsmöglichkeiten und Auswahl derselbigen.

Eine modifizierte Variante des Satisficing-Konzepts nach SIMON (1955) definiert das Anspruchsniveau als ‘Schwellwert eines Erwartungsnutzens’ (BYRON, 1998; SCHMITZ, 1995), welcher zum Erreichen einer zufriedenstellenden Lösung überschritten werden muss (BYRON, 2005, S.312). Bevor eine Entscheidung getroffen wird, werden erst alle möglichen Handlungsmöglichkeiten gereiht und bewertet. Während also im Konzept von SIMON (1955) das Anspruchsniveau als absoluter Wert definiert ist (z.B. ein bestimmter Geldwert) und daraufhin eine nominale Entscheidung getroffen wird (ja/nein), beinhaltet der ‘Schwellwert des Erwartungsnutzens’ Ressourcen- und Zeitbeschränkungen, die in die

<sup>126</sup>Die Publikationswahrscheinlichkeit ist nicht als individuell beeinflussbare Größe zu verstehen, sondern vielmehr als eine exogene Größe, die durch die Entscheidungen aller anderen Agenten determiniert ist. Vgl. hierzu ausführlich Abschnitt 12.7.2.

Tabelle 9: Pseudocode des ABM *COSDA* I

Initialisierung der Wissenschaftler

Verlinkung der Wissenschaftler zu einem Wissensfeld

Initialisierung der Parameter:

(Verteilung der) Präferenztypen  $\alpha_i$

Entscheidungshorizont der Agenten (asp.time)

Entwertungsrates  $\theta$  und organisationale Trägheit  $(1 - \delta)$

Strebsamkeit  $\gamma$  und Erinnerungsvermögen  $\mu$

Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool  $\tau$

Entscheidungsheuristik der Präferenztypen

Solange Simulationszeit < Laufzeit des Modells gilt:

Wissenschaftler publizieren

aktualisieren ihren Wissensbestand

aktualisieren ihre Rangposition

berechnen Zielvariablen Wissensbestand und Rangposition

speichern Werte der Zielvariablen aus Vergangenheitswert(en)

Anteil der Wissenschaftler führt Experimente durch

Liste mit Experimentatoren wird erzeugt

Falls Simulationsuhr = Entscheidungshorizont

Wissenschaftler berechnen ihr Anspruchsniveau

Falls aktuelle Performanz < Anspruchsniveau

Innovatoren (KT): neuer wissenschaftlicher Ansatz

Entscheidungsanpassung der Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren

Aktualisierung Konformität, Publikationswahrscheinlichkeit

Anpassungsrate an verschiedene wissenschaftliche Ansätze

Experimentelle Evidenz zu wissenschaftlichen Ansätzen

Überlegung, was ein zufriedenstellendes Ergebnis sein kann, einfließen. Dieser Ansatz setzt voraus, dass mögliche Ergebnisse, gegeben entsprechende Handlungsmöglichkeiten, überhaupt gemessen werden können, um sie schließlich auf *einer* Nutzenskala zu vergleichen. Der Ansatz von SIMON (1955) ist im Hinblick auf diese Problematik immun; er verlangt nicht, dass die Werte messbar sind, und ist darüber hinaus nicht einmal auf die Vergleichbarkeit von Werten angewiesen (BYRON, 2005, S.313). Dieser Sachverhalt ist gerade dann von hoher Relevanz, wenn sich die Randbedingungen, unter denen Handlungsstrategien ausgeführt werden, ändern. Konkret ist im vorliegenden Simulationsmodell zu berücksichtigen, dass die Situation, in der ein neuer wissenschaftlicher Ansatz initiiert wird, dadurch charakterisiert ist, dass sie hochgradig unbestimmt ('ill-defined') ist. Geht man davon aus, dass in einer stabilen Situation (mit Konsens über Inhalte und Regeln, z.B. darüber, welche wissenschaftliche Praxis, Methode oder Argumentation akzeptiert wird), Handlungsstrategien auch immer ein implizites Wissen darüber widerspiegeln, in welcher Weise Handlungsmöglichkeiten mit erzielbaren Ergebnissen zusammenhängen (vgl. NOVARESE ET AL. (2010, S.2)), so gilt dies in unbestimmter Umgebung nicht mehr. Dementsprechend muss sich dann ein Anspruchsniveau nicht unbedingt aus den Erfahrungswerten speisen, die unter dem zuvor verfolgten wissenschaftlichen Ansatz Geltung hatten. Auch das implizite Wissen über die wissenschaftlichen Praktiken ist nur noch bedingt anwendbar, da ihre Zusammenhänge unter neuen Randbedingungen nicht mehr gelten müssen und möglicherweise erst wieder neu justiert werden. Im Hinblick auf das vorliegende Simulationsmodell wären damit die wissenschaftlichen Praktiken  $\theta$ ,  $(1 - \delta)$ ,  $\mu$ ,  $\gamma$  sowie die unterschiedlichen Anpassungsstrategien der Agenten während eines Simulationslaufs anzupassen. Eine endogene Betrachtung der wissenschaftlichen Praktiken ist jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit.<sup>127</sup> Vielmehr ist es –wie beschrieben– das Ziel der Arbeit, die Interaktion zwischen der Mikroebene und der Makroebene *via* der wissenschaftlichen Praktiken herauszuschälen.

Dementsprechend wird die Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Entscheidung für einen neuen wissenschaftlichen Ansatz und ihrem Einfluss auf das Anspruchsniveau eines Agenten im vorliegenden Referenzmodell darauf reduziert, dass bei einem Wechsel des wissenschaftlichen Ansatzes die aktuelle Publikationszahl eines Agenten auf eins zurückgesetzt wird. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass sich Wissen und Reputation durch eine Änderung der wissenschaftlichen Position bzw. des vertretenen wissenschaftlichen Ansatzes zwar nicht vollständig entwertet, zusätzliche Publikationen aus jüngsten Lotteriegewinnen unter dem zuvor vertretenen Ansatz jedoch nivelliert werden. Das Anspruchsniveau wird demnach nicht vollständig neu aufgebaut, sondern speist

---

<sup>127</sup>Für eine endogene Modellierung von Regeländerungen innerhalb sozialer Gruppen siehe beispielsweise das Simulationsmodell von SMAJGL ET AL. (2008).



sich im Wesentlichen aus dem in der Vergangenheit erreichten Wissensbestand und der Reputation (vgl. hierzu ausführlich Abschnitt 12.7.5).

### 12.5.2 Die Entscheidungsheuristik Konformität

In der Entscheidungsheuristik Konformität wird explizit auf den Zusammenhang zwischen dem Grad der Unzufriedenheit und einer möglichen Verhaltensanpassung Bezug genommen (vgl. Punkt 2 in der Spezifizierung des Satisficing-Konzeptes in Abschnitt 12.5.1). Die Dringlichkeit, die Entscheidung für oder gegen einen wissenschaftlichen Ansatz zu revidieren, speist sich aus dem Maß an Unzufriedenheit des jeweiligen Agenten und resultiert aus der Präferenz eines Agenten für seine Zielsetzung ( $\alpha_i$  bzw.  $(1 - \alpha_i)$ ). Damit ist die Anpassungsgeschwindigkeit bei Nicht-Erreichen des Anspruchsniveaus umso höher, je ausgeprägter die Zielpräferenz bzw. die Unzufriedenheit ausfällt. Ausgehend von der individuellen Ausprägung der Zielpräferenz vergleicht jeder Agent seine Unzufriedenheit mit einer Einschätzung über eine Entscheidungsalternative (vgl. Punkt 3 in Abschnitt 12.5.1). Eine Alternative ist in diesem Fall ein anderer wissenschaftlicher Ansatz, da die Agenten mit ihrer Kenntnis über den wissenschaftlichen Wettbewerb annehmen, dass sie unter einem neuen wissenschaftlichen Ansatz ihre Chancen auf zusätzliche Publikationen im Vergleich zum Status-Quo verbessern können und damit mittelbar die jeweiligen Zielgrößen Erkenntnis und Rangposition.<sup>128</sup> Zusätzliche Publikationen, d.h. der Gewinn der Lotterie, werden durch eine erhöhte Publikationswahrscheinlichkeit erreicht (vgl. Formel 2 in Abschnitt 12.7.2).

Da die Agenten aber kein Wissen über die konkrete Publikationswahrscheinlichkeit haben, sondern ex post nur beobachten können, ob sie die Publikationslotterie gewonnen haben oder nicht, nutzen sie den betragsmäßigen Konformitätswert als Heuristik, der ihnen die (sichtbare) Akzeptanz innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinde signalisiert. Der betragsmäßige Konformitätsparameter  $|conf|$  dient damit als Näherung für die unbekannte Publikationswahrscheinlichkeit unter den beiden zur Auswahl stehenden wissenschaftlichen Ansätzen. In der *Betragsfunktion* des Konformitätsparameters spiegelt sich das begrenzte Wissen der Agenten insofern wider, als sie nur beobachten können, ob Konsens oder Dissens bezüglich der wissenschaftlichen Ansätze herrscht.<sup>129</sup> Sie haben weder vollständige Information darüber, welcher Agent welchen wissenschaftlichen Ansatz verfolgt, noch wissen sie im Entscheidungsprozess, welcher Ansatz der in der nächsten Periode von der Mehrheit favorisierte Ansatz sein wird. Diese Annahme soll die Unsicher-

<sup>128</sup>Wie in Abschnitt 12.7.4 argumentiert, wird der Begriff Rangposition äquivalent zum Begriff der Reputation verwendet.

<sup>129</sup>So zeigt ein betragsmäßiger Konformitätswert von .9 lediglich an, dass nur einige wenige Agenten einen anderen wissenschaftlichen Ansatz verfolgen als die Mehrheit. Für welchen Ansatz die Mehrheit 'votiert' hat, ist für den einzelnen Agenten nicht erkennbar.

heit in Phasen wissenschaftlicher Veränderungen widerspiegeln, in denen Erwartungen hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung in der nächsten Entscheidungsperiode längst wieder obsolet sein können.

Die zentrale Entscheidungsheuristik, die die Agenten in der hier vorgestellten Konformitätsstrategie verwenden, lautet damit:

Falls nach Ablauf des Entscheidungshorizontes das Anspruchsniveau nicht erreicht wurde und das Ausmaß der Unzufriedenheit zu diesem Zeitpunkt größer ist als die betragsmäßige Konformität der wissenschaftlichen Gemeinde, ziehe einen neuen wissenschaftlichen Ansatz in Betracht.

Mit Rückgriff auf die oben formulierten Vorbedingungen sind es zunächst die überdurchschnittlich produktiven KT-Typen (Innovatoren), die einen neuen wissenschaftlichen Ansatz initiieren, wenn diese –unabhängig von der Höhe des Konformitätsparameters– mit ihrer privaten Disposition des Erkenntnisstrebens unzufrieden sind. Unterdurchschnittliche KT-Typen folgen diesem Ansatz, wenn sie ihr Anspruchsniveau ebenfalls nicht erreichen können und ihre Wechselbereitschaft die Bedingung  $\alpha_i > |conf_{i,t}|$  erfüllt. Je höher ihre Wechselbereitschaft, desto höher ist auch der betragsmäßige Konformitätswert, ab dem sie eine anderen wissenschaftlichen Ansatz annehmen. Dabei impliziert ein Wechsel bei einem betragsmäßig hohen Konformitätswert, dass die Agenten das Maß ihrer Unzufriedenheit höher bewerten als das Risiko, einen wissenschaftlichen Ansatz zu verfolgen, der in der Folgeperiode nur von einer Minderheit vertreten wird und damit ihre Chancen senkt, die Publikationslotterie zu gewinnen. Je höher die Unzufriedenheit der imitierenden KT-Agenten ist, desto schneller findet eine Anpassung an den neuen wissenschaftlichen Ansatz statt. Da initial alle Agenten den wissenschaftlichen Ansatz  $b = -1$  verfolgen und der Konformitätsparameter damit 1 beträgt, nimmt der Wert bei Initiierung von  $b = 1$  (durch die Innovatoren) ab, so dass in der Folge auch KT-Agenten mit einer geringeren Unzufriedenheit bei Nicht-Erreichen ihres Anspruchsniveau eine Entscheidung zugunsten des neuen Ansatzes treffen.

Reputationsorientierte Agenten sind prinzipiell dann bereit, einen neuen wissenschaftlichen Ansatz anzunehmen, falls sich ihre Rangposition verschlechtert und ihre Wechselbereitschaft  $(1 - \alpha) > |conf_{i,t}|$ . Agenten dieses Typs beziehen im Gegensatz zu den erkenntnisorientierten Agenten in ihrer Entscheidung allerdings mit ein, dass sie für den Fall, in der Folgeperiode möglicherweise einer wissenschaftlichen Minderheit anzugehören, aufgrund der negativen Konformität mit einer sinkenden Publikationswahrscheinlichkeit rechnen müssen. Da ein zu Beginn der Anpassungsphase hoher betragsmäßiger Konformitätswert einen erheblichen Einfluss auf ihre Publikationswahrscheinlichkeit hat, sie aber nicht wissen, ob sich der Konformitätswert nach der Entscheidung, wenn dieser offenbar wird, positiv oder negativ auf ihre Möglichkeit, die Publikationslotterie zu gewinnen,

auswirkt, verhalten sie sich risikoavers in dem Sinne, als sie bei Unzufriedenheit den wissenschaftlichen Ansatz der aktuellen Mehrheit imitieren und so versuchen, ihre Reputation zu verbessern.<sup>130</sup> Herrscht zum Entscheidungszeitpunkt eine genau gleiche Verteilung der wissenschaftlichen Ansätze vor, sind die RT-Agenten entsprechend indifferent und treffen eine zufällige Entscheidung. Abgebildet wird in der Konformitätsheuristik die Einflussnahme durch die Entscheidung anderer Akteure, wobei die beeinflussten Agenten unterschiedlichen Entscheidungsregeln folgen: Während anpassungsbereite Agenten mit Präferenz für Erkenntnisgewinn (Agententyp KT) stets der Entscheidung der Innovatoren folgen, entscheiden sich reputationsorientierte Agenten (Agententyp RT) unabhängig vom wissenschaftlichen Ansatz opportunistisch für den mehrheitlich vertretenen Ansatz. Damit stellen beide Agententypen eine nach Konformität strebende Kraft innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinde dar, wobei der Agententyp RT –anders als Agenten vom Typ KT– die Kosten falsch zu liegen höher bewertet werden als die Kosten, in der Minderheit zu sein (ASCH, 1955).

### 12.5.3 Die Entscheidungsheuristik Salienz

In der Entscheidungsheuristik Salienz wird die kognitive Disposition abgebildet, dass Subjekte denjenigen Informationen besondere Aufmerksamkeit in ihrer Entscheidungsfindung schenken, die auffallen oder hervorstechen. Diese Informationen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie aus der Wahrnehmung der Subjekte heraus leicht verfügbar sind und sich häufig in der unmittelbaren Umgebung der Subjekte finden (vgl. SOLOMON (1992, S.440)). Die Beeinflussung durch Informationen aus der unmittelbaren Umgebung wird in dem vorliegenden Simulationsmodell dergestalt abgebildet, dass Agenten, die weder zur Gruppe der Innovatoren noch zu den Experimentatoren gehören und die ihr Anspruchsniveau nicht erreichen, den wissenschaftlichen Ansatz ihres räumlich am nächsten benachbarten Agenten annehmen. Der Fokus in der Salienzstrategie ist damit darauf gerichtet, in einem einfachen Mechanismus die soziale Einflussnahme durch die Entscheidung anderer Akteure abzubilden (vgl. DAVID (1998); DE LANGHE UND GREIFF (2010); MARTINS (2010)). Zwei Faktoren spielen hier eine wesentliche Rolle: Da initial  $b_{i,t=0} = -1 \forall i \in N$  gilt, ist die Durchsetzung des wissenschaftlichen Ansatzes  $b = 1$  –wie auch in den anderen Handlungsstrategien– abhängig von der Initiierung von  $b = 1$  durch die Innovatoren. Des Weiteren kommen mit der Anpassung an den nächsten Agenten selbstverstärkende Effekte zum Tragen, da der Verlauf im Wesentlichen von dem bisherigen Verbreitungs-

---

<sup>130</sup>Damit wird hier unterstellt, dass die Agenten vom Typ RT –anders als diejenigen vom Typ KT– Informationen darüber haben, welche Agenten (als Träger eines bestimmten wissenschaftlichen Ansatzes) in der Mehrheit sind.

grad determiniert wird.<sup>131</sup> Hierbei ist insbesondere die Rolle der Experimentatoren zu berücksichtigen: Je höher der Anteil der –vom Anpassungsprozess ausgeschlossenen– Experimentatoren mit  $b = -1$ , die den anpassungsbereiten Agenten durch ihre Funktion als am nächsten benachbarter Agent als Referenz dienen können, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass es nicht zu einer Verbreitung des wissenschaftlichen Ansatzes  $b = 1$  kommt. Die Salienzheuristik weist eine Parallele zu dem Modell von DAVID (1998) auf, in dem es bei konsequenter Anpassung an die von den Nachbarn vertretene Meinung –in Abhängigkeit der Ausgangsverteilung der Agenten– immer zu eindeutigen Konsens-Entscheidungen für oder gegen eine Theorie kommt, wenn es bei initial vorherrschendem Ansatz von  $b_{i,t=0} = -1 \forall i \in N$  aufgrund einer geringen Anzahl an Innovatoren und Experimentatoren mit  $b = 1$  nur zu geringen Abweichungen vom initialen Konsens kommt. Anders als in dem Modell von DAVID (1998) ist in der Salienzheuristik mit der Gruppe der Experimentatoren die Möglichkeit gegeben, dass es nicht immer zu eindeutigen Konsensentscheidungen kommen muss, sondern auch ein Dissens Bestand haben kann.

#### 12.5.4 Die Entscheidungsheuristik experimentelle Evidenz

Unter der Salienzheuristik richten sich Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren, die ihr Anspruchsniveau nicht erreichen, ausschließlich an ihrem unmittelbaren Umfeld aus; sie sind sozial bestimmt. In der Entscheidungsheuristik experimentelle Evidenz hingegen orientieren sie sich an evidenzbasierten Wertkategorien.<sup>132</sup> Anpassungsbereite Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren entscheiden sich für den wissenschaftlichen Ansatz desjenigen Agenten aus der Liste der Experimentatoren, dessen Evidenz am häufigsten repliziert wurde. In dem Fall, dass mehrere Agenten mit unterschiedlichem wissenschaftlichen Ansatz eine gleich hohe Anzahl an replizierter Evidenz aufweisen, ist die Entscheidung der Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren nicht bestimmt; d.h. die Entscheidung kann sowohl zugunsten  $b = -1$  als auch  $b = 1$  ausfallen. Während die adaptierenden Agenten in ihrer Entscheidungsheuristik den Konsens auf einen wissenschaftlichen Ansatz befördern, kommt den Experimentatoren und Innovatoren insbesondere die Aufgabe zu, Diversifikation aufrecht zu erhalten. Damit hat die hier formulierte Entscheidungsheuristik

<sup>131</sup> Anders als in der Konformitätsstrategie wird in der Salienzstrategie nicht unterstellt, dass die Agenten unterschiedlichen Risikoeinstellungen unterliegen, die sich in ihrer Neigung, Entscheidungsalternativen in Betracht zu ziehen, äußern. Darüber hinaus ist der Informationsradius der anpassungsbereiten Agenten in der Salienzheuristik mit Beschränkung auf den räumlich nächsten Agenten wesentlich kleiner und begrenzter als in der Konformitätsheuristik. Die Frage, ob in der wissenschaftlichen Gemeinde Konsens oder Dissens herrscht, spielt für sie keine Rolle. Sie fällen ihre Entscheidung ‘blind’ gemäß der nächst verfügbaren Information.

<sup>132</sup> Da in Anlehnung an SOLOMON (1992) davon ausgegangen wird, dass –abweichend von der klassischen Wissenschaftsphilosophie– nicht-kognitive und kognitive Faktoren die Herausbildung eines wissenschaftlichen Konsenses bzw. Dissenses (positiv) beeinflussen, wird der Begriff ‘epistemische’ Wertkategorie hier als ‘evidenzbasierte’ Wertkategorie interpretiert.

einen Bezug auf den zentralen Gedanken bei KITCHER (1993), wonach in einer wissenschaftlichen Gemeinde, die ausschließlich aus rein epistemisch motivierten Wissenschaftlern besteht, keine Diversifikation stattfindet, da alle Wissenschaftler ihre Bemühungen auf den Forschungsansatz mit dem höchsten ‘intrinsic prospect’ bzw. der höchsten verfügbaren Evidenz konzentrieren. Während er die Lösung zur Vermeidung einer vollständigen Spezialisierung in dem *Wettbewerb* um wissenschaftliche Anerkennung sieht (KITCHER, 1993, S.345), ist die Möglichkeit zur Diversifikation hier –in Anlehnung an SOLOMON (1992)– durch die *kognitive Disposition* der Experimentatoren gegeben: sie sind von ihrem wissenschaftlichen Ansatz in hohem Maße überzeugt und beharren auf diesem, auch wenn andere Agenten gegenteiliger Auffassung sind.

## 12.6 Die Makrosicht: Emergenz evidenzbasierter wissenschaftlichen Konsenses oder Dissenses

Mit Rückgriff auf die in Abschnitt 11 formulierten Prämissen stellt sich erstens die Frage, worüber das Resultat auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde *definiert* werden kann, wenn von einem exogen gegebenen Kriterium wie Wahrheit Abstand genommen wird, und zweitens, worüber dieses Resultat *bewertet* werden kann, wenn die Agenten auf individueller Ebene keine Maximierung ihrer Zielgrößen vornehmen.<sup>133</sup> Die Agenten streben zwar ein Erreichen ihres Anspruchsniveaus an, wenn sie selbiges jedoch nicht erreichen und ihnen keine Entscheidungsalternativen zur Verfügung stehen, senken sie ihr Anspruchsniveau ab, was wiederum impliziert, dass die Agenten bereit sind, (vorläufig) auch stagnierende oder rückläufige Zielwerte (Erkenntnis respektive Reputation) in Kauf zu nehmen. Dieser Prozess kann beispielsweise dadurch ausgelöst sein, dass sie einen wissenschaftlichen Ansatz vertreten, der sich nicht durchsetzen kann. Aus der Makrosicht auf Wissenschaft kann aber gerade Meinungsbeharrung dazu dienen, andere Forschungspfade –trotz gegenteiliger Evidenz– offen zu halten.

### 12.6.1 Konsens oder Dissens

Ein mögliches, nicht epistemologisches Kriterium, das Koordinationsresultat einer wissenschaftlichen Gemeinde zu definieren, ist die Herausbildung von Mehrheitsverhältnissen. Sind eindeutige Mehrheiten vorhanden, handelt es sich um einen Konsens, andernfalls um einen Dissens. Allerdings ist eine Bewertung als Dissens nicht nur für eine exakte Gleichverteilung der Agenten auf beide wissenschaftliche Ansätze vorzunehmen, sondern

<sup>133</sup>Unter Anwendung des Wahrheitskriteriums könnte ein individuelles Maximierungskriterium darin liegen, in einem abstrakten Raum der Wahrheit als Punkt in diesem Raum möglichst nahe zu kommen. Vgl. diejenigen ABM, die auf KAUFFMAN (1993) fußen.

Tabelle 11: Pseudocode des ABM *COSDA* II (Anpassungsverhalten im Detail)

Falls für Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren vom Typ KT gilt:

Performanz  $<$  Anspruchsniveau und Präferenz  $>$  |Konformität|

Annahme des wissenschaftlichen Ansatzes der Innovatoren  
(Konformitätsheuristik)

Performanz  $<$  Anspruchsniveau

Annahme des wissenschaftlichen Ansatzes eines Experimentators  
mit am häufigsten replizierter Evidenz (Evidenzheuristik)

Performanz  $<$  Anspruchsniveau

Annahme des wissenschaftlichen Ansatzes des räumlich  
nächsten Agenten (Salienzheuristik)

Falls für Nicht-Experimentatoren vom Typ RT gilt:

Performanz  $<$  Anspruchsniveau und Präferenz  $>$  |Konformität|

Annahme des wissenschaftlichen Ansatzes eines Agenten  
mit Konformität  $\geq 0$  (Konformitätsheuristik)

Performanz  $<$  Anspruchsniveau

Annahme des wissenschaftlichen Ansatzes eines Experimentators  
mit am häufigsten replizierter Evidenz (Evidenzheuristik)

Performanz  $<$  Anspruchsniveau

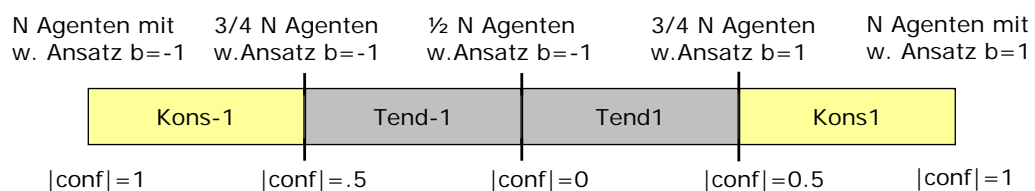
Annahme des wissenschaftlichen Ansatzes des räumlich  
nächsten Agenten (Salienzheuristik)

es erscheint sinnvoll, die Definition von Dissens auf ein größeres Intervall zu erweitern. Dieses Intervall resultiert aus der im Mikromodell hinterlegten Anpassungsstrategie. So gilt als Anpassungsbedingung in der Referenzstrategie Konformität neben dem Nicht-Erreichen des Anspruchsniveaus, dass die Präferenzgewichtung für die Zielgröße respektive Wechselbereitschaft  $\alpha_i$  bzw.  $(1 - \alpha_i)$  mit  $\alpha \sim U[0, 1]$  größer als der betragsmäßige Konformitätswert ist. Der Konformitätswert ist definiert durch:

$$conf_{i,t} = \frac{(1 + B_{i,t}^g) - B_{i,t}^u}{N} \quad (1)$$

mit  $conf_{i,t} \in (-1, 1]$ ,  $B_{i,t}^g = \{j \in N_{j \neq i} \mid b_{j,t} = b_{i,t}\}$  sowie  $B_{i,t}^u = \{j \in N_{j \neq i} \mid b_{j,t} \neq b_{i,t}\}$ . Da die Wechselbereitschaft  $\forall i \in N$  stets größer .5 ist, *könnten* alle Nicht-Experimentatoren und Nicht-Innovatoren im Intervall  $conf_{i,t} \in (-.5, .5)$  ihre Entscheidung revidieren, so dass sich nach Absinken des Ausgangswerts  $conf_{i,t=1} = 1 \forall i \in N$  und entsprechenden Entscheidungsanpassungen wieder ein Konformitätswert  $>|.5|$  einstellt. Geschieht dies allerdings nicht, wird das Verharren der wissenschaftlichen Gemeinde in einem Intervall grundsätzlicher Anpassungsmöglichkeit als Dissens bewertet. Um die Simulationsergebnisse genauer beurteilen zu können, wird bei einem Dissens unterschieden, ob trotz der relativen Gleichverteilung die Tendenz eher Richtung  $b = -1$  (tend-1) oder in Richtung  $b = 1$  (tend1) geht. Komplementär zum Ergebnis des Dissenses wird ein Konsens als solcher bezeichnet, wenn sich das Endergebnis auf den Intervallen  $conf_{i,t=T} \in [-1, -.5]$ ,  $conf_{i,t=T} \in [.5, 1]$  einpendelt, wobei  $conf_{i,t=T} \in [.5, 1] \forall i \in N$  gilt, die sich in der Mehrheit und  $conf_{i,t=T} \in [-1, -.5] \forall i \in N$  gilt, die sich in der Minderheit befinden. Übertragen auf eine prozentuale Skala, bedeutet ein Konformitätswert von .5, dass 75% aller Agenten denselben wissenschaftlichen Ansatz verfolgen (vgl. Abbildung 2).

Abbildung 2: Konformitätsskala



In der vorliegenden Arbeit wird damit der Schwellwert, der für einen Konsens mindestens erreicht werden muss, dadurch definiert, dass ein wissenschaftlicher Ansatz dreimal

so häufig vertreten sein muss wie ein anderer. Dieser Schwellwert wird aus Gründen der Konsistenz auch für die Entscheidungsheuristiken experimentelle Evidenz und Salienz verwendet.

### 12.6.2 Evidenz durch Experimentatoren

Die Definition von Koordinationsergebnissen als Konsens oder Dissens beinhaltet noch keine epistemologische Dimension, die jedoch zentraler Gegenstand in den (agentenbasierten) Modellen der ESK ist und damit auch im vorliegenden Modell zu implementieren ist. Aus den oben genannten Prämissen (vgl. Abschnitt 11.2) ergibt sich die epistemologische Dimension für das Modell nicht etwa aus der Annahme eines a priori existierenden, objektiv superioren wissenschaftlichen Ansatzes, sondern aus Experimente durchführenden Agenten, die (vorläufige) Evidenz für einen bestimmten wissenschaftlichen Ansatz erzeugen. Da die Auswahl des Evidenz erzeugenden Experimentators als Zufallsprozess modelliert wird, der jedoch gleichzeitig selbstverstärkende Effekte in sich trägt, ist ex-ante nicht festgelegt, welchem wissenschaftlichen Ansatz der Experimentator folgt, dessen Ansatz am häufigsten repliziert wurde (vgl. die Erläuterungen in Abschnitt 12.3.3).

Auf der Makroebene kann damit ein Vergleich der Evidenz einerseits mit dem in der Mehrheit vertretenen wissenschaftlichen Ansatz andererseits vorgenommen werden. Sollte beispielsweise der wissenschaftliche Ansatz 1 in der Mehrheit angenommen worden sein (Konsens 1), so kann entsprechend der Evidenz für die individuellen Entscheidungen gefolgert werden:

- A: Falls der wissenschaftliche Ansatz des am häufigsten replizierten Experimentators = 1 und
  - Agent w.A. 1 vertritt: Agent ist richtig<sup>134</sup> in der Mehrheit (A1)
  - Agent w.A. –1 vertritt: Agent ist falsch in der Minderheit (A2)
- B: Falls der wissenschaftliche Ansatz des am häufigsten replizierten Experimentators = –1 und
  - Agent w.A. 1 vertritt: Agent ist falsch in der Mehrheit (B1)
  - Agent w.A. –1 vertritt: Agent ist richtig in der Minderheit (B2)

Entsprechendes gilt vice versa für den Fall, dass der wissenschaftliche Ansatz –1 von der Mehrheit der Agenten präferiert wird. In Anlehnung an DAVID (1998) wird angenommen, dass die möglichen Ergebnisse *aus Sicht der individuellen Agenten* folgendermaßen

<sup>134</sup>Die Kategorien ‘richtig’ und ‘falsch’ sind nicht im Sinne von objektiv wahr oder falsch zu verstehen, sondern im Sinne der erzeugten experimentellen Evidenz.



gereiht werden:  $B2 \succ A1 \succ B1 \succ A2$ .<sup>135</sup> Für die Dissensfälle werden die individuellen ‘Erfolgskategorien’ in abgeschwächter Form formuliert. So gelte für einen Dissens, mit Tendenz zu 1 (Tendenz 1):<sup>136</sup>

- C: Falls der wissenschaftliche Ansatz des am häufigsten replizierten Experimentators = 1 und
  - Agent w.A. 1 vertritt: Agent ist richtig mit dem Trend (C1)
  - Agent w.A. –1 vertritt: Agent ist falsch gegen den Trend (C2)
- D: Falls der wissenschaftliche Ansatz des am häufigsten replizierten Experimentators = –1 und
  - Agent w.A. 1 vertritt: Agent ist falsch mit dem Trend (D1)
  - Agent w.A. –1 vertritt: Agent ist richtig gegen den Trend (D2)

Innerhalb dieser Ergebniskategorien kann analog angenommen werden, dass für die Agenten gelte:  $D2 \succ C1 \succ D1 \succ C2$ .

Mit der Herausbildung von Konsens- oder Dissenssituationen zum einen und der experimentellen Evidenz zum anderen sind die Dimensionen zur Definition des Koordinationsresultats einer wissenschaftlichen Gemeinde am Ende eines Simulationslaufs gegeben. Damit lassen sich die Entscheidungen der individuellen Agenten sowohl im Hinblick auf eine epistemische Dimension (Evidenz) als auch auf eine sozial bestimmte Dimension (Mehrheitsverhältnisse) bestimmen.

Für die Ergebniskategorien in der Interpretation als *soziale* Wertkategorien der wissenschaftlichen Gemeinde stellt sich natürlich die Frage, ob und in welcher Weise eine Reihung der Ergebniskategorien unter Konsens und Dissens insgesamt vorgenommen werden kann. So kann eine Aneinanderreihung der Kategorien im Sinne von  $B2 \succ A1 \succ B1 \succ A2 \succ D2 \succ C1 \succ D1 \succ C2$  verworfen werden, da aus Sicht einer wissenschaftlichen Gemeinde, die ein Aufrechterhalten unterschiedlicher Forschungspfade als ihren zentralen Wertmaßstab vertritt, primär auftretende Ergebnisse, nach denen sich die Mehrheit auf den nicht durch Evidenz unterstützten wissenschaftlichen Ansatz koordiniert (B1), kaum dem Ergebnis vorziehen wird, nach dem einige Wissenschaftler existieren, die sich zwar nicht durchsetzen konnten, aber den durch Evidenz gestützten wissenschaftlichen Ansatz aufrecht erhalten (D2). Aus gleicher Perspektive ist weiter fraglich, ob eine wissenschaftliche

<sup>135</sup> Implizit wird damit unterstellt, dass es im Ergebnis keine Rolle spielt, welcher wissenschaftliche Ansatz ( $b = 1$  oder  $b = -1$ ) am Ende mehr Evidenz auf sich vereinen kann; sie gelten grundsätzlich als gleichwertig.

<sup>136</sup> Entsprechendes gilt vice versa wieder für den Fall Tendenz –1.

Tabelle 13: Vorlage zur Ergebniszusammenfassung auf der Makroebene

Koordinationsergebnis auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde	Entscheidungsheuristiken		Ergebniskategorien der individuellen Agenten															
	KT.adapt	RT.adapt	right.min		right.maj		wrong.maj		wrong.min		right.atrend		right.wtrend		wrong.wtrend		wrong.atrend	
Konsens- oder Dissenssituation			N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
	confK	confR expR salR																
kons-1, kons1, tend-1 oder tend1	expK	confR expR salR																
	salK	confR expR salR																

Gemeinde, deren Wissenschaftler primär den evidenzgestützten, mehrheitlichen wissenschaftlichen Ansatz vertreten (A1), dieses Ergebnis der Situation vorziehen sollte, bei der sich in der Tendenz eine Minderheit auf den evidenzgestützten Ansatz fokussiert (D2). Durch eine zunehmende Koordination auf A1 sind in steigendem Maße Ressourcen gebunden, was die Entwicklung potentieller anderer wissenschaftlicher Pfade grundsätzlich erschwert.

Was folgt aus diesen Vorüberlegungen zur Interpretierbarkeit der Ergebniskategorien als sozialer Wertmaßstab? Erstens sind die Konsensresultate nicht generell den Dissensresultaten vorzuziehen und zweitens ist zu berücksichtigen, unter welchen spezifischen Handlungsstrategien die Ergebniskategorien hervorgebracht wurden, d.h. ob durch die Entscheidungsheuristiken eher eine evidenzunabhängige Koordination auf die Mehrheit forciert wird oder Konformitäts- oder Evidenzüberlegungen eine eindeutige Koordination auf einen wissenschaftlichen Ansatz verhindern.<sup>137</sup> Ob und welcher Zusammenhang zwischen den Ergebniskategorien und den Entscheidungsheuristiken festzustellen ist, wird im Rahmen von Abschnitt 15 näher untersucht. Konkret geht es um die Frage, inwiefern die Entscheidungsheuristiken Konformität, Salienz und experimentelle Evidenz unterschiedliche Ergebniskategorien (A1 – D2) unter der Herausbildung möglicher Koordinationsergebnisse (Konsens oder Dissens) zulassen. Die hier angestellten Überlegungen sind in Tabelle 13 zusammengefasst, die in der späteren Ergebniszusammenfassung als Vorlage dient.

<sup>137</sup>In Anknüpfung an obige Überlegung wird das Aufbrechen zunehmend dominanter wissenschaftlicher Pfade beispielsweise dann erschwert, wenn die Salienzstrategie als Handlungsstrategie zugrundegelegt wird. Da sie bestimmt ist durch eine Orientierung an der bereits erfolgten Durchsetzung und damit primär mehrheitsbasierte Ergebniskategorien hervorbringt, ist zu unterstellen, dass sich die Entwicklung alternativer wissenschaftlicher Pfade deutlich schwieriger gestaltet als unter der Konformitäts- und evidenzbasierten Handlungsstrategie.

## 12.7 Die Mikrosicht: Agenten im wissenschaftlichen Wettbewerb

### 12.7.1 Initialisierung des ABM *COSDA* und Übersicht der Prozesse

Initial werden  $N$  Agenten einem Wissensfeld zugeordnet. Alle einem Wissensfeld zugeordneten Wissenschaftler bilden eine wissenschaftliche Gemeinde, ein so genanntes “invisible college”, in dem sich Wissenschaftler wiederfinden, die sich auf ein bestimmtes Wissensfeld spezialisiert haben. Die Interpretation eines Wissensfeldes schließt sich COLE (1983, S.130) an, wonach dieses definiert werden kann als “all work being done on a particular cognitive problem” (zitiert nach FAGERBERG UND VERSPAGEN (2009, S.219)). In dem Streben nach einem bestimmten Erkenntnisziel wird ein gemeinsamer Wissensbestand erlangt, der –im Hinblick auf das zentrale Erkenntnisziel und/oder verwendete Methoden– eine Abgrenzung von anderen Wissensfeldern erlaubt (z.B. Evolutorische Ökonomik in Abgrenzung zur Neoklassik). Da unterschiedliche Wissensfelder inkommensurabel zueinander sein können (BROCK UND DURLAUF, 1999), ist ein Wissenschaftler in dem vorliegenden ABM niemals mehr als einem Wissensfeld zugeordnet. Es wird davon ausgegangen, dass sich die wissenschaftliche Gemeinde zunächst einig ist über das Erkenntnisziel und/oder die zu verwendenden Methoden in ihrem Wissensfeld. Allen Agenten wird daher initial dieselbe wissenschaftliche Überzeugung bzw. derselbe wissenschaftliche Ansatz  $b_{i,t} = -1$  zugeordnet. Ebenfalls in der Initialisierung werden die unterschiedlichen Präferenztypen erzeugt, indem jeder Agent einen Gewichtungsfaktor  $\alpha_i \sim U[0, 1]$  zugewiesen bekommt, der seine Präferenz für Erkenntnistreben relativ zu Reputation widerspiegelt. Agenten mit  $\alpha_i > .5$  werden als KT-Typen klassifiziert, und RT-Typen weisen entsprechend ein  $\alpha_i \leq .5$  auf.

Vor dem Start eines Simulationslaufes wird überdies definiert, in welchem zeitlichen Abstand die Agenten ihre wissenschaftliche Position ändern können (*asp.time*). Dieser zeitliche Abstand legt gleichzeitig fest, wie weit der Entscheidungshorizont  $h$  der Agenten zurückreicht, d.h. passen die Agenten ihre Handlung an, basiert die Entscheidung auf der Bewertung der Zielgrößen, die innerhalb des zurückliegenden Entscheidungshorizonts erreicht wurden (vgl. hierzu auch Abschnitt 12.7.5). Ein Entscheidungshorizont von 4 Ticks bedeutet, dass alle 4 Ticks eine Entscheidung basierend auf den vergangenen 4 Perioden gefällt wird. Werden 4 Ticks als ein Jahr definiert, repräsentieren 120 Ticks pro Simulationslauf insgesamt 30 Jahre, wobei jedes Jahr eine Entscheidung gefällt wird.<sup>138</sup> Wird der Entscheidungshorizont auf 1 Tick gesetzt, werden entsprechend pro Jahr vier Entscheidungen gefällt. Da eine solch hohe Entscheidungsfrequenz ein hohes Maß an Instabilität

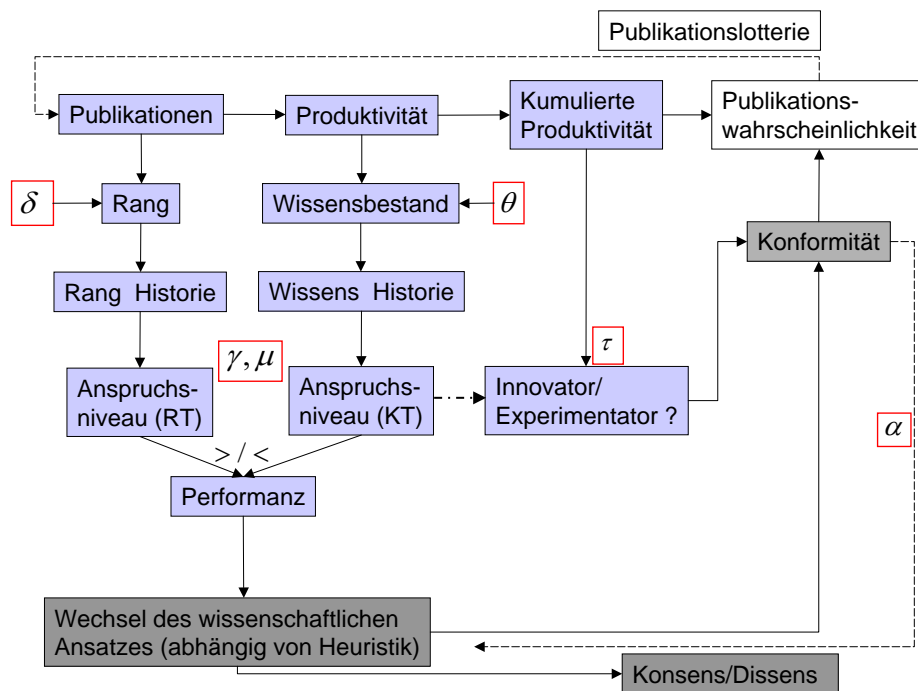
<sup>138</sup>Ein Zeitraum von 30 Zeitjahren wird auch bei WATTS UND GILBERT (2011) zu Grunde gelegt; allerdings werden hier die Publikationszahlen der Zeitschrift “Research Policy” mit primärem Fokus auf innovationsökonomische Fragestellungen genutzt, um das Wachstum eines bestimmten Forschungsfeldes zu replizieren.

nach sich zieht (vgl. Abschnitt 12.7.5), wird hier auf einen Entscheidungshorizont von 4 Ticks zurückgegriffen.

Die Durchlässigkeit, d.h. das Differenzierungskriterium, wann ein Agent aufgrund seiner kumulierten Produktivität die Chance hat, als Experimentator klassifiziert zu werden, wird über den Parameter  $\tau$  vorgegeben. Im Referenzmodell wird mit  $\tau = .5$  zunächst von einer hohen Durchlässigkeit auf den Experimentorenpool ausgegangen, d.h. der tatsächlich Evidenz erzeugende Experimentator wird aus einem Pool von Agenten gewonnen, deren kumulierte Produktivität höher als der Median der wissenschaftlichen Gemeinde ist.

Neben den Parametern zu den Rahmenbedingungen des wissenschaftlichen Wettbewerbs wird das Mikromodell im Wesentlichen durch den Publikationswettbewerb, den Wissenserwerb, den Statuswettbewerb und die Anpassung des Anspruchsniveaus der Agenten gesteuert. Die hellblau eingefärbten Bereiche in Abbildung 3 markieren das Mikromodell mit den Einflussparametern wissenschaftlicher Praktiken  $\theta$ ,  $\delta$ ,  $\mu$ ,  $\gamma$  und  $\tau$ .<sup>139</sup>

Abbildung 3: Modellübersicht



<sup>139</sup>Die grau eingefärbten Bereiche beziehen sich auf Prozesse und Mechanismen der Makroebene. Die Publikationslotterie ist weiß eingefärbt, da es sich hierbei um einen exogen gesetzten Mechanismus handelt, der Mikro- und Makroebene verknüpft.

### 12.7.2 Publikationswettbewerb

Nach der Initialisierung beginnt ein Simulationslauf damit, dass die Agenten Publikationen erzeugen. Im ersten Zeitschritt  $t=1$  (*Tick*) erzeugt jeder Agent  $i$  eine Publikation  $pub_{i,t}$ .<sup>140</sup> Der in einem Zeitschritt erzeugte Output wird in Bezug gesetzt zu dem höchsten in der wissenschaftlichen Gemeinde erzeugten wissenschaftlichen Output  $pub_t^{max}$  und liefert die Produktivität  $pr_{i,t}$  eines Agenten  $i$ . Entsprechend wird für den akkumulierten Output  $cpub_{i,t-1}$  der folgenden Perioden (bzw. Zeitschritte) die kumulierte Produktivität  $cpr_{i,t-1}$  eines Agenten  $i$  über die vergangenen  $t-1$  Perioden über den Bezug zu  $cpub_{t-1}^{max}$  errechnet. Unterschiedliche Produktivitäten beginnen sich ab der zweiten Periode herauszubilden, wenn zusätzliche Publikationen erzeugt werden können. Die Zuweisung weiterer Publikationen in den Folgeperioden basiert auf einer adaptierten Version des Lotteriebeispiels aus der NetLogo Bibliothek (WILENSKY, 2004). Pro Periode werden zwei ‘Lotteriegewinner’ gezogen. Ein Agent, der die ‘Publikationslotterie’ gewinnt, erhält eine zusätzliche Publikation, die er in den Folgeperioden beibehält. Hat ein Agent beispielsweise dreimal die Lotterie gewonnen, erzeugt er vorläufig danach jede Periode vier Publikationen. Agenten, die niemals die Lotterie gewinnen, erzeugen jede Periode eine Publikation. Die Wahrscheinlichkeit, die Publikationslotterie zu gewinnen, ist höher für diejenigen Agenten, die über eine hohe kumulierte Produktivität  $cpr_{i,t-1}$  verfügen (Matthäus-Effekt), die eine hohe aktuelle Produktivität  $pr_{i,t}$  aufweisen und sich gleichzeitig konform zum vorherrschenden wissenschaftlichen Ansatz verhalten (vgl. hierzu BROCK UND DURLAUF (1999)).<sup>141</sup>

<sup>140</sup>In Abschnitt 11.1 wurde formuliert, dass der Ausgangspunkt der ABM ein beliebiger Zeitpunkt in einer Phase eines etablierten wissenschaftlichen Ansatzes ist. Die Annahme einer initialen Publikationszahl von eins  $\forall i \in N$  kann jedoch damit gerechtfertigt werden, dass der im Folgenden erläuterte selbstverstärkende Effekt in der Verteilung der Publikationen so schnell in Gang gesetzt wird, dass zum Zeitpunkt erster Anpassungshandlungen der Agenten bereits eine approximativ Lotka-verteilte Struktur der Publikationen zugrunde liegt.

<sup>141</sup>Der Lotteriemechanismus arbeitet in der Simulation wie folgt: Jeder Agent hält ein Los mit seiner Publikationswahrscheinlichkeit. Alle Lose werden in eine Urne geworfen und aus der Summe aller Publikationswahrscheinlichkeiten wird per Zufall ein Los wieder hervorgezogen. Jeder Agent vergleicht nun sein Los (Publikationswahrscheinlichkeit) mit dem gezogenen Los. Ist das Los des Agenten  $i >$  dem gezogenen Los, gewinnt er die Lotterie. Ist das Los des Agenten  $i \leq$  als der Lotteriewert, wird dieser um das Los des Agenten  $i$  reduziert und an den nächsten Agenten  $i+1$  weitergereicht, der ebenfalls sein Los mit dem reduzierten Lotteriewert vergleicht. Dieser Lotterienprozess wird anschließend einmal wiederholt. Die Reihenfolge, in der die Agenten zum Vergleich ihrer Lose aufgerufen werden, ist zufällig. Da zum Ende des ersten Zeitschrittes alle Agenten eine Produktivität von eins aufweisen und alle denselben wissenschaftlichen Ansatz vertreten ( $b_{i,t} = -1 \quad \forall i \in 1, \dots, N$ ), haben alle Agenten in der ersten Lotterie die gleichen Chancen, selbige zu gewinnen. In der Folge ist die Wahrscheinlichkeit, die Lotterie zu gewinnen, dann aber höher für diejenigen Agenten, deren Los einen hohen Wert aufweist bzw. die eine höhere Publikationswahrscheinlichkeit haben.

$$pubprob_{i,t} = \max \left( \frac{cpr_{i,t-1} + (pr_{i,t} * conf_{i,t})}{\max_{j=1}^N (cpr_{j,t-1} + (pr_{j,t} * conf_{j,t}))}, 0 \right) \quad (2)$$

Die Konformitätsvariable  $conf_{i,t} \in (-1, 1]$  hat für jeden vertretenen wissenschaftlichen Ansatz eine Ausprägung und nimmt einen positiven Wert an, falls sich der Agent  $i$  mit seinem vertretenen wissenschaftlichen Ansatz in der Mehrheit befindet, und einen entsprechenden negativen Wert, falls er sich in der Minderheit befindet (vgl. Formel 1). Da es, wie definiert, zwei mögliche wissenschaftliche Ansätze gibt, nimmt  $conf_{i,t}$  maximal zwei unterschiedliche Ausprägungen an. Je deutlicher die Mehrheitsverhältnisse sind, desto stärker konvergiert  $conf_{i,t}$  gegen 1 (Mehrheit) bzw.  $-1$  (Minderheit). Werden beide wissenschaftlichen Ansätze von einer gleich hohen Zahl von Agenten vertreten, nimmt  $conf_{i,t} \forall i \in N$  den Wert null an.<sup>142</sup> In diesem Fall ist die Wahrscheinlichkeit, die Lotterie zu gewinnen, lediglich abhängig von der kumulierten Produktivität. Befindet sich ein Agent in der Minderheit und weist gleichzeitig eine hohe Produktivität auf, kann bei relativ kleiner kumulierter Produktivität der Fall auftreten, dass eine Publikationswahrscheinlichkeit kleiner null resultiert (vgl. Abbildung 4).

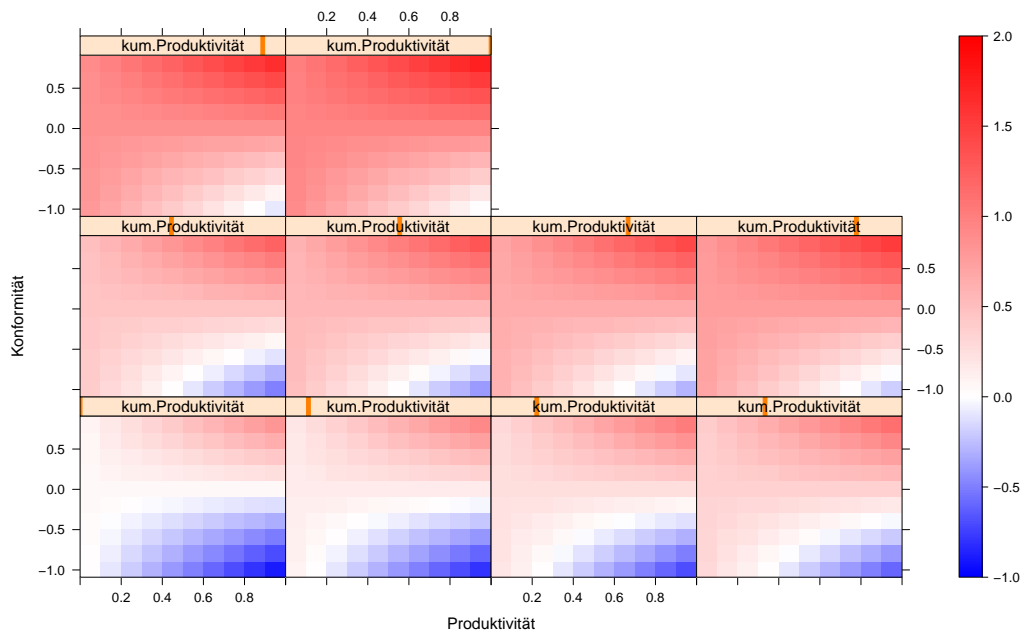


Abbildung 4: Contour Plot zur Publikationswahrscheinlichkeit: Publikationswahrscheinlichkeit (Balken rechts, unskaliert) für unterschiedliche Wertekombinationen aus dem Definitionsbereich der Produktivität, Konformität und kumulierten Produktivität in .1- Schritten. Links unten liegt eine kumulierte Produktivität von null vor, rechts oben eine kumulierte Produktivität von 1 (vgl. den Balken in der Beschriftung der Panels „kumulierte Produktivität“).

<sup>142</sup>Dies gilt unter der Voraussetzung, dass das Simulationsmodell mit einer geraden Anzahl von Agenten initiiert wird.

Durch die max-Funktion in Gleichung 2 wird die minimale Publikationswahrscheinlichkeit auf null begrenzt. Interessant ist dennoch zu betrachten, welche Konstellationen im Simulationsmodell die prinzipielle Möglichkeit auslösen, dass ein hoher Produktivitätswert bei gleichzeitig negativem Konformitätswert die kumulierte Produktivität überkompensiert. Zum einen wird eine hohe Produktivität durch einen eigenen Lotteriegewinn in  $t - 1$  ausgelöst, zum anderen kann sich die eigene Produktivität auch dadurch erhöhen, dass ein anderer Agent  $j$  mit vormals maximaler Produktivität von 1 einen anderen wissenschaftlichen Ansatz wählt. In diesem Fall werden die Publikationen von  $j$  auf 1 zurückgesetzt, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass bei Entscheidung für einen anderen wissenschaftlichen Ansatz Vorteile aus dem Mattäus-Effekt nicht umgehend in die neue Situation übertragen werden (vgl. Abschnitt 12.5.1). Damit ändern sich die Produktivitäten aller anderen Agenten  $i \neq j$ , mit der Möglichkeit, dass ein Agent  $i$  mit einer gleich hohen Anzahl an Publikationen wie in  $t - 1$  nun eine höhere Produktivität zugewiesen bekommt. Das Nivellieren der Produktivität derjenigen Agenten, die einen anderen wissenschaftlichen Ansatz annehmen, hat aber nur dann einen positiven Einfluss auf die Publikationswahrscheinlichkeit aller anderen Agenten  $i \neq j$  (mit nun höherer Produktivität), sofern sie selbst nicht einen in der Minderheit vertretenen wissenschaftlichen Ansatz verfolgen. In diesem Fall hätte der Wechsel des von  $j$  vertretenen wissenschaftlichen Ansatzes zwar einen unmittelbar positiven Einfluss auf die Bewertung der relativen ‘Leistungsfähigkeit’  $pr_{i,t}$  von Agent  $i$ , aber einen mittelbar negativen Einfluss auf die Möglichkeit des Agenten  $i$ , die Lotterie zu gewinnen. Die Beschränkung der Publikationswahrscheinlichkeit auf null folgt der Intuition, dass nicht-konformes Verhalten sich maximal so negativ auswirken kann, dass ein Wissenschaftler auch weiterhin seinen minimalen Forschungsbeitrag mit  $pub = 1$  leisten kann.<sup>143</sup>

Da alle Agenten, die die Lotterie nicht gewinnen, ihre Anzahl der Publikationen in den Folgeperioden beibehalten und nur eine begrenzte Anzahl von Agenten jemals die Lotterie gewinnt, bildet die Zuweisung der Publikationen über den Lotterietprozess die selbstverstärkenden Effekte ab, die –wie Abb.5 zeigt– approximativ in einer schiefen Verteilung der Publikationen je Autor resultieren (LOTKA, 1926).<sup>144</sup>

<sup>143</sup>Die Situation kann für Agenten mit hoher Produktivität bei gleichzeitig negativem Konformitätswert dann zu einer Art Lock-in führen, wenn sie sich nicht aus der Situation mit einer Publikationswahrscheinlichkeit von null lösen können. Letzteres ist dann der Fall, wenn sie keine Anpassungsmöglichkeiten an den mehrheitlich vertretenen wissenschaftlichen Ansatz (mit positivem Konformitätswert) haben, da sie beispielsweise zu den Experimentatoren oder Innovatoren gehören.

<sup>144</sup>Die Annahme einer konstanten Anzahl von hinzukommenden Publikationen über die Zeit kann damit gerechtfertigt werden, dass (1.) keine eindeutige Evidenz besteht, ob der durchschnittliche Publikationsoutput eines Wissenschaftlers insgesamt eher steigt oder fällt (WAGNER-DOEBLER, 2001) und dass es (2.) nicht das Ziel der Simulation ist, die Produktivität eines Wissenschaftlers über die Dauer seiner wissenschaftlichen Karriere abzubilden (vgl. LEVIN UND STEPHAN (1991)). Ein Agent repräsentiert vielmehr einen Wissenschaftler *typus*, der in einem spezifischen Forschungsgebiet aktiv ist.

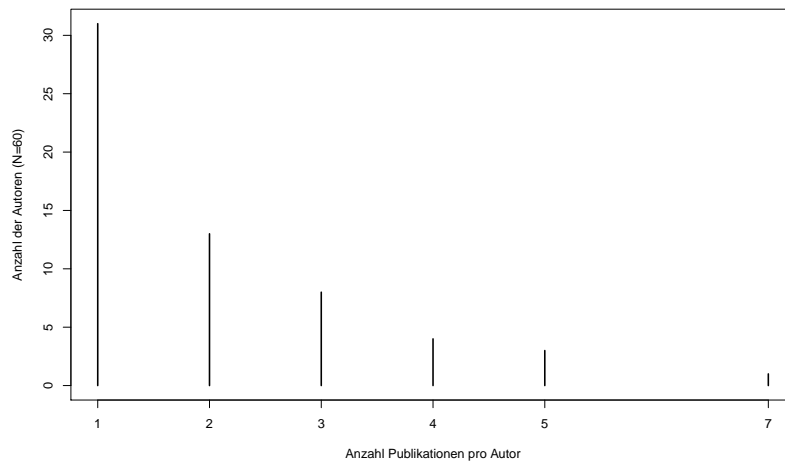
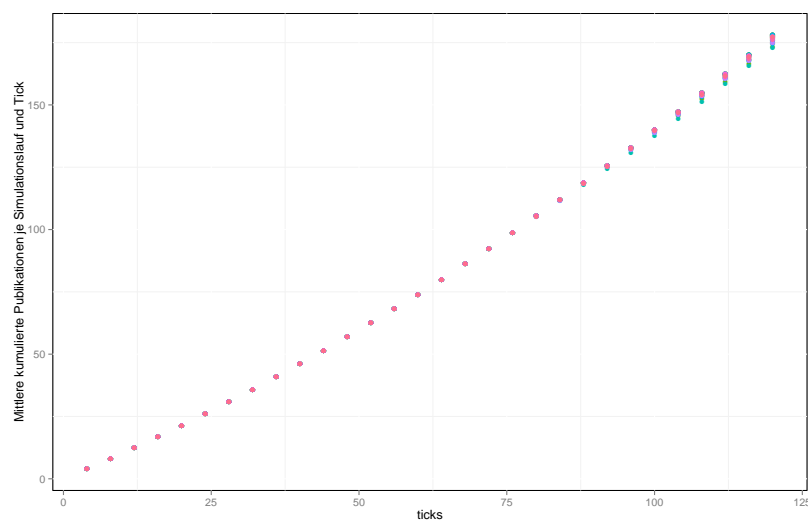


Abbildung 5: Publikationen pro Autor am Ende eines exemplarischen Simulationslaufs

Der über den Zeitverlauf akkumulierte Publikationsoutput einer wissenschaftlichen Gemeinde verläuft zunächst linear, nimmt aber aufgrund des Lotterieprozesses mit der Zeit einen leicht überproportionalen Wachstumsverlauf an (vgl. Abbildung 6). Da jeder Agent mindestens eine Publikation je Periode erzeugt, liegt die minimal kumulierte Anzahl an Publikationen je Agent bei 120. Unter der Annahme einer konstanten Anzahl von Agenten entspricht der Wachstumsverlauf approximativ dem von WATTS UND GILBERT (2011, S.448) empirisch ermittelten Wachstumsprozess für eine wissenschaftliche Gemeinde mit einer zunehmenden Anzahl von Agenten.

Abbildung 6: Durchschnittlich kumulierte Publikationen über  $t$  für 30 Simulationsläufe

Für den über die Zeit akkumulierten Publikationsoutput aller Agenten versus derjenigen Publikationen, die über die Zeit durch Experimentatoren erreicht werden, zeigt sich ap-



proximativ ein log-linearer Zusammenhang (vgl. Abb. 7). Dieser Zusammenhang kann als Repräsentation der von Nicholas Rescher formulierten These interpretiert werden, wonach die kumulative Zahl von “first-rate findings” (der Experimentatoren) in einem proportionalen Verhältnis zu allen kumulativen Erkenntnissen steht mit  $\sum_{i=1}^E cpub \propto \log(\sum_{i=1}^N cpub)$ . Mit anderen Worten: Wächst der kumulative Output einer wissenschaftlichen Gemeinde exponentiell, so wächst der (von Experimentatoren erzeugte) substantielle kumulative Output nur linear.

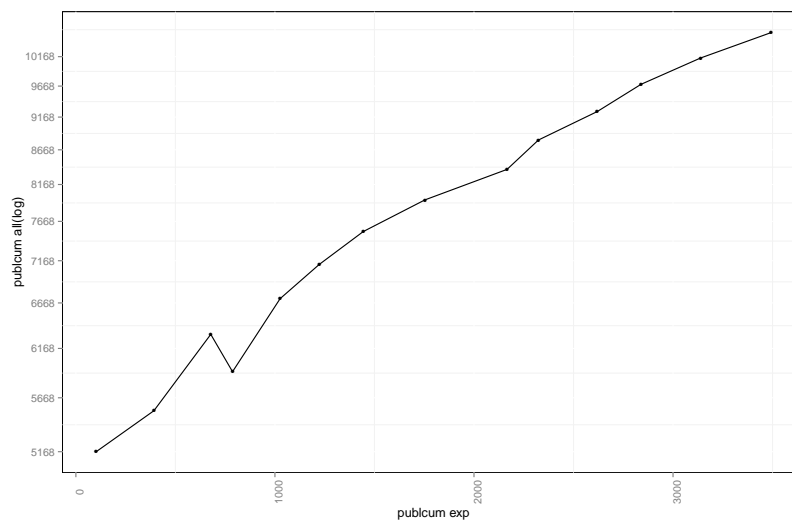


Abbildung 7: Kumulative Anzahl der Publikationen der Experimentatoren (x-Achse) und kumulative Anzahl der Publikationen aller Agenten (y-Achse, log) über 30 Simulationsläufe unter  $\tau = .5$

### 12.7.3 Erkenntnistreben intrinsisch motivierter KT-Agenten

Die Publikationsaktivitäten dienen zum einen der intrinsischen Motivation, indem sie das akkumulierte wissenschaftliche Wissen eines Wissenschaftlers erhöhen. Die Akkumulation von Wissen  $w$  wird getrieben durch die Produktivität  $pr_{i,t} \in (0, 1]$  (vgl. Formel 3), die positiv abhängig ist von den eigenen Publikationsaktivitäten  $pub_{i,t}$  und negativ abhängig von der der anderen Mitglieder der wissenschaftlichen Gemeinde  $pub_{j,t}$ .

$$w_{i,t} = \theta * w_{i,t-1} + \sqrt{pr_{i,t} * pub_{i,t}} \quad (3)$$

Während Konsens darüber herrscht, Publikationen als Indikator zur Messung des wissenschaftlichen Outputs zu nutzen, stellt die Messung von Wissen nicht nur im Kontext der ABM ein Problem dar, sondern auch in der realen Welt (PAYETTE, 2011). Die Abbildung der Wissensakkumulation, wie sie durch Formel (3) repräsentiert ist, ist in Grundzügen an die Modellierung unternehmerischen Wissens bei SCHÜTTE (2009, S.67) angelehnt.

Eine Übertragung auf den Bereich der Wissenschaft wird durch folgende Argumente gestützt: Im ersten Term wird die Tatsache berücksichtigt, dass wissenschaftliches Wissen einer Entwertung unterliegt. Die Intuition für den Entwertungsfaktor findet sich in der bibliometrischen Analyse, in der die Halbwertszeit definiert wird als das mittlere (median) Alter wissenschaftlicher Beiträge, die in in einem bestimmten Jahr zitiert werden. Je nach Fachdisziplin fällt dieser Wert unterschiedlich hoch aus; für die Ökonomik konnte eine Halbwertszeit von knapp acht Jahren ermittelt werden (FRANCESCHET, 2010, S.245). Eine weitere Untersuchung von LARIVIÈRE ET AL. (2008) zeigt, dass die Halbwertszeit von Publikationen nach einem Absinken von 1945 bis Mitte der 1970er Jahre seit 1980 (bis 2004) wieder stetig gewachsen ist; so ist die durchschnittliche Halbwertszeit in den Natur- und Ingenieurwissenschaften von 4.5 (1955) auf 7 Jahre (2004) angestiegen. Sie argumentieren, dass eine Zunahme der Halbwertszeit darauf zurückzuführen ist, dass die Anzahl an Publikationen generell langsamer wächst. In Zeiten, in denen ein hohes Publikationswachstum zu verzeichnen ist, werden die Beiträge entsprechend schnell wieder obsolet. Dementsprechend können lange Halbwertszeiten von Publikationen ein Hinweis darauf sein, dass sich eine Disziplin gemäß KUHN (1970) in einem Zustand der Normalwissenschaft befindet (LARIVIÈRE ET AL., 2008, S.295).

Die Grundidee der bibliometrischen Halbwertszeit wird in der vorliegenden Arbeit genutzt; allerdings bezieht sich der Entwertungsfaktor nicht auf einzelne Publikationen, sondern auf den Wissensbestand, der von einem Akteur über die Zeit akkumuliert wird. In der Akkumulation von Wissen können -anders als in der bibliometrischen Analyse, in der Publikationen auf aggregierter Ebene betrachtet werden- Skalenerträge in der Form berücksichtigt werden, als dass alles Wissen aufeinander aufbaut und sich daher auch durch die Hinwendung zu neuen wissenschaftlichen Ansätzen das Wissen der Akteurs niemals vollständig entwertet.<sup>145</sup> Im Referenzmodell wird das in vergangenen Perioden akkumulierte Wissen daher mit einem Halbwertszeitfaktor  $\theta$  von .978 multipliziert. Das bedeutet, dass das Wissen nach 32 Zeitschritten (acht Jahren) die Hälfte seiner Aktualität eingebüßt hat.

Der zweite Term in Formel (3) beschreibt die Effektivität, mit der ein Wissenschaftler Publikationen  $pub_{i,t}$  (Output) in Wissen (Outcome) transferieren kann. Je höher die Produktivität  $pr_{i,t}$  eines Wissenschaftlers, desto höher ist der Anteil, der tatsächlich Eingang findet in seinen Wissensbestand. Damit wird abgebildet, dass sich wissenschaftliches Wissen aus “certified claims that appear in finished research papers” (DOWNES, 1993, S.453) speist. Die Wurzelfunktion bildet das stilisierte Faktum ab, dass die Bemühungen, den Wissensstock in einem spezifischen Wissensfeld zu erhöhen, abnehmenden Grenzer-

<sup>145</sup>Eine vollständige Entwertung erfolgt nur dann, wenn keine weitere Forschung betrieben wird (Konvergenz des ersten Terms gegen Null) und einem Wissenschaftler dadurch die Anschlussfähigkeit abhanden kommt.

trägen unterliegt (KOELBEL, 2001; RESCHER, 1978). Darüber hinaus ist zu beachten, dass bei Wechsel des wissenschaftlichen Ansatzes  $pub_{i,t} = 1$  gilt, was sich bei konstanter Produktivität negativ auf den Wissensbestand auswirkt.

#### 12.7.4 Reputationsstreben extrinsisch motivierter RT-Agenten

Neben dem Erkenntnisgewinn dienen Publikationen auch dem Ziel, wissenschaftliche Reputation zu erlangen. Wissenschaftliche Reputation ist im Gegensatz zu Erkenntnisgewinn ein beobachtbares Merkmal, so dass in Anlehnung an HOPKINS UND KORNIENKO (2004) der Status eines Wissenschaftlers  $st_{i,t}$  zunächst bestimmt wird durch seine Position in der Verteilung der Publikationen (vgl. Formel (4)).

$$st_{i,t} = l_{i,t} + sl_{i,t} + 1 \quad (4)$$

$l_{i,t}$  gibt die Anzahl der Wissenschaftskollegen an, die weniger oder gleich viel publizieren, während  $sl_{i,t}$  die Anzahl der Wissenschaftskollegen mit weniger Publikationen in  $t$  misst. 1 wird als minimaler Statuswert gesetzt. Wie im Abschnitt zu den stilisierten Fakten motiviert, fließt zur Bestimmung der Reputation ein der wissenschaftlichen Gemeinde inhärenter Trägheitsmoment ein. Hierzu wird zunächst bei der Berechnung von Statuswerten ein Parameter organisationaler Trägheit  $(1 - \delta) \in [0, 1]$  eingeführt.

$$mem.s_{i,t} = (1 - \delta) * mem.s_{i,t-1} + \delta * st_{i,t} \quad (5)$$

Die mittels Formel 5 erzeugten „Statuswerte mit Gedächtnis“ ( $mem.s$ ) werden in aufsteigender Reihung sortiert und auf die in der jeweiligen Periode vorhandene Anzahl unterschiedlicher Rangklassen  $k_t$  skaliert, so dass der Agent  $i$  mit dem höchsten Statuswert die Rangposition (=Reputation)  $ra_{i,t} = 1$  erlangt.<sup>146</sup> Da sich die Anzahl der Rangklassen  $k_t$  aus der Anzahl der innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinde existierenden unterschiedlichen „Statuswerte mit Gedächtnis“ ( $mem.s$ ) in  $t$  speist, wird eine beispielsweise schlechtere Rangposition dabei nicht nur durch einen eigenen schlechteren Rang verursacht ( $k_t$  konstant,  $ra_i \downarrow$ ), sondern auch dadurch, dass sich andere Agenten verbessern, einen neuen  $mem.s$ -Wert erzeugen und damit eine zusätzliche Rangklasse ( $k_t \uparrow$ ,  $ra_i$  konstant).

Sollten mehrere Agenten einen gleich hohen „Statuswert mit Gedächtnis“ ( $mem.s$ ) haben, so wird ihnen derselbe Rang zugeordnet. Für den Grenzfall, dass  $\delta$  einen Wert von Null annimmt (Trägheit = 1), bleibt die initiale Reputation unveränderlich über alle

<sup>146</sup>Zur Initialisierung wird der „Statuswert mit Gedächtnis“ in der ersten Periode aus dem ersten Statuswert  $st_{i,t=1}$  berechnet.

Folgeperioden.<sup>147</sup> Für  $\delta < .5$  hat der Statuswert der Vorperiode einen höheren Einfluss als derjenige der laufenden Periode. In diesem Fall profitiert beispielsweise ein in der Vorperiode unterdurchschnittlich produktiver Wissenschaftler von seinem Status der Vorperiode in dem Sinne, als dass Wissenschaftler, die in der laufenden Periode die Publikationslotterie gewinnen, diesen Zugewinn nicht in Reputation umsetzen können. Je mehr  $\delta$  gegen einen Wert von 1 konvergiert, desto eher reflektiert der Reputationswert die tatsächliche, aktuelle Publikationsaktivität. Liegt überhaupt keine organisationale Trägheit vor, d.h.  $\delta = 1$ , ist die Verteilung der Reputation genau spiegelbildlich zur Verteilung der Publikationen. Der Parameter  $\delta$  bildet damit ab, wie schnell eine wissenschaftliche Gemeinde neue Publikationen mit entsprechender Reputation würdigt und kann in diesem Sinne auch als ein Evaluierungsbias interpretiert werden.<sup>148</sup> Da –wie erwähnt–  $\delta = 0$  überhaupt keine Bewegung in den Rangpositionen impliziert, wird für die Referenzsimulation zunächst eine organisationale Trägheit von  $(1 - \delta) = .0$  zu Grunde gelegt. In der folgenden Sensitivitätsanalyse wird zu prüfen sein, wie sich eine Variation von  $\delta$  auf die Verteilung der Rangpositionen auswirkt.

### 12.7.5 Definition und Veränderung des Anspruchsniveaus

Das Anspruchsniveau kann als Referenzwert im Entscheidungsprozess interpretiert werden, wobei das Anspruchsniveau selbst –wie im Folgenden spezifiziert– aufgrund von Erfahrungen nach oben oder unten adjustiert werden kann.<sup>149</sup> Im Hinblick auf den Erkenntnisgewinn als individuelle Disposition basiert das Anspruchsniveau  $asp_{i,t}^{KT}$  eines KT-Agenten auf dem Spektrum des wissenschaftlichen Wissens vergangener Perioden. Konkret wird in Anlehnung an ROCA UND HELBING (2011) unterstellt, dass sich das Anspruchsniveau aus den in der Erinnerung verfügbaren maximalen und minimalen Werten speist. Beträgt der Parameter der Strebsamkeit  $\gamma$  eins, orientieren sich die Agenten entsprechend ihrem Erinnerungsvermögen an dem besten zuletzt erreichten Ergebnis. Bei einem Strebsamkeitsparameter von null wird das Anspruchsniveau hingegen durch die Minimalwerte definiert.

$$asp_{i,t}^{KT} = \gamma * w_{i,t}^{max} + (1 - \gamma) * w_{i,t}^{min} \quad (6)$$

<sup>147</sup>Da alle Agenten in der Initiierungsperiode eine Publikation erzeugen und damit den gleichen Status haben, hat dieser Grenzfall wenig Aussagekraft, da allen Agenten über alle Perioden die beste Rangposition bzw. Reputation erhalten bleibt, nämlich  $ra = 1 \forall i \in N$ , unabhängig davon, welche wissenschaftliche Leistung sie tatsächlich einbringen.

<sup>148</sup>SQUAZZONI UND GANDELI (2012) und THURNER UND HANEL (2011) untersuchen einen Evaluierungsbias auf der Mikroebene wissenschaftlichen Wettbewerbs und zeigen, wie dieser die durchschnittliche Forschungsqualität verringert.

<sup>149</sup>Die unterschiedlichen Erfahrungswerte können nach Erinnerungsvermögen oder Bedeutung gewichtet werden (BRENNER, 2006, S.914). In diesem Modell wird der Fokus auf das Erinnerungsvermögen gerichtet.

Die Referenzwerte  $w_{i,t}^{max}$  und  $w_{i,t}^{min}$  repräsentieren nun das in den letzten  $a = \{t-h, \dots, t-1\}$  Perioden akkumulierte Wissen. Konvention in dem Simulationsmodell ist, dass der Zeithorizont  $h$  zugleich das Intervall definiert, in dem Entscheidungen (*asp.time*) getroffen werden. Ist ein Messzeitpunkt erreicht, so wird der aktuelle Performanzwert aus Periode  $t$  mit dem Wert verglichen, der sich aus dem (auf  $a$  basierenden) Anspruchsniveau ergibt. Der Parameter  $h$  bezeichnet damit den Zeithorizont, über den das Anspruchsniveau aufgebaut wird und gleichzeitig die Anzahl der Erfahrungswerte, die in die Festlegung eines Anspruchsniveaus einfließen.<sup>150</sup> Das Erinnerungsvermögen an die Performanzwerte vergangener Perioden kann durch den Parameter  $\mu$  variiert werden. Nimmt  $\mu$  den Wert eins an, hat der Agent kein Erinnerungsvermögen an vergangene Perioden und vergleicht stets den aktuellen Performanzwert mit dem der vergangenen Periode. Der Charakter des Anpassungsprozesses soll an einem kurzen Beispiel verdeutlicht werden. Bei einem Entscheidungshorizont von  $h =$  vier Perioden und einem Wert von  $\gamma = 1$  ergibt sich in Periode  $t = 8$  das Anspruchsniveau  $asp_{i,8}^{KT}$  folgendermaßen: Zunächst wird der zuletzt erreichte Performanzwert (aus  $t = 7$ ) dahingehend geprüft, ob er größer ist als alle anderen in dem Entscheidungshorizont relevanten Werte (der Perioden  $t = 4, \dots, t = 6$ ) (vgl. Gleichung 7 und 8). Ist dies der Fall, wird der Wert aus  $t = 7$  als neues Anspruchsniveau zugrunde gelegt. Trifft dies allerdings nicht zu, wird bei einem Wert von  $\mu = 0$  der maximale Wert aus  $t = 4, \dots, t = 6$  herangezogen. Bei einem Wert von  $\mu = 1$  wird wieder auf den Wert von  $t = 7$  zurückgegriffen.

$$w_{i,t}^{max} = \begin{cases} w_{i,t-1}, & \text{wenn } w_{i,t-1} > \max_{a=t-h}^{t-2} w_{i,a} \\ \max_{a=t-h}^{t-2} w_{i,a} + \mu(w_{i,t-1} - \max_{a=t-h}^{t-2} w_{i,a}), & \text{wenn } w_{i,t-1} \leq \max_{a=t-h}^{t-2} w_{i,a} \end{cases} \quad (7)$$

$$w_{i,t}^{min} = \begin{cases} w_{i,t-1}, & \text{wenn } w_{i,t-1} < \min_{a=t-h}^{t-2} w_{i,a} \\ \min_{a=t-h}^{t-2} w_{i,a} + \mu(w_{i,t-1} - \min_{a=t-h}^{t-2} w_{i,a}), & \text{wenn } w_{i,t-1} \geq \min_{a=t-h}^{t-2} w_{i,a} \end{cases} \quad (8)$$

Die gleiche Prozedur wird für die Agenten vom Typ RT hinterlegt. Das Anspruchsniveau  $rasp_{i,t}^{RT}$  eines RT-Agenten im Hinblick auf Reputation als soziale Disposition speist sich aus dem Spektrum der im zurückliegenden Entscheidungshorizont  $h$  erreichten Rangpositionen. Hier ist allerdings zu beachten, dass ein Rang  $ra$  umso besser bewertet wird, je kleiner er ist. Dementsprechend ergibt sich das Anspruchsniveau der RT-Typen folgendermaßen:

<sup>150</sup>Ein vereinfachter Ansatz besteht darin, lediglich den Erfahrungswert der Vorperiode heranzuziehen (ROCA UND HELBING, 2011).

$$rasp_{i,t}^{RT} = \gamma * ra_{i,t}^{min} + (1 - \gamma) * ra_{i,t}^{max} \quad (9)$$

Auch das Anspruchsniveau der RT-Typen kann in Abhängigkeit ihrer Strebsamkeit und ihres Erinnerungsvermögens variieren.

$$ra_{i,t}^{min} = \begin{cases} ra_{i,t-1}, & \text{wenn } ra_{i,t-1} < \min_{a=t-h}^{t-2} ra_{i,a} \\ \min_{a=t-h}^{t-2} ra_{i,a} + \mu(ra_{i,t-1} - \min_{a=t-h}^{t-2} ra_{i,a}), & \text{wenn } ra_{i,t-1} \geq \min_{a=t-h}^{t-2} ra_{i,a} \end{cases} \quad (10)$$

$$ra_{i,t}^{max} = \begin{cases} ra_{i,t-1}, & \text{wenn } ra_{i,t-1} > \max_{a=t-h}^{t-2} ra_{i,a} \\ \max_{a=t-h}^{t-2} ra_{i,a} + \mu(ra_{i,t-1} - \max_{a=t-h}^{t-2} ra_{i,a}), & \text{wenn } ra_{i,t-1} \leq \max_{a=t-h}^{t-2} ra_{i,a} \end{cases} \quad (11)$$

Während ein Agent des Typs KT unzufrieden ist, wenn der Erkenntniswert der laufenden Periode  $w_{i,t}$  kleiner dem Anspruchsniveau  $asp_{i,t}^{KT}$  ist, ist ein Agent des Typs RT dann unzufrieden, wenn seine Rangposition schlechter ausfällt als durch sein Anspruchsniveau  $rasp_{i,t}^{RT}$  definiert. Um eine bessere Vergleichbarkeit zu erreichen, erweist es sich als hilfreich, den Abgleich von Anspruchsniveau und Performanz als Zielerreichungsdiskrepanz zu formulieren (vgl. MEZIAS ET AL. (2002)). Für beide Agententypen gilt, dass bei einer Zielerreichungsdiskrepanz  $\geq 0$  entsprechend Formel 12 und 13 die Performanz nicht unter das Anspruchsniveau sinkt und diese Agenten als zufrieden bezeichnet werden; entsprechend weisen unzufriedene Agenten eine negative Zielerreichungsdiskrepanz auf.

$$asp.att_{i,t}^{KT} = w_{i,t} - asp_{i,t}^{KT} \quad (12)$$

$$rasp.att_{i,t}^{RT} = rasp_{i,t}^{RT} - ra_{i,t}^{RT} \quad (13)$$

Da sich die Anspruchsniveaus der Agenten aus der Historie des erreichten Wissensbestandes (KT-Typen) bzw. der erlangten Reputation (RT-Typen) ergeben, wird deutlich, dass der Grad der Zielerreichung im Wesentlichen getrieben ist durch die Performanz der Agententypen. Konkret bildet die Modellierung der Anspruchsanpassung ab, dass (1.) das Anspruchsniveau eines vergangenen Entscheidungszeitpunktes einen positiven Einfluss auf das Anspruchsniveau des aktuellen Entscheidungszeitpunktes hat (z.B.  $asp_{i,t-1}^{KT} \downarrow \Rightarrow asp_{i,t}^{KT} \downarrow$ ) und (2.) eine negative Zielerreichungsdiskrepanz ein Absinken des

Anspruchsniveaus in der Folgeperiode nach sich zieht (z.B.  $asp_{i,t-1}^{KT} > w_{i,t-1} \Rightarrow asp_{i,t}^{KT} \downarrow$ ) und vice versa (vgl. MEZIAS ET AL. (2002)).

Abschließend können einige Überlegungen angestellt werden, aus denen sich sinnvolle Definitionsbereiche der Parameter ableiten lassen: Beträgt der Zeithorizont  $h$  zur Definition des Anspruchsniveaus nur eine Periode oder nimmt  $\mu$  den Wert eins an, hat der Agent kein Erinnerungsvermögen an vergangene Perioden und vergleicht stets den aktuellen Performanzwert mit dem der vergangenen Periode. Daraus folgt, dass die Agenten permanent unzufrieden sind, sollte ihre Performanz nicht kontinuierlich mindestens auf dem gleichen Niveau bleiben, um stets das Anspruchsniveau (aus dem zuletzt erzielten Performanzwert) zu erreichen. Darüber hinaus wird mit Rückgriff auf die Formeln (z.B. 10 und 11) deutlich, dass der Parameter der Strebsamkeit  $\gamma$  nur dann einen Einfluss auf die Höhe des Anspruchsniveaus haben *kann*, wenn der Parameter des Erinnerungsvermögens  $\mu \neq 1$  ist. Da  $\mu = 1$  bei sich ändernden Performanzwerten zudem einen sehr stark destabilisierenden Effekt hat (ROCA UND HELBING, 2011, S.11374), wird der Parameter  $\mu$  ebenso wie der Parameter  $\gamma$  zunächst auf null gesetzt, so dass sich das Anspruchsniveau aus dem Gedächtnis der Agenten, konkret aus den Minimalwerten der letzten  $h$  Perioden, konstituiert. Der Entscheidungshorizont wird –wie bereits motiviert– auf vier Perioden, d.h. einmal pro Zeitjahr, festgelegt, so dass sich das Anspruchsniveau der Agenten ebenfalls aus vier Erfahrungswerten speist.

## 12.8 Zusammenfassung und Parametrisierung des Referenzmodells

In den vorangegangenen Abschnitten wurden Argumente für geeignete Parameterwerte der Referenzsimulation dargelegt. Neben der Parametrisierung von  $\theta$ ,  $\delta$ ,  $\mu$ ,  $\gamma$  und  $\tau$  sowie des Entscheidungshorizonts  $h$  bleibt noch die Anzahl der Agenten  $N$  und die Laufzeit des Modells  $T$  festzulegen. Angeleitet wurden die folgenden Überlegungen zum einen durch das stilisierte Faktum, dass maximal 100 Wissenschaftler ein so genanntes “invisible college” begründen (DE SOLLA PRICE, 1963) und zum anderen die Betrachtung von Wissenschaftsprozessen über ca. 30 Zeitjahre eine nachvollziehbare Größenordnung darstellt (vgl. WATTS UND GILBERT (2011)). Das Kriterium, anhand dessen eine Beurteilung der Parameterwerte  $N$  und  $T$  vorgenommen wird, besteht darin zu prüfen, wie gut simulierte Daten unter unterschiedlichen Parameterkonstellationen das stilisierte Faktum einer approximativen Lotka-Verteilung der akkumulierten Publikationen der Agenten replizieren. Ein Vergleich der kumulierten Publikationen aus der Simulation mit den kumulierten Publikationen, die sich aus dem stilisierten Faktum Lotka-verteilter Publikationen mit  $c = 1.84$  ergeben, liefert zulässige Werte für  $N$  und  $T$ . Die unterschiedlichen Wertekombinationen in Abbildung 8 und 9 basieren dabei auf jeweils 30 Simulationsläufen, denen

die bereits definierten Werte von  $\delta = 1$ ,  $\theta = .978$ ,  $\mu = 0$ ,  $\gamma = 0$ ,  $\tau = .5$  sowie  $h = 4$  zu Grunde gelegt sind. Abbildung 8 zeigt, dass die beste Übereinstimmung bei 120 Ticks ab 60 Agenten erreicht wird, da auch hier die weniger stark besetzten Klassen mit hohen kumulierten Publikationen noch gut durch die Simulation repliziert werden können. Wie Abbildung 9 zu entnehmen ist, bringt eine Erhöhung der Laufzeit oder eine Erhöhung der Agenten keine wesentliche Verbesserung, so dass aus Gründen der Ressourceneffizienz die Parameter  $N = 60$  und  $T = 120$  akzeptable Parameterwerte für die Referenzsimulation darstellen (vgl. Tabelle 14).

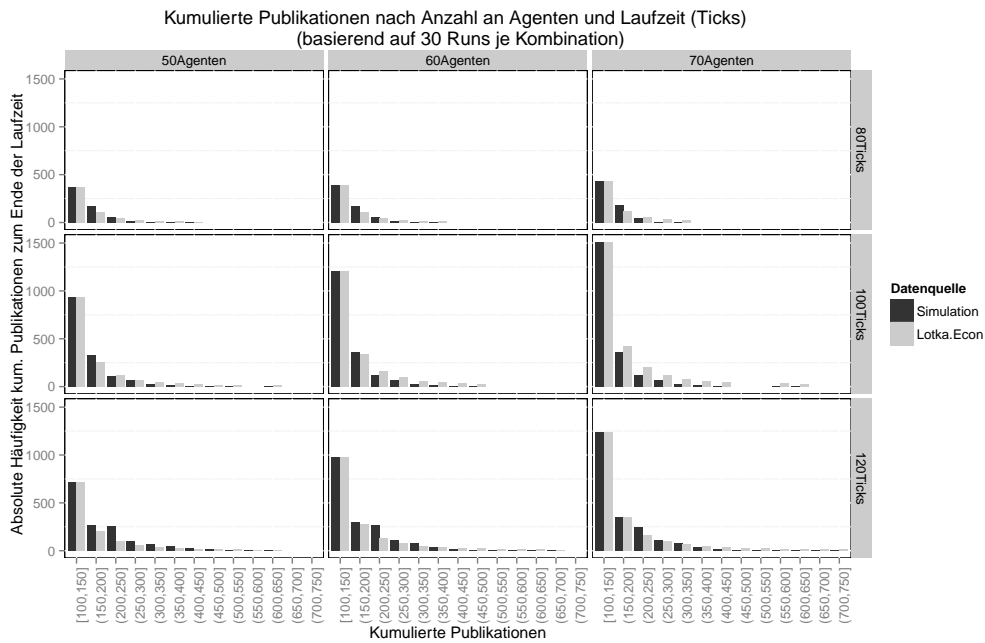


Abbildung 8: Testsimulation I zur Bestimmung der Parameter  $N$  und  $T$



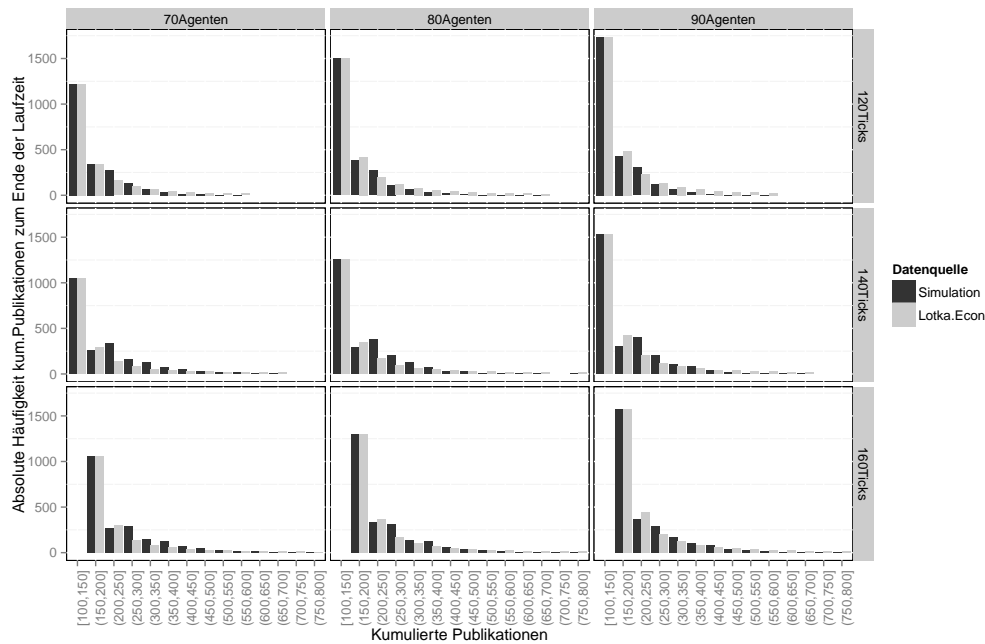


Abbildung 9: Testsimulation II zur Bestimmung der Parameter  $N$  und  $T$

Tabelle 14: Modellparameter der Referenzsimulation

Beschreibung	Parameterwerte
Zeitschritte (Ticks)	$T = 120$
Entscheidungshorizont	4 Zeitschritte ( $:= 1$ Zeitjahr)
Anzahl Wissenschaftler	$N = 60$
Präferenztypen	$\alpha_i \sim U[0, 1]$
Wissenschaftlicher Ansatz	$b_{i,t=0} = -1 \forall i \in N$
Entwertungsrage des Wissens	$\theta = 0.978$ (8Jahre)
Organisationale Trägheit	$(1 - \delta) = 0$
Erinnerungsvermögen	$\mu = 0$
Strebsamkeit	$\gamma = 0$
Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool	$\tau = .5$

# 13 Sensitivitätsanalyse des Mikromodells

## 13.1 Vorbemerkungen

Ein wesentlicher Bestandteil der Analyse des Referenzmodells auf der Mikroebene besteht darin, für KT- als auch RT-Agenten die Parameter wissenschaftlicher Praktiken im Hinblick darauf zu untersuchen, wie diese die Performanzwerte Wissen  $w_{i,t}$  (KT) und Reputation  $ra_{i,t}$  (RT) sowie die entsprechenden Anspruchsniveaus beeinflussen (vgl. Tabelle 15). Darüber hinaus wurde untersucht, ob die Kategorie “(Nicht-) Lotteriegewinner” in Interaktion mit den wissenschaftlichen Praktiken einen Einfluss auf die Performanz der Agenten aufweist.<sup>151</sup>

Für das Referenzmodell wurde der Einfluss der Parameter vermittels einer explorativen Varianzanalyse (ANalysis Of VAriance) untersucht. Ziel der Sensitivitätsanalyse ist es, die Outputgrößen auf der Mikroebene dahingehend zu prüfen, wie sie auf eine Variation einer oder mehrerer Parameter reagieren. Wie im Folgenden deutlich wird, sind die vorliegenden Simulationsdaten häufig von schiefen Verteilungen, heterogenen Varianzen und Ausreißern geprägt, so dass die Auswertung von Mittelwerten am Ende der Simulationslaufzeiten nur bedingt aussagekräftig ist. Dennoch kann mit einer ersten Mittelwertauswertung hier das Ziel erreicht werden, grundsätzliche Tendenzen und Mechanismen zu erkennen.<sup>152</sup> Im weiteren Verlauf der Simulationsanalyse wird über die Betrachtung

<sup>151</sup>Hier wird der Lotteriegewinn als Faktor interpretiert. Genau genommen ist der Lotteriegewinn aber abhängig von der Publikationswahrscheinlichkeit, die wiederum eine Funktion der (kumulierten) Produktivität und des Konformitätsparameters ist. Die Interpretation als Faktor ermöglicht es aber an dieser Stelle, den grundsätzlichen Einfluss der Publikationslotterie auf die Performanz der Agenten nachzuvollziehen.

<sup>152</sup>Wie LEHMANN-WAFFENSCHMIDT (2006, S.262) betont, geht es nicht darum, „(...) in den Simulationsergebnissen Archetypen repräsentativer Ergebnisse auszumachen. Bei der Analyse agentenbasierter, also selbstorgansierter Evolution geht es vielmehr darum, Muster zu erkennen, um universelle Entwicklungen in allen Simulationsläufen von speziellen der einzelnen Szenarien zu unterscheiden.“

Tabelle 15: Parametervariationen des Mikromodells

Gemeinsames Submodell für alle Handlungsstrategien		
Unabhängige Variable(Faktoren)	Faktorausprägungen	Abhängige Variable (Response)
Nach Präferenztyp $\alpha/(1 - \alpha)$ :	$\in [.5, 1]$	Anspruchsniveau RT, KT
Erinnerungsvermögen $\mu$	0	
Strebsamkeit $\gamma$	$\in \{0, 1\}$	
Entwertungsrage $\theta$	$\in \{.956, .978\}$	Performanz Wissensbestand
Trägheit $(1 - \delta)$	$\in \{.01; .25; .5; .75; 1\}$	Performanz Reputation
Publikationslotterie	$\in \{0, 1\}$	Performanz Wissen/Reputation

der gemittelten Werte hinaus der Fokus darauf gerichtet, die Prozesse näher zu untersuchen. Gerade hierdurch lassen sich Auffälligkeiten im *Verlauf* einer Simulation und damit kritische Parameter besser identifizieren.

Zunächst wird jedoch die Varianzanalyse für jeweils 30 Wiederholungen der Parameter-einstellungen am Ende eines Simulationslaufs ( $t = 120$ ) durchgeführt.<sup>153</sup> Da parametrische Verfahren der Varianzanalyse neben Stichprobenunabhängigkeit Varianzhomogenität und Normalverteilung der Residuen im Hinblick auf das untersuchte Modell voraussetzen, wurde für jede zu testende abhängige Variable zunächst ein Levene Test auf Varianzhomogenität und eine grafische Analyse der Residuen im Hinblick auf Varianzhomogenität und Normalverteilung durchgeführt.<sup>154</sup> War eine dieser Bedingungen verletzt, wurde auf ein nicht-parametrisches Verfahren der Varianzanalyse ausgewichen<sup>155</sup>, ein robustes Verfahren angewendet<sup>156</sup> oder eine Box-Cox Transformation der abhängigen Variablen für das zu untersuchende Modell durchgeführt.

## 13.2 Sensitivitätsanalyse für Agenten vom Typ KT

Für KT-Agenten wurden folgende Aspekte untersucht, wobei entsprechend dem Referenzmodell eine organisationale Trägheit  $(1 - \delta) = 0$  zugrunde gelegt wurde:

1. Einfluss von  $\theta$  auf das Wissen  $w_{i,t}$ : Hierzu wurde, nach einer Box-Cox Transformation der Response-Variable um  $-0.5$ , eine einfaktorielles ANOVA mit Welch-Korrektur für heterogene Varianzen vorgenommen. Der Test hat gezeigt, dass sich der durchschnittliche Wissensbestand  $\bar{w}_{t=120} = \frac{1}{N^{KT}} \sum_{i=1}^{N^{KT}} w_{i,t=120}$  über die unterschiedlichen Halbwertszeiten des Wissens ( $\theta = \{.956; .978\}$ ) signifikant unterscheidet,  $F(1, 3111) = 3359, p < 2.2e - 16$ . Ein entsprechender Post-Hoc-Test unter Berücksichtigung der Varianzheterogenität („Games-Howell Test“) zeigt erwartungsgemäß, dass der Wissensbestand  $\bar{w}_{t=120}$  bei längerer Halbwertszeit ( $\theta = .978$ ) signifikant höher ist.
2. Im Rahmen eines Pre-Tests hat sich gezeigt, dass der Parameter der Strebsamkeit  $\gamma$  nur dann einen Einfluss auf die Höhe des Anspruchsniveaus hat, wenn der Parameter des Erinnerungsvermögens  $\mu = 0$  ist. Wie bereits in Abschnitt 12.7.5 erläutert, zeigt sich für  $\mu = 1$ , dass sich das Anspruchsniveau immer nur aus dem zuletzt erreichten Wert aus  $t - 1$  speist; der Agent in diesem Fall kein Erinnerungsvermögen an weiter zurückliegende Performanzwerte hat und der Parameter der Strebsamkeit

<sup>153</sup> Alle Auswertungen wurden mit der Statistiksoftware *R*, Version 2.15.1, durchgeführt.

<sup>154</sup> Die Stichprobenunabhängigkeit ist durch die Eigenständigkeit der Simulationsläufe erfüllt.

<sup>155</sup> Nicht-parametrische Verfahren wie der Kruskal-Wallis Test setzen zwar keine Normalverteilung der Residuen voraus, die Bedingung der Varianzhomogenität muss allerdings erfüllt sein.

<sup>156</sup> Im Rahmen einer einfaktorielles ANOVA wird hier die Welch-Korrektur vorgeschlagen, die keine homogenen Varianzen voraussetzt, aber von normalverteilten Residuen ausgeht.

$\gamma$  dementsprechend gar keinen Einfluss haben *kann*. Da  $\mu = 1$  bei sich ändernden Performanzwerten zudem einen sehr stark destabilisierenden Effekt hat (ROCA UND HELBING, 2011, S.11374), wird der Parameter  $\mu$  hier zunächst auf null gesetzt, so dass sich das Anspruchsniveau aus dem Gedächtnis der Agenten, konkret aus den Minimal- und Maximalwerten der letzten vier Perioden, konstituiert. Dementsprechend wird an dieser Stelle lediglich der Einfluss von  $\gamma = \{0; 1\}$  auf das mittlere Anspruchsniveau  $\overline{asp}_{t=120}^{KT} = \frac{1}{N^{KT}} \sum_{i=1}^{N^{KT}} asp_{i,t=120}^{KT}$  geprüft.<sup>157</sup> Aufgrund von Ausreißern und Verletzung der Normalverteilungsannahme der Residuen wurde auf einen nicht-parametrischen Test (Kruskal Wallis Test) zurückgegriffen, der einen signifikanten Effekt von  $\gamma$  auf das mittlere, rangtransformierte Anspruchsniveau ausmachen konnte ( $\chi^2(1) = 7.94, p = 0.0048$ ). Ein Post-Hoc-Test zeigt erwartungsgemäß, dass das rangtransformierte Anspruchsniveau unter  $\gamma = 1$  mit einer Differenz von 96.47 signifikant höher ist als unter  $\gamma = 0$ .<sup>158</sup> Damit zeigt sich, dass eine ausgeprägte Strebsamkeit in der Definition des Anspruchsniveaus einen signifikanten Einfluss auf das (rangtransformierte) Anspruchsniveau der KT-Agenten hat.

3. Einfluss von  $\theta \in \{.956; .978\}$  und  $\gamma \in \{0; 1\}$  auf die Zielerreichungsdiskrepanz  $asp.att_{i,t}^{KT}$ . Wie sich in Abbildung 10 bereits abzeichnet, sind zwischen den beiden Parametern und der Responsevariable Interaktionseffekte zu vermuten. Auch hier ist die Ergebnisauswertung vor dem Hintergrund der ausgeprägten Varianz der Zielerreichungsdiskrepanzen zu sehen.

Da Varianzhomogenität auch nach einer Box-Cox Transformation der Responsevariable nicht erreicht werden konnte, wurde ein robustes Verfahren zum Vergleich der mittleren Zielerreichungsdiskrepanzen  $\overline{asp.att}_{i,t=120}^{KT} = \frac{1}{N^{KT}} \sum_{i=1}^{N^{KT}} asp.att_{i,t=120}^{KT}$  für die Faktorkontraste von  $\theta$  und  $\gamma$  vorgenommen.<sup>159</sup> Wie Tabelle 16 zu entnehmen ist, zeigt sich neben den signifikanten Interaktionseffekten in der Variation der einzelnen Variablen, dass der Einfluss einer längeren Halbwertszeit  $\theta$  unter einer geringen Strebsamkeit “g0” größer ist als unter einer hohen Faktorausprägung “g1” (Kontraste (3) und (4)) und zweitens die Zielerreichungsdiskrepanz unter “g1” kleiner ist als unter “g0” (Kontrast (1) und (2)). Letzterer Aspekt weist insbesondere darauf hin, dass die durchschnittliche Zielerreichungsdiskrepanz am Ende der Simulationslaufzeit unter “g1” durchgehend negativ ist, das Anspruchsniveau –unabhängig von

<sup>157</sup>Mittlere Werte im Hinblick auf Erinnerungsvermögen und Strebsamkeit der Agenten sind denkbar; für eine erste Einschätzung zum *grundsätzlichen* Einfluss von  $\gamma$  wurde es für dieses ABM jedoch als ausreichend erachtet, die Grenzwerte  $\gamma \in \{0, 1\}$  in ihrer Wirkungsweise zu betrachten.

<sup>158</sup>Varianzhomogenität wurde mittels des Levene Tests geprüft und bestätigt.

<sup>159</sup>Hierbei handelt es sich um den max-t Test für multiple Mittelwertvergleiche unter Verwendung einer Heteroskedastie konsistenten Schätzung der Kovarianz (HC3); zum Verfahren siehe HERBERICH ET AL. (2010).

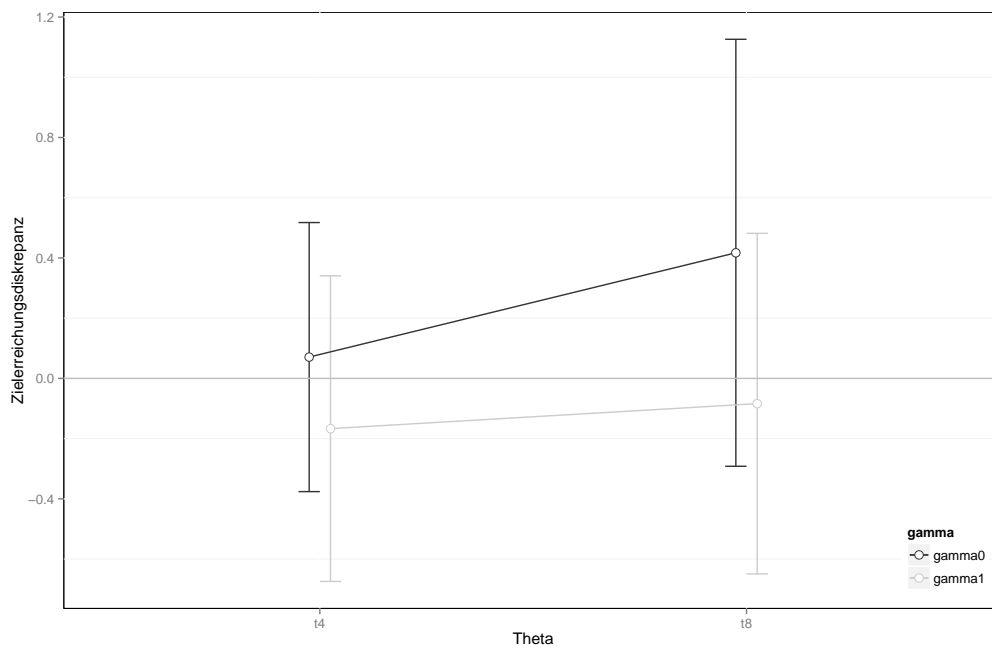


Abbildung 10: Interaktionsplot der Parameter  $\gamma$  und  $\theta$  auf die mittlere Diskrepanz zwischen Performanz und Anspruchsniveau der KT-Typen (asp.att) mit  $\delta = 1$  und  $\mu = 0$ . In der Grafik eingezeichnet ist die Standardabweichung zum Mittelwert.

Tabelle 16: Einfluss der Faktorkontraste  $\theta$  und  $\gamma$  auf die durchschnittliche Zielerreichungsdiskrepanz der KT-Typen ( $t=120$ )

Kontraste	Mittelwertschätzer	Std.Fehler	t-Wert	$Pr(>  t )$
(1) g1 - g0 t4	-0.23	0.02	-10.36	$< 1e - 04$
(2) g1 - g0 t8	-0.50	0.03	-16.52	$< 1e - 04$
(3) t8 - t4 g0	0.34	0.02	12.34	$< 1e - 04$
(4) t8 - t4 g1	0.08	0.02	3.23	0.00651
(5) t8.g1 - t4.g0	-0.15	0.02	-6.25	$< 1e - 04$
(6) t4.g1 - t8.g0	-0.58	0.02	-20.21	$< 1e - 04$

der Ausprägung von  $\theta$  nicht erreicht wird (vgl. Abbildung 10). Im Hinblick auf die andererseits deutliche Differenz zwischen “t4” und “t8” unter “g0” kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass der Parameter  $\gamma$  mit der Ausprägung  $\gamma = 1$  (“g1”) einen so starken Einfluss auf die Bestimmung des Anspruchsniveaus hat, dass dadurch der Einfluss des Parameter  $\theta$  (unter “t8”) weniger stark zum Tragen kommt; d.h.  $\gamma$  den Effekt von  $\theta$  dämpft.

4. Ebenfalls wurde für die Agenten vom Typ KT untersucht, ob sich ein Lotteriegewinn unter den Ausprägungen der Entwertungsrates wissenschaftlichen Wissens  $\theta$  un-

Tabelle 17: Konfidenzintervalle (KI) der Faktorkontraste  $\theta$  und *publ.gr* auf den mittleren Wissensbestand der KT-Typen ( $t=120$ )

Kontraste	Mittelwertschätzer	t-Wert	$Pr(>  t )$	untere Grenze KI	obere Grenze KI
(1) t4-t8 win	-27.24	-7.01	$< 1e - 04$	-36.84	-17.64
(2) t4-t8 loose	-16.38	-38.08	$< 1e - 04$	-17.44	-15.31
(3) loose-win t4	-3.56	-1.95	0.16	-8.04	0.93
(4) loose-win t8	-14.42	-4.16	0.000138	-22.97	-5.87
(5) d4-d8 loose-win	-30.80	-8.938	$< 1e - 04$	-39.31	-22.28
(6) d8-d4 loose-win	-12.82	-6.952	$< 1e - 04$	-17.37	-8.26

terschiedlich auf den durchschnittlichen Wissensbestand  $\bar{w}_{t=120} = \frac{1}{N^{KT}} \sum_{i=1}^{N^{KT}} w_{i,t=120}$  auswirkt. Zur Untersuchung der Interaktionseffekte wurde aufgrund der Varianzheterogenität und der unterschiedlichen Stichprobengröße wieder auf den max-t Test für multiple Mittelwertvergleiche unter Verwendung einer Heteroskedastie konsistenten Schätzung der Kovarianz (HC3) zurückgegriffen. Die Nullhypothese, dass die Mittelwerte der jeweiligen Kontrastpaare (vgl. Tabelle 17) identisch sind, konnte –außer für den Kontrast (3)– für alle Kontraste mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von .01% abgelehnt werden ( $p < 1e - 04$ ).

Neben den signifikanten Interaktionseffekten zeigt sich in der Variation der Faktorausprägungen unter Konstanz des jeweils anderen Faktors, dass sich der mittlere Wissensbestand zwischen (Nicht-)Lotteriegewinnern unter “t4” nicht signifikant unterscheidet, sehr wohl aber unter “t8” (Kontrast (3) und (4)). In Kontrast (1) und (2) zeigt sich erwartungsgemäß, dass der mittlere Wissensbestand unter “t4” stets geringer ausfällt als unter einer langen Halbwertszeit “t8”, wobei die mittlere Differenz unter Lotteriegewinnern (-27.24) wesentlich höher ausfällt als unter Nicht-Lotteriegewinnern (-16.38). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass sich mit zunehmender Halbwertszeit des Wissens zusätzliche Publikationen (durch Lotteriegewinne) deutlicher im Wissensbestand der KT-Agenten bemerkbar machen.

### 13.3 Sensitivitätsanalyse für Agenten vom Typ RT

Für RT-Agenten wurden folgende Aspekte untersucht, wobei eine Halbwertszeit von acht Jahren ( $\theta = .978$ ) zugrunde gelegt wurde:

1. Einfluss von  $\delta$  auf die mittlere Reputation  $\bar{r}a_{t=120}^{RT} = \frac{1}{N^{RT}} \sum_{i=1}^{N^{RT}} ra_{i,t=120}^{RT}$ . Wie zu zeigen sein wird, ist es sinnvoll, für  $\delta$  eine Reihe von Faktorausprägungen zu unter-

suchen. Konkret wurde getestet, ob am Ende eines Simulationslaufs signifikante Rangunterschiede für verschiedene Werte von  $\delta = \{.01, .25, .5, .75, 1\}$  existieren.<sup>160</sup> Je Parameterausprägung wurden auch hier 30 Wiederholungen durchgeführt.

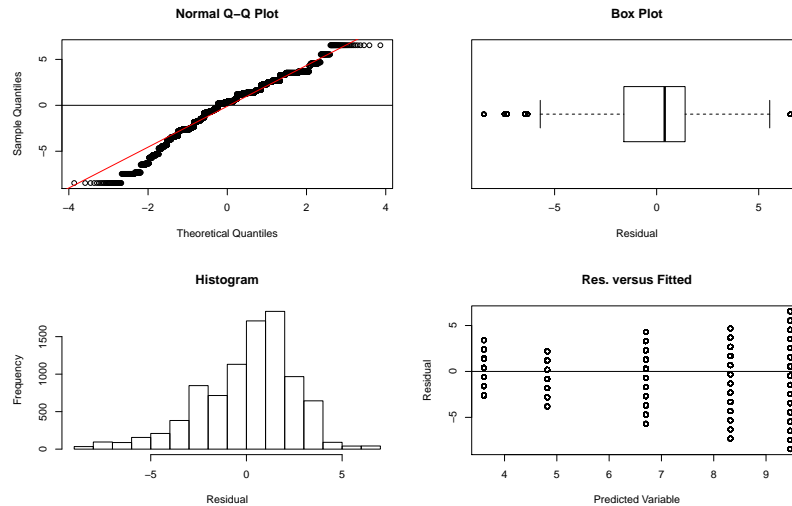


Abbildung 11: Residuen des linearen Modells  $\text{lm}(\text{rank} \sim \delta)$

Da keine Varianzhomogenität vorliegt, die Normalverteilung der Residuen jedoch näherungsweise angenommen werden kann (vgl. Abbildung 11), wurde eine einfaktorische ANOVA mit Welch-Korrektur für heterogene Varianzen vorgenommen. Der Test hat gezeigt, dass sich die Rangpositionen über die unterschiedlichen Grade organisationaler Trägheit signifikant unterscheiden,  $F(4, 4377) = 1856, p < 2.2e - 16$ . Ein entsprechender Post-Hoc-Test unter Berücksichtigung der Varianzheterogenität (Games-Howell Test) zeigt, dass sich –abgesehen von der Faktorausprägung .01– die Rangpositionen mit abnehmender organisationaler Trägheit (von d25 auf d1, vgl. Abbildung 12) signifikant verbessern, wobei die mittlere Rangposition unter Abwesenheit von organisationaler Trägheit d1 mit  $(1 - \delta) = 0$  schlechter ausfällt ( $M=4.8, SD=1.38$ ) als unter einem hohen Beharrungsvermögen d01 ( $1 - \delta = .99$ ) ( $M=3.6, SD=1.53$ ). Auffällig ist nicht nur die abnehmende Varianz innerhalb der Faktorausprägungen für abnehmende Werte der Trägheit, sondern auch der umgekehrt U-förmige Einfluss von  $\delta$  auf die Rangpositionen. Eine hohe organisationale Trägheit (d01) hat einen stabilisierenden Effekt auf die zu Beginn erteilten Rangpositionen, der aber bei nur geringem Anstieg der Trägheit (d25) bereits nivelliert wird und dann zu einer hohen Anzahl unterschiedlicher Rangpositionen führt. Der Einfluss des Trägheitsfaktors lässt sich demgemäß so zusammenfassen, dass bei abnehmender Trägheit die Variabilität in der Rangverteilung zunächst zunimmt, und

<sup>160</sup>Da bei einem Wert von  $\delta = 0$  wie erwähnt keinerlei Rangveränderung der initialen Werte von  $ra_{i,t=1} = 1 \forall i \in N$  stattfindet, wurde als Näherungswert für einen maximalen Trägheitswert  $\delta = .01$  gesetzt.

unter Abwesenheit des Trägheitsfaktors ( $\delta = 1$ ) es wieder zu einer Verengung auf wenige Rangpositionen kommt.<sup>161</sup>

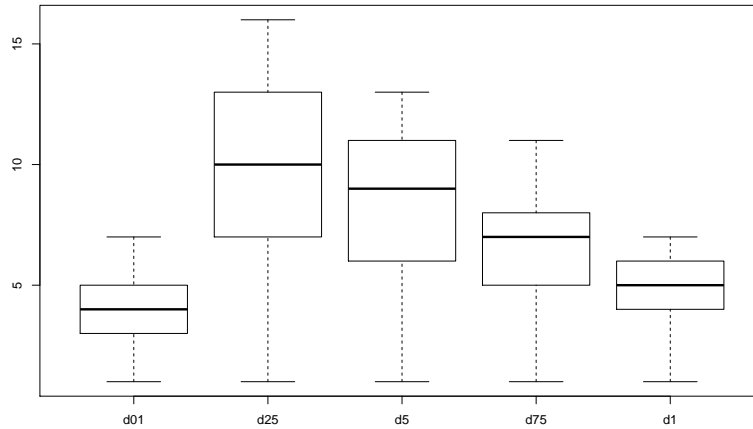


Abbildung 12: Boxplots der Rangpositionierung in Abhängigkeit von  $\delta$ . Auf der y-Achse dargestellt ist die Verteilung der Rangpositionen, auf der x-Achse die variierenden Werte für  $\delta$ .

2. Einfluss von  $\mu$  und  $\gamma$  auf das Anspruchsniveau  $rasp_{i,t}^{RT}$ . Da im Hinblick auf den Einfluss der Parameter  $\gamma$  und  $\mu$  auf das Anspruchsniveau der RT-Typen die gleiche Argumentation zutrifft wie bereits für die KT-Typen erläutert, wird an dieser Stelle lediglich der Einfluss von  $\gamma = \{0; 1\}$  auf das mittlere Anspruchsniveau  $\overline{rasp}_{t=120}^{RT} = \frac{1}{N^{RT}} \sum_{i=1}^{N^{RT}} rasp_{i,t=120}^{RT}$  geprüft. Eine einfaktorielles ANOVA mit Welch-Korrektur hat gezeigt, dass sich die Anspruchsniveaus für die Werte von  $\gamma = \{0; 1\}$  signifikant unterscheiden,  $F(1, 8765) = 90.1, p < 2.2e - 16$ .<sup>162</sup> Ein Post-Hoc-Vergleich unter Verwendung des Games-Howell Tests hat zudem gezeigt, dass das mittlere Anspruchsniveau, d.h. eine zufriedenstellende Rangposition, erwartungsgemäß unter  $\gamma = 1$  signifikant kleiner ist (M=6.6, SD=3.27) als unter  $\gamma = 0$  (M=6.0, SD=2.78).
3. Zusammenfassend wird der Einfluss von  $\delta$  und  $\gamma$  auf die Zielerreichungsdiskrepanz  $\overline{rasp.att}_{t=120}^{RT} = \frac{1}{N^{RT}} \sum_{i=1}^{N^{RT}} rasp.att_{i,t=120}^{RT}$  getestet. Wie Abbildung 13 zeigt, weisen die Zielerreichungsdiskrepanzen insbesondere für  $\delta = \{.25, .5, .75\}$  am Ende der Laufzeit eine hohe Varianz auf, so dass aus diesem Ergebnis lediglich einige tendenzielle Aussagen abgeleitet werden können.

<sup>161</sup>Variabilität wird hier so interpretiert, dass sich innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinde die Anzahl der möglichen Rangpositionen über einen Simulationslauf wesentlich verändert und damit auch mehrmalige Veränderungen der Rangpositionen einzelner Agenten möglich sind.

<sup>162</sup>Da hier nur die Bedingung normalverteilter Residuen erfüllt war, wurde die Varianzheterogenität in der Welch-Korrektur berücksichtigt.



Positive Zielerreichungsdiskrepanzen  $rasp.att_{t=120}^{RT}$  werden im Wesentlichen unter  $\gamma = 0$  erreicht. Da  $\gamma = 0$  bedeutet, dass sich die Anspruchsniveaus aus den in der letzten Entscheidungsperiode erzielten schlechtesten Rangpositionen definieren, tatsächlich jedoch bessere Rangpositionen erreicht wurden, kommt hier der Effekt der durch  $\delta$  ermöglichten Variabilität zum Tragen. Auffällig und kontraintuitiv ist jedoch, dass ein abnehmender Grad organisationaler Trägheit ( $\delta$ ) auch mit abnehmenden bzw. sogar negativen Zielerreichungsdiskrepanzen einhergeht. In diesem Fall kann –bei einer Orientierung an der schlechtesten Rangposition des letzten Entscheidungszeitraumes– die negative Zielerreichungsdiskrepanz nur dadurch entstehen, dass sich die Rangposition weiter verschlechtert. Erst unter Ausbleiben der Trägheit ( $\delta = 1$ ) schwächt sich dieser Effekt wieder ab.

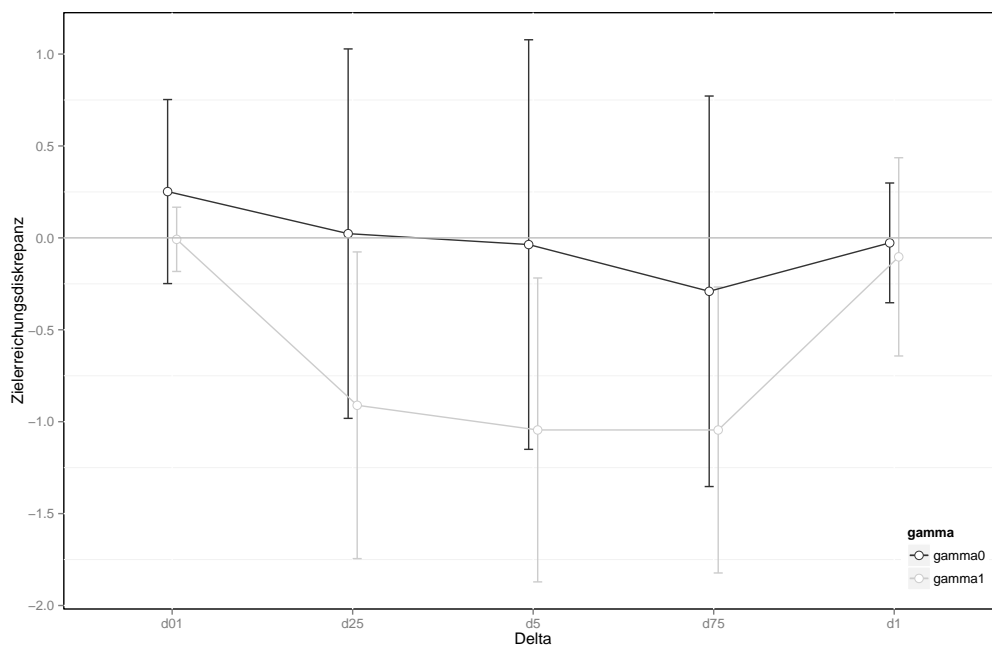


Abbildung 13: Interaktionsplot der Parameter  $\gamma$  und  $\delta$  auf die mittlere Diskrepanz zwischen Performanz und Anspruchsniveau der RT-Typen ( $rasp.att$ ) mit  $\theta = .978$  und  $\mu = 0$ . In der Grafik eingezeichnet ist die Standardabweichung zum Mittelwert.

Für  $\gamma = 1$  bewegt sich die Zielerreichungsdiskrepanz über alle Faktorausprägungen im Wesentlichen im negativen Bereich, d.h. mit der erreichten Rangposition kann das Anspruchsniveau in der Regel nicht erreicht werden. Da  $\gamma = 1$  eine Orientierung an der zuletzt im Entscheidungszeitraum erreichten besten Rangposition impliziert, ist die durch  $\delta$  prinzipiell mögliche Variabilität in den Rangpositionen nicht ausreichend, um ein besseres Ergebnis zu erreichen. Die negative Zielerreichungsdiskrepanz ist am stärksten ausgeprägt für die mittleren Werte von  $\delta = \{.25, .5, .75\}$ . Einzig bei hoher organisationaler Trägheit und unter Abwesenheit derselbigen treten auch positive Zielerreichungsdiskrepanzen auf. Zu erkennen ist, dass –ausgehend von einem

hohen Trägheitsgrad mit  $\delta = .01$ – für  $\delta = \{.25, .5, .75\}$  die Werte für beide Ausprägungen von  $\gamma$  abnehmen. Dabei fällt die Differenz für ein hohes Strebsamkeitsniveau ( $\gamma = 1$ ) wesentlich stärker aus als unter  $\gamma = 0$ . Dies kann als Hinweis darauf interpretiert werden, dass  $\gamma$  hier den Effekt von  $\delta$  verstärkt. Dieser Interaktionseffekt zeigt sich auch in einem Vergleich der mittleren Zielerreichungsdiskrepanzen  $\overline{rasp.att}_{i,t=120}^{RT} = \frac{1}{N^{RT}} \sum_{i=1}^{N^{RT}} rasp.att_{i,t=120}^{RT}$  mittels des robusten max-t Tests. Während der Schätzer für den Mittelwertunterschied für den Kontrast  $gamma1-gamma0|d01$  einen Wert von  $-0.2598612$  aufweist ( $t-Wert = -14.715, Pr(> |t|) < 0.001$ ), steigt der Schätzer für den Kontrast  $gamma1-gamma0|d25$  auf  $-0.9337028$  ( $t-Wert = -21.201, Pr(> |t|) < 0.001$ ). Des Weiteren zeigt sich unter Ausbleiben organisationaler Trägheit ( $\delta = 1$ ), dass der Effekt von  $\gamma$  nur noch schwach signifikant ist ( $t-Wert = -3.624, Pr(> |t|) = 0.0092$ ). Ein hohes Maß an Strebsamkeit führt hier zu einer geringeren negativen Zielerreichungsdiskrepanz;  $\delta$  kompensiert in diesem Fall den (negativen) Effekt von  $\gamma = 1$ .

4. Zusätzlich soll überprüft werden, ob es den RT-Agenten –wie in der Modellierung unterstellt– grundsätzlich gelingen kann, durch einen Lotteriegewinn ihre Reputation zu verbessern. Um für die Agenten vom Typ RT den Zusammenhang und gegebenenfalls Interaktionseffekte zwischen der Publikationslotterie und dem Grad organisationaler Trägheit auf ihre Rangpositionierung zu überprüfen, wurde mittels eines robusten Verfahrens ein Vergleich der mittleren Ränge  $\overline{ra}_{t=120}^{RT} = \frac{1}{N^{RT}} \sum_{i=1}^{N^{RT}} ra_{i,t=120}^{RT}$  für spezifische Faktorkontraste von  $\delta$  und *publ.gr* vorgenommen.<sup>163</sup> Die Nullhypothese, dass die Mittelwerte der jeweiligen Kontrastpaare (vgl. Tabelle 18) identisch sind, konnte für alle Kontraste mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von .01% abgelehnt werden ( $p < 1e - 06$ ). Neben dem Interaktionsterm (Kontrast (5)) zeigen die Effekte der Variablen  $\delta$  und *publ.gr* unter Konstanz des jeweils anderen Faktors, dass Nicht-Lotteriegewinner einen höheren, d.h. schlechteren Rangwert aufweisen als Lotteriegewinner (Kontrast (3) und (4)) und dass die Rangpositionen unter einem geringen Wert von  $\delta$ , d.h. einem hohen Grad organisationaler Trägheit, sowohl für Publikationsgewinner als auch -verlierer mit einer schlechteren Rangpositionen einhergehen (Kontrast (1) und (2)). Insbesondere zeigt der Kontrastvergleich auch, dass die Differenz zwischen der mittleren Rangposition von Lotteriegewinnern und -verlieren unter geringer Trägheit “d1” deutlich geringer ausfällt

<sup>163</sup>Der max-t Test für multiple Mittelwertvergleiche unter Verwendung einer Heteroskedastie konsistenten Schätzung der Kovarianz (HC3) ist in der Lage, die per definitionem ungleichen Stichprobengrößen zwischen (Nicht-) Lotteriegewinner zu berücksichtigen als auch auf die zuvor in einem Levene Test diagnostizierte Varianzheterogenität und auf die nicht-normalverteilten Residuen zu kontrollieren (HERBERICH ET AL., 2010).

Tabelle 18: Konfidenzintervalle (KI) der Faktorkontraste  $\delta$  und *publ.gr* auf die mittlere Rangposition der RT-Typen ( $t=120$ )

Kontraste	Mittelwertschätzer	untere Grenze KI	obere Grenze KI
(1) d25-d1 win	4.28	3.15	5.40
(2) d25-d1 loose	4.66	4.43	4.90
(3) loose-win d25	1.91	0.86	2.97
(4) loose-win d1	1.53	1.07	1.99
(5) d25-d1 loose-win	6.19	5.69	6.70
(6) d1-d25 win-loose	2.43	1.30	3.56

(1.53) als unter hoher Trägheit “d25”(1.91).<sup>164</sup> Wenn die Differenz zwischen (Nicht-)Lotteriegewinnern unter geringer organisationaler Trägheit weniger stark ausgeprägt ist als unter hoher Trägheit, dann kann im Umkehrschluss die Vermutung abgeleitet werden, dass sich bei hoher Trägheit die Annäherung an einen besseren Rang durch einen Lotteriegewinn deutlich schwieriger gestaltet als unter geringer Trägheit.<sup>165</sup>

### 13.4 Zusammenfassung der Sensitivitätsanalyse

Insgesamt zeigen die Parameter die aus den stilisierten Fakten erwartbaren Effekte auf die unterschiedlichen Zielvariablen im Mikromodell. Die Effekte, die zum Ende der Simulationsläufe ( $t = 120$ ) identifiziert wurden, können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Für die Gruppe der KT-Agenten gilt:
  1. Halbwertszeit  $\theta \xrightarrow{\oplus}$  Wissensbestand

<sup>164</sup>Ein vergleichsweise breites Konfidenzintervall weist auf eine hohe Variabilität oder einen kleinen Stichprobenumfang hin. Letzteres trifft auf den ersten Kontrast (im Vergleich zu Kontrast 2) zu, da per definitionem die Anzahl der Lotteriegewinner wesentlich kleiner ist als die der Nicht-Gewinner. Der Vergleich der KI zwischen Kontrast 3 und 4 zeigt an, dass die Streuung unter “d25” wesentlich ausgeprägter ist als unter “d1”.

<sup>165</sup>Für die Kontraste der Faktorausprägung “d01” zeigt sich ein kontraintuitives Ergebnis: Da sich bei hoher Trägheit (“d01”) die initialen Rangpositionen kaum verändern (vgl. Abbildung 12), bleiben auch die mittleren Rangpositionen der Lotteriegewinner (unter “d1”) hinter denen der Lotteriegewinner unter hoher Trägheit zurück (Mittelwertschätzwert der Differenz  $-0.71$ , mit Standardfehler  $0.25$  und  $t$ -Wert  $-2.74$ ). Dieses Ergebnis ist allerdings nur schwach signifikant mit  $Pr(> |t|) = 0.02$ . Zudem fällt die mittlere Differenz der Rangpositionen zwischen (Nicht-) Lotteriegewinnern unter hoher Trägheit *loose – win|d01* mit  $1.02$  (Std.fehler =  $0.18$ ,  $t$ -Wert= $5.46$  und  $Pr(> |t|) < 0.001$ ) wesentlich geringer aus als unter geringer Trägheit; hier liegt –wie gezeigt– der Schätzer für die mittlere Differenz zwischen (Nicht-) Lotteriegewinnern bei  $1.53$  mit Std.fehler  $0.18560$ ,  $t$ -Wert  $8.25$  und  $Pr(> |t|) < 0.001$ .

2. Strebsamkeit  $\gamma \xrightarrow{\oplus}$  rangtransformiertes Anspruchsniveau
  3. Interaktion  $\theta, \gamma \xrightarrow{\text{sig.}}$  Zielerreichungsdiskrepanz
  4. Interaktion  $\theta, \text{publ.gr} \xrightarrow{\text{sig.}}$  Wissensbestand
- Für die Gruppe der RT-Agenten gilt:
    1. Trägheitsparameter  $(1 - \delta) = \{.99\} \xrightarrow{\ominus}$  Reputation; Trägheitsparameter  $(1 - \delta) \in \{.75; .5; .25; 0\} \xrightarrow{\oplus}$  Reputation.<sup>166</sup> Das Ziel der weitergehenden Untersuchung ist es unter anderem, auf die Auswirkung einer geringen, mittleren und hohen Ausprägung organisationaler Trägheit zu kontrollieren. Unter Berücksichtigung des Umstandes, dass es, wie gezeigt, im Definitionsbereich von  $\delta = [0, .25]$  zu einem Vorzeichenwechsel in der Wirkungsrichtung kommt, dieser Vorzeichenwechsel zur Kontrolle auf unterschiedliche Abstufungen organisationaler Trägheit jedoch nicht relevant ist, wird der Definitionsbereich des Parameters auf die Werte  $\delta \in \{0.25, .5, 1\}$  beschränkt, so dass approximativ drei Ausprägungen hoher, mittlerer und geringer organisationaler Trägheit vorliegen.
    2. Strebsamkeit  $\gamma \xrightarrow{\oplus}$  Anspruchsniveau
    3. Interaktion  $(1 - \delta), \gamma \xrightarrow{\text{sig.}}$  Zielerreichungsdiskrepanz
    4. Interaktion  $(1 - \delta), \text{publ.gr} \xrightarrow{\text{sig.}}$  Reputation

Insgesamt ist die Aussagekraft der Sensitivitätsanalyse vor dem Hintergrund der festgestellten hohen Varianzen der Zielvariablen als begrenzt einzuschätzen. Darüber hinaus sagt die hier vorgenommene Sensitivitätsanalyse über die Mittelwerte zum Ende der Simulationszeit ( $t=120$ ) noch nichts über den Prozessverlauf aus, der jedoch im Hinblick auf die zu fokussierende Interaktion der Agenten von essentieller Bedeutung ist. Die im Folgenden durchgeführte explorative Analyse wird als geeignet betrachtet, Strukturen und Muster in den Prozessverläufen zu identifizieren (vgl. FAHRMEIR ET AL. (2001, S.12)). Mithilfe der explorativen Analyse kann es dann gelingen, Hypothesen zu den identifizierten Mustern der simulierten Daten zu formulieren. Im folgenden Abschnitt wird daher der Fokus darauf gerichtet, für die einzelnen Entscheidungsheuristiken zu untersuchen, wie die Interaktion unterschiedlicher Agentengruppen die Anpassungsprozesse beeinflusst und wie hieraus mögliche Erklärungen für die Herausbildung unterschiedlicher Koordinationsergebnisse abzuleiten sind.

<sup>166</sup>Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, ist die Lesart für die Zielgröße Reputation, dass eine bessere Rangposition einhergeht mit einer betragsmäßig *kleinen* Zahl.

## 14 Mesoebene: Explorative Analyse der Entscheidungsheuristiken

Eine besondere Rolle spielen in allen Entscheidungsheuristiken die Experimentatoren und die Innovatoren/Innovationsfolger. Um die folgenden Betrachtungen anzuleiten, ist es hilfreich, einige Vorüberlegungen, die sich aus dem Design des Simulationsmodells ergeben, zu rekurrieren. Experimentelle Evidenz wird ab dem Zeitpunkt erzeugt, ab dem erstmals ein Agent einen neuen wissenschaftlichen Ansatz verfolgt. Sobald also die Existenz eines wissenschaftlichen Innovators gegeben ist, wird dokumentiert, wie sich Evidenz auf die konkurrierenden wissenschaftlichen Ansätze verteilt. Die Evidenz ist dabei definiert durch den wissenschaftlichen Ansatz, der vom jeweils per Zufallsprozess ausgewählten Agenten aus dem Experimentatorenpool (mit Parameter  $\tau = .1$  oder  $\tau = .5$ ) vertreten wird. Wie in dem Design der Entscheidungsheuristiken hinterlegt, sind Innovatoren als auch Experimentatoren von Entscheidungsanpassungen ausgeschlossen (vgl. Tabelle 11). In diesem Sinne ist ihre einmal getroffene Wahl des wissenschaftlichen Ansatzes irreversibel.<sup>167</sup> Während Innovatoren per definitionem Vertreter des wissenschaftlichen Ansatzes  $b = 1$  sind, können Experimentatoren –ebenfalls per definitionem– Vertreter sowohl des einen als auch anderen wissenschaftlichen Ansatzes sein.

Für alle Entscheidungsheuristiken wird im Folgenden geprüft, ob und welcher Einfluss für die Parameter wissenschaftlicher Praktiken  $(\tau, \theta, \delta, \gamma)$  festzustellen ist. Während es sich bei dem Parameter der Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool  $\tau$  um einen globalen Parameter handelt, ist  $\theta$  als Parameter der Halbwertszeit wissenschaftlichen Wissens insbesondere ein entscheidungsrelevanter Parameter für Innovatoren (vom Typ KT), spielt  $(1 - \delta)$  als Repräsentation organisationaler Trägheit mit Einfluss auf die Zuweisung von Rangpositionen insbesondere für adaptierende RT-Agenten, d.h. Nicht-Experimentatoren vom Typ RT, eine Rolle. Schließlich ist der Strebsamkeitsparameter  $\gamma$  sowohl für Agenten vom Typ KT als auch RT von Relevanz. Mit den aus der Mikroanalyse motivierten Faktorausprägungen  $\theta = \{.956; .978\}$ ,  $\gamma = \{0; 1\}$ ,  $\delta = \{.25; .5; 1\}$  und  $\tau = \{.1; .5\}$  entstehen 24 Parameterkombinationen, so dass der folgenden Analyse mit je 30 Wiederholungen je Faktorkombination für jede Entscheidungsheuristik 720 Simulationsläufe zu Grunde liegen.

---

<sup>167</sup>Die Irreversibilität folgt der Intuition, dass die Initiierung eines wissenschaftlichen Ansatzes ein hohes Maß an Überzeugung für selbigen voraussetzt.

## 14.1 Explorative Analyse der Konformitätsheuristik

### 14.1.1 Muster unterschiedlicher Koordinationsresultate

Die Ausgestaltung des Anpassungsprozesses eines neuen wissenschaftlichen Ansatzes in der Anpassungsstrategie Konformität wird durch die in Abschnitt 12.5.2 beschriebene Entscheidungsheuristik bestimmt. Mit Blick auf die Rolle der Experimentatoren und Innovatoren impliziert ein hoher Anteil an Experimentatoren bei einer gleichzeitig hohen Verbreitung des vorherrschenden wissenschaftlichen Ansatzes ( $b = -1$ ) unter diesen, dass die Durchsetzung des neuen wissenschaftlichen Ansatzes ( $b = 1$ ) erschwert wird. Dieser Effekt wird dadurch verstärkt, dass es das wesentliche Merkmal der Konformitätsstrategie ist, dass RT-Agenten, die nicht zu den Experimentatoren zählen, risikoavers in dem Sinne sind, als sie sich im Falle eines nicht erreichten Anspruchsniveaus an Agenten anpassen, die nicht den in der Minderheit vertretenen wissenschaftlichen Ansatz verfolgen ( $conf_{i,t} \geq 0$ ). KT-Agenten, die nicht zu den Experimentatoren gehören, passen sich bei Nicht-Erreichen ihres Anspruchsniveaus an einen zufällig ausgewählten Innovator an, d.h. für diesen Agententypus ist die Anpassungsstruktur auf  $b = 1$  determiniert.

Diese Intuition zusammenfassend, ist die Durchsetzung des neuen wissenschaftlichen Ansatzes (hier  $b = 1$ ) bei gegebener Größe der wissenschaftlichen Gemeinde (1.) abhängig von der Existenz von Innovatoren, (2.) der Anzahl und der von den Experimentatoren vertretenen wissenschaftlichen Ansätze, (3.) komplementär dazu von der Anzahl und dem Grad der Unzufriedenheit der Nicht-Innovatoren bzw. -Experimentatoren vom Typ KT und darüber hinaus von dem Verbreitungsgrad der wissenschaftlichen Ansätze (bzw. Konformität) für adaptierende Agenten vom Typ RT.

In einem ersten Schritt soll geprüft werden, ob die Parameter wissenschaftlicher Praktiken einen erkennbaren Einfluss auf die Ausbildung unterschiedlicher Koordinationsresultate aufweisen. Der Parameter der Halbwertszeit wissenschaftlichen Wissens  $\theta$  sollte sich dergestalt auswirken, dass dessen Ausprägung einen Einfluss darauf hat, ob und zu welchem Zeitpunkt Agenten vom Typ KT ihr Anspruchsniveau nicht mehr erreichen und als Innovatoren einen neuen wissenschaftlichen Ansatz initiieren. Der Einfluss des Trägheitsparameters  $\delta$  und des Strebsamkeitsparameters  $\gamma$  auf die Koordinationsresultate sollte sich dergestalt auswirken, dass eine hohe Ausprägung der Strebsamkeit der wissenschaftlichen Agenten ( $\gamma = 1$ ) über die Erzeugung eines relativ höheren Anspruchsniveaus (im Vergleich zu  $\gamma = 0$ ) zu einem früheren Zeitpunkt zu Unzufriedenheit der Agenten sorgen und damit einen früheren Anpassungszeitpunkt erzeugen. Wie in Abschnitt 13.3 erläutert, erzeugen die Ausprägungen des Trägheitsparameters  $\delta$  ein unterschiedliches Maß an Variabilität in der Zuweisung von Rangpositionen. Die Mikroanalyse hat gezeigt (vgl. Abbildung 13), dass RT-Agenten unter Abwesenheit organisationaler Trägheit ( $\delta = 1$ ) –unabhängig von

Tabelle 19: Ergebnisüberblick unter Konformitätsstrategie beider Agententypen ( $t=120$ ) nach Koordinationsresultat und Faktorausprägungen( $\theta, \delta, \gamma, \tau$ ) basierend auf 720 Simulationsläufen

Anzahl der Simulationsläufe nach Parameter, Koordinationsresultat und Experimentatorenpool											
Parameter			kons-1		kons1		tend-1		tend1		Summe
theta	delta	gamma	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	
t4	d.25	gamma0	3	0	2	7	25	23	0	0	60
		gamma1	2	1	2	6	23	22	3	1	60
	d.5	gamma0	2	1	1	9	24	19	3	1	60
		gamma1	2	0	4	11	24	19	0	0	60
	d1	gamma0	2	2	1	2	23	22	4	4	60
		gamma1	1	0	1	4	24	18	4	8	60
Summe			12	4	11	39	143	123	14	14	360
t8	d.25	gamma0	19	25	0	0	11	5	0	0	60
		gamma1	19	20	0	0	11	10	0	0	60
	d.5	gamma0	24	19	0	0	6	11	0	0	60
		gamma1	19	23	0	0	11	7	0	0	60
	d1	gamma0	22	23	0	0	8	7	0	0	60
		gamma1	16	17	0	0	14	12	0	1	60
Summe			119	127	0	0	61	52	0	1	360

der Ausprägung von  $\gamma$ - deutlich weniger häufig ihr Anspruchsniveau nicht erreicht sehen. Insgesamt ist damit für die Koordinationsergebnisse bzw. für das Resultat auf aggregierter Ebene die Hypothese zu prüfen, ob Anpassungsprozesse unter  $\delta = 1$  im Vergleich zu den Faktorausprägungen  $\delta = .25, \delta = .5$  tendenziell zu einem späteren Zeitpunkt ausgelöst werden.

Tabelle 19 gibt zunächst einen Überblick über die Häufigkeit unterschiedlicher Koordinationsresultate in Abhängigkeit der Faktorausprägungen der Parameter wissenschaftlicher Praktiken. Hier ist bereits eindeutig die Auswirkung in der Variation von  $\theta$  zu erkennen: So findet eine (tendenzielle) Koordination der wissenschaftlichen Gemeinde auf den neuen wissenschaftlichen Ansatz ( $b = 1$ ) im Wesentlichen nur dann statt, wenn die Halbwertszeit wissenschaftlichen Wissens statt 8 Jahre (t8) nur noch 4 Jahre beträgt (t4). Darüber hinaus zeigt sich, dass eine Halbwertszeit von 4 Jahren soviel Bewegung in den Handlungen der Agenten erzeugt, dass die Beharrung in einem eindeutigen Konsens für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = -1$  (kons-1) deutlich seltener auftritt als unter  $\theta = .978$  (t8).

Der Einfluss der Ausgestaltung von  $\theta$  zeigt sich insbesondere auch in den Anpassungs-

prozessen unter den verschiedenen Koordinationsergebnissen (vgl. Abbildung 14 bis 16).<sup>168</sup> Jeweils endogen dargestellt ist der Prozess als mittlere Anzahl der Agenten, die je Messzeitpunkt den neuen wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  angenommen haben (vgl. die oberen Panels in Abbildung 14 bis 17). Die unteren Panels beschreiben den Anpassungsprozess als Tangens Hyperbolicus Funktion (vgl. Gleichung 14), deren Verlauf äquivalent der endogenen Darstellung ist.<sup>169</sup> Dabei ist der Durchsetzungsgrad abhängig von dem Anteil adoptierender Agenten  $c \in (-1, 1)$ . Während  $c = -1$  eine Situation repräsentiert, in der (noch) keine Initiierung eines neuen wissenschaftlichen Ansatzes stattgefunden hat ( $\tanh(-1) = -.765$ ), zeigt ein Wert von  $c = 1$  (100%) eine vollständige Annahme durch alle Agenten an ( $\tanh(1) = .765$ ).

$$\tanh(c) = \frac{e^{(2*c)} - 1}{e^{(2*c)} + 1} \quad (14)$$

Die Abbildungen zeigen, dass die Initiierung eines neuen wissenschaftlichen Ansatzes und damit ein beginnender Anpassungsprozess, unabhängig von dem Koordinationsergebnis, nicht vor Periode 36 beginnt. In Abhängigkeit der Ausprägung von  $\theta$  beträgt die früheste Periode der Initiierung unter  $\theta = .956$  36 Perioden (9 Jahre), d.h. gut zwei Halbwertszeiten, und bei  $\theta = .978$  entsprechend Abbildung 15 und 17 64 Perioden (16 Jahre), d.h. ebenfalls ca. zwei Halbwertszeiten. Die deutlich spätere Initiierung eines neuen wissenschaftlichen Ansatzes unter  $\theta = .978$  bei einem definierten wissenschaftlichen Zyklus von 120 Perioden (30 Jahre) ist nicht ausreichend, um einen Anpassungsprozess auszulösen, der ausreicht, um eine Konsensbildung auf  $b = 1$  zu erzeugen. Dies gilt selbst dann, wenn der Anpassungsprozess gleich zu Beginn ausgeprägte Sprünge aufweist (vgl. die tend-1 Resultate in Abbildung 15 und 17).

Im Hinblick auf die Durchlässigkeit für den Zugang zum Experimentatorenpool zeigt sich für eine hohe Durchlässigkeit ( $\tau = .5$ ) und eine kurze Halbwertszeit (vgl. Abbildung 14) zum einen, dass Resultate mit (tendenzieller) Koordination auf  $b = 1$  (tend1, kons1) durch deutliche Anpassungssprünge gekennzeichnet sind, in denen sich mehrere Agenten gleichzeitig für einen neuen wissenschaftlichen Ansatz entscheiden, während bei einem Verharren auf  $b = -1$  oder nur tendenzieller Ablösung von  $b = -1$  Anpassungssprünge ausbleiben und eher eine stetige Anpassung auf geringem Niveau stattfindet. Insbesondere wechseln sich bei einer Koordination auf  $b = 1$  (kons1) unter  $\tau = .5$  Phasen mit aus-

<sup>168</sup>Da entsprechend der unterschiedlichen Fallzahlen (vgl. Tabelle 19) einige Kurven Aggregationen über mehrere Simulationsläufe darstellen, andere Kurven hingegen einzelne Simulationsläufe repräsentieren, können die Darstellungen lediglich einen ersten Eindruck vermitteln, der aber dennoch geeignet ist, Hinweise auf weitere Untersuchungsaspekte zu liefern.

<sup>169</sup>Die rote gestrichelte Linie zeigt das Niveau an, ab dem eine Mehrheit für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  existiert. In den oberen Panels liegt das Niveau bei 50% der definierten Agentenzahl von 60, in den unteren Panels bei  $\tanh = 0$ .



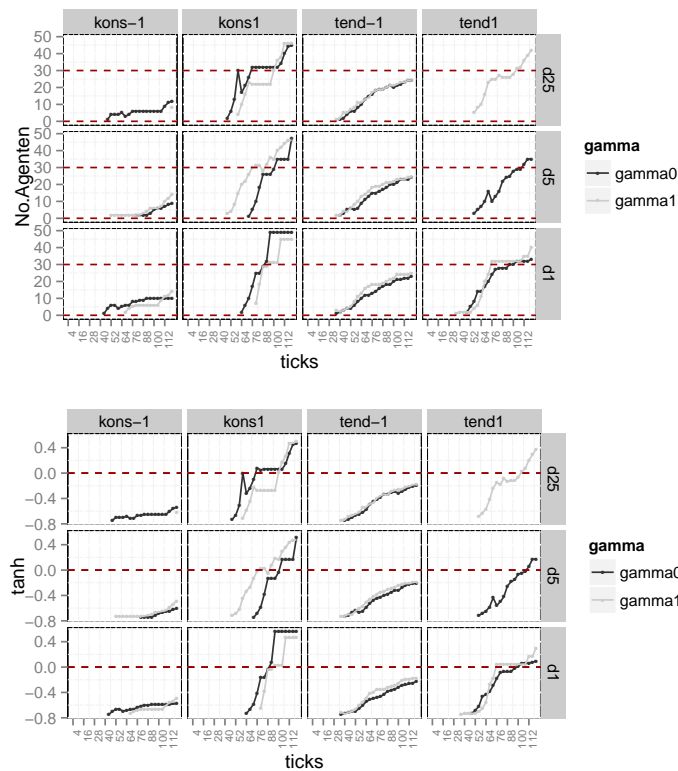


Abbildung 14: Konformitätsheuristik der KT- und RT-Agenten unter  $\tau = .5$  und  $\theta = .956$ . Obere Panels: Endogene Darstellung des Anpassungsprozesses für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  nach Koordinationsergebnis (kons-1, kons1, tend-1, tend1) und  $\delta$  für unterschiedliche Ausprägungen von  $\gamma$ . Auf der y-Achse ist die mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten mit ( $b = 1$ ) über die Zeit (Ticks) unter einer Halbwertszeit von  $\theta = .956$  ( $t_4$ ) und  $\tau = .5$  abgebildet. Untere Panels: Entsprechende (exogene) Darstellung des Anpassungsprozesses als Tanh-Funktion. Die Abbildungen basieren auf insgesamt 180 Simulationsläufen (vgl. Tabelle 19).

geprägten Anpassungssprüngen mit Phasen ab, in der die Anzahl der hinzukommenden Agenten stagniert. Eine kritische Phase zeichnet sich beispielsweise für  $\gamma = 0$  und  $\delta = .5$  zwischen Periode 88 und 104 und für  $\delta = 1$  zwischen Periode 80 und 92 ab: Hier wechselt der tanh-Wert in den positiven Bereich (vgl. unteres Panel von kons1 in Abbildung 14), ausgelöst durch einen deutlichen Anpassungssprung (vgl. oberes Panel von kons1 in Abbildung 14).<sup>170</sup>

Zum anderen zeichnet sich für die Fälle mit einer hohen Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool und einer kurzen Halbwertszeit ab ( $\tau = .5, \theta = .956$ ), dass Simulationsläufe mit gleich zu Beginn deutlichen Anpassungssprüngen tendenziell mit einem späteren ersten Anpassungszeitpunkt einhergehen.

Für die Fälle, in denen die Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool gering ist und unter einer kurzen Halbwertszeit (vgl. Abbildung 16) zeigen sich die beschriebenen Merk-

<sup>170</sup>Dabei kommt es bei einer Koordination auf einen neuen wissenschaftlichen Ansatz (kons1) im Mittel allerdings nicht zu einer vollständigen Durchsetzung des wissenschaftlichen Ansatzes  $b = 1$ , da der erreichte tanh-Wert deutlich unter dem Maximalwert von  $.765$  bleibt. Einige Agenten verharren damit im vormals vorherrschenden Ansatz  $b = -1$ .

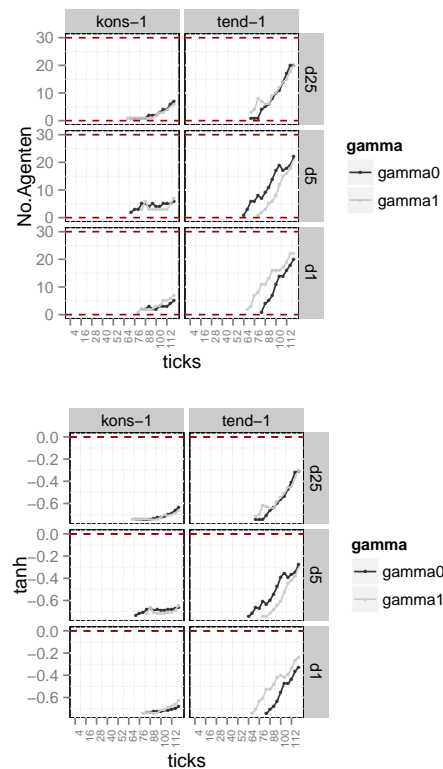


Abbildung 15: Konformitätsheuristik der KT- und RT-Agenten unter  $\tau = .5$  und  $\theta = .978$ . Obere Panels: Endogene Darstellung des Anpassungsprozesses für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  nach Koordinationsergebnis (kons-1, kons1, tend-1, tend1) und  $\delta$  für unterschiedliche Ausprägungen von  $\gamma$ . Auf der y-Achse ist die mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten mit ( $b = 1$ ) über die Zeit (Ticks) unter einer Halbwertszeit von  $\theta = .978$  ( $t_8$ ) und  $\tau = .5$  abgebildet. Untere Panels: Entsprechende (exogene) Darstellung des Anpassungsprozesses als Tanh-Funktion. Fehlende Panels verweisen auf nicht besetzte Kategorien. Die Abbildungen basieren auf insgesamt 180 Simulationsläufen (vgl. Tabelle 19).

male hingegen weniger deutlich. Weder sind Simulationsläufe mit dem Koordinationsergebnis  $b = 1$  (kons1) durch den Wechsel von Phasen mit deutlichen Anpassungssprüngen und Stagnation gekennzeichnet, noch findet eine beginnende Anpassung für das Resultat kons1 tendenziell später statt als für die anderen Koordinationsresultate.

Zusammenfassend ergeben sich für die Konformitätsstrategie beider Agententypen folgende Beobachtungen: Erwartungsgemäß findet eine Initiierung von  $b = 1$  unter kurzer Halbwertszeit früher statt als unter einer langen Halbwertszeit, wobei Anpassungsverläufe, die durch Anpassungssprünge gekennzeichnet sind, dazu neigen mit einer späteren Initiierung einherzugehen (vgl. die kons1 Fälle unter  $\tau = .5$  und die tend1 Fälle für  $d = .25$  und  $d = .5$  unter  $\tau = .1$ ).

Im Hinblick auf den Einfluss der Parameter  $\delta$  und  $\gamma$  ist kein systematischer Einfluss auf den Zeitpunkt beginnender Anpassungsprozesse zu erkennen: Weder eine hohe Ausprägung des Strebsamkeitsparameters  $\gamma$  noch eine hohe Ausprägung organisationaler Trägheit ( $1 - \delta$ ) zeigen stets eine tendenziell frühere Initiierung von  $b = 1$  an. Allerdings erzeugt eine hohe Strebsamkeit ( $\gamma = 1$ ) unter einer langen Halbwertszeit insbesondere

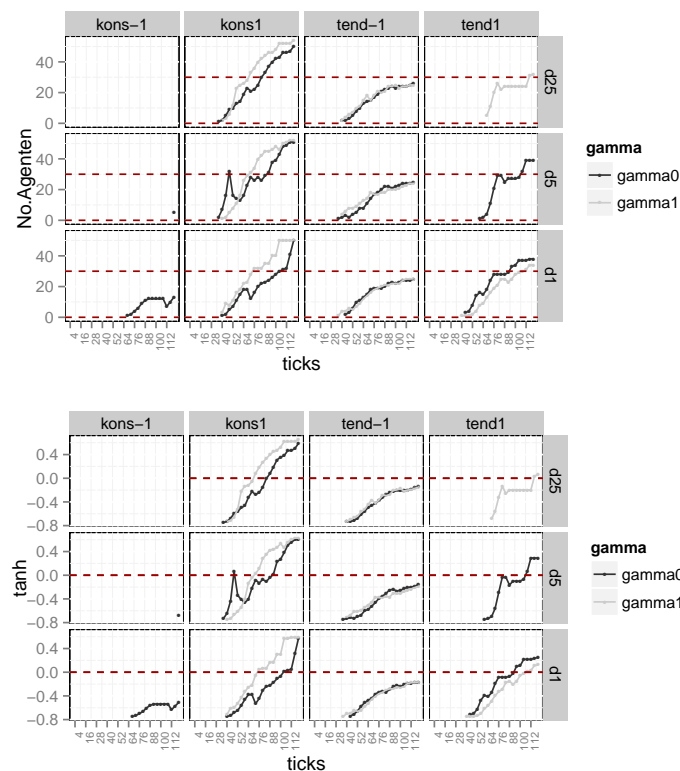


Abbildung 16: Konformitätsheuristik der KT- und RT-Agenten unter  $\tau = .1$  und  $\theta = .956$ . Obere Panels: Endogene Darstellung des Anpassungsprozesses für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  nach Koordinationsergebnis (kons-1, kons1, tend-1, tend1) und  $\delta$  für unterschiedliche Ausprägungen von  $\gamma$ . Auf der y-Achse ist die mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten mit ( $b = 1$ ) über die Zeit (Ticks) unter einer Halbwertszeit von  $\theta = .956$  ( $t_4$ ) und  $\tau = .1$  abgebildet. Untere Panels: Entsprechende (exogene) Darstellung des Anpassungsprozesses als Tanh-Funktion. Die Abbildungen basieren auf insgesamt 180 Simulationsläufen (vgl. Tabelle 19).

dann einen früheren ersten Anpassungszeitpunkt, wenn keine oder ausgeprägte Trägheit auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde herrscht ( $\delta = 1$  bzw.  $\delta = .25$ ) (vgl. Abbildung 15 und 17). Demgemäß kann ein hoher Strebsamkeitsparameter, nach dem der beste zuletzt erreichte Performanzwert das Anspruchsniveau der Agenten bestimmt, erst dann einen Einfluss auf *erste* Handlungsanpassungen erreichen, wenn diese nicht zuvor durch eine kurze Halbwertszeit ausgelöst wurden und die organisationale Trägheit keine ausreichende Variabilität in den Rangpositionierungen bietet.

Von zentraler Bedeutung der Entscheidungsheuristik Konformität ist der Verlauf derselbigen, d.h. insbesondere die Frage, unter welchen Bedingungen die Handlungsmuster der Agenten für eine Bewegung des Konformitätswertes Richtung Konsens des neuen wissenschaftlichen Ansatzes  $b = 1$  sorgen oder im Bereich des Dissens verharren. In den Abbildungen 18, 19, 20 und 21 ist, ausgehend von einem Konsens zu  $b = -1$  ( $conf = 1$ ), der Verlauf des betragsmäßigen Konformitätswertes über die Zeit für einzelne Simulationsläufe in den jeweiligen Koordinationsresultaten abgebildet.

In Abbildung 19 ist zu erkennen, dass unter  $\tau = .1$  im Falle einer Konsensbildung auf

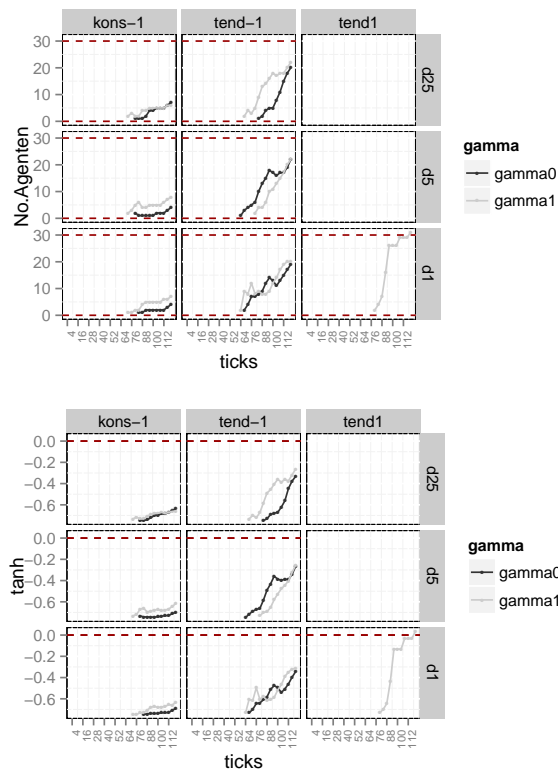


Abbildung 17: Konformitätsheuristik der KT- und RT-Agenten unter  $\tau = .1$  und  $\theta = .978$ . Obere Panels: Endogene Darstellung des Anpassungsprozesses für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  nach Koordinationsergebnis (kons-1, kons1, tend-1, tend1) und  $\delta$  für unterschiedliche Ausprägungen von  $\gamma$ . Auf der y-Achse ist die mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten mit ( $b = 1$ ) über die Zeit (Ticks) unter einer Halbwertszeit von  $\theta = .978$  ( $t_8$ ) und  $\tau = .1$  abgebildet. Untere Panels: Entsprechende (exogene) Darstellung des Anpassungsprozesses als Tanh-Funktion. Leere Panels verweisen auf nicht besetzte Kategorien. Die Abbildungen basieren auf insgesamt 180 Simulationsläufen (vgl. Tabelle 19).

$b = 1$  unterschiedliche Muster existieren. Während in einigen Simulationsläufen der Konformitätswert nach Absinken auf einen Wert von null (Dissens) unmittelbar wieder rapide ansteigt<sup>171</sup>, weist der Verlauf in anderen Simulationsläufen ein eher badewannenartiges Muster auf; hier verharrt die wissenschaftliche Gemeinde für einige Zeit im Dissens, bis sich ein Umschwung auf den neuen wissenschaftlichen Ansatz einstellt.<sup>172</sup> Hierbei ist auffällig, dass alle Simulationsläufe, die unter  $(1 - \delta) = 0$ , d.h. ohne organisationale Trägheit, ausgeführt wurden, einen badewannenartigen Verlauf des Konformitätswertes aufweisen, wohingegen alle Simulationsläufe mit raschem Absinken und Ansteigen des Konformitätswertes immer organisationale Trägheit aufweisen ( $\delta = .25, .5$ ). Darüber hinaus ist in den Simulationsläufen mit zögerlichem Anpassungsverhalten auch vergleichsweise häufig eine geringe Ausprägung des Strebsamkeitsfaktors  $\gamma$  festzustellen: 14 Simulationsläufe weisen einen Wert von  $\gamma = 0$  auf, 7 Simulationsläufe einen Wert von  $\gamma = 1$ . Im Gegensatz dazu haben nur zwei Simulationsläufe mit raschem Absinken und Ansteigen des Konfor-

<sup>171</sup> Simulationslauf 37, 46, 184, 188, 207, 218, 220, 221, 222, 231, 233, 234 und 240

<sup>172</sup> Simulationslauf 1, 7, 13, 14, 24, 27, 31, 35, 38, 54, 55, 58, 66, 71, 203, 226, 232, 258, 260, 264 und 267

mitätswertes ein  $\gamma = 0$ , während 11 einen Wert von  $\gamma = 1$  aufweisen. Simulationsläufe, in denen es *vor* Erreichen einer Gleichverteilung der wissenschaftlichen Überzeugungen, d.h. einem ausgeprägten Dissens, bereits zu einer Koordination auf den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  kommt (Simulationsläufe 4, 32, 210 und 212), finden ebenfalls stets unter Vorliegen organisationaler Trägheit statt. Während unter  $\tau = .1$  eine rasche Konsensbildung auf  $b = 1$  insbesondere bei Vorliegen organisationaler Trägheit und einem hohen Anspruchsniveau zustande kommt, ist dieser Zusammenhang für eine hohe Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool nicht feststellbar: Die Konsensfälle entsprechend Abbildung 18 sind zwar auch in den Simulationsläufen 82, 187, 230 und 239 von einem vergleichsweise raschen Absinken und Ansteigen der Konformität gekennzeichnet, weisen aber im Vergleich zu den zögerlichen Anpassungsprozessen keine systematischen Unterschiede im Hinblick auf  $\delta$  oder  $\gamma$  auf. Der Umstand, dass die Koordinationsresultate unter  $\tau = .1$  eindeutiger als unter  $\tau = .5$  sind, d.h. die Konformitätswerte am Ende der Laufzeit in der Regel deutlich über der definierten Konsensgrenze mit  $conf > .5$  liegen (vgl. Abschnitt 12.6.1), spiegelt die höhere Anzahl anpassungsbereiter Agenten im Vergleich zu meinungsbeharrenden Experimentatoren mit  $b = -1$  wider.

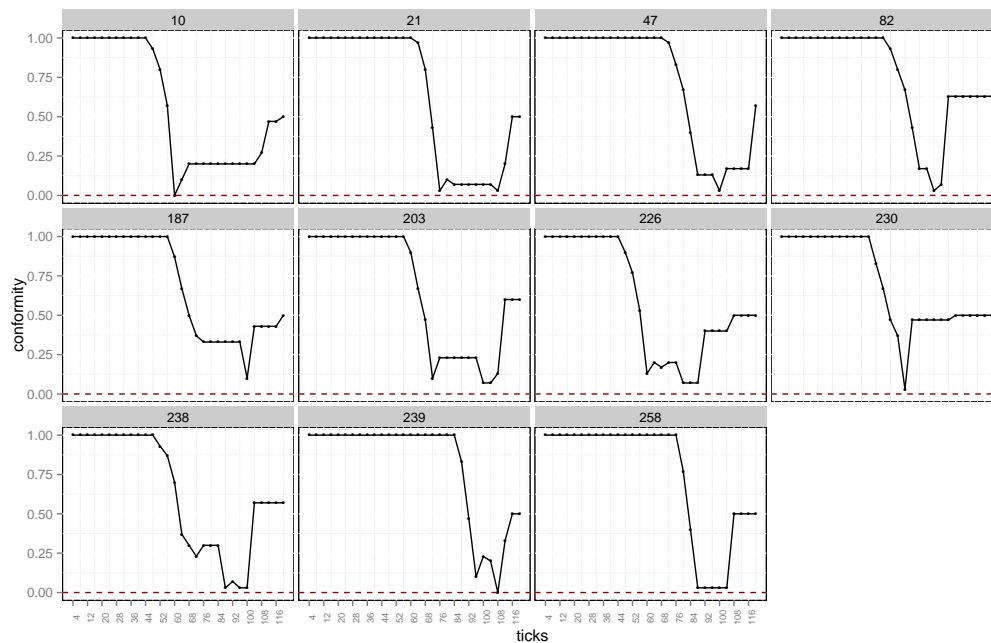


Abbildung 18: Betragsmäßige Konformität über die Zeit bei Koordination auf  $b = 1$  ( $\theta = .956$ ,  $\tau = .5$ ). Je Panel ist ein Simulationslauf mit Koordinationsergebnis  $b = 1$  dargestellt.

### 14.1.2 Die Rolle der Experimentatoren und Innovatoren

Wie aus Tabelle 20 zu erkennen, sind die Simulationsläufe mit einer geringen Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool ( $\tau = .1$ ) durch einen durchweg geringen Anteil an

Tabelle 20: Simulationsläufe nach Koordinationsresultat in Abhängigkeit des Anteils an Experimentatoren und Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool in der Konformitätsheuristik (t=120)

Anzahl der Simulationsläufe									
Anteil Exp.	kons-1		kons1		tend-1		tend1		Summe
	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	
≤ 9%	51	112	0	2	0	38	0	1	204
10 – 19%	26	19	0	37	8	136	0	14	240
20 – 29%	22	0	0	0	22	1	0	0	45
30 – 39%	19	0	2	0	45	0	0	0	66
40 – 49%	8	0	4	0	50	0	6	0	68
50 – 59%	4	0	5	0	62	0	8	0	79
≥ 60%	1	0	0	0	17	0	0	0	18
Summe	131	131	11	39	204	175	14	15	720

Tabelle 21: Simulationsläufe nach Koordinationsresultat in Abhängigkeit des Anteils an Innovatoren und der Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool in der Konformitätsheuristik (t=120)

Anzahl der Simulationsläufe									
Anteil Innov.	kons-1		kons1		tend-1		tend1		Summe
	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	
≤ 5%	89	105	0	0	15	15	0	0	224
5 – 9%	34	21	0	0	50	28	0	0	133
10 – 14%	8	5	0	1	49	61	0	0	124
15 – 19%	0	0	2	9	63	53	3	5	135
20 – 24%	0	0	5	17	21	18	8	8	77
25 – 29%	0	0	3	12	6	0	3	2	26
≥ 30%	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Summe	131	131	11	39	204	175	14	15	720

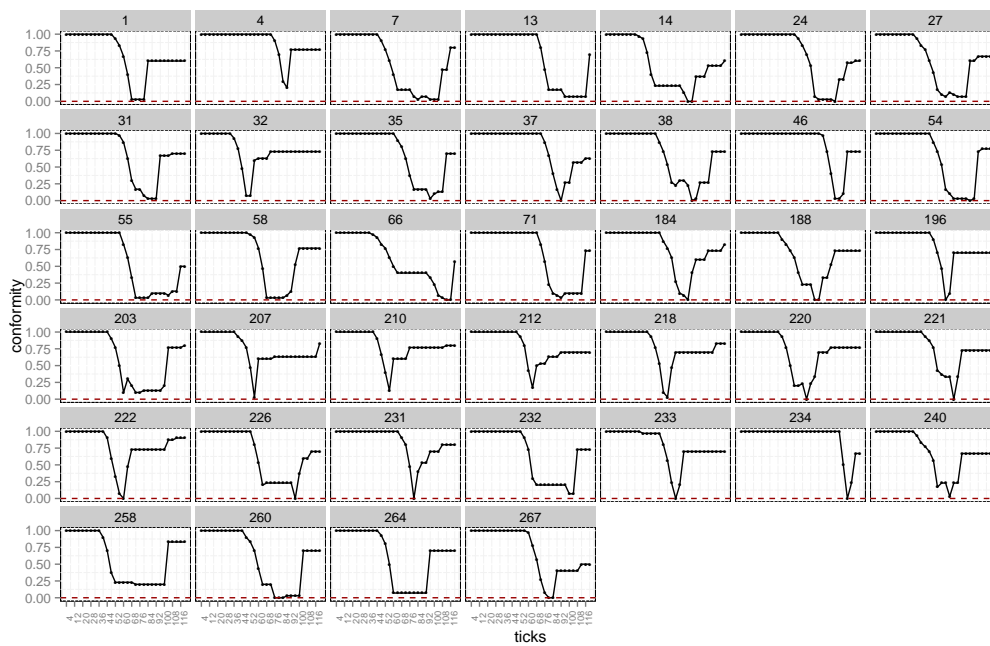


Abbildung 19: Betragmäßige Konformität über die Zeit bei Koordination auf  $b = 1$  ( $\theta = .956, \tau = .1$ ). Je Panel ist ein Simulationslauf mit Koordinationsergebnis  $b = 1$  dargestellt.

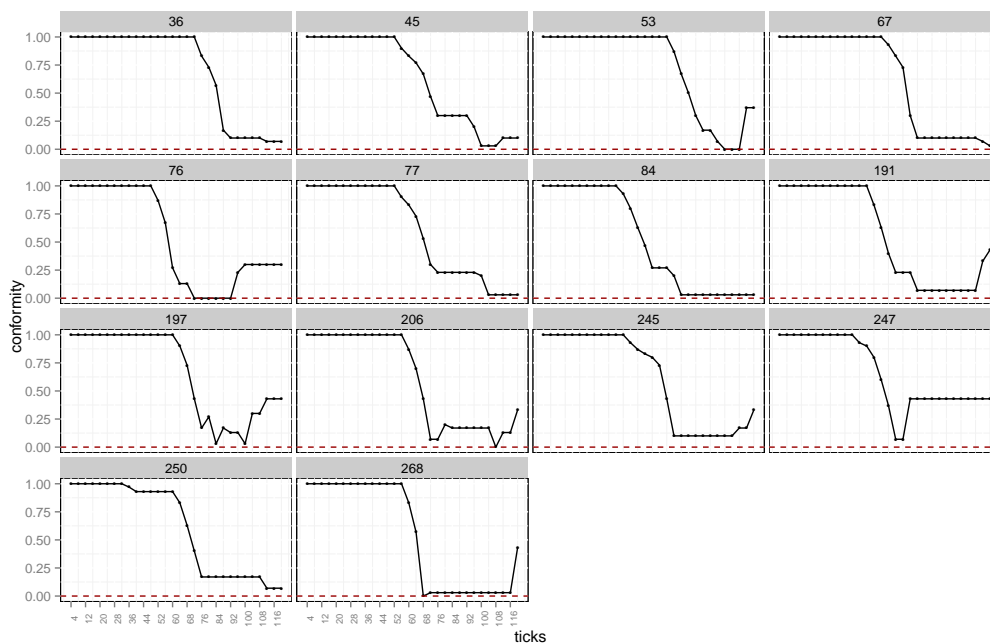


Abbildung 20: Betragmäßige Konformität über die Zeit bei Dissens mit Tendenz zu  $b = 1$  ( $\theta = .956, \tau = .5$ ). Je Panel ist ein Simulationslauf mit tendenzieller Koordination auf  $b = 1$  (tend1) dargestellt.

Experimentatoren gekennzeichnet. Hier hat sich aus der Betrachtung der Konformitätswerte gezeigt, dass das Durchsetzungs-niveau bei Koordination auf  $b = 1$  unter  $\tau = .1$  tatsächlich höher ausgestaltet ist als unter  $\tau = .5$ ; d.h. hier führt eine höhere Anzahl an Nicht-Experimentatoren bzw. anpassungsbereiter Agenten zu eindeutigen Koordinations-

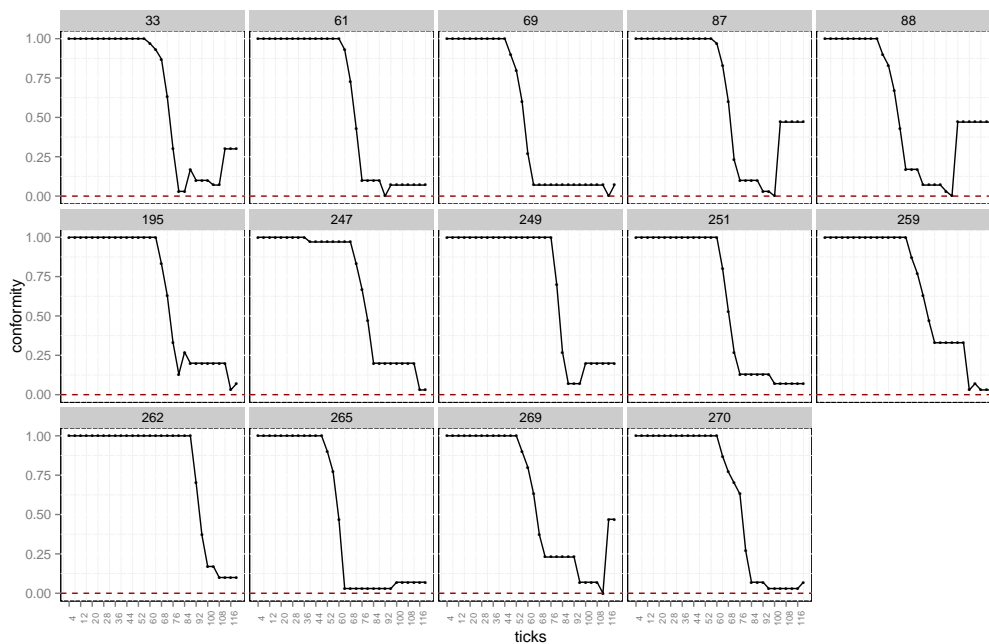


Abbildung 21: Betragsmäßige Konformität über die Zeit bei Dissens mit Tendenz zu  $b = 1$  ( $\theta = .956$ ,  $\tau = .1$ ). Je Panel ist ein Simulationslauf mit tendenzieller Koordination auf  $b = 1$  (tend1) dargestellt.

ergebnissen. Bei einer hohen Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool ( $\tau = .5$ ) hingegen sind die Ergebnisse Dissens mit Beharrungstendenz auf  $b = -1$  (tend-1), Dissens mit Tendenz auf  $b = 1$  (tend1) und Konsens auf  $b = 1$  (kons1) durch einen relativ hohen Anteil an Experimentatoren ( $\geq 40\%$ ) gekennzeichnet.<sup>173</sup> Im Hinblick auf die Innovatoren unter  $\tau = .1$  und  $\tau = .5$  zeichnet sich eine vergleichbare Tendenz ab; eine (tendenzielle) Koordination auf  $b = 1$  (tend1, kons1) ist bedingt durch einen vergleichsweise hohen Anteil an Innovatoren von  $> 15\%$  (vgl. Tabelle 21).

Wenn es zum einen bei einem unterschiedlich hohen Anteil an Experimentatoren (unter  $\tau = .1$  vs.  $\tau = .5$ ) dennoch in beiden Fällen zu Koordinationsresultaten auf  $b = 1$  kommt und es zum anderen bei einem vergleichbar hohen Anteil an Experimentatoren *innerhalb* der jeweiligen Faktorausprägungen  $\tau = .1$  oder  $\tau = .5$  zur Herausbildung unterschiedlicher Koordinationsresultate kommt (vgl. Tabelle 20), ist die Frage zu klären, ob und welchen Einfluss die Anzahl der Experimentatoren auf die Herausbildung der Koordinationsresultate hat.

Für die Simulationsläufe unter  $\tau = .1$  wird zunächst untersucht, ob sich die Anzahl der Experimentatoren mit unterschiedlichen wissenschaftlichen Überzeugungen im Hinblick

<sup>173</sup>Das Resultat kons-1, also die Beharrung der wissenschaftlichen Gemeinde in  $b = -1$ , ist erwartungsgemäß durch einen geringen Anteil an Experimentatoren gekennzeichnet. Dieser Umstand ergibt sich aus dem Modell: Experimentelle Evidenz wird erst ab dem Zeitpunkt der Initiierung von  $b = 1$  erzeugt. Kommt eine solche Initiierung nur zögerlich zustande, verharret der Anteil der Experimentatoren ebenfalls auf einem geringen Niveau.



Tabelle 22: Mittelwertschätzer der Koordinationsresultat-Kontraste auf die mittlere Anzahl der Experimentatoren unter  $\tau = .1$  ( $t=120$ ) in der Konformitätsheuristik

Kontraste	Mittelwertschätzer	Standardfehler	z-Wert	Pr(> z )
(1) tend-1 - kons1	-0.065	0.031	-2.095	0.109
(2) tend1 - kons1	-0.029	0.050	-0.579	0.563
(3) tend1 - tend-1	0.036	0.046	0.773	0.563

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Die Schätzung basiert auf einem verallgemeinerten linearen Modell (Poisson) mit Korrektur um Varianzheterogenität und Anwendung der Benjamini-Hochberg Korrektur ('fdr') für multiple Vergleiche.

auf die möglichen Koordinationsresultate (kons-1, tend-1, tend1, kons1) am Ende der Laufzeit ( $t=120$ ) signifikant unterscheidet.<sup>174</sup>

In der Gruppe aller Experimentatoren, sowohl für die Vertreter des wissenschaftlichen Ansatzes  $b = -1$  als auch für diejenigen des Ansatzes  $b = 1$ , zeigt sich in einem auf Mittelwertunterschiede unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Klassengrößen (vgl. Tabelle 20) und Verwendung robuster Standardfehler zur Parameterschätzung, dass sich die mittlere Anzahl der Experimentatoren am Ende der Laufzeit (Tick=120) im Hinblick auf die Ergebniskategorien (tend-1, tend1 und kons1) nicht signifikant unterscheidet (vgl. Tabelle 22).

Das Ergebnis ändert sich, wenn der Mittelwertvergleich nur für die Gruppe der Experimentatoren mit dem wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  durchgeführt wird. In diesem Fall weist die Ergebniskategorie kons1 zum Ende der Laufzeit (Tick=120) eine signifikant höhere mittlere Anzahl an Experimentatoren und Innovatoren als in der Ergebniskategorie tend-1 auf (vgl. Tabelle 23 und Tabelle 24). Der Kontrast zwischen kons1 und tend1 hingegen ist nicht signifikant, d.h. der unterschiedliche Durchsetzungsgrad zwischen tend1 und kons1 kann nicht auf eine höhere Anzahl an Innovatoren oder Experimentatoren mit  $b = 1$  zurückgeführt werden.

Für eine hohe Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool zeigt sich das gleiche Bild: Während keiner der Kontraste der Koordinationsergebnisse kons-1, tend-1, tend1 und kons1 signifikant bei Vergleich der Anzahl der Experimentatoren mit wissenschaftlichem Ansatz  $b = 1$  und  $b = -1$  ist, zeigt sich unter Beschränkung auf die Experimentatoren mit  $b = 1$ , dass die Anzahl derselben unter kons1 signifikant höher ist als unter den Resultaten tend-1 und kons-1 (vgl. Tabelle 25). Der Kontrast zwischen kons1 und tend1 ist –wie auch

<sup>174</sup>Da unter  $\theta = .978$  nur die Koordinationsergebnisse kons-1 und tend-1 erzeugt werden, wurde der Vergleich zur Anzahl der Experimentatoren auf  $\theta = .956$  beschränkt. Die im Untersuchungsverlauf vorgenommene Beschränkung auf Experimentatoren (mit wissenschaftlichem Ansatz  $b = 1$ ) als Untersuchungssubjekte und die geringe Fallzahl des Koordinationsresultats kons-1 machen es des Weiteren erforderlich, die Auswertung auf die Koordinationsresultate tend-1, tend1 und kons1 zu beschränken.

Tabelle 23: Mittelwertschätzer der Koordinationsresultat-Kontraste auf die mittlere Anzahl der Experimentatoren mit  $b = 1$  unter  $\tau = .1$  ( $t=120$ ) in der Konformitätsheuristik

Kontraste	Mittelwertschätzer	Standardfehler	z-Wert	Pr(> z )
(1) tend-1 - kons1	-0.356	0.076	-4.675	$8.82e - 06$ ***
(2) tend1 - kons1	-0.045	0.145	-0.313	0.755
(3) tend1 - tend-1	0.311	0.140	2.215	0.040 *

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Die Schätzung basiert auf einem verallgemeinerten linearen Modell (Poisson) mit Korrektur um Varianzheterogenität und Anwendung der Benjamini-Hochberg Korrektur ('fdr') für multiple Vergleiche.

Tabelle 24: Mittelwertschätzer der Koordinationsresultat-Kontraste auf die mittlere Anzahl der Innovatoren unter  $\tau = .1$  ( $t=120$ ) in der Konformitätsheuristik

Kontraste	Mittelwertschätzer	Standardfehler	z-Wert	Pr(> z )
(1) tend-1 - kons1	-0.239	0.043	-5.548	$8.65e - 086$ ***
(2) tend1 - kons1	-0.114	0.069	-1.640	0.1010
(3) tend1 - tend-1	0.125	0.067	1.882	0.0898 .

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Die Schätzung basiert auf einem verallgemeinerten linearen Modell (Poisson) mit Korrektur um Varianzheterogenität und Anwendung der Benjamini-Hochberg Korrektur ('fdr') für multiple Vergleiche.

unter  $\tau = .1$  – wieder nicht signifikant. Die Anzahl an Innovatoren am Laufzeitende unter  $\delta = .956$  und  $\tau = .5$  ist für den Kontrast kons1 und tend1 ebenfalls nicht signifikant (vgl. Tabelle 26).

Insgesamt zeigt sich sowohl unter  $\tau = .1$  als auch unter  $\tau = .5$ , dass eine hohe Anzahl an Innovatoren und Experimentatoren mit wissenschaftlichem Ansatz  $b = 1$  in einem signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten des Koordinationsergebnisses kons1 steht. Nicht hingegen ist die Anzahl der Innovatoren und Experimentatoren mit  $b = 1$  geeignet, das Koordinationsergebnis kons1 von dem Dissensresultat mit Tendenz zu  $b = 1$  (tend1) zu differenzieren. Da die Anzahl der Experimentatoren und Innovatoren nicht erklären kann, wie es von einem Dissens mit Tendenz zu  $b = 1$  zu einem Konsens auf  $b = 1$  kommt, wird in einem nächsten Schritt das Anpassungsverhalten der KT- und RT-Agenten für die beiden Koordinationsresultate (kons1 und tend1) betrachtet.

### 14.1.3 Anpassungsverhalten der KT- und RT-Agenten

Mit Blick auf die adaptierenden KT-Agenten zeigt sich aus der grafischen Darstellung in Abbildung 22 und 23, dass weder für  $\tau = .1$  noch für  $\tau = .5$  ein Unterschied zwischen den Resultaten kons1 und tend1 ausgemacht werden kann. Während unter  $\tau = .1$  für

Tabelle 25: Mittelwertschätzer der Koordinationsresultat-Kontraste auf die mittlere Anzahl der Experimentatoren mit  $b = 1$  unter  $\tau = .5$  ( $t=120$ ) in der Konformitätsheuristik

Kontraste	Mittelwertschätzer	Standardfehler	z-Wert	$\Pr(> z )$	
(1) kons1 - kons-1	1.22551	0.14322	8.557	$< 2e - 16$	***
(2) tend-1 - kons-1	0.73581	0.13119	5.609	$2.44e - 08$	***
(3) tend1 - kons-1	1.11998	0.12948	8.650	$< 2e - 16$	***
(4) tend-1 - kons1	-0.48971	0.07398	-6.619	$5.42e - 11$	***
(5) tend1 - kons1	-0.10554	0.07091	-1.488	0.137	
(6) tend1 - tend-1	0.38417	0.04155	9.245	$2e - 16$	***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Die Schätzung basiert auf einem verallgemeinerten linearen Modell (Poisson) mit Korrektur um Varianzheterogenität und Anwendung der Benjamini-Hochberg Korrektur ('fdr') für multiple Vergleiche.

Tabelle 26: Mittelwertschätzer der Koordinationsresultat-Kontraste auf die mittlere Anzahl der Innovatoren unter  $\tau = .5$  ( $t=120$ ) in der Konformitätsheuristik

Kontraste	Mittelwertschätzer	Standardfehler	z-Wert	$\Pr(> z )$	
(1) kons1 - kons-1	0.886	0.097	9.130	$< 2e - 16$	***
(2) tend-1 - kons-1	0.769	0.076	10.198	$< 2e - 16$	***
(3) tend1 - kons-1	0.971	0.084	11.597	$< 2e - 16$	***
(4) tend-1 - kons1	-0.116	0.071	-1.635	0.012250	
(5) tend1 - kons1	0.086	0.080	1.076	0.281809	
(6) tend1 - tend-1	0.202	0.052	3.919	0.000133	***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Die Schätzung basiert auf einem verallgemeinerten linearen Modell (Poisson) mit Korrektur um Varianzheterogenität und Anwendung der Benjamini-Hochberg Korrektur ('fdr') für multiple Vergleiche.

beide Resultate im Mittel ein steter Anstieg der adaptierenden KT-Agenten nahezu bis zu Erreichen von  $N^{KT}$  festzustellen ist (vgl. die Kurve ‘adopt ini’ der KT-Agenten in Abbildung 22), zeigt sich für  $\tau = .5$ , dass die Kurve der adaptierenden KT-Agenten zunächst steigt, dann aber auf einem niedrigeren Niveau verharrt, mit leicht rückläufiger Tendenz (vgl. ab Tick 104 in Abbildung 23). Hier sorgt die höhere Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool dafür, dass einige der KT-Agenten zu Experimentatoren werden, so dass die durchschnittliche Anzahl der adaptierenden KT-Agenten mit wachsendem Experimentatorenpool abnimmt. Da die Konformitätsheuristik gekennzeichnet ist durch eine deterministische Anpassung der adaptierenden KT-Agenten an die Innovatoren (mit  $b = 1$ ), hat die Veränderung der Typdefinition vom adaptierenden Agenten zum Experimentator hier keine Auswirkung auf das gesamte Koordinationsergebnis, da die KT-Agenten unabhängig von ihrer Typdefinition nach erster Entscheidungsanpassung in dieser Heuristik in jedem Fall bei  $b = 1$  bleiben.

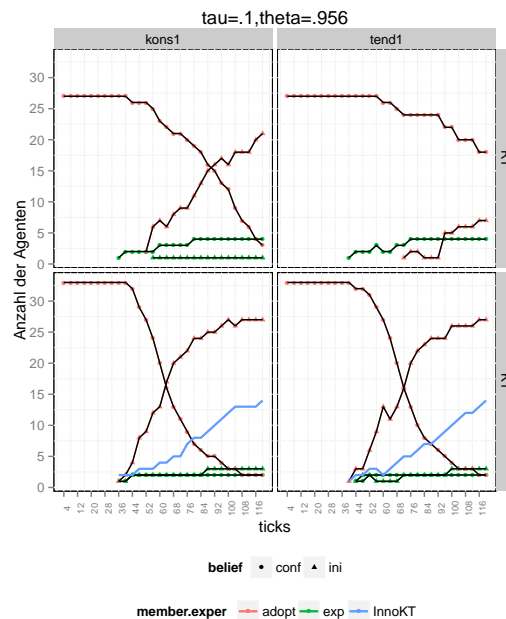


Abbildung 22: Konformitätsheuristik: Mittlere Anzahl der Agenten (bei  $\theta = .956$  und  $\tau = .1$ ) mit jeweiligem wissenschaftlichen Ansatz (conf ( $b = -1$ ), ini ( $b = 1$ )) und Status (Experimentator oder Adopter) über die Zeit nach Agententyp (KT, RT) und Resultat des Koordinationsergebnisses (kons1, tend1). Zusätzlich eingezeichnet ist die Anzahl der Innovatoren vom Typ KT (InnoKT).

Wenn weder die Anzahl der Experimentatoren noch die Zahl der adaptierenden KT-Agenten geeignet ist, die Koordinationsresultate tend1 von kons1 zu differenzieren, können unterschiedliche Ausprägungen demnach nur durch Entscheidungsanpassungen adaptierender RT-Agenten verursacht werden. Tatsächlich zeigt sich sowohl in Abb. 22 als auch in Abb. 23, dass sich der Anpassungsprozess der RT-Agenten zwischen den Resultaten tend1 und kons1 unterscheidet.

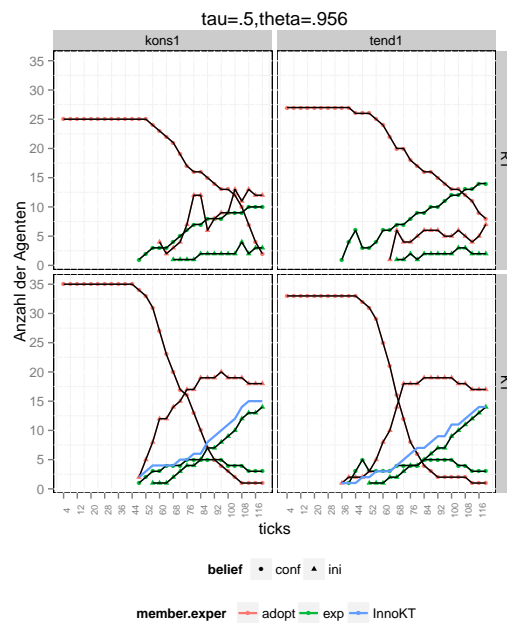


Abbildung 23: Konformitätsheuristik: Mittlere Anzahl der Agenten (bei  $\theta = .956$  und  $\tau = .5$ ) mit jeweiligem wissenschaftlichen Ansatz (conf ( $b = -1$ ), ini ( $b = 1$ )) und Status (Experimentator oder Adopter) über die Zeit nach Agententyp (KT, RT) und Resultat des Koordinationsergebnisses (kons1, tend1). Zusätzlich eingezeichnet ist die Anzahl der Innovatoren vom Typ KT (InnoKT).

Aus Abb. 22 wird deutlich, dass sich unter den RT-Agenten der Wechsel von  $b = -1$  zu  $b = 1$  für das Resultat kons1 deutlich schneller und frühzeitiger vollzieht als unter tend1; unter kons1 nehmen die ersten adaptierenden RT-Agenten im Mittel in Messzeitpunkt 52 den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  an, während dieser Zeitpunkt unter tend1 im Mittel auf den Messzeitpunkt 72 fällt.

Eine mögliche Erklärung, warum eine umgehende Anpassung der RT-Agenten unter  $\tau = .1$  mit dem Resultat tend1 ausbleibt, kann mit Blick auf die organisationale Trägheit ( $1 - \delta$ ) gefunden werden. Wie Tabelle 19 zu entnehmen, unterliegen zwölf von vierzehn Simulationsläufen unter  $\theta = .956$  und tend1 keiner Trägheit ( $\delta = 1$ ) in der Zuweisung von Reputation durch die Publikationsaktivität der Agenten. Unter Abwesenheit dieser Trägheit sehen die Nicht-Experimentatoren hier eine deutlich geringere Veranlassung, ihren wissenschaftlichen Ansatz zu ändern. Anders herum zeigt die Anzahl der Simulationsläufe unter den verschiedenen Ausprägungen von  $\delta$  für kons1, dass Fälle mit  $\delta = 1$  unterdurchschnittlich häufig vertreten sind. Dies spiegelt sich auch im Verlauf der jeweiligen Konformitätskurven wider (Abb. 19 und 21): Keiner der Simulationsläufe unter  $\delta = 1$ , weder in tend1 oder kons1 resultierend, weist einen rasch abfallenden *und* rasch ansteigenden Konformitätswert auf, d.h. einen Prozess mit ausgeprägten Anpassungssprüngen wie z.B. Simulationslauf 233 in Abb. 19. Vielmehr sind Fälle ohne Wirkung von organisationaler Trägheit durch die beschriebenen eher badewannenartigen Funktionsverläufe gekennzeich-

net, in denen sich wiederum spiegelt, dass die Möglichkeit zu Entscheidungsanpassungen nicht (umfänglich und umgehend) durch die anpassungsbereite Agenten vom Typ RT genutzt wird. Dass dies tatsächlich der Fall ist, wird mit Blick auf deren Zielerreichungsdiskrepanzen deutlich, die für die genannten Simulationsläufe mit  $\delta = 1$  deutlich weniger negativ ausgeprägt sind (vgl. insbesondere Abb. 46 und 47 im Anhang). Damit bestätigt sich, dass die Nicht-Experimentatoren vom Typ RT aus ihrer individuellen, zufriedenstellenden Zielerreichung keine Veranlassung für einen Wechsel auf den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  haben.

Anders als für  $\tau = .1$  ist unter  $\tau = .5$  (vgl. Abb. 23) kein eindeutiger Unterschied im Anpassungsverhalten der Nicht-Experimentatoren vom Typ RT zu erkennen. Auffällig hier hingegen ist, dass die mittlere Anzahl dieser Agentengruppe bei *tend1* immer unter der Anzahl der RT-Experimentatoren liegt, wohingegen dies bei Koordination auf  $b = 1$  (*kons1*) nicht der Fall ist. Hier führt eine vergleichsweise frühe Initiierung eines neuen wissenschaftlichen Ansatzes (durchschnittlich Tick 36 unter *tend1* versus Tick 48 unter *kons1*), d.h. gleichzeitig ein früher Aufbau des Experimentatorenpools dazu, dass der Pool an RT-Agenten, die prinzipiell ihre Entscheidung hin zu  $b = 1$  revidieren können, kleiner ist.

Der spätere Aufbau des Experimentatorenpools unter *kons1*-Fällen resultiert in einem Funktionsverlauf der adaptierenden RT-Agenten, der in seiner grundsätzlichen Aufwärtsbewegung von Abwärtsbewegungen unterbrochen wird. Hierin bildet sich ab, dass die Anzahl der adaptierenden Agenten dann abnehmen kann, wenn anpassungsbereite RT-Agenten aufgrund der hohen Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool zu Experimentatoren (mit  $b = -1$ ) werden (vgl. Abb. 23).

Neben der Beeinflussung durch den Experimentatorenpool ist das Verhalten der adaptierenden RT-Agenten auch durch Unsicherheit geprägt, was insbesondere in den Abbildungen des Anhangs (Abb. 42 bis 45) zu erkennen ist. Hier zeigt sich, dass es auch schon in frühen Phasen Agenten Typ RT gibt, die den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  vertreten, obgleich dieser noch nicht von der Mehrheit vertreten wird.<sup>175</sup> Einige RT-Agenten haben –entgegen ihrer Entscheidungsregel– den Ansatz  $b = 1$  angenommen, der noch mit einem Konformitätswert  $conf_{i,t} < 0$  versehen ist. Dieses vermeintliche Fehlverhalten kann interpretiert werden als die Abbildung der Unsicherheit in Phasen wissenschaftlicher Veränderungen, in denen die Erwartung der Agenten, welcher Ansatz der in der nächsten Periode von der Mehrheit favorisierte Ansatz sein wird, in der nächsten Entscheidungsperiode längst wieder obsolet sein kann.

Die Unsicherheit der Agenten ist technisch im zeitlichen Ablauf der Simulationsprozedur in der Abfrage des Entscheidungsverhaltens der Agenten hinterlegt. Alle Agenten,

<sup>175</sup>In dem definierten Simulationsszenario ist die Mehrheit bei 50% von 60 Agenten erreicht.

die nicht zur Gruppe der Experimentatoren oder Innovatoren gehören und die ihr Anspruchsniveau nicht erreichen, sind grundsätzlich bereit, ihre Entscheidung anzupassen. Agenten vom Typ RT nehmen den wissenschaftlichen Ansatz eines zufällig ausgewählten Agenten  $x$  an, der einen Konformitätswert größer null „besitzt“; dies kann entweder ein RT-Agent oder ein KT-Agent mit  $b = -1$  sein, denn für diese gilt initial  $conf_{i,t} \geq 0$ . Orientiert sich ein anpassender RT-Agent an einem solchen KT-Agenten  $x$ , kann folgender Fall innerhalb des Simulationslaufs eintreten: Der KT-Agent  $x$  passt seinerseits seine eigene Entscheidung an, wobei er sich als KT-Agent an Initiatoren eines neuen wissenschaftlichen Ansatzes (in diesem Fall  $b = 1$ ) orientiert, und diese Entscheidung nicht zwangsläufig in einem Konformitätswert größer null resultieren muss. Da auf den imitierenden RT-Agenten nun der wissenschaftliche Ansatz des Agenten  $x$  „kopiert“ wird, der Konformitätswert aber erst aktualisiert wird, wenn alle Agenten ihre Entscheidung getroffen haben, kann für einen RT-Agenten nach der Entscheidungsanpassung für  $b = 1$  bei vormals  $conf_{i,t} \geq 0$  ein Konformitätswert  $conf_{i,t} < 0$  resultieren. Wird dem RT-Agenten diese Fehlentscheidung offenbar, resultieren für ihn folgende Möglichkeiten: Erstens kann ein RT-Agent seine Entscheidung in der Folgeperiode revidieren, d.h. von  $b = 1$  zurück auf  $b = -1$  wechseln, zweitens bleibt er bei  $b = 1$ , falls er sein Anspruchsniveau in der Folgeperiode erfüllt sieht und/oder die Anpassungsentscheidungen aller anderen Agenten in der Folgeperiode zu einem  $conf_{i,t} \geq 0$  führen oder drittens gehört er ab der nächsten Periode zur Gruppe der Experimentatoren, so dass weitere Anpassungen auch bei Vorliegen eines negativen Konformitätswertes ausgeschlossen sind. Gerade durch die in diesem Anpassungsprozess inhärente Unsicherheit können kritische Momente ausgelöst werden, wenn sich durch einen solchen RT-Agenten in der Folgeperiode die Mehrheitsverhältnisse ändern und damit andere RT-Agenten zum Wechsel auf einen neuen wissenschaftlichen Ansatz angeleitet werden. Die soziale Beeinflussung durch die ausschließliche Orientierung der adoptierenden RT-Agenten an dem Konformitätsparameter kann damit selbstverstärkende Effekte auslösen und damit zu einer Konsensbildung auf einen neuen wissenschaftlichen Ansatz führen.

## 14.2 Explorative Analyse der Salienzheuristik

### 14.2.1 Muster unterschiedlicher Koordinationsresultate

Gemäß der in Abschnitt 12.5.3 im Detail beschriebenen Entscheidungsheuristik findet eine Ablösung von dem initial vorherrschenden wissenschaftlichen Ansatz  $b_{i,t=0} = -1 \forall i \in N$  nur dann statt, wenn hinreichend viele anpassungsbereite Agenten in ihrer nächsten Umgebung, anhand derer sie sich orientieren, einen Agenten vorfinden, der bereits den wis-

wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  vertritt.<sup>176</sup> Initial ist die Ablösung von dem bestehenden wissenschaftlichen Ansatz –zunächst wie auch in der Konformitätsheuristik– (1.) abhängig von der Existenz von Innovatoren, (2.) der Anzahl und der von den Experimentatoren vertretenen wissenschaftlichen Ansätze und (3.) für die Nicht-Innovatoren bzw. -Experimentatoren vom Typ KT und RT von dem Grad der Unzufriedenheit und dem Verbreitungsgrad der wissenschaftlichen Ansätze. Im Unterschied zur Konformitätsheuristik unterliegen die KT-Agenten aus letzterer Gruppe dabei nicht der deterministischen Entscheidungsregel, sich immer an die KT-Innovatoren anzupassen. Ebenfalls wird hier für die Gruppe der Nicht-Experimentatoren vom Typ RT die Annahme fallen gelassen, dass sie risikoavers sind und nur dem in der Mehrheit akzeptierten wissenschaftlichen Ansatz folgen. Auch im Rahmen dieser Entscheidungsheuristik ist zu prüfen, welchen Einfluss der globale Parameter  $\tau$  und die Agenten-spezifischen Parameter  $\theta$ ,  $\delta$  und  $\gamma$  haben.

Tabelle 27 zeigt, dass mit dieser Entscheidungsheuristik eine Konsensbildung auf den neuen wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  (kons1) nicht erreicht werden kann. Darüber hinaus kommt es unter einer langen Halbwertszeit wissenschaftlichen Wissens (t8) nur bei rund 4% der Simulationsläufe überhaupt zu einer Ablösung vom Konsens auf den wissenschaftlichen Ansatz  $b = -1$  (tend-1). Unter einer Halbwertszeit von vier Jahren (t4) kommt es –ebenfalls unabhängig von der Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool– immerhin bei jeweils rund 50% der Fälle zu einem Dissens, allerdings mit Beharrungstendenz auf  $b = -1$ .

Der aggregierte Anpassungsprozess für die unterschiedlichen Koordinationsergebnisse ist analog zur Konformitätsheuristik in Abbildung 24 bis Abbildung 27 dargestellt. Neben dem –im Vergleich zu  $\theta = .956$ – unter  $\theta = .978$  späteren mittleren ersten Anpassungszeitpunkt, der sich wie in der Konformitätsheuristik nach gut zwei Halbwertszeiten (Tick 64) einstellt, ist der Anpassungsprozess mit Koordinationsresultat tend-1 durch Sprünge gekennzeichnet, d.h. hier liegt ein proportional zur bestehenden Anzahl an Agenten mit  $b = 1$  steigender, eher exponentieller Funktionsverlauf vor (vgl. Abbildung 25 und 27). Derartige Anpassungssprünge zeigen sich unter einer kurzen Halbwertszeit erst für das Koordinationsresultat tend1; für das Resultat tend-1 sind hier vielmehr lineare Verläufe festzustellen (vgl. Abbildung 24 und 26), d.h. ein konstanter Anstieg der Agenten mit neuem wissenschaftlichen Ansatz. Dies kann als Hinweis darauf interpretiert werden, dass „Ansteckungseffekte“ dann möglich sind, wenn die Anpassung an  $b = 1$  im Mittel zu einem späteren Zeitpunkt einsetzt und sowohl hinreichend Innovatoren bzw. Experimentatoren mit  $b = 1$  vorhanden sind als auch Imitatoren, die ihr Anspruchsniveau nicht (mehr) erreichen. Während in der aggregierten Darstellung ein systematischer Einfluss

<sup>176</sup>Bei Initialisierung der Simulation werden die Agenten im Simulationsraum per Zufallsprozess angeordnet.



Tabelle 27: Ergebnisüberblick unter Salienzheuristik der KT- und RT-Agenten ( $t=120$ ) nach Koordinationsresultat und Faktorausprägungen( $\theta, \delta, \gamma, \tau$ ) basierend auf 720 Simulationsläufen

Anzahl der Simulationsläufe nach Parameter, Koordinationsresultat und Experimentatorenpool											
Parameter			kons-1		kons1		tend-1		tend1		Summe
theta	delta	gamma	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	
t4	d.25	gamma0	18	16	0	0	12	14	0	0	60
		gamma1	12	10	0	0	18	18	0	2	60
	d.5	gamma0	16	14	0	0	14	16	0	0	60
		gamma1	12	12	0	0	18	17	0	1	60
	d1	gamma0	16	18	0	0	14	12	0	0	60
		gamma1	20	15	0	0	10	14	0	1	60
Summe			94	85	0	0	86	91	0	4	360
t8	d.25	gamma0	29	29	0	0	1	1	0	0	60
		gamma1	29	27	0	0	1	3	0	0	60
	d.5	gamma0	28	30	0	0	2	0	0	0	60
		gamma1	27	28	0	0	3	2	0	0	60
	d1	gamma0	30	29	0	0	0	1	0	0	60
		gamma1	30	29	0	0	0	1	0	0	60
Summe			173	172	0	0	7	8	0	0	360

des Parameters  $(1 - \delta)$  in isolierter Betrachtung nicht zu erkennen ist, zeigt sich für den Parameter  $\gamma$  unter Ablösung vom bestehenden wissenschaftlichen Ansatz  $b = -1$  ein tendenziell höherer Verlauf der Kurve, wobei ein höheres Niveau insbesondere bei Vorliegen hoher Trägheit  $(1 - \delta) = .75$  festzustellen ist. In dieser Tendenz wird der bereits in der Analyse des Mikromodells gezeigte Interaktionseffekt zwischen  $\delta$  und  $\gamma$  evident: Eine hohe Trägheit und ein hohes Anspruchsniveau führen zu einem hohen Anteil von Agenten, die frühzeitig ihr Anspruchsniveau nicht mehr erreichen und in Abhängigkeit vom Verbreitungsgrad des neuen wissenschaftlichen Ansatzes  $b = 1$  in ihrer unmittelbaren Umgebung selbigen adoptieren.

#### 14.2.2 Die Rolle der Experimentatoren und Innovatoren

Eine Ablösung einzelner Agenten von dem herrschenden wissenschaftlichen Ansatz  $b = -1$  findet entsprechend der hinterlegten Motivations- bzw. Entscheidungsstruktur wieder durch Innovatoren mit einer ausgeprägten Präferenz für Erkenntnisgewinn statt, die in der Folge ihre einmal getroffene Entscheidung für  $b = 1$  nicht revidieren können. Wie auch in der Konformitätsheuristik wird durch die wissenschaftliche Innovation ein Wettbewerb der wissenschaftlichen Ansätze initiiert, der darüber repräsentiert wird, dass Experimentatoren Evidenz für ihren jeweils vertretenen wissenschaftlichen Ansatz erzeugen. Tabelle

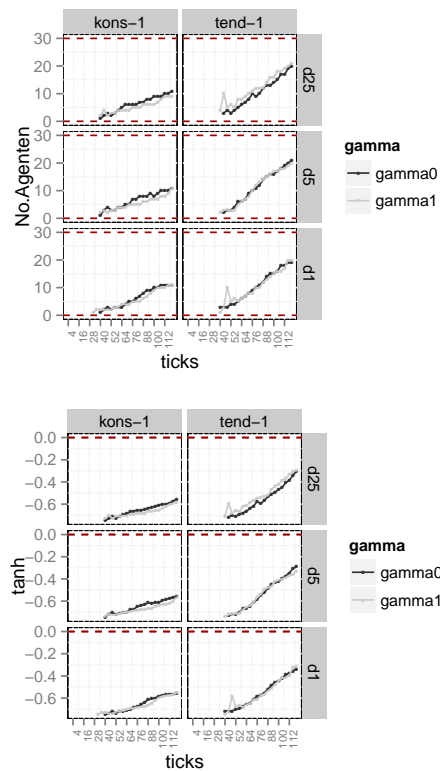


Abbildung 24: Salienzheuristik der KT- und RT-Agenten unter  $\tau = .5$  und  $\theta = .956$ . Obere Panels: Endogene Darstellung des Anpassungsprozesses für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  nach Koordinationsergebnis (kons-1, kons1, tend-1, tend1) und  $\delta$ . Auf der y-Achse ist die mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten mit ( $b = 1$ ) über die Zeit (Ticks) unter einer Halbwertszeit von  $\theta = .956$  ( $t_4$ ) und  $\tau = .5$  abgebildet. Untere Panels: Entsprechende (exogene) Darstellung des Anpassungsprozesses als Tanh-Funktion. Die Abbildungen basieren auf insgesamt 180 Simulationenläufen (vgl. Tabelle 27).

31 zeigt, dass eine Ablösung von dem bestehenden wissenschaftlichen Ansatz (tend-1) –unabhängig von der Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool– in der Regel mit einem Anteil an Innovatoren (mit  $b = 1$ ) von  $> 10\%$  einhergeht. Darüber hinaus zeigt ein –mit einer hohen Durchlässigkeit ( $\tau = .5$ ) verbundener– höherer Anteil an Experimentatoren keinen Einfluss auf die Konsensbildung auf den neuen wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$ ; auch mit einem hohen Anteil an Experimentatoren unter  $\tau = .5$  stellen sich nicht wesentlich mehr tend-1-Fälle ein als unter  $\tau = .1$  (vgl. Tabelle 30). Allerdings zeigen sich in der Betrachtung *innerhalb* der Parameterausprägungen von  $\tau$  signifikante Unterschiede im Hinblick auf die Anzahl der Innovatoren und Experimentatoren mit  $b = 1$ . Sowohl unter einer kurzen als auch langen Halbwertszeit wissenschaftlichen Wissens ( $\theta = .956, .978$ ) ist für den Fall einer hohen Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool ( $\tau = .5$ ) im Mittel eine signifikant höhere Anzahl der jeweiligen Agentengruppen im Koordinationsergebnis

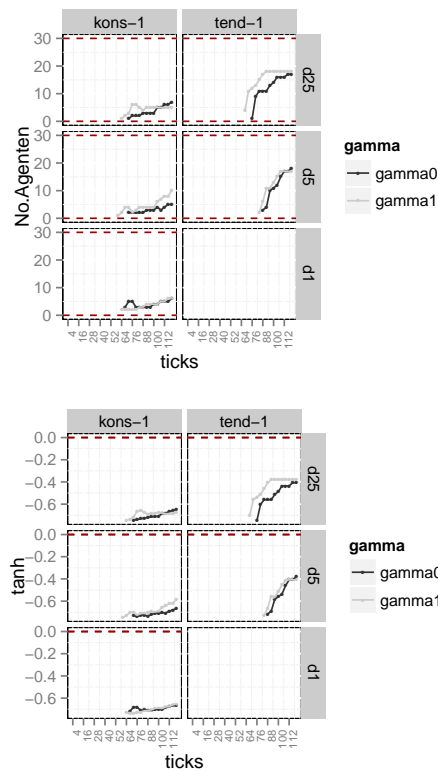


Abbildung 25: Salienzheuristik der KT- und RT-Agenten unter  $\tau = .5$  und  $\theta = .978$ . Obere Panels: Endogene Darstellung des Anpassungsprozesses für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  nach Koordinationsergebnis (kons-1, kons1, tend-1, tend1) und  $\delta$ . Auf der y-Achse ist die mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten mit ( $b = 1$ ) über die Zeit (Ticks) unter einer Halbwertszeit von  $\theta = .978$  ( $t_8$ ) und  $\tau = .5$  abgebildet. Untere Panels: Entsprechende (exogene) Darstellung des Anpassungsprozesses als Tanh-Funktion. Die Abbildungen basieren auf insgesamt 180 Simulationsläufen (vgl. Tabelle 27).

tend-1 im Vergleich zu kons-1 festzustellen.<sup>177</sup>

Für eine geringe Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool ( $\tau = .1$ ) ist unter einer langen Halbwertszeit ( $\theta = .978$ ) sowohl die Anzahl der Innovatoren als auch der Experimentatoren mit  $b = 1$  im Koordinationsresultat tend-1 signifikant höher als im Koordinationsresultat kons-1, wobei die Differenz der Experimentatoren nur schwach signifikant

<sup>177</sup>Unter Anwendung eines verallgemeinerten linearen Modells (Poisson) mit Korrektur um Varianzheterogenität und Anwendung der Benjamini-Hochberg Korrektur ('fdr') für multiple Vergleiche resultiert für die Anzahl der *Innovatoren* unter  $\theta = .978$  ein Mittelwertschätzer des Kontrastes tend-1 zu kons-1 von 0.79754 bei einem Standardfehler von 0.04599, einem Z-Wert von 17.34 und  $Pr(> |z|) < 2e - 16$ . Für  $\theta = .956$  ergibt sich ein Mittelwertschätzer desselben Kontrastes von 0.50807 mit Standardfehler 0.02044, einem Z-Wert von 24.86 und  $Pr(> |z|) < 2e - 16$ . Für die Anzahl der *Experimentatoren* mit  $b = 1$  liegt der Mittelwertschätzer unter  $\theta = .956$  bei 0.52382 mit Standardfehler 0.04557, Z-Wert 11.49 und  $Pr(> |z|) < 2e - 16$ . Für den Fall  $\theta = .978$  zeigt sich ebenfalls ein signifikanter Kontrast zwischen tend-1 und kons-1 von 0.8806 mit einem Standardfehler von 0.1669, Z-Wert 5.276 und  $Pr(> |z|) = 1.32e - 07$ .

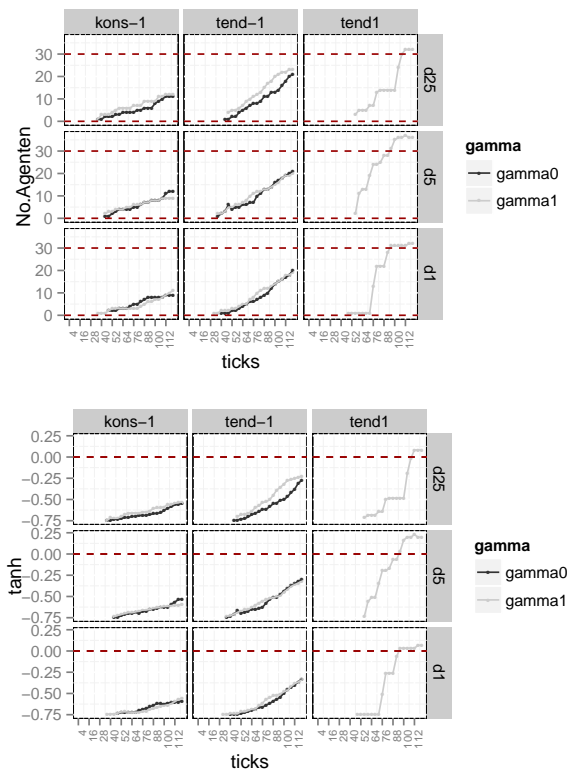


Abbildung 26: Salienszheuristik der KT- und RT-Agenten unter  $\tau = .1$  und  $\theta = .956$ . Obere Panels: Endogene Darstellung des Anpassungsprozesses für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  nach Koordinationsergebnis (kons-1, kons1, tend-1, tend1) und  $\delta$ . Auf der y-Achse ist die mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten mit ( $b = 1$ ) über die Zeit (Ticks) unter einer Halbwertszeit von  $\theta = .956$  ( $t_4$ ) und  $\tau = .1$  abgebildet. Untere Panels: Entsprechende (exogene) Darstellung des Anpassungsprozesses als Tanh-Funktion. Die Abbildungen basieren auf insgesamt 180 Simulationsläufen (vgl. Tabelle 27).

ist.<sup>178</sup> Bei einer kurzen Halbwertszeit wissenschaftlichen Wissens zeigt sich ebenfalls, dass sich die mittlere Anzahl an Innovatoren signifikant in allen Koordinationsergebnissen unterscheidet, wobei die Anzahl mit zunehmender Ablösung von kons-1 steigt (vgl. Tabelle 28). Für die mittlere Anzahl an Experimentatoren mit  $b = 1$  ist zum Ende der Laufzeit hingegen festzuhalten, dass die Differenz der Kontraste der Koordinationsergebnisse tend1 und tend-1 nur signifikant unter einer Irrtumswahrscheinlichkeit von .1 ist (vgl. Tabelle 29). Zusammenfassend kann zwar ein zunehmender Anteil der Experimentatoren mit  $b = 1$  wie auch der Anteil an Innovatoren die Ablösung von dem bestehenden wissenschaftlichen Ansatz auf das Koordinationsergebnis tend-1 erklären, eine weitere Verbreitung und damit Koordination auf tend1 ist allerdings nur bedingt durch einen höheren Anteil an Innovatoren (vgl. Tabelle 28 und 29).

<sup>178</sup>Der Mittelwertschätzer des Kontrastes tend-1 zu kons-1 beträgt für die *Innovatoren* 0.72875 bei einem Standardfehler von 0.06366, einem Z-Wert von 11.45 und  $Pr(> |z|) < 2e - 16$ . Im Falle der *Experimentatoren* mit  $b = 1$  ist die Differenz hingegen nur schwach signifikant mit einem Mittelwertschätzer von 0.5943, Standardfehler 0.2316, Z-Wert 2.566 und  $Pr(> |z|) = 0.0103$ .

Tabelle 28: Mittelwertschätzer der Koordinationsresultat-Kontraste auf die mittlere Anzahl der Innovatoren unter  $\tau = .1$  und  $\theta = .956$  (t=120) in der Salienzheuristik

Kontraste	Mittelwertschätzer	Standardfehler	z-Wert	Pr(> z )
(1) tend-1 - kons-1	0.501	0.026	22.206	$< 2e - 16$ ***
(2) tend1 - kons-1	0.767	0.076	10.073	$< 2e - 16$ ***
(3) tend1 - tend-1	0.266	0.076	3.522	0.000428 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Die Schätzung basiert auf einem verallgemeinerten linearen Modell (Poisson) mit Korrektur um Varianzheterogenität und Anwendung der Benjamini-Hochberg Korrektur ('fdr') für multiple Vergleiche.

Tabelle 29: Mittelwertschätzer der Koordinationsresultat-Kontraste auf die mittlere Anzahl der Experimentatoren mit  $b = 1$  unter  $\tau = .1$  und  $\theta = .956$  (t=120) in der Salienzheuristik

Kontraste	Mittelwertschätzer	Standardfehler	z-Wert	Pr(> z )
(1) tend-1 - kons-1	0.279	0.075	3.721	0.000298 ***
(2) tend1 - kons-1	0.547	0.143	3.826	0.000298 ***
(3) tend1 - tend-1	0.267	0.138	1.937	0.052708 .

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Die Schätzung basiert auf einem verallgemeinerten linearen Modell (Poisson) mit Korrektur um Varianzheterogenität und Anwendung der Benjamini-Hochberg Korrektur ('fdr') für multiple Vergleiche.

Tabelle 30: Simulationsläufe nach Koordinationsresultat in Abhängigkeit des Anteils an Experimentatoren und der Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool in der Salienzheuristik (t=120)

Anzahl der Simulationsläufe									
Anteil Exp.	kons-1		kons1		tend-1		tend1		Summe
	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	
≤ 9%	55	130	0	0	1	6	0	0	192
10 – 19%	30	127	0	0	0	92	0	4	253
20 – 29%	34	0	0	0	2	1	0	0	37
30 – 39%	51	0	0	0	15	0	0	0	66
40 – 49%	46	0	0	0	36	0	0	0	82
50 – 59%	41	0	0	0	35	0	0	0	76
≥ 60%	10	0	0	0	4	0	0	0	14
Summe	267	257	0	0	93	99	0	4	720

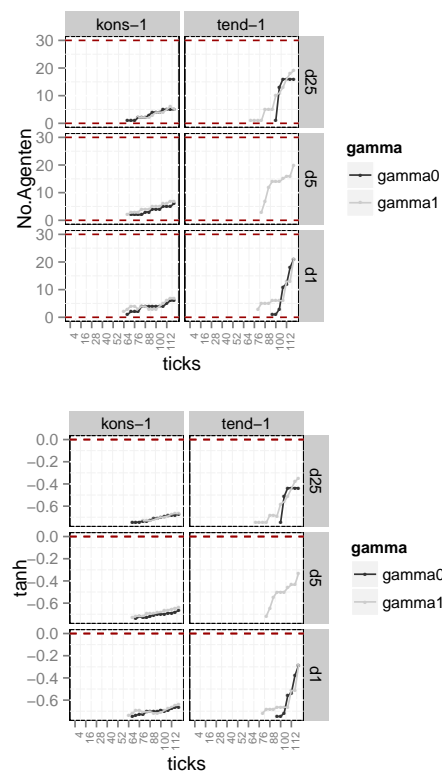


Abbildung 27: Salienszheuristik der KT- und RT-Agenten unter  $\tau = .1$  und  $\theta = .978$ . Obere Panels: Endogene Darstellung des Anpassungsprozesses für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  nach Koordinationsergebnis (kons-1, kons1, tend-1, tend1) und  $\delta$ . Auf der y-Achse ist die mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten mit ( $b = 1$ ) über die Zeit (Ticks) unter einer Halbwertszeit von  $\theta = .978$  ( $t_8$ ) und  $\tau = .1$  abgebildet. Untere Panels: Entsprechende (exogene) Darstellung des Anpassungsprozesses als Tanh-Funktion. Die Abbildungen basieren auf insgesamt 180 Simulationsläufen (vgl. Tabelle 27).

### 14.2.3 Anpassungsverhalten der KT- und RT-Agenten

Im Gegensatz zur Konformitätsheuristik folgen die Nicht-Experimentatoren bzw. -Innovatoren vom Typ KT oder RT hier derselben Entscheidungslogik: Sobald sie ihr Anspruchsniveau nicht mehr erreichen, orientieren sie sich an demjenigen Agenten, der ihnen räumlich am nächsten ist. Einen Überblick über das Anpassungsverhalten aller Agententypen geben Abbildung 28 und 29. Deutlich zu erkennen ist hier der Einfluss der Experimentatoren mit  $b = 1$  und Innovatoren, deren steigende Anzahl die Verbreitung eines neuen wissenschaftlichen Ansatzes begünstigt. Hierbei zeichnet sich weiter die Tendenz ab, dass eine vergleichsweise höhere mittlere Anzahl an Innovatoren am Ende des Simulationszeitraumes, wie sie für das Koordinationsergebnis tend-1 oder tend1 festgestellt wurde, –sowohl für  $\tau = .5$  und  $\tau = .1$  als auch für jeweils beide Faktorausprägungen von  $\theta$ – mit einer tendenziell späteren Initiierung von  $b = 1$  einhergeht.

Eine geringere Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool und damit ein geringerer Anteil an Experimentatoren sorgt auch –wie in der Konformitätsheuristik– für einen größeren, potenziell anpassungsbereiten Pool an Agenten, wobei eine zunehmende Bewegung

Tabelle 31: Simulationsläufe nach Koordinationsresultat in Abhängigkeit des Anteils an Innovatoren und der Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool in der Salienzheuristik ( $t=120$ )

Anzahl der Simulationsläufe									
Anteil Innov.	kons-1		kons1		tend-1		tend1		Summe
	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	
$\leq 5\%$	107	117	0	0	0	0	0	0	224
5 – 9%	78	70	0	0	0	3	0	0	151
10 – 14%	66	59	0	0	21	27	0	0	173
15 – 19%	15	11	0	0	43	45	0	1	115
20 – 24%	1	0	0	0	26	19	0	3	49
25 – 29%	0	0	0	0	2	5	0	0	7
$\geq 30\%$	0	0	0	0	1	1	0	0	1
Summe	267	257	0	0	93	99	0	4	720

zu dem neuen wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  dann stattfindet, je schneller die Anzahl der Innovatoren (mit  $b = 1$ ) steigt (vgl. insbesondere das Resultat tend1 in Abbildung 29).<sup>179</sup>

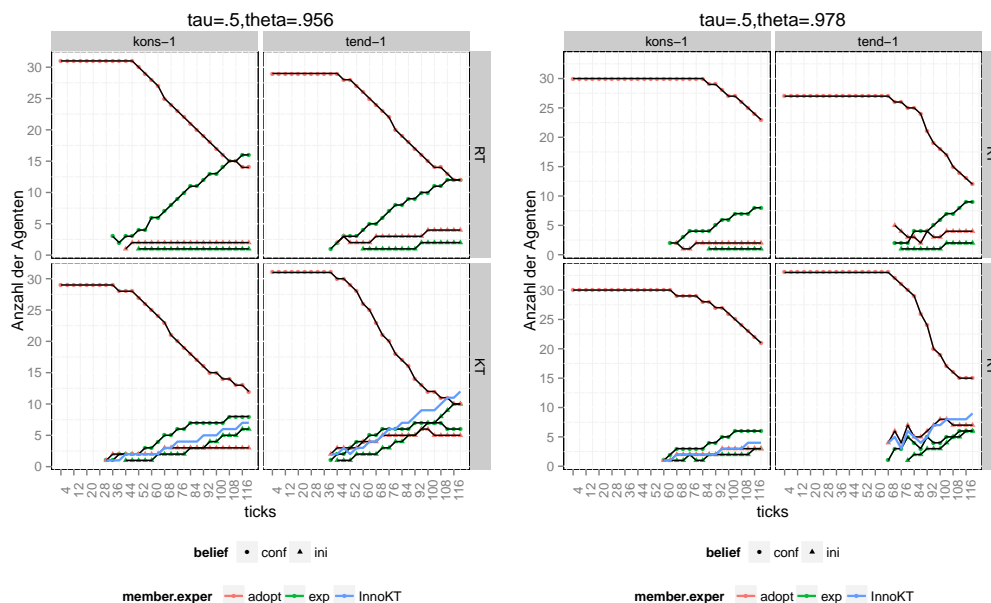


Abbildung 28: Salienzheuristik: Mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten (bei  $\tau = .5$ ) mit jeweiligem wissenschaftlichen Ansatz ( $conf$  ( $b = -1$ ),  $ini$  ( $b = 1$ )) und Status (Experimentator / Adopter) über die Zeit und Resultat des Koordinierungsergebnisses ( $kons-1$ ,  $tend-1$ ) für unterschiedliche Ausprägungen von  $\theta$ . Zusätzlich eingezeichnet ist die Anzahl der Innovatoren vom Typ KT (InnoKT).

<sup>179</sup>Die in Abbildung 28 und 29 vorgenommene Differenzierung der *anpassungsbereiten Agenten* nach Agententypen dient der Nachvollziehbarkeit des Anpassungsverhaltens, ist jedoch nicht zwingend erforderlich, da die Agenten von Typ KT und RT hier derselben Entscheidungsheuristik folgen.

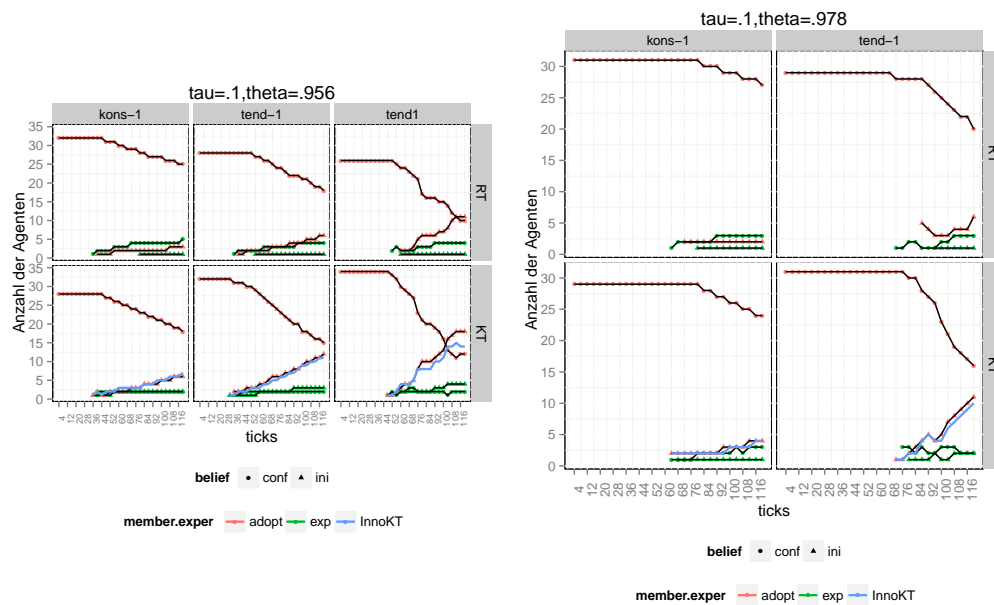


Abbildung 29: Salienzheuristik: Mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten (bei  $\tau = .1$ ) mit jeweiligem wissenschaftlichen Ansatz (*conf* ( $b = -1$ ), *ini* ( $b = 1$ )) und Status (Experimentator / Adopter) über die Zeit und Resultat des Koordinationsergebnisses (*kons-1*, *tend-1*, *tend1*) für unterschiedliche Ausprägungen von  $\theta$ . Zusätzlich eingezeichnet ist die Anzahl der Innovatoren vom Typ KT (*InnoKT*).

Dabei ist die Möglichkeit, einen großen Pool an Innovatoren zu erhalten, zunächst dadurch bedingt, wie hoch die Anzahl der Agenten vom Typ KT zu Beginn eines Simulationslaufes ist. So zeichnet sich ab, dass eine Loslösung vom bestehenden wissenschaftlichen Ansatz vor allem dann gegeben ist, wenn initial mehr KT- als RT-Agenten vorhanden sind (vgl. insbesondere das Niveau der ‘adopt conf’ Kurven im linken Teil der Abbildung 29). Dieser Zusammenhang zwischen der initialen Anzahl von KT-Agenten und dem Durchsetzungsniveau am Ende des Simulationslaufs ist in Abbildung 30 und 31 dargestellt. Während sich für das Koordinationsresultat *tend-1* weder unter  $\tau = .5$  noch unter  $\tau = .1$  ein solcher Zusammenhang feststellen lässt, steigt der Korrelationskoeffizient mit zunehmender Bewegung auf die Resultate *tend-1* und *tend1*. Damit führt eine initiale Mehrheit von KT-Agenten (und somit Pool potenzieller Innovatoren) zwar nicht notwendigerweise zu einer Ablösung von dem bestehenden wissenschaftlichen Ansatz, eine Tendenz auf den neuen wissenschaftlichen Ansatz ist aber nur dann gegeben (*tend1*), wenn initial eine Mehrzahl der Agenten vom Typ KT ist. Hierin spiegeln sich die selbstverstärkenden Effekte in der Beeinflussung der Agenten untereinander wider, deren Richtungsentwicklung bedingt ist durch die Existenz hinreichend vieler Innovatoren.



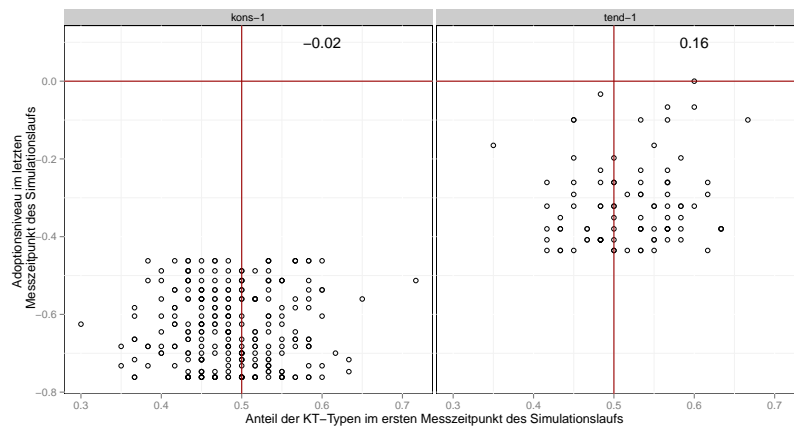


Abbildung 30: Salienzheuristik: Darstellung der einzelnen Simulationsläufe nach Anfangsverteilung der KT-Agenten und Durchsetzungsniveau am Ende des Simulationslaufs für  $\tau = .5$ . Für jedes Koordinationsergebnis ist der Spearman Korrelationskoeffizient angegeben.

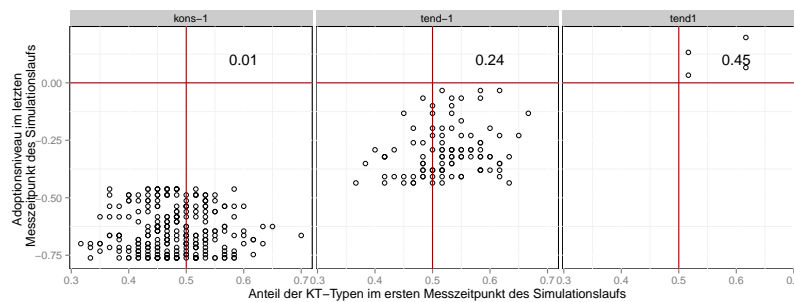


Abbildung 31: Salienzheuristik: Darstellung der einzelnen Simulationsläufe nach Anfangsverteilung der KT-Agenten und Durchsetzungsniveau am Ende des Simulationslaufs für  $\tau = .1$ . Für jedes Koordinationsergebnis ist der Spearman Korrelationskoeffizient angegeben.

### 14.3 Explorative Analyse der Evidenzheuristik

Während in der Konformitätsheuristik der Einfluss von deterministischer Anpassung (KT-Agenten) und von Konformitätsstreben (RT-Agenten) untersucht sowie in der Salienzheuristik der Einfluss selbstverstärkender Effekte durch gegenseitige soziale Beeinflussung im Entscheidungsverhalten betrachtet wurde, ist mit der evidenzbasierten Heuristik ein Anpassungsverhalten motiviert, das sich ausschließlich an der erzeugten Evidenz der Experimentatoren orientiert. Konkret ist der Anpassungsmechanismus derjenigen Agenten, die nicht zu den Innovatoren oder Experimentatoren gehören, dadurch gekennzeichnet,

dass sie sich bei Nicht-Erreichen ihres Anspruchsniveaus an dem wissenschaftlichen Ansatz desjenigen Experimentators orientieren, dessen Evidenz als am häufigsten repliziert gilt.<sup>180</sup> Beibehalten wird hingegen die Annahme, dass sowohl Innovatoren als auch Experimentatoren ihrer Entscheidung für einen wissenschaftlichen Ansatz verpflichtet sind; sie ändern ihre Entscheidung auch dann nicht, wenn die Evidenz gegenteilig ist. Damit ist eine Ablösung von dem bestehenden wissenschaftlichen Ansatz initial –zunächst wie auch in den anderen Heuristiken– (1.) abhängig von der Existenz von Innovatoren, (2.) der Anzahl und der von den Experimentatoren vertretenen wissenschaftlichen Ansätze und (3.) für die Nicht-Innovatoren bzw. -Experimentatoren vom Typ KT und RT von dem Grad der Unzufriedenheit und der am häufigsten replizierten Evidenz der Experimentatoren. Im Folgenden ist analog den anderen Entscheidungsheuristiken zu prüfen, welchen Einfluss der globale Parameter  $\tau$  und die Agenten-spezifischen Parameter  $\theta$ ,  $\delta$  und  $\gamma$  haben.

### 14.3.1 Muster unterschiedlicher Koordinationsresultate

Generell ermöglicht die evidenzbasierte Entscheidungsheuristik, anders als die Konformitäts- und Salienzheuristik, auch unter einer langen Halbwertszeit wissenschaftlichen Wissens ('t8') eine (tendenzielle) Koordination auf einen neuen wissenschaftlichen Ansatz (vgl. Simulationsläufe mit Resultat tend1 und kons1 in Tabelle 32).

Im Hinblick auf den globalen Parameter  $\tau$  zeigt sich, dass sich die wissenschaftliche Gemeinde unter einer hohen Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool deutlich häufiger von dem vorherrschenden wissenschaftlichen Ansatz ( $b = -1$ ) ablöst und auf einen Dissens (tend-1, tend1) koordiniert als unter einer geringen Durchlässigkeit ( $\tau = .1$ ) (vgl. Tabelle 32). Damit ist jedoch nicht verbunden, dass sich unter  $\tau = .5$  eine höhere Anzahl von Koordinationsergebnissen auf  $b = 1$  einstellt; dieses Resultat ist unter  $\tau = .5$  und  $\tau = .1$  etwa gleich häufig vorzufinden. Hierbei findet eine Koordination auf den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  bei  $\tau = .5$  hauptsächlich unter einem hohen Strebsamkeitsparameter ( $\gamma = 1$ ) statt, wohingegen für  $\tau = .1$  insbesondere unter  $\theta = .956$  auch Konsensergebnisse auf  $b = 1$  unter Annahme einer geringen Strebsamkeit  $\gamma$  der Agenten möglich sind.

Zu erkennen ist in der evidenzbasierten Heuristik weiter, dass die Anpassungsprozesse –im Vergleich zu den vorangegangenen Heuristiken– zum Teil deutliche Schwankungen aufweisen (vgl. Abbildung 32 bis 35). Diese Schwankungen treten unter einer kurzen Halbwertszeit insbesondere dann auf, wenn der Zugang zum Experimentatorenpool stärker restringiert ist ( $\tau = .1$ , vgl. Abbildung 34). Dahingegen stellt sich eine eher sukzessive Durchsetzung von  $b = 1$  dann ein, wenn der Zugang zum Experimentatorenpool allen Agenten mit einer überdurchschnittlich hohen kumulierten Produktivität gewährt wird

<sup>180</sup>Replizierte Evidenz ist in dem Simulationsmodell darüber erfasst, wie oft derselbe Agent während eines Simulationslaufs in die Liste der Experimentatoren aufgenommen wird.

Tabelle 32: Ergebnisüberblick unter Evidenzheuristik beider Agententypen ( $t=120$ ) nach Koordinationsresultat und Faktorausprägungen( $\theta, \delta, \gamma, \tau$ ) basierend auf 720 Simulationsläufen

Anzahl der Simulationsläufe nach Parameter, Koordinationsresultat und Experimentatorenpool											
Parameter			kons-1		kons1		tend-1		tend1		Summe
theta	delta	gamma	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	
t4	d.25	gamma0	17	24	3	0	5	3	5	3	60
		gamma1	11	22	4	3	9	3	6	2	60
	d.5	gamma0	15	25	0	3	12	2	3	0	60
		gamma1	12	21	8	8	2	0	8	1	60
	d1	gamma0	17	19	0	3	5	6	8	2	60
		gamma1	18	28	3	1	7	1	2	0	60
Summe			90	139	18	18	40	15	32	8	360
t8	d.25	gamma0	23	30	0	0	5	0	2	0	60
		gamma1	27	27	0	1	1	0	2	2	60
	d.5	gamma0	24	29	0	0	4	1	2	0	60
		gamma1	24	28	1	2	3	0	2	0	60
	d1	gamma0	28	30	0	0	2	0	0	0	60
		gamma1	28	28	0	0	2	2	0	0	60
Summe			154	172	1	3	17	3	8	2	360

( $\tau = .5$ ) und die Agenten ihr Anspruchsniveau an einem Minimalwert ausrichten ( $\gamma = 0$ ) (vgl. Abbildung 32).

Insgesamt zeigt sich mit einem ersten Blick auf die Anpassungsprozesse, dass eine geringe Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool mit schwankenden Anpassungsprozessen einhergeht und Koordinationsresultate auf  $b = 1$  hier auch unter einem geringen Strebsamkeitsparameter  $\gamma$  möglich sind. Gleichzeitig zeigen die Simulationsläufe mit einer hohen Durchlässigkeit ( $\tau = .5$ ) häufiger Koordinationsresultate im Dissens an. Eine mögliche Erklärung hierfür liegt in der Entscheidungsheuristik der Nicht-Innovatoren und -Experimentatoren. Diese wählen bei Nicht-Erreichen ihres Anspruchsniveaus den wissenschaftlichen Ansatz desjenigen Experimentators, dessen experimentelle Evidenz am häufigsten repliziert wurde. Da unter einer hohen Durchlässigkeit generell ein größerer Pool an Experimentatoren entsteht (vgl. Tabelle 33), steigt hierdurch die Wahrscheinlichkeit, dass mehrere Experimentatoren als Referenz zur Verfügung stehen, die als Träger unterschiedlicher wissenschaftlicher Ansätze gleich häufig repliziert wurden. Bevor dieser Aspekt im Rahmen des Abschnitts zum Anpassungsverhalten der Agenten näher untersucht wird (vgl. 14.3.3), soll im folgenden Abschnitt zunächst der Einfluss der Innovatoren und Experimentatoren auf das Koordinationsergebnis der wissenschaftlichen Gemeinde betrachtet werden.

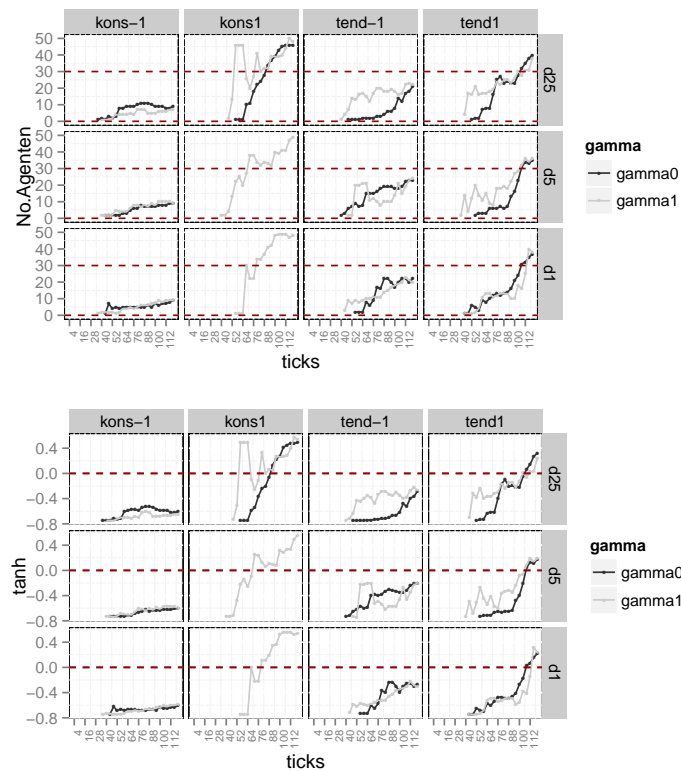


Abbildung 32: Evidenzbasierte Entscheidungsheuristik der KT- und RT-Agenten unter  $\tau = .5$  und  $\theta = .956$ . Obere Panels: Endogene Darstellung des Anpassungsprozesses für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  nach Koordinationsergebnis (kons-1, kons1, tend-1, tend1) und  $\delta$ . Auf der y-Achse ist die mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten mit ( $b = 1$ ) über die Zeit (Ticks) unter einer Halbwertszeit von  $\theta = .956$  ( $t_4$ ) und  $\tau = .5$  abgebildet. Untere Panels: Entsprechende (exogene) Darstellung des Anpassungsprozesses als Tanh-Funktion. Die Abbildungen basieren auf insgesamt 180 Simulationsläufen (vgl. Tabelle 32).

### 14.3.2 Die Rolle der Experimentatoren und Innovatoren

Im Hinblick auf die Experimentatoren zeigt sich, dass Koordinationsergebnisse unter  $\tau = .5$ , in denen eine Ablösung von dem bestehenden wissenschaftlichen Ansatz  $b = -1$  stattfindet (tend-1, tend1, kons1), –wie auch in den anderen Entscheidungsheuristiken– häufig mit einem Anteil an Experimentatoren von über 20% einhergehen (vgl. Tabelle 33). Ein Mittelwertvergleich am Ende der Simulationslaufzeit zeigt, dass sich die Anzahl der Experimentatoren mit  $b = 1$  zwar unter einer kurzen Halbwertszeit ( $\theta = .956$ ) in allen Kontrasten der Koordinationsresultate signifikant unterscheidet, sich die Anzahl der Experimentatoren mit  $b = 1$  unter  $\theta = .978$  allerdings nur zwischen kons-1 und tend-1 signifikant unterscheidet; d.h. die Anzahl der Experimentatoren kann hier zwar die Ablösung von kons-1 zu tend-1 erklären, jedoch keine weitere Entwicklung Richtung Ko-

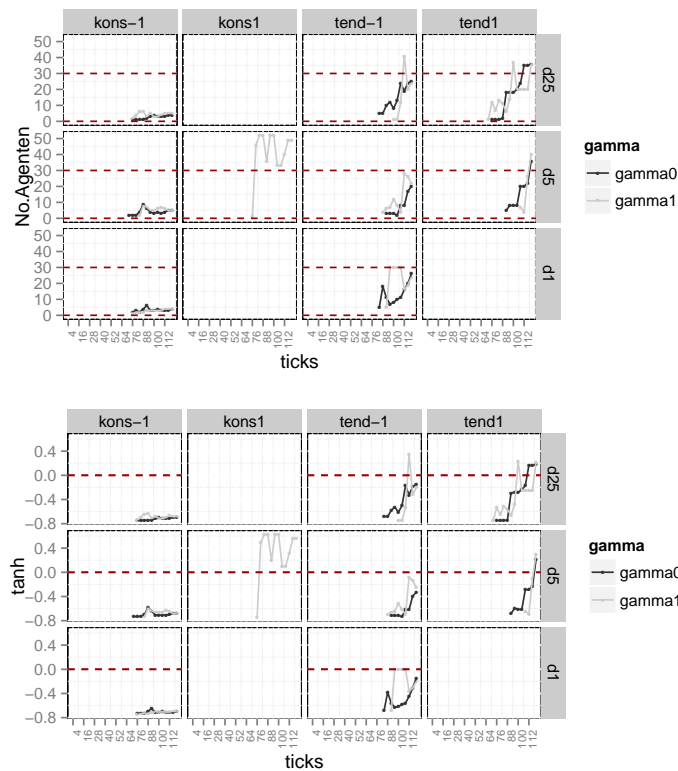


Abbildung 33: Evidenzbasierte Entscheidungsheuristik der KT- und RT-Agenten unter  $\tau = .5$  und  $\theta = .978$ . Obere Panels: Endogene Darstellung des Anpassungsprozesses für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  nach Koordinationsergebnis (kons-1, kons1, tend-1, tend1) und  $\delta$ . Auf der y-Achse ist die mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten mit ( $b = 1$ ) über die Zeit (Ticks) unter einer Halbwertszeit von  $\theta = .978$  ( $t_8$ ) und  $\tau = .5$  abgebildet. Untere Panels: Entsprechende (exogene) Darstellung des Anpassungsprozesses als Tanh-Funktion. Die Abbildungen basieren auf insgesamt 180 Simulationsläufen (vgl. Tabelle 32).

ordination auf  $b = 1$ .<sup>181</sup> Bei einer geringen Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool ( $\tau = .1$ ) lassen sich hingegen weder unter  $\theta = .956$  noch unter  $\theta = .978$  signifikante Unterschiede im Hinblick auf die Anzahl der Experimentatoren feststellen; im Gegensatz zu den anderen Entscheidungsheuristiken spielt die *Anzahl* der Experimentatoren hier bei der Ablösung von dem bestehenden wissenschaftlichen Ansatz  $b = -1$  keine Rolle. Dies ist insofern eine logische Konsequenz aus der hinterlegten Entscheidungsheuristik, als sich die Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren an dem am häufigsten replizierten Experimentator orientieren, ungeachtet dessen, welchen wissenschaftlichen Ansatz dieser

<sup>181</sup>Unter Anwendung eines verallgemeinerten linearen Modells (Poisson) mit Korrektur um Varianzheterogenität und Anwendung der Benjamini-Hochberg Korrektur ('fdr') für multiple Vergleiche resultiert für die Anzahl der Experimentatoren unter  $\theta = .978$  ein Mittelwertschätzer des Kontrastes tend-1 zu kons-1 von 0.8001 bei einem Standardfehler von 0.1403, einem Z-Wert von 5.705 und  $Pr(> |z|) = 3.5e - 08$ . Der Kontrast tend1 zu kons-1 zeigt hingegen einen nicht signifikanten Mittelwertschätzer von 0.4870 bei einem Standardfehler von 0.2905, einem Z-Wert von 1.677 und  $Pr(> |z|) = 0.140$ . Ebenfalls nicht signifikant erweist sich der Kontrast tend1 zu tend-1 mit einem Schätzer von  $-0.3131$ , einem Standardfehler 0.3057, Z-Wert von  $-1.024$  und  $Pr(> |z|) = 0.306$ .

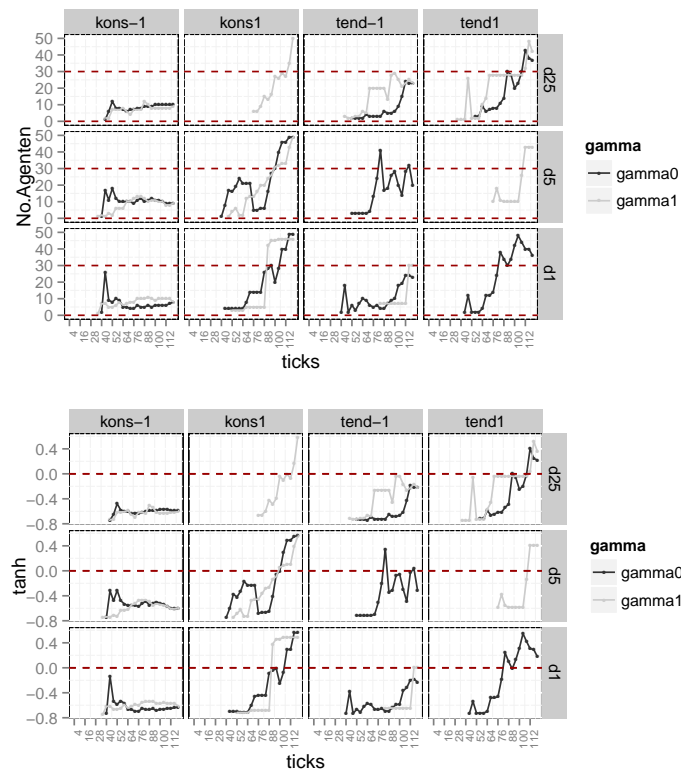


Abbildung 34: Evidenzbasierte Entscheidungsheuristik der KT- und RT-Agenten unter  $\tau = .1$  und  $\theta = .956$ . Obere Panels: Endogene Darstellung des Anpassungsprozesses für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  nach Koordinationsergebnis (kons-1, kons1, tend-1, tend1) und  $\delta$ . Auf der y-Achse ist die mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten mit ( $b = 1$ ) über die Zeit (Ticks) unter einer Halbwertszeit von  $\theta = .956$  ( $t_4$ ) und  $\tau = .1$  abgebildet. Untere Panels: Entsprechende (exogene) Darstellung des Anpassungsprozesses als Tanh-Funktion. Die Abbildungen basieren auf insgesamt 180 Simulationsläufen (vgl. Tabelle 32).

vertritt.<sup>182</sup>

Im Hinblick auf die Anzahl der Innovatoren zeigt sich in der evidenzbasierten Heuristik, dass sowohl unter  $\tau = .5$  als auch  $\tau = .1$  – anders als in der Konformitätsheuristik – bereits ein Anteil von unter 15% ausreicht, um Koordinationsresultate tend1 und kons1 zu erzeugen (vgl. Tabelle 21 und 35). Anders formuliert ist hier ein hoher Anteil Innovatoren (mit  $b = 1$ ) nicht zwingend notwendig, damit sich die wissenschaftliche Gemeinde auf einen Dissens oder neuen Konsens koordiniert. In der differenzierten Betrachtung der unterschiedlichen Parameterausprägungen für  $\tau$  und  $\theta$  zeigt sich, dass sich unter  $\tau = .5$  und  $\theta = .956$  die Anzahl der Innovatoren in allen Koordinationsergebnissen signifikant unterscheidet (vgl. Tabelle 36), unter  $\theta = .978$  die Kontraste zwischen kons1 zu kons-1 sowie zu tend1 nicht bzw. nur sehr schwach signifikant sind (vgl. Tabelle 37). Darüber hinaus ist für letzteren Fall anzumerken, dass die Vorzeichen der Kontraste (4) und (6)

<sup>182</sup>Der soeben erwähnte signifikante Mittelwertunterschied zwischen kons-1 und tend-1 unter einer hohen Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool ist damit vereinbar, da die hier festgestellte höhere Anzahl an Experimentatoren grundsätzlich nur die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass es zu einem Koordinationsresultat im Dissens kommt.

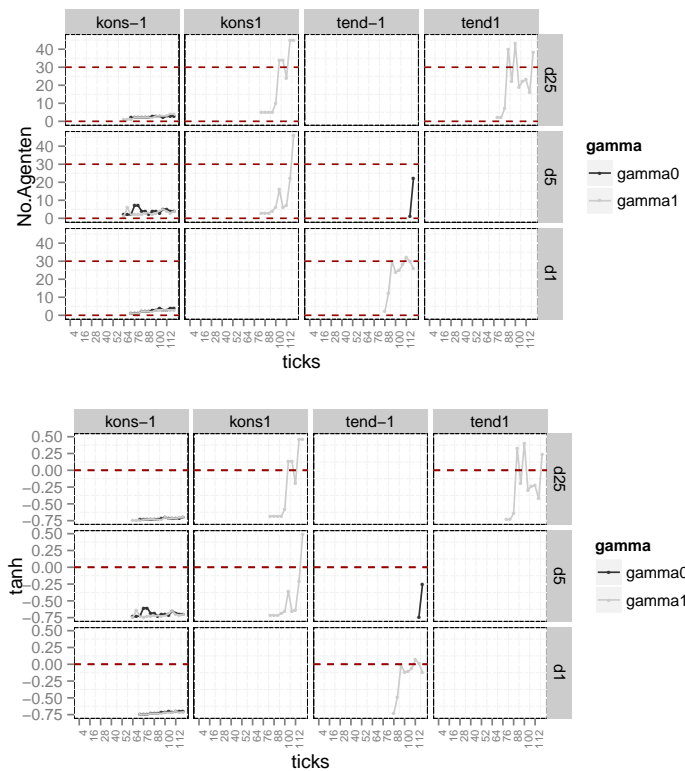


Abbildung 35: Evidenzbasierte Entscheidungsheuristik der KT- und RT-Agenten unter  $\tau = .1$  und  $\theta = .978$ . Obere Panels: Endogene Darstellung des Anpassungsprozesses für den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  nach Koordinationsergebnis (kons-1, kons1, tend-1, tend1) und  $\delta$ . Auf der y-Achse ist die mittlere Anzahl der KT- und RT-Agenten mit ( $b = 1$ ) über die Zeit (Ticks) unter einer Halbwertszeit von  $\theta = .978$  ( $t_8$ ) und  $\tau = .1$  abgebildet. Untere Panels: Entsprechende (exogene) Darstellung des Anpassungsprozesses als Tanh-Funktion. Die Abbildungen basieren auf insgesamt 180 Simulationsläufen (vgl. Tabelle 32).

kontraintuitiv sind; in tend-1 Resultaten sind am Ende der Laufzeit mehr Innovatoren vorhanden als in kons1 und tend1 Resultaten. Dies kann als weiterer Hinweis darauf interpretiert werden, dass die Aussagekraft der *Anzahl* der Innovatoren zur Differenzierung der unterschiedlichen Koordinationsresultate in der evidenzbasierten Heuristik begrenzt ist. Auch für  $\tau = .1$  zeigt sich, dass die Anzahl der Innovatoren unter  $\theta = .956$  lediglich in dem Kontrast tend1 zu kons-1 signifikant auf dem Niveau 0.01 ist mit einem Mittelwertschätzer von 0.1705, Standardfehler 0.0507, Z-Wert 3.361 und  $Pr(> |z|) = 0.00465$ . In den hier frühzeitig einsetzenden Anpassungsprozessen für  $b = 1$  bildet sich ein vergleichbares Niveau an Innovatoren heraus, welches zum Ende der Laufzeit jedoch keinen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis erkennen lässt. Für die Simulationsläufe unter einer langen Halbwertszeit wissenschaftlichen Wissens ( $\theta = .978$ ), in denen der Anpassungsprozess erst zu einem späteren Zeitpunkt einsetzt, sind die Kontraste –außer zwischen kons1 und tend1 sowie kons-1 und tend-1– signifikant; d.h. die Anzahl an Innovatoren bleibt in der (tendenziellen) Koordination auf  $b = -1$  unter derjenigen Anzahl bei (tendenzieller)

Tabelle 33: Evidenzheuristik: Simulationsläufe nach Experimentatoren und Experimentatorenpool

Anzahl der Simulationsläufe									
Anteil Exp.	kons-1		kons1		tend-1		tend1		Summe
	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	
≤ 9%	57	144	0	2	1	5	0	1	210
10 – 19%	22	167	0	19	3	13	3	9	236
20 – 29%	43	0	0	0	9	0	1	0	53
30 – 39%	41	0	3	0	11	0	2	0	57
40 – 49%	35	0	8	0	13	0	13	0	69
50 – 59%	37	0	7	0	17	0	16	0	77
≥ 60%	9	0	1	0	3	0	5	0	18
Summe	244	311	19	21	57	18	40	10	720

Tabelle 34: Mittelwertschätzer der Koordinationsresultat-Kontraste auf die mittlere Anzahl der Innovatoren unter  $\tau = .1$  und  $\theta = .978$  ( $t=120$ ) in der Evidenzheuristik

Kontraste	Mittelwertschätzer	Standardfehler	z-Wert	Pr(> z )	
(1) kons1 - kons-1	0.7960	0.0870	9.146	$< 2e - 16$	***
(2) tend-1 - kons-1	0.0305	0.0830	0.367	0.857	
(3) tend1 - kons-1	0.7684	0.1395	5.506	$7.32e - 08$	**
(4) tend-1 - kons1	-0.7656	0.1154	-6.635	$9.73e - 11$	***
(5) tend1 - kons1	-0.0277	0.1609	-0.172	0.864	
(6) tend1 - tend-1	0.7379	0.1588	4.648	$5.04e - 06$	***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Die Schätzung basiert auf einem verallgemeinerten linearen Modell (Poisson) mit Korrektur um Varianzheterogenität und Anwendung der Benjamini-Hochberg Korrektur ('fdr') für multiple Vergleiche.

Koordination auf  $b = 1$  (vgl. Tabelle 34).<sup>183</sup>

Zusammengefasst zeigt sich, dass in der Evidenzheuristik die Anzahl der Innovatoren und Experimentatoren für die Herausbildung der unterschiedlichen Koordinationsresultate nur in einzelnen Kontrasten als mögliche Erklärung dienen kann. Darüber hinaus kommt es –insbesondere unter einer vergleichsweise geringen Halbwertszeit ( $\theta = .956$ )– zu starken Schwankungen im Anpassungsprozess bei einer geringen Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool ( $\tau = .1$ ), während diese Schwankungen unter  $\tau = .5$  weniger stark ausgeprägt sind (vgl. Abbildung 32 und 34). Das Anpassungsverhalten der Nicht-Innovatoren und -Experimentatoren, dass in der Evidenzheuristik in unterschiedlichem Ausmaß von Meinungskorrekturen geprägt ist, soll daher im Folgenden näher betrachtet werden.

<sup>183</sup>Die Belastbarkeit dieses Ergebnisses ist allerdings vor dem Hintergrund der geringen Fallzahlen als eher gering einzuschätzen (vgl. Tabelle 32).



Tabelle 35: Simulationsläufe nach Koordinationsresultat in Abhängigkeit des Anteils an Innovatoren und der Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool in der Evidenzheuristik ( $t=120$ )

Anzahl der Simulationsläufe									
Anteil Innov.	kons-1		kons1		tend-1		tend1		Summe
	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	tau.5	tau.1	
≤ 5%	115	130	0	0	3	2	4	1	255
5 – 9%	64	61	1	3	10	1	3	1	144
10 – 14%	44	60	3	6	22	7	11	2	155
15 – 19%	19	48	4	10	16	1	13	2	113
20 – 24%	2	12	8	2	4	3	7	4	42
25 – 29%	0	0	3	0	2	4	2	0	11
≥ 30%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	244	311	19	21	57	18	40	10	720

Tabelle 36: Mittelwertschätzer der Koordinationsresultat-Kontraste auf die mittlere Anzahl der Innovatoren unter  $\tau = .5$  und  $\theta = .956$  ( $t=120$ ) in der Evidenzheuristik

Kontraste	Mittelwertschätzer	Standardfehler	z-Wert	Pr(> z )	
(1) kons1 - kons-1	0.5151	0.0311	16.578	$< 2e - 16$	***
(2) tend-1 - kons-1	0.1730	0.0266	6.506	$1.16e - 10$	***
(3) tend1 - kons-1	0.3064	0.0271	11.302	$< 2e - 16$	***
(4) tend-1 - kons1	-0.3421	0.0351	-9.739	$< 2e - 16$	***
(5) tend1 - kons1	-0.2087	0.0355	-5.875	$5.06e - 09$	***
(6) tend1 - tend-1	0.1334	0.0317	4.211	$2.54e - 05$	***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Die Schätzung basiert auf einem verallgemeinerten linearen Modell (Poisson) mit Korrektur um Varianzheterogenität und Anwendung der Benjamini-Hochberg Korrektur ('fdr') für multiple Vergleiche.

Tabelle 37: Mittelwertschätzer der Koordinationsresultat-Kontraste auf die mittlere Anzahl der Innovatoren unter  $\tau = .5$  und  $\theta = .978$  ( $t=120$ ) in der Evidenzheuristik

Kontraste	Mittelwertschätzer	Standardfehler	z-Wert	Pr(> z )	
(1) kons1 - kons-1	-0.0673	0.1377	-0.489	0.6249	
(2) tend-1 - kons-1	0.7051	0.0632	11.162	$< 2e - 16$	***
(3) tend1 - kons-1	0.2340	0.0844	2.774	0.0083	**
(4) tend-1 - kons1	0.7724	0.1483	5.210	$5.67e - 07$	***
(5) tend1 - kons1	0.3013	0.1585	1.902	0.0686	.
(6) tend1 - tend-1	-0.4711	0.1007	-4.677	$5.82e - 06$	***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Die Schätzung basiert auf einem verallgemeinerten linearen Modell (Poisson) mit Korrektur um Varianzheterogenität und Anwendung der Benjamini-Hochberg Korrektur ('fdr') für multiple Vergleiche.

### 14.3.3 Anpassungsverhalten der KT- und RT-Agenten

Im vorangegangenen Abschnitt hat sich gezeigt, dass weder die Anzahl der Experimentatoren mit  $b = 1$  noch die der Innovatoren als Differenzierungskriterium zur Erreichung der unterschiedlichen Koordinationsresultate geeignet ist. Dieses Ergebnis war im Hinblick auf die hier hinterlegte Entscheidungsheuristik der Adoptoren insofern zu erwarten, als sich die Agenten, die ihr Anspruchsniveau nicht erreichen, an *einen* Experimentator anpassen, dessen Evidenz als am häufigsten repliziert gilt. Der Anpassungsprozess ist daher primär von der Verteilung der wissenschaftlichen Ansätze innerhalb des Experimentatorenpools abhängig. Für den Fall, dass mehrere Experimentatoren als am häufigsten repliziert gelten, sind die Simulationsläufe daher dahingehend zu spezifizieren, ob diese Experimentatoren demselben wissenschaftlichen Ansatz verbunden sind (im Folgenden bezeichnet mit 'sing') oder unterschiedliche wissenschaftliche Ansätze verfolgen ('mult'). Dabei zeigt sich für die beiden Parameterausprägungen von  $\tau$ , dass eine vergleichbar hohe Anzahl von Simulationsläufen ohne Evidenz bleibt, allerdings in der Ausprägung von  $\tau = .5$  eine –im Vergleich zu  $\tau = .1$ – höhere Anzahl von Simulationsläufen resultiert, in denen Referenzagenten als Träger unterschiedlicher wissenschaftlicher Ansätze ('mult') zur Verfügung stehen (vgl. letzte Spalte in Tabelle 38).

Die Abbildungen 36 und 37 verdeutlichen noch einmal grafisch, dass die Wahrscheinlichkeit, dass sowohl auf Agenten als Träger des wissenschaftlichen Ansatzes  $b = -1$  als auch  $b = 1$  referenziert wird ('mult'), unter einer hohen Durchlässigkeit zum Experi-

Tabelle 38: Anzahl der Simulationsläufe nach Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool ( $\tau$ ), Struktur der erzeugten Evidenz (sing, mult) und Koordinationsresultaten für die Parameterausprägungen von  $\tau$  in der Evidenzheuristik ( $t=120$ ). Basis je Parameter  $\tau$  sind 360 Simulationsläufe.

Anzahl der Simulationsläufe											
	kons-1		$\Sigma$ Konsens		tend-1		$\Sigma$ Dissens		$\Sigma$ Runs		
	#	#	#	Zeilen-%	#	#	#	Zeilen-%	#	Spalten-% von 360	
$\tau = .5$	mult	27	2	29	(40%)	32	11	43	(60%)	72	(20%)
	sing	173	17	190	(78%)	25	29	54	(22%)	244	(68%)
	ohne Evidenz									44	(12%)
$\tau = .1$	mult	3	3	6	(35%)	9	2	11	(65%)	17	(5%)
	sing	263	18	281	(94%)	9	8	17	(6%)	298	(83%)
	ohne Evidenz									45	(12%)

mentatorenpool ( $\tau = .5$ ) höher ausgeprägt ist als unter  $\tau = .1$ .<sup>184</sup> Gleichzeitig ist für beide Ausprägungen von  $\tau$  zu erkennen, dass die relative Häufigkeit von Koordinationsresultaten im Dissens (tend-1, tend1) *innerhalb* der Kategorie ‘mult’ höher ist als in der Kategorie ‘sing’. Damit ist eine mögliche Erklärung für die unter  $\tau = .5$  festgestellte höhere Anzahl von Resultaten im Dissens (vgl. Tabelle 32) darin zu sehen, dass hier eine höhere Anzahl von Simulationsläufen der Kategorie ‘mult’ erzeugt wird, die, wenn Referenzagenten mit unterschiedlichen wissenschaftlichen Ansätzen zur Verfügung stehen, Koordinationsergebnisse im Dissens wahrscheinlich machen. Darüber hinaus gilt für diejenigen Simulationsläufe, in denen ein einziger wissenschaftlicher Ansatz als Referenz zur Verfügung steht (‘sing’), dass unter  $\tau = .5$  ein –im Vergleich zu  $\tau = .1$ – höherer Anteil von Fällen in Dissenskategorien resultiert.

<sup>184</sup>Ein Mosaikplot ist geeignet, die Häufigkeiten aus entsprechenden Kontingenztabelle in einen relativen Vergleich zu setzen; dies sei für Abbildung 36 kurz illustriert: Für die erste Säule ‘mult’ zeigt die Höhe des obersten Rechtecks an, wie wahrscheinlich es ist, dass sich unter ‘mult’ das Koordinationsergebnis kons-1 ergibt. Dementsprechend ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Agenten unter ‘mult’ auf einen Konsens  $b = -1$  koordinieren, geringer als unter der Situation ‘sing’, in der nur ein Agent der am häufigsten replizierte ist (Vergleich der Höhe der kons-1-Rechtecke zwischen ‘mult’ und ‘sing’). Gleichzeitig ist die Wahrscheinlichkeit, dass unter dieser Entscheidungsheuristik überhaupt mehrere Agenten als Vertreter unterschiedlicher wissenschaftlicher Ansätze als die am häufigsten replizierten Agenten gelten (‘mult’), insgesamt kleiner als für die Situation ‘sing’ (Länge des Rechtecks). Ein Permutationstest auf bedingte Unabhängigkeit zwischen den Variablen Koordinationsresultate und Struktur der erzeugten Evidenz (‘sing’, ‘mult’) ermittelt für die Parameterausprägung  $\tau = .5$  einen Wert der Chi-Quadrat-Statistik von 40.8656 bei einem p-Wert  $< 2.2e - 16$  und für die Parameterausprägung  $\tau = .1$  einen Wert von 63.097 mit  $p < 2.2e - 16$ , so dass die Nullhypothese, dass die Variablen unabhängig sind, für beide Parameterausprägungen von  $\tau$  mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von kleiner .1% abgelehnt werden kann.

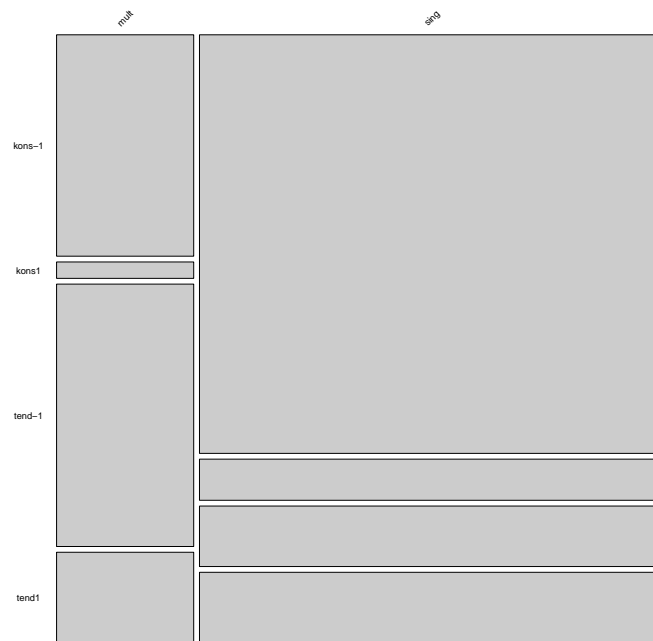


Abbildung 36: Evidenzheuristik: Mosaikplot ( $\tau = .5$ ) für unterschiedliche Koordinationsresultate (kons-1, tend-1, tend1, kons1) und Struktur der erzeugten Evidenz (mult, sing) zum Ende der Laufzeit ( $t = 120$ ).

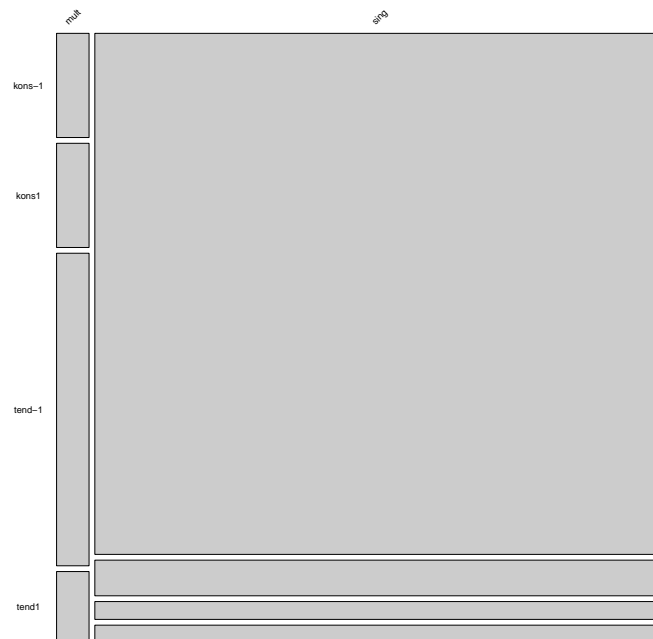


Abbildung 37: Evidenzheuristik: Mosaikplot ( $\tau = .1$ ) für unterschiedliche Koordinationsresultate (kons-1, tend-1, tend1, kons1) und Struktur der erzeugten Evidenz (mult, sing) zum Ende der Laufzeit ( $t = 120$ ).

## 14.4 Zusammenfassung der explorativen Analyse der Mesoebene

Allen hier untersuchten Entscheidungsheuristiken liegt die Annahme zugrunde, dass Agenten, sobald sie sich aufgrund ihrer Präferenz für Erkenntnisstreben und ihrer überdurch-

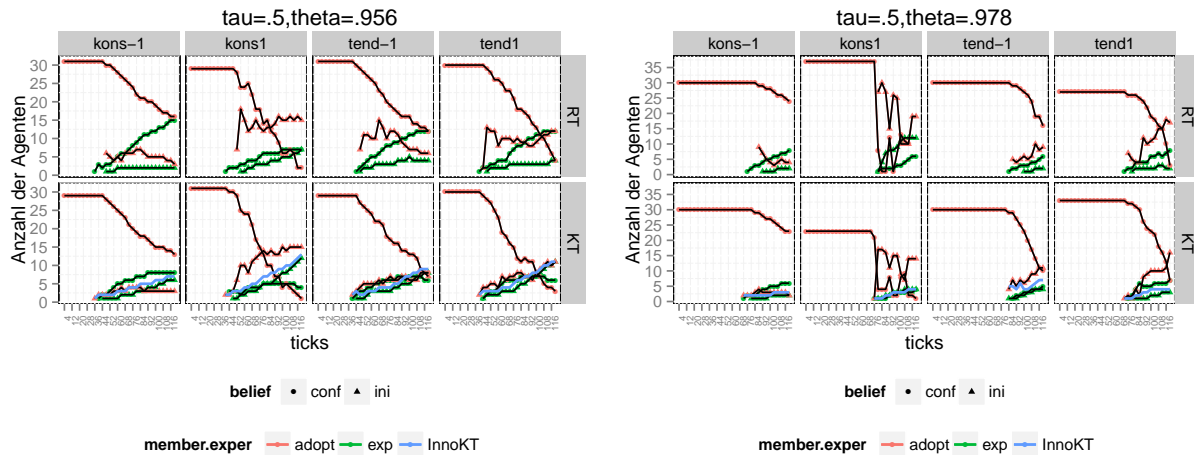


Abbildung 38: Evidenzheuristik: Mittlere Anzahl der Agenten (bei  $\tau = .5$  und differenziert nach  $\theta$ ) mit jeweiligem wissenschaftlichen Ansatz (conf ( $b = -1$ ), ini ( $b = 1$ )) und Status (Experimentator oder Adopter) über die Zeit nach Agententyp (KT, RT) und Resultat des Koordinationsergebnisses. Zusätzlich eingezeichnet ist die Anzahl der Innovatoren vom Typ KT (InnoKT).

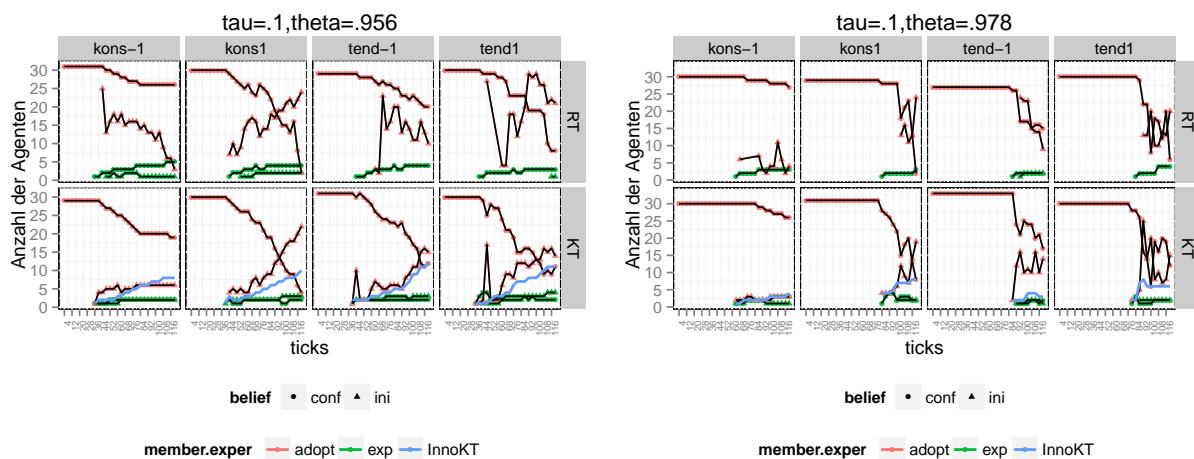


Abbildung 39: Evidenzheuristik: Mittlere Anzahl der Agenten (bei  $\tau = .1$ ) und differenziert nach  $\theta$  mit jeweiligem wissenschaftlichen Ansatz (conf ( $b = -1$ ), ini ( $b = 1$ )) und Status (Experimentator oder Adopter) über die Zeit nach Agententyp (KT, RT) und Resultat des Koordinationsergebnisses. Zusätzlich eingezeichnet ist die Anzahl der Innovatoren vom Typ KT (InnoKT).

schnittlich hohen Produktivität als Innovatoren oder allein aufgrund ihrer überdurchschnittlich hohen Produktivität als Experimentatoren qualifiziert haben, ihrem vertretenen wissenschaftlichen Ansatz verpflichtet bleiben und selbigen über den Simulations-

zeitraum nicht mehr ändern. Die Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren mit einer unterdurchschnittlich hohen Forschungsproduktivität, d.h. die adaptierenden Agenten, unterscheiden sich im Hinblick auf ihre motivationale Struktur: Neben primär Erkenntnis getriebenen Wissenschaftlern (Typ KT) wird angenommen, dass sich eine wissenschaftliche Gemeinde auch immer dadurch auszeichnet, dass Wissenschaftler existieren, die primär an Reputation interessiert sind (Agenten vom Typ RT).

In diesen Annahmen spiegelt sich das im Wesentlichen durch die Soziale naturalisierte Epistemologie formulierte Argument wider, dass Wissenschaftler einer bestimmten motivationalen und kognitiven Disposition unterliegen, die ihr Agieren als Wissenschaftler beeinflusst (vgl. Abschnitt 6). Insbesondere werden hier die unterschiedlichen Präferenzen und die innere Verpflichtung einiger Wissenschaftler für den von ihnen vertretenen wissenschaftlichen Ansatz abgebildet, was beispielsweise bei KITCHER (1993) nicht nur für das Entstehen neuer Ansätze bzw. wissenschaftlicher Debatten verantwortlich ist, sondern bei SOLOMON (1992) insbesondere auch für die Durchsetzung wissenschaftlicher Ansätze mit zunächst gegenteiliger Evidenz.

Das wesentliche Differenzierungskriterium in der Simulationsanalyse besteht in den unterschiedlichen Entscheidungsheuristiken der adaptierenden Agenten. Die in der Konformitätsheuristik hinterlegte Risikofreude erkenntnisgetriebener Agenten und Risikoaversion reputationsorientierter Agenten repräsentiert ein typenspezifisches Konformitätsstreben, nach dem erkenntnisgetriebene Agenten Konformität mit den Innovatoren und reputationsorientierte Agenten Konformität mit der Mehrheit verfolgen. Anders als bei BROCK UND DURLAUF (1999) streben die Agenten hier nicht nach Konformität mit dem durchschnittlichen Verhalten *aller* 'Leader' (in diesem Fall Experimentatoren / Innovatoren), sondern orientieren sich an ihrer eigenen Präferenzdisposition Erkenntnis bzw. Reputation. Es konnte gezeigt werden, dass durch das Konformitätsstreben dieser Agenten rapide, sprunghafte Anpassungsprozesse an einen neuen wissenschaftlichen Ansatz ausgelöst werden können, unter der Voraussetzung, dass ausreichend Innovatoren einerseits und imitierende, anpassungsbereite Agenten andererseits vorhanden sind.

Insbesondere stellt sich in der Konformitätsheuristik die Halbwertszeit wissenschaftlichen Wissens  $\theta$  als kritisch in der Herausbildung von wissenschaftlichen Innovationen dar. So ist eine Koordination auf  $b = 1$  –verbunden mit einem vergleichsweise hohen Anteil an Innovatoren von mindestens 15%– in der Regel nur bei einer hinreichend schnellen Entwertung wissenschaftlichen Wissens möglich (vgl. Tabelle 19 und 21). Eine *rasche* Anpassung an einen neuen wissenschaftlichen Ansatz wird durch das Ineinandergreifen mehrerer Parameter wissenschaftlicher Praktiken befördert: Insbesondere wenn die wissenschaftliche Gemeinde organisationaler Trägheit in der Zuweisung von Reputation ausgesetzt ist ( $(1 - \delta) \neq 0$ ), die Agenten sich gleichzeitig an den besten Performanzwerten zur Bestim-

mung ihres Anspruchsniveaus orientieren ( $\gamma = 1$ ) und eine vergleichsweise hohe Anzahl an anpassungsbereiten Agenten vorhanden ist, d.h. der Zugang zum Experimentatorenpool restringiert ist ( $\tau = .1$ ), kommt es zu einem sprunghaften Absinken und Ansteigen des Konformitätswertes zugunsten des neuen wissenschaftlichen Ansatzes. In der Interaktion der Parameter liegt aber nur eine mögliche Erklärung für die Durchsetzung einer wissenschaftlichen Innovation, da eine –wenn auch zögerliche– Koordination auf  $b = 1$  auch dann stattfinden kann, wenn keine organisationale Trägheit vorliegt und die Agenten ein niedrigeres Anspruchsniveau definieren.

Das in der Salienzheuristik hinterlegte Anpassungsverhalten derjenigen KT- und RT-Agenten, die nicht zur Gruppe der Experimentatoren oder Innovatoren gehören, ist so ausgestaltet, dass sich die Wissenschaftler ausschließlich an dem Status Quo in ihrer nächsten Umgebung orientieren. Dadurch, dass hier ein symmetrisches Kommunikationsverhalten vorliegt, d.h. eine gleiche Beeinflussung der Agenten untereinander, sind diese Agenten indifferent in Bezug darauf, welchen wissenschaftlichen Ansatz sie vertreten. Die motivationale oder kognitive Disposition spielt für die Gruppe der Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren in dieser Heuristik daher keine Rolle. Da in dem Modell von einem initialen Konsens auf  $b = -1$  ausgegangen wird, impliziert die Abhängigkeit vom Status-Quo der Durchsetzung der wissenschaftlichen Innovation starke Beharrungstendenzen zugunsten von  $b = -1$ . Es konnte gezeigt werden, dass Situationen, in denen es trotz wissenschaftlicher Innovation keine Abkehr vom Konsens über  $b = -1$  gibt, die Verbreitung der Innovation –abgebildet in einem linearen Funktionsverlauf– nur langsam zunimmt. Eine eher exponentielle Verbreitung der Innovation und damit tendenzielle Koordination auf  $b = 1$  (tend1) konnte insbesondere dann festgestellt werden, wenn die Population der *potenziellen* Innovatoren, d.h. KT-Agenten, initial größer ist als die der RT-Agenten (vgl. Abbildung 31).<sup>185</sup> Dieses Muster ist übereinstimmend mit dem Resultat von DAVID (1998), wonach in einem Netzwerk mit zwei möglichen, „absorbierenden Zuständen“, die Wahrscheinlichkeit, dass sich einer der beiden Zustände einstellt, abhängig ist von der Anfangsverteilung der wissenschaftlichen Überzeugungen der Agenten. Hierbei stellt sich unter einer finiten Anzahl von Agenten stets ein Konsens auf einen der beiden Zustände ein. Anders als bei DAVID (1998) und MARTINS (2010), die den sicheren Lock-in wissenschaftlicher Gemeinden auf einen wissenschaftlichen Ansatz über die Modellierung

---

<sup>185</sup>Im Hinblick auf die Parameter wissenschaftlicher Praktiken ist eine tendenzielle Koordination auf  $b = 1$  –verbunden mit einem vergleichsweise hohen Anteil an Innovatoren von mindestens 15%– nur bei einer hinreichend schnellen Entwertung wissenschaftlichen Wissens möglich (vgl. Tabelle 27 und 31), wenn eine vergleichsweise hohe Anzahl an anpassungsbereiten Agenten vorhanden ist, d.h. der Zugang zum Experimentatorenpool restringiert ist ( $\tau = .1$ ) und sich die Agenten gleichzeitig an den besten Performanzwerten zur Bestimmung ihres Anspruchsniveaus orientieren ( $\gamma = 1$ ). Im Unterschied zur Konformitätshuristik spielt der Grad der organisationalen Trägheit in dieser Entscheidungsheuristik keine Rolle.

neu hinzukommender Agenten (mit zufallsverteilten wissenschaftlichen Überzeugungen) auflösen, wurden in dem vorliegenden Modell Innovatoren und Experimentatoren als meinungsbeharrende Agenten eingeführt, die das Aufrechterhalten unterschiedlicher wissenschaftlicher Ansätze und damit Dissenssituationen innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinde ermöglichen.

Mit der Evidenzheuristik wurde schließlich ein Entscheidungsverhalten modelliert, in dem sich die Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren unabhängig von ihrer motivationalen Disposition (versus Konformitätsheuristik) und unabhängig von ihrem unmittelbaren wissenschaftlichen Umfeld (versus Salienzheuristik) an der tatsächlich erzeugten Evidenz in ihrer wissenschaftlichen Gemeinde orientieren. Dementsprechend zeigte sich auch hier nicht die *Anzahl* der Experimentatoren als relevant in der Herausbildung unterschiedlicher Koordinationsresultate, sondern die Verteilung der vertretenen wissenschaftlichen Ansätze innerhalb des Experimentatorenpools. Eine hohe Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool ( $\tau = .5$ ) zeigte dabei insbesondere eine Tendenz der wissenschaftlichen Gemeinde an, im Dissens zu verharren. Wenngleich die Herausbildung von Konsenslösungen auf den neuen wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  in der Evidenzheuristik –anders als in den anderen Entscheidungsheuristiken– nicht mehr bedingt ist durch eine kurze Halbwertszeit wissenschaftlichen Wissens ( $\theta = .956$ ), so zeigt sich, dass dieses Koordinationsresultat dennoch vornehmlich unter  $\theta = .956$  resultiert und insbesondere unter  $\theta = .978$  eine hohe Strebsamkeit der Agenten ( $\gamma = 1$ ) voraussetzt.



## 15 Makroebene: Explorative Analyse

### 15.1 Vorgehen und Bewertungsmaßstab

In der explorativen Sicht auf die Makroebene werden abschließend die resultierenden Koordinationsergebnisse bzw. Ergebniskategorien für die unterschiedlichen Entscheidungsheuristiken betrachtet. Hierbei werden nicht nur –wie den vorangegangenen Abschnitten– die reinen Entscheidungsheuristiken (confK.confR, salK.salR, expK.expR) betrachtet, sondern auch die Kombinationen der unterschiedlichen Heuristiken, um möglicherweise verstärkende oder dämpfende Effekte zwischen einzelnen Heuristiken zu identifizieren. Damit liegen den folgenden Auswertungen mit den Faktorausprägungen  $\theta = \{.956; .978\}$ ,  $\gamma = \{0; 1\}$ ,  $\delta = \{.25; .5; 1\}$  und  $\tau = \{.1; .5\}$  24 Parameterkombinationen zugrunde, so dass bei je 30 Wiederholungen je Faktorkombination und  $3 * 3$  möglichen Kombinationen der Entscheidungsheuristiken als Ausgangsbasis grundsätzlich 6480 Simulationsläufe zur Verfügung stehen. Da allerdings nicht in allen Simulationsläufen wissenschaftliche Innovationen initiiert wurden und damit kein Wettbewerb experimenteller Evidenz ausgelöst wurde, können die Resultate einiger Simulationsläufe nicht nach mehrheitlich erzeugter Evidenz klassifiziert werden. Dementsprechend wurden insgesamt 704 Simulationsläufe ohne Evidenz ausgeklammert.<sup>186</sup>

Anknüpfend an die Überlegungen in Abschnitt 12.6 werden in einem ersten Schritt die Ergebniskategorien auf individueller Ebene betrachtet, die mit den unterschiedlichen Entscheidungsheuristiken erreicht werden (Tabelle 39 und 40). In einem zweiten Schritt werden die Entscheidungsheuristiken unter dem Aspekt betrachtet, welche Ergebniskategorien mit bestimmten Koordinationsergebnissen auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde (kons-1, tend-1, tend1, kons1) einhergehen (vgl. Tabelle 41 und 42 sowie Abbildung 40).

Im Zuge dessen wird die in Abschnitt 12.6.2 formulierte Frage aufgenommen, wie eine Bewertung des Resultats auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde erfolgen kann. Es wurde argumentiert, dass Koordinationsergebnisse im Konsens nicht generell denjenigen im Dissens überlegen sind. Aus diesem Grund wird hier der Ansatz verfolgt, *innerhalb* der Entscheidungsheuristiken für die jeweiligen Koordinationsergebnisse (kons-1, tend-1, usw.) zu prüfen, inwieweit Ergebniskategorien erreicht werden, die auch der am häufigsten replizierten experimentellen Evidenz entsprechen, d.h. mit welcher Häufigkeit insgesamt die Ergebniskategorien ‘right.min’ und ‘right.maj’ bei Konsensresultaten oder ‘right.atrend’ und ‘right.wtrend’ bei Dissensresultaten erreicht werden. Diesem Vorgehen liegt die Überlegung zugrunde, dass eine wissenschaftliche Gemeinde als soziales Gefüge einerseits grundsätzlich bestrebt ist, dass die (tendenzielle) Mehrheit der Wissenschaftler den wissenschaftlichen Ansatz vertritt, für den auch experimentelle Evidenz vorliegt

<sup>186</sup>Die Simulationsläufe ohne Evidenz erstrecken sich dabei über alle Entscheidungsheuristiken.

(‘right.maj’ bei einem Konsens bzw. ‘right.wtrend’ bei einem tendenziellen Konsens), andererseits eine wissenschaftliche Gemeinde in dem Bewusstsein, dass die erzeugte Evidenz keine abschließende Wahrheit darstellt und eine gegenteilige Evidenz ebenso gerechtfertigt sein *könnte*, auch stets ein Interesse daran hat, dass Fälle (respektive Simulationsläufe) möglich sind, in denen einige Agenten einen ebensolchen gegenteiligen wissenschaftlichen Ansatz vertreten (‘right.min’ bzw. ‘right.atrend’). Koordiniert sich eine wissenschaftliche Gemeinde mit einer Entscheidungsheuristik stets auf einen Konsens, der durch experimentelle Evidenz gestützt ist (‘right.maj’) und erzeugt niemals gegenteilige Evidenz mit der Möglichkeit, dass Agenten eben diesen Ansatz gegen die Mehrheit vertreten (‘right.min’), so kann ein solcher Konsens als Lock-in interpretiert werden. Eine Interpretation als Lock-in beschränkt sich allerdings auf Resultate im Konsens; eine Koordination im Dissens mit nur einer tendenziellen Koordination weist per definitionem die Möglichkeit auf, dass noch ein anderes Koordinationsresultat erreicht werden *kann*. Damit ist *ein möglicher* Bewertungsmaßstab definiert, vor dessen Hintergrund die folgende explorative Analyse der Makroebene vorgenommen wird.

## 15.2 Ergebniskategorien in den Entscheidungsheuristiken

*Innerhalb* der ersten Gruppe von Heuristiken in Kombination mit confK zeigen sich Ergebnisse in der Kategorie ‘right.wtrend’ als dominant, d.h. am häufigsten treten unter Anwendung dieser Heuristik Fälle auf, in denen sich die Agenten auf den tendenziell mehrheitlich angenommenen und am häufigsten replizierten wissenschaftlichen Ansatz koordinieren. *Insgesamt* jedoch werden mit der Konformitätsheuristik weniger Fälle erreicht, die in einem Ergebnis münden, das der am häufigsten replizierten Evidenz entspricht; die right.Kategorien machen hier nur 56 – 65% der Fälle aus, während andere Heuristiken unter expK und salK einen Wert von 71 – 79% erreichen (vgl. die letzte Spalte in Tabelle 39). Die Konformitätsheuristik ist insgesamt durch einen relativ hohen Anteil an Dissenssituationen gekennzeichnet (65 – 75%) und führt darüber hinaus zu einem im Vergleich mit anderen Entscheidungsheuristiken hohen Anteil an Agenten, die einen wissenschaftlichen Ansatz vertreten, der nicht der am häufigsten replizierten Evidenz entspricht; die relative Häufigkeit ‘wrong.atrend’ ist für die Konformitätsstrategie mit 15 – 21% höher als für die anderen Strategien, in denen der Wert bei 1 – 7% liegt. Die Tendenz zu Dissens und eine häufige Allokation der Agenten auf den evidenzgestützten (‘right.wtrend’) als auch nicht evidenzgestützten wissenschaftlichen Ansatz (‘wrong.atrend’) erklärt sich mit den hinterlegten Entscheidungsstrukturen der Heuristiken: Dadurch, dass KT-Agenten als Innovatoren und ggf. Experimentatoren auf ihrem neuen wissenschaftlichen Ansatz beharren und sich alle anderen KT-Agenten bei Nichterreichen ihres Anspruchsniveaus an die

Innovatoren anpassen, ist –unabhängig von der Heuristik der RT-Agenten– die Tendenz vorhanden, dass sich eine nennenswerte Anzahl an Agenten einem neuen wissenschaftlichen Ansatz zuwendet. Aus Meinungsbeharrung und einer deterministischen Anpassung an Innovatoren resultiert damit gleichzeitig die Möglichkeit, dass sich ein vergleichsweise hoher Anteil an Agenten herausbildet, der sich entgegen der Evidenz und der tendenziellen Koordination der Mehrheit entscheidet (*‘wrong.atrend’*).

Für die zweite Gruppe der Entscheidungsheuristiken, d.h. alle Fälle, in denen eine evidenzbasierte Entscheidungsregel für die KT-Agenten gilt (*expK* in Kombination mit *confR*, *expR* und *salR*), zeigt sich *innerhalb* der Heuristiken die Ergebniskategorie, dergemäß sich die Agenten dem mehrheitlich angenommenen und evidenzgestützten wissenschaftlichen Ansatz zuwenden (*‘right.maj’*), als dominantes Ergebnis. Darüber hinaus ist erwartungsgemäß festzuhalten, dass der Anteil der *right.*-Kategorien im Vergleich zu den anderen Entscheidungsheuristiken besonders stark frequentiert ist (76 – 81%). Aufgrund der im Vergleich zur Konformitätsheuristik geringen Anzahl von Dissensresultaten bezieht sich die evidenzgestützte Koordination (Ergebnisse in *right.*- Kategorien) im Wesentlichen auf Konsensresultate.

Auch in der letzten und dritten Gruppe der Entscheidungsheuristiken (*salK*) resultiert die Ergebniskategorie *‘richtig in der Mehrheit’* (*‘right.maj’*) am häufigsten. Auffällig ist hier insbesondere, dass unter der Entscheidungsheuristik *salK.confR* der insgesamt geringste Anteil an Dissensresultaten entsteht (8%). Eine mögliche Erklärung kann darin gesehen werden, dass die Konformitätsstrategie, die hier bei den RT-Agenten zur Anwendung kommt, die grundsätzlich selbstverstärkenden Effekte der Salienzstrategie, in der der Status-Quo den weiteren Anpassungsprozess bestimmt und bei ausbleibender Innovation selbiger zum Erliegen kommt, noch verstärkt. Da unter *salK.confR* die Anpassung der RT-Agenten nicht mehr an den Status-Quo gebunden ist, sondern an einen (absoluten) positiven Konformitätswert, gibt es kaum Möglichkeiten, dass die initiale Dominanz des vorherrschenden wissenschaftlichen Ansatzes aufgebrochen und damit überhaupt die Möglichkeit zu Dissenssituationen geschaffen wird.

Zusammengefasst zeigt sich in der Sicht auf die Ergebniskategorien, dass (1.) unter der Konformitätsheuristik der KT-Agenten ein hoher Anteil an Dissenssituationen resultiert, in denen überdurchschnittlich viele Agenten einen wissenschaftlichen Ansatz entgegen der am häufigsten replizierten experimentellen Evidenz vertreten. Unter der Heuristik, sich an der am häufigsten replizierten Evidenz zu orientieren, zeigt sich (2.) ein hoher Anteil an Agenten, die sich in entsprechenden *right.*-Kategorien wiederfinden, wobei dieser Anteil am höchsten ist, wenn sowohl KT- als auch RT-Agenten diese Heuristik nutzen (*confK.confR*). Schließlich ist die Salienzheuristik (3.) durch eine Entscheidungsstruktur gekennzeichnet, die sich ungeachtet der Evidenz auf den mehrheitlichen Status-Quo

stützt, was –wie erläutert– in der Kombination salK.confR zu einem geringen, in den Kombinationen salK.expR und salK.salR zu einem höheren Anteil an Dissenssituationen führt.

Ergänzt werden können die Überlegungen mit der Sicht auf die Verteilung der Ergebniskategorien *über* die unterschiedlichen Entscheidungsheuristiken. Tabelle 40 zeigt, welche Entscheidungsheuristiken sich in den jeweiligen Ergebniskategorien als dominant erweisen.

Während sich für *Konsenssituationen* das Ergebnis ‘right.maj’ in den Heuristiken expK und salK mit den entsprechenden Heuristiken der RT-Agenten als nahezu gleichverteilt zeigt, leisten die Entscheidungsheuristiken in Kombination mit confK hier nur einen unterdurchschnittlichen Beitrag (4 – 6%). Für die Ergebniskategorie ‘right.min’ (Minderheit, aber der Evidenz entsprechend), die insgesamt nur in 1% der Fälle auftritt, zeigt sich, dass diese insbesondere von Agenten mit der Heuristik salK.confR (25%) und der Heuristik salK.salR (23%) erreicht wird. Da diese Entscheidungsheuristiken –wie oben erläutert– nicht evidenzgetrieben sind, basiert dieses Ergebnis nicht auf intentionalen Entscheidungen der Agenten, sondern ist Ausfluss der (gegenseitigen) sozialen Beeinflussung. Selbiges Muster ergibt sich für die Ergebniskategorie ‘wrong.maj’, in der sich ebenfalls die Strategien salK.confR und salK.salR als dominant erweisen (26% bzw. 21%). Im Vergleich zu den anderen Entscheidungsheuristiken resultieren in den Salienz getriebenen Entscheidungsheuristiken (salK) häufiger Konsenssituationen, die dadurch geprägt sind, dass einige Agenten in der Minderheit den evidenzgestützten wissenschaftlichen Ansatz vertreten, während die Mehrheit der Agenten sich –aufgrund der selbstverstärkenden Effekte– auf den nicht evidenzgestützten Ansatz koordiniert (vgl. die relative Häufigkeit von ‘right.min’ und ‘wrong.maj’ über alle Entscheidungsheuristiken). Letzterer Effekt wird dann abgeschwächt, wenn die RT-Agenten eine evidenzgestützte Heuristik nutzen.

Für die Ergebniskategorien, die in Zusammenhang mit *Dissenssituationen* stehen, zeigt sich in den absoluten Fallzahlen, dass diese von der Entscheidungsheuristik confK in Kombination mit allen Heuristiken der Agenten vom Typ RT dominiert werden. Insbesondere ist auffällig, dass unter der Kombination confK.salR, ähnlich wie in den Konsensresultaten, häufig sowohl Ergebnisse in der Kategorie ‘right.atrend’ als auch in der Kategorie ‘wrong.wtrend’ erzeugt werden. Unter dieser Heuristik ist damit wieder die Möglichkeit gegeben, dass eine Minderheit von Agenten den Evidenz entsprechenden als auch eine Mehrheit von Agenten den nicht Evidenz entsprechenden wissenschaftlichen Ansatz vertritt. Hierin spiegelt sich nicht nur die für die Entscheidungsheuristik festgestellte ausgeprägte Tendenz zu Dissensresultaten wider, sondern mit der Häufigkeit von ‘wrong.wtrend’ auch der selbstverstärkende Effekt der Salienzstrategie. In der Ausprägung confK.expR spielt die Ergebniskategorie ‘wrong.wtrend’ hingegen keine große Rolle (9%). Eine mögliche Erklärung hierfür liegt darin, dass –anders als in der Heuristik confK.salR– die an Evidenz

Tabelle 39: Ergebniskategorien innerhalb der einzelnen Entscheidungsheuristiken basierend auf max. 720 Simulationsläufen.

Strategie nach Typ	Ergebniskategorien																									
	right.min		right.maj		wrong.maj		wrong.min		right.atrend		wrong.wtrend		right.wtrend		wrong.wtrend		wrong.atrend		Zeilensumme		Summe Dissens		Summe right.			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	$\sum N$	%	$\sum N$	%	$\sum N$	%
KT.adapt	RT.adapt																									
	confR	388	0.01	9.902	0.26	2.312	0.06	1.258	0.03	2.892	0.08	10.480	0.28	4.248	0.11	6.500	0.17	37.980	1	24.120	0.65	23.662	0.62			
	expR	263	0.01	10.110	0.26	1.357	0.04	1.410	0.04	1.857	0.05	12.772	0.33	2.463	0.06	7.988	0.21	38.220	1	25.080	0.66	25.002	0.65			
confK	salR	324	0.01	6.914	0.18	1.476	0.04	826	0.02	5.753	0.15	8.677	0.22	8.947	0.23	5.963	0.15	38.880	1	29.340	0.75	21.668	0.56			
	confR	216	0.01	27.904	0.71	1.164	0.03	3.236	0.08	2.016	0.05	1.032	0.03	3.444	0.09	468	0.01	39.480	1	6.960	0.18	31.168	0.79			
	expR	151	0.00	26.569	0.69	689	0.02	3.191	0.08	1.197	0.03	3.229	0.08	1.803	0.05	1.751	0.05	38.580	1	7.980	0.21	31.146	0.81			
expK	salR	151	0.00	22.018	0.58	689	0.02	3.062	0.08	2.072	0.05	4.479	0.12	3.028	0.08	2.481	0.07	37.980	1	12.060	0.32	28.720	0.76			
	confR	897	0.02	26.007	0.68	4.743	0.12	3.513	0.09	319	0.01	1.377	0.04	761	0.02	603	0.02	38.220	1	3.060	0.08	28.600	0.75			
	expR	406	0.01	23.342	0.61	1.934	0.05	3.058	0.08	1.218	0.03	4.144	0.11	1.962	0.05	2.276	0.06	38.340	1	9.600	0.25	29.110	0.76			
salK	salR	856	0.02	21.446	0.55	3.884	0.10	3.154	0.08	1.153	0.03	4.119	0.11	2.267	0.06	2.001	0.05	38.880	1	9.540	0.25	27.574	0.71			

$N$  = Anzahl der Agenten mit jeweiliger Ergebniskategorie am Ende der Laufzeit ( $t=120$ ) für je 30 Simulationsläufe ( $720 * 60$  Agenten = max. 43.200 Fälle je Handlungsstrategie). Differenzen zu den Zeilensummen sind dadurch bedingt, dass Simulationsläufe, in denen keine Evidenz erzeugt wurde, ausgeklammert wurden. confK, expK und salK bezeichnen die Entscheidungssituationen, die weiteren vier Spalten der Ergebniskategorien bezeichnen für Agenten vom Typ KT; confR, expR und salR gilt für die Agenten vom Typ RT. Die ersten vier Spalten der Ergebniskategorien bezeichnen Resultate in Konsenssituationen, die weiteren vier Spalten diejenigen der Dissenssituationen, wobei 'right.atrend' die Kategorie 'richtig gegen den Trend', 'right.wtrend' 'richtig mit dem Trend', 'wrong.wtrend' 'falsch mit dem Trend' und 'wrong.atrend' 'falsch gegen den Trend' bezeichnet (vgl. Abschnitt 12.6). Die Hypothese, dass die spezifischen Kombinationen der Entscheidungssituationen unabhängig von den Ergebniskategorien sind, kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $< .1\%$  abgelehnt werden ( $Chi^2 = 105702.5, df = 56, p - Wert < 2.2e - 16$ ).

orientierten RT-Agenten Tendenzen zu einer ‘falschen Mehrheit’ unterbinden. Allerdings vereint die Heuristik ebenfalls eine Vielzahl von Fällen in der Kategorie ‘wrong.atrend’ (27%). Dieses Resultat zeigt, dass sich vergleichsweise häufig Agenten für einen wissenschaftlichen Ansatz entscheiden, der weder die Mehrheit der wissenschaftlichen Gemeinde noch die experimentelle Evidenz repräsentiert. Eine mögliche Erklärung hierfür kann mit der kritischen Rolle, die die Entscheidungsheuristik `confK` spielt, angeführt werden. Die der Heuristik inhärente Meinungsbeharrung der KT-Innovatoren und die deterministische Imitation durch unzufriedene KT-Agenten führt regelmäßig zu einer Situation, in der entgegen der Evidenz entschieden wird. Diese widersprüchlichen Tendenzen innerhalb der Heuristik `confK.expR` spiegeln wider, dass die RT-Agenten in ihrer Orientierung an Evidenz die Tendenz zur ‘falschen Minderheit’ durch die deterministische Anpassung der KT-Agenten an Innovatoren andererseits verstärken.

### 15.3 Ergebniskategorien als soziale Wertkategorien

In einem zweiten Schritt werden nun die Entscheidungsheuristiken unter dem Aspekt betrachtet, wie sich die Ergebniskategorien auf die unterschiedlichen Koordinationsergebnisse (auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde) verteilen und dem hier zugrunde gelegten Bewertungsmaßstab entsprechen. Ein Mosaikplot eignet sich hier, um für alle Kombinationen der Entscheidungsheuristiken die Häufigkeiten darzustellen, mit denen die unterschiedlichen Ergebniskategorien in den jeweiligen Koordinationsresultaten (`kons-1,tend-1,tend1,kons1`) auftreten (vgl. Abbildung 40).<sup>187</sup> Die Betrachtung wird dabei zeilenweise vorgenommen, d.h. ausgehend von den Entscheidungsheuristiken der KT-Agenten wird der Einfluss der hinterlegten Entscheidungsheuristiken der RT-Agenten untersucht.

<sup>187</sup>Der Mosaikplot repräsentiert die Häufigkeiten aus entsprechenden Kontingenztabelle in einem relativen Vergleich; beispielhaft illustriert anhand des Panels der Entscheidungsheuristik `confK.confR`, bedeutet dies: Für die erste Spalte `kons-1` zeigt die Höhe des obersten Rechtecks an, wie wahrscheinlich es ist, dass unter `kons-1` ein Resultat ‘right.min’ erreicht wird. Dementsprechend ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Agenten unter `kons-1` ein Resultat ‘right.min’ erreichen, kleiner als unter der Situation, dass sich ein Konsens auf  $b = 1$  herausbildet (Höhe des Rechtecks). Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich unter dieser Entscheidungsheuristik überhaupt ein Konsens auf  $b = 1$  (`kons1`) herausbildet, insgesamt kleiner als für das Koordinationsergebnis `kons-1` (Länge des Rechtecks). Punkte mit durchgezogener horizontaler Linie zeigen leere Auswertungskategorien an; dies ist per definitionem gegeben für Konsenssituationen und die Resultate ‘right.atrend, right.wtrend, wrong.wtrend und wrong.atrend’ sowie vice versa für Dissenssituationen und die Resultate ‘right.min, right.maj, wrong.maj und wrong.min’. Punkte mit durchgezogener vertikaler Linie zeigen Kategorien an, die nicht besetzt sind (z.B. `tend-1` in der Heuristik `salK.confR`). Ein Permutationstest auf bedingte Unabhängigkeit zwischen den Variablen Ergebniskategorien und Koordinationsresultate innerhalb der einzelnen Entscheidungsheuristiken wurde aufgrund der per definitionem teilweise leeren Auswertungskategorien (siehe oben) getrennt für Koordinationsresultate in Konsens- und Dissenssituationen durchgeführt. Für die Dissensfälle wurde der Wert der Chi-Quadrat-Statistik 40.1268 mit einem p-Wert  $< 2.2e - 16$  ermittelt; analog zeigt sich für die Konsensfälle unter dem Wert 48.9513 mit  $p < 2.2e - 16$ , dass die Nullhypothese, dass die Variablen unabhängig sind, mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von kleiner .1% abgelehnt werden kann.

Tabelle 40: Ergebniskategorien verteilt über die einzelnen Entscheidungsheuristiken basierend auf max. 720 Simulationsläufen.

Strategie nach Typ		Ergebniskategorien																							
KT.adapt	RT.adapt	right.min			right.maj			wrong.maj			wrong.min			right.atrend			right.wtrend			wrong.wtrend			wrong.atrend		
		N	%		N	%		N	%		N	%		N	%		N	%		N	%		N	%	
	confR	388	0.11	9.902	0.06	2.312	0.13	1.258	0.06	2.892	0.16	10.480	0.21	4.248	0.15	6.500	0.22								
confK	expR	263	0.07	10.110	0.06	1.357	0.07	1.410	0.06	1.857	0.10	12.772	0.25	2.463	0.09	7.988	0.27								
	salR	324	0.09	6.914	0.04	1.476	0.08	826	0.04	5.753	0.31	8.677	0.17	8.947	0.31	5.963	0.20								
	confR	216	0.06	27.904	0.16	1.164	0.06	3.236	0.14	2.016	0.11	1.032	0.02	3.444	0.12	468	0.02								
expK	expR	151	0.04	26.569	0.15	689	0.04	3.191	0.14	1.197	0.06	3.229	0.06	1.803	0.06	1.751	0.06								
	salR	151	0.04	22.018	0.13	689	0.04	3.062	0.13	2.072	0.11	4.479	0.09	3.028	0.10	2.481	0.08								
	confR	897	0.25	26.007	0.15	4.743	0.26	3.513	0.15	319	0.02	1.377	0.03	761	0.03	603	0.02								
salK	expR	406	0.11	23.342	0.13	1.934	0.11	3.058	0.13	1.218	0.07	4.144	0.08	1.962	0.07	2.276	0.08								
	salR	856	0.23	21.446	0.12	3.884	0.21	3.154	0.14	1.153	0.06	4.119	0.08	2.267	0.08	2.001	0.07								
Spaltensumme	N und %	3.652	1	174.212	1	18.248	1	22.708	1	18.477	1	50.309	1	28.923	1	30.031	1								
% von	$\sum N = 346.560$		.001		.503		.053		.066		.053		.146		.083		.086								

N= Anzahl der Agenten mit jeweiliger Ergebniskategorie am Ende der Laufzeit (t=120) für je 30 Simulationsläufe (720 \* 60 Agenten \* 9 Handlungsstrategien = max. 388.800 Fälle). Die Differenz zur Spaltensumme ist dadurch bedingt, dass Simulationsläufe, in denen keine Evidenz erzeugt wurde, ausgeklammert wurden. Bezugsgröße für die Prozentwerte in der letzten Zeile sind damit die Anzahl der resultierenden Gesamtfälle (346.560). confK, expK und salK bezeichnen die Entscheidungsheuristiken Konformität, experimentelle Evidenz und Salienz für Agenten vom Typ KT; confR, expR und salR gilt für die Agenten vom Typ RT. Die ersten vier Spalten der Ergebniskategorien bezeichnen Resultate in Konsenssituationen, die weiteren vier Spalten diejenigen der Dissenssituationen, wobei 'right.atrend' die Kategorie 'richtig gegen den Trend', 'right.wtrend' 'richtig mit dem Trend', 'wrong.wtrend' 'falsch mit dem Trend' und 'wrong.atrend' 'falsch gegen den Trend' bezeichnet (vgl. Abschnitt 12.6).

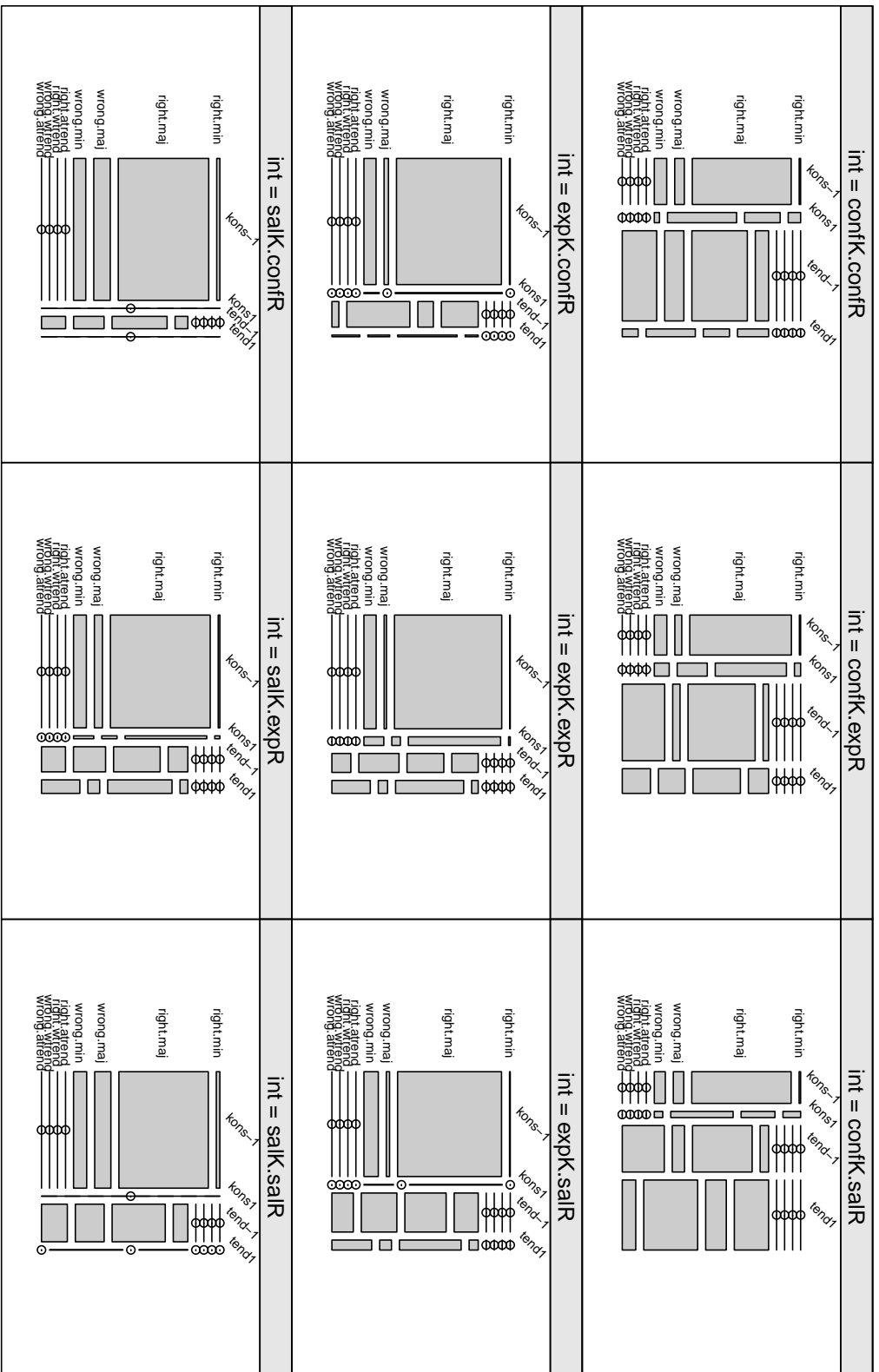


Abbildung 40: Mosaikplot der Simulationssäule nach Koordinatensegebnis, Ergebniskategorien und Heuristik. Anzahl der Beobachtungen  $\sum = 346.560$  über alle  $\theta \in \{.956; .978\}$ ,  $\delta \in \{.25; .5, 1\}$ ,  $\gamma \in \{0; 1\}$  und  $\tau \in \{.1; .5\}$  nach Koordinatensegebnis auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde (kons-1, kons1, tend-1, tend1) und Ergebniskategorien (right.min, right.maj, usw.) für unterschiedliche Kombinationen der Entscheidungsheuristiken.



### 15.3.1 Konformitätsheuristik der KT-Agenten

In der ersten Gruppe der Entscheidungsheuristiken in Kombination mit `confK` zeigt sich beginnend mit der Entscheidungsheuristik `confK.confR`, dass die Wahrscheinlichkeit, einer evidenzgestützten Ergebniskategorie zugeordnet zu sein (`'right.min'` und `'right.maj'` bei Konsensresultaten oder `'right.atrend'` und `'right.wtrend'` bei Dissensresultaten) am höchsten ist für das Koordinationsresultat `kons-1` (82%), gefolgt von `tend-1` (56%), `tend1` (46%) und `kons1` (39%) (vgl. Abbildung 40 und im Anhang die Tabellen 41 und 42). In der reinen Konformitätsstrategie sinkt damit der Anteil der Agenten in `right.`-Kategorien, je mehr die Bewegung weg von `kons-1` hin zu einer Koordination auf  $b = 1$  stattfindet. Dabei ist es am wahrscheinlichsten, dass sich die wissenschaftliche Gemeinde auf `tend-1` koordiniert (vgl. Abbildung 40).

Ganz ähnlich zeigt sich in der Heuristik `confK.salR`, dass die wissenschaftliche Gemeinde am häufigsten dazu neigt, sich auf `tend1` zu koordinieren, auch wenn dies nicht mit einem höchst möglichen Anteil evidenzgestützter vertretener wissenschaftlicher Ansätze einhergeht. Ausgehend von 82% `right.`-Kategorisierungen unter `kons-1` nimmt der Wert über `tend-1` (56%) und `tend1` (45%) ab bis hin zu einem Wert von 42% bei Koordination auf den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$ . Im Vergleich zu der reinen Konformitätsstrategie ist das am wahrscheinlichsten erzeugte Koordinationsergebnis (`tend1`) mit einem relativ geringeren Anteil an Agenten in `right.`-Kategorien verbunden; hier können nicht einmal in der Hälfte aller Fälle evidenzgestützte Ergebniskategorien erreicht werden.

Die Heuristik `confK.expR` ist dadurch gekennzeichnet, dass der höchste Anteil `right.`-Kategorien auch wieder bei `kons-1` liegt (84%), bei Loslösen von dem vorherrschenden Ansatz abnimmt (`tend-1` (59%) und `tend1` (56%)), dann unter `kons1` jedoch wieder zunimmt und einen Wert von 63% erreicht. Hier wird durch die evidenzbasierte Entscheidungsheuristik der RT-Agenten erreicht, dass eine Koordination auf `kons1` mit einem höheren Anteil von Agenten einhergeht, die tatsächlich den wissenschaftlichen Ansatz verfolgen, der durch experimentelle Evidenz gestützt ist. Jedoch stimmt auch hier das am häufigsten erreichte Koordinationsresultat `tend-1` nicht mit der Ergebniskategorie überein, die den größtmöglichen Anteil von Agenten mit einem Evidenz gestützten wissenschaftlichen Ansatz (`right.` Kategorien) hervorbringt.

In allen Kombinationen der Entscheidungsheuristiken mit `confK` forciert die deterministische Anpassung der KT-Imitatoren an Innovatoren eine Koordination im Dissens (`tend-1`, `tend1`), die insbesondere unter `tend-1` mit einer Vielzahl von Fällen in `'wrong.atrend'` einhergeht (vgl. die oberen drei Panels in Abb. 40). Hierfür verantwortlich sind die KT-Agenten, die als Innovatoren oder als nach Konformität mit den Innovatoren strebende Imitatoren ungeachtet der Evidenz und der Entscheidungen der anderen Agenten den wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  vertreten.

Über die hier generell resultierende Tendenz zu Dissensresultaten hinaus ist erstens festzuhalten, dass die Heuristik `confK.salR` eher eine tendenzielle Koordination auf  $b = 1$  erzeugt, während die Entscheidungsheuristiken `confK.confR` und `confK.expR` eher ein Verharren auf  $b = -1$  (`tend-1`) forcieren. Dabei geht eine tendenzielle Koordination auf  $b = 1$  unter `confK.salR` mit einer im Vergleich zum initialen Konsens auf  $b = -1$  hohen Anzahl von Fällen einher, in denen Agenten einen Ansatz entgegen der am häufigsten replizierten Evidenz vertreten (`wrong.wtrend` und `wrong.atrend`), d.h. die deterministische Anpassung der KT-Agenten *und* die Orientierung am Verbreitungsgrad durch die anpassenden RT-Agenten forciert überdurchschnittlich häufig die Verbreitung der wissenschaftlichen Innovation und erzeugt einen tendenziellen Konsens auf diese, obgleich selbige nicht durch experimentelle Evidenz bestätigt wird. Gleichzeitig ist in unter `confK.salR` bei `tend1` eine im Vergleich zu allen anderen Entscheidungsheuristiken hohe Anzahl von Fällen zu verzeichnen, in denen Agenten entgegen der Tendenz auf die wissenschaftliche Innovation den evidenzgestützten, initialen Ansatz  $b = -1$  vertreten (`right.atrend`). In der Hauptsache handelt es sich hierbei um Experimentatoren und Agenten vom Typ RT, die bei Nicht-Erreichen ihres Anspruchsniveaus auf diese Experimentatoren referenzieren, wenn diese räumlich am nächsten sind. Die Meinungsbeharrung der Experimentatoren ist damit insofern hilfreich, als sie vermeidet, dass durch die Meinungsbeharrung der KT-Innovatoren und Imitatoren und die soziale Einflussnahme bei anpassenden RT-Agenten ein Lock-in auf einen wissenschaftlichen Konsens erzeugt wird, der nicht durch entsprechende Evidenz gestützt wird.

Zweitens zeigt der Mosaikplot für den Fall, dass sich ein Konsens auf  $b = 1$  herausbildet, dieser insbesondere unter `confK.confR` und `confK.salR` durch eine hohe Anzahl von Fällen charakterisiert ist, in denen nicht Evidenz entsprechende Ergebniskategorien erreicht werden (`wrong.maj` und `wrong.min`). Die evidenzbasierte Entscheidungsheuristik der RT-Agenten (`confK.expR`) zeigt dagegen insofern einen korrigierenden Einfluss, als der Anteil der evidenzgestützten Ergebniskategorien hier höher ist als in den durch Konformitätsstreben und sozialer Beeinflussung gekennzeichneten Heuristiken der RT-Agenten (vgl. den Anteil `right.min` und `right.maj` unter `kons1` in den oberen Panels in Abb. 40).

### 15.3.2 Evidenzheuristik der KT-Agenten

Bei der Gruppe der evidenzbasierten Entscheidungsheuristiken (`expK` in Kombination mit den jeweiligen Heuristiken der RT-Agenten) bestätigt sich die Tendenz, dass sich die Anzahl der Fälle erhöht, in denen Agenten dem wissenschaftlichen Ansatz folgen, der auch der am häufigsten replizierten Evidenz entspricht. Dies gilt nicht nur bei Koordination auf den initial vorherrschenden wissenschaftlichen Ansatz  $b = -1$ , sondern auch bei (tendenzieller) Koordination auf  $b = 1$  (vgl. die `right.`-Kategorien in den mittleren Panels

von Abb.40). Konkret zeigt sich ausgehend von kons-1 über tend-1, tend1 hin zu kons1, dass der Anteil der evidenzbasierten Kategorien zwar in der Regel noch unter Konsens von  $b = -1$  am höchsten ist, das Konsensergebnis  $b = 1$  (kons1) jedoch mit einem im Vergleich zu den anderen Entscheidungsheuristiken hohen Anteil an Agenten verknüpft ist, die einem wissenschaftlichen Ansatz folgen, der durch Evidenz gestützt ist. Zusammengefasst ergibt sich folgende Reihung evidenzbasierter Häufigkeiten in den unterschiedlichen Kombinationen der Evidenzheuristik:

- expK.expR: 88%, 52%, 61%, 76% (kons-1, tend-1, tend1, kons1)
- expK.confR: 87%, 43%, 60%, 88% (dito)
- expK.salR: 86%, 53%, 57%, 76% (dito)

Über die generelle Tendenz zu evidenzgestützten Ergebniskategorien hinaus ist insbesondere die Ausprägung expK.confR durch eine relativ kleinere Anzahl von Simulationsläufen gekennzeichnet, die in einem Dissens münden. Ergebniskategorien innerhalb von Dissensresultaten (insb. tend-1) mit einer Mehrheit von Agenten, die einen evidenzentsprechenden wissenschaftlichen Ansatz vertreten, resultieren nur in unterdurchschnittlich wenigen Fällen, wie anhand der relativen Häufigkeit von 'right.min' und 'right.maj' innerhalb von tend-1 zu erkennen. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass experimentelle Evidenz, die der Orientierung anpassender KT-Agenten dient, zwar in einigen Fällen für den neuen wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  erzeugt wird, diese erzeugte Evidenz, wie anhand der geringen relativen Häufigkeiten im Panel expK.confR in Abb.40 zu erkennen, dann aber nicht ausreichend ist, um eine für eine Anpassung der RT-Agenten notwendige Mehrheit für den neuen wissenschaftlichen Ansatz herzustellen. Gleichzeitig weist das Koordinationsresultat tend-1 hier einen im Vergleich zum Koordinationsergebnis kons-1 hohen Anteil an Fällen auf, in denen Agenten entsprechend der tendenziellen Mehrheit den wissenschaftlichen Ansatz  $b = -1$  vertreten, obgleich die am häufigsten replizierte Evidenz dem Ansatz  $b = 1$  gilt ('wong.wtrend'). In diesem Fall stellt sich das Konformitätsstreben der anpassenden RT-Agenten, so keine Mehrheit durch hinreichend Innovatoren und an Evidenz für  $b = 1$  orientierter, anpassender KT-Agenten erzeugt wird, der Erzielung anderer Koordinationsresultate, in denen eine vergleichbar hohe Anzahl von Ergebniskategorien entsprechend der Evidenz erreicht werden kann, als hinderlich dar.

Auch für die Entscheidungsheuristik expK.expR und expK.salR resultiert überdurchschnittlich häufig ein Verharren auf dem bestehenden Konsens, welches in Ermangelung hinreichend vieler Innovatoren bei gleichzeitig möglicher Evidenzerzeugung für  $b = -1$  durch Experimentatoren noch verstärkt wird. Die Entscheidungsheuristiken befördern aber insofern ein rationales Entscheidungsverhalten, als die Agenten unter kons-1 in der

Mehrheit der Fälle einen wissenschaftlichen Ansatz entsprechend der Evidenz vertreten ('right.maj'). Auch in den Koordinationsergebnissen, die durch einen höheren Anteil an Innovatoren eine Ablösung vom initialen Konsens ermöglichen (vgl. Abschnitt 14.3.2), spiegelt sich das rationale Verhalten der Agenten insofern wider, als in den Dissensresultaten angezeigt wird, dass eine Orientierung an beiden wissenschaftlichen Ansätzen möglich ist und damit eine relativ höhere Anzahl von Fällen in den Kategorien 'right.atrend' resultiert, bis schließlich die Konsensbildung auf den neuen wissenschaftlichen Ansatz  $b = 1$  wieder einen zur Ausgangssituation (kons-1) vergleichbar hohen Anteil an Agenten in der Kategorie 'right.maj' erzeugt (vgl. Abb.40).

Die Ergebnisse zu den Handlungsstrategien in Verbindung mit expK sind allerdings auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass die Fälle, in denen sich eine Koordination auf  $b = 1$  entwickelt, vergleichsweise gering sind. In den Ausprägungen expK.confR sowie expK.salR kann eine Koordination auf  $b = 1$  insofern als Lock-in interpretiert werden, als hier lediglich die Ergebniskategorien 'right.maj' und 'wrong.min' erreicht werden, d.h. in diesen Entscheidungsheuristiken keine Simulationsläufe existieren, in denen eine am häufigsten replizierte Evidenz für  $b = -1$  erreicht werden kann (vgl. Tabelle 41 im Anhang). In diesem Ergebnis spiegelt sich die in den Heuristiken hinterlegte Entscheidungsstruktur wider: Sobald durch die Innovatoren eine Koordination auf  $b = 1$  einsetzt, verstärkt das Konformitätsstreben der RT-Agenten (expK.confR) und die evidenzunabhängige Orientierung am Status-Quo (expK.salR) die Koordination auf  $b = 1$ .

### 15.3.3 Salienzheuristik der KT-Agenten

Für die dritte Gruppe von Entscheidungsheuristiken in Kombination mit salK zeigt sich zunächst in der Heuristik salK.salR, dass der höchste Anteil right.-Kategorien auch wieder bei kons-1 liegt (76%) und bei Loslösen von dem vorherrschenden Ansatz immer weiter abnimmt (tend-1 (55%) und tend1 (40%)), wobei letzteres Koordinationsergebnis nur von einem Simulationslauf erzeugt wird (vgl. Abbildung 40). Eine durch Evidenz gestützte Konsensbildung auf  $b = 1$  wird aufgrund der Orientierung an der bestehenden Mehrheit in der Entscheidungsheuristik nicht erreicht.<sup>188</sup> Dieser Effekt verstärkt sich noch, wenn die RT-Agenten die Konformitätsstrategie anwenden: In der Kombination salK.confR werden nur kons-1 und tend-1 Ergebnisse erzeugt, mit jeweils 77% bzw. 55% der Agenten, deren Ergebniskategorie der Evidenz entspricht. Für die Entscheidungsheuristik salK.expR lässt sich –wie auch bei den anderen evidenzbasierten Heuristiken– wieder eine Korrektur in Richtung der evidenzbasierten Ergebniskategorien durch die RT-Agenten feststellen.

<sup>188</sup>Die in Abschnitt 14.2 identifizierten Koordinationsergebnisse kons1 basieren damit auf Anpassungsprozessen, die durch die Existenz von Innovatoren und selbstverstärkenden Effekten in der Entscheidungsheuristik bedingt sind, die –wie hier deutlich wird– jedoch nicht durch entsprechende Evidenz gestützt sind.

Ausgehend von dem Koordinationsresultat kons-1 (83%) nimmt der Anteil an Agenten in right.-Kategorien ab (tend-1 (54%) und tend1 (59%)), bevor er im Koordinationsergebnis kons1 wieder ansteigt (71%).

Insgesamt ist unter Vorausgabe der Heuristik salK.confR die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein anderes Koordinationsresultat als der initiale Konsens  $b = -1$  herausbildet, im Vergleich zu allen anderen Entscheidungsheuristiken am geringsten. Wie auch in den anderen Heuristiken resultieren hierin am häufigsten Ergebniskategorien ‘right.maj’, auch wenn in einigen Fällen die am häufigsten replizierte Evidenz der Innovation  $b = 1$  gilt (abgebildet in den Ergebniskategorien ‘right.min’ und ‘wrong.maj’). Findet eine Ablösung von  $b = -1$  statt (tend-1), nimmt die Anzahl der Fälle, in denen Evidenz auch für  $b = 1$  erzeugt wird, zu. Dementsprechend steigt auch die Anzahl der Fälle, in denen Agenten – unabhängig von den sich herausbildenden tendenziellen Mehrheitsverhältnissen – einen wissenschaftlichen Ansatz entgegen der Evidenz vertreten (‘right.min’, ‘wrong.wtrend’ bzw. ‘wrong.atrend’). Insgesamt zeigt sich anhand der Höhe der Rechtecke ‘right.min’ und ‘wrong.maj’, dass Evidenz für die wissenschaftliche Innovation  $b = 1$  im Dissens tend-1 zwar in einigen Fällen mehr als in kons-1 erzeugt wird, die Orientierung der anpassenden KT-Agenten am Status-Quo, d.h. hier mehrheitlich an  $b = -1$ , als auch das risikoaverse Anpassungsverhalten der RT-Agenten keine weitere Durchsetzung der wissenschaftlichen Innovation zulassen.<sup>189</sup>

In der Darstellung der erzielten Ergebniskategorien auf der Makroebene wird deutlich, dass die hinterlegten Entscheidungsheuristiken für die jeweiligen Agententypen KT und RT einen Einfluss darauf haben, welche Ergebniskategorien und Koordinationsresultate erzielt werden. Wie für alle Entscheidungsheuristiken deutlich wurde, spielen insbesondere die Experimentatoren und Innovatoren eine besondere Rolle, deren Existenz eine Ablösung von dem vorherrschenden wissenschaftlichen Ansatz  $b = -1$  überhaupt ermöglicht. Die Größe des Experimentatorenpools wurde über die Durchlässigkeit zu selbigem mit dem Parameter  $\tau$  modelliert. Abbildung 41 stellt entsprechend den Einfluss der Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool auf die Ausgestaltung der Ergebnisse auf der Makroebene, d.h. die Koordinationsresultate kons-1, kons1, tend-1, tend1, dar. Erkennbar ist zunächst auch hier der –durch die deterministische Anpassung der KT-Agenten– hohe Anteil an Dissenssituationen unter der Entscheidungsheuristik confK zulasten der Ergebniskategorie ‘kons-1’. Die geringste Veränderung von der Ausgangssituation ‘kons-1’ zeigt sich auch hier in der Entscheidungsheuristik salK.confR; die Anzahl an KT-Innovatoren ist zu gering, um eine ‘Ansteckung’ weiterer KT-Imitatoren zu erreichen, die ausreicht, um auch risikoaverse RT-Agenten zu einer Anpassung an  $b = 1$  zu bewegen. Im Hinblick

<sup>189</sup>Die Interpretation der Entscheidungsheuristik salK.expR ist identisch zur oben diskutierten Heuristik expK.salR, da die Regeln der Handlungsanpassung in diesem Fall –anders als in der typenspezifischen Konformitätsheuristik– für beide Agententypen identisch sind.

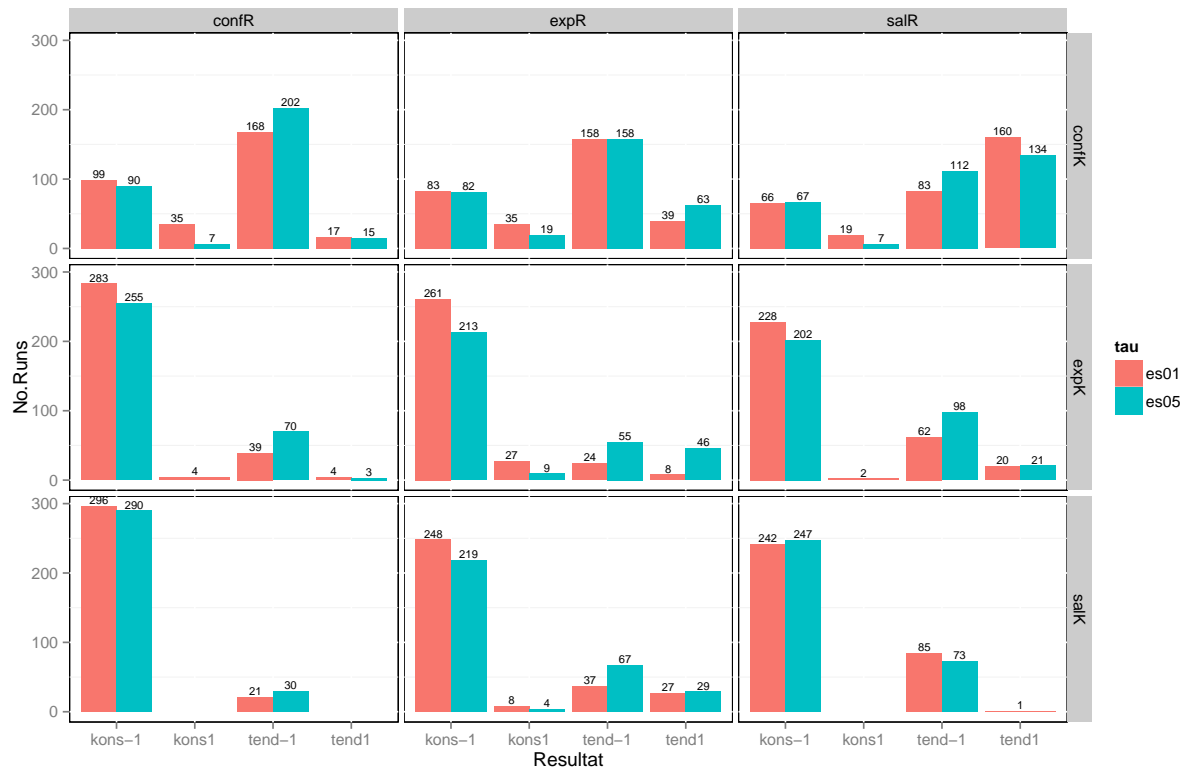


Abbildung 41: Verteilung der Simulationsläufe nach Koordinationsergebnissen und Heuristiken. Anzahl der Simulationsläufe ( $\sum = 5776$ ) über alle  $\theta \in \{.956; .978\}$ ,  $\delta \in \{.25; .5, 1\}$  und  $\gamma \in \{0; 1\}$  nach Koordinationsergebnis auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde (kons-1, kons1, tend-1, tend1) für unterschiedliche Kombinationen der Entscheidungsheuristiken. Gegenübergestellt sind die Ergebnisse für variierende Grade der Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool ( $\tau = .1$  (es01),  $\tau = .5$  (es05)).

auf die unterschiedliche Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool ist erkennbar, dass ‘kons1’-Situationen eher durch einen Experimentatorenpool erreicht werden, der sich aus denjenigen Agenten rekrutiert, die zu den 10% der produktivsten Agenten ( $\tau = .1(es01)$ ) gehören. Mit Ausnahme von salK.salR ist ein weniger restriktiver Experimentatorenpool ( $\tau = .5(es05)$ ) mit einer höheren Anzahl von Simulationsläufen verbunden, die eine Dissenssituation mit Beharrungstendenz (‘tend-1’) hervorbringen. In den Fällen mit  $\tau = .5$  ist –wie bereits in der Mesoanalyse gezeigt– eine häufigere Ablösung vom bestehenden wissenschaftlichen Ansatz möglich, was sich in der relativ kleineren Anzahl von Simulationsläufen mit kons-1 widerspiegelt; die Ablösung wirkt sich aber nicht so weit aus, als dass sich kons1 Resultate einstellen würden.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Innovatoren und die Experimentatoren mit ihrem jeweils vertretenen wissenschaftlichen Ansatz eine kritische Rolle bei der Initiierung und in der Anfangsphase einer wissenschaftlichen Innovation spielen, sie aber aufgrund ihrer Meinungsbeharrung bzw. hohen Verpflichtung gegenüber ihrem wissenschaftlichen Ansatz bei zunehmender Größe des Innovatoren- und Experimentatorenpools einer weiteren Durchsetzung der wissenschaftlichen Innovation hinderlich sein können.

## 15.4 Zusammenfassung der explorativen Analyse der Makroebene

In der Gegenüberstellung der Entscheidungsheuristiken mit den jeweiligen Ergebniskategorien konnte gezeigt werden, dass mit Entscheidungsheuristiken, die sich an experimenteller Evidenz orientieren, grundsätzlich häufiger als in den anderen Entscheidungsheuristiken Ergebniskategorien erreicht werden, die eben dieser Evidenz entsprechen. Die Entscheidungsheuristik Konformität mit dem ihr inhärenten Konformitätsstreben imitierender KT-Agenten und Risikoaversion imitierender RT-Agenten forciert, wie erwartet, Ergebnisse, die als Dissens bezeichnet werden können. Für die Salienz-Strategien, in denen der Status-Quo der wissenschaftlichen Gemeinde als Entscheidungsgrundlage genutzt wird, ist überdurchschnittlich häufig, insbesondere unter Konformitätsstreben der RT-Agenten, ein Verharren auf dem initialen Konsens  $b = -1$  festzustellen. Erst durch die Orientierung an experimenteller Evidenz werden auch Koordinationsergebnisse erreicht, in denen sich eine tendenzielle Koordination auf  $b = 1$  abzeichnet (salK.expR).

Die Häufigkeit der Koordinationsresultate als auch die Verteilung der Ergebniskategorien *innerhalb* der jeweiligen Koordinationsresultate zeigte sich dabei davon abhängig, wie die Zuweisung der Entscheidungsheuristiken zu den unterschiedlichen Agententypen erfolgte. Die typenspezifische Ausgestaltung des Konformitätsstrebens, d.h. die deterministische Anpassung an Innovatoren durch imitierende KT-Agenten und die risikoaverse Orientierung an Mehrheitsverhältnissen durch imitierende RT-Agenten, führte in den Ent-

scheidungsheuristiken `confK.expR` versus `expK.confR` sowie `confK.salR` versus `salK.confR` zu unterschiedlichen Mustern (vgl. Abb. 40), während sich die Entscheidungsheuristiken `expK.salR` und `salK.expR` aufgrund ihrer Symmetrie nur marginal im Hinblick auf die resultierenden Koordinationsresultate und die Verteilung der Ergebniskategorien unterscheiden.

Im Hinblick auf den hier definierten sozialen Wertmaßstab, die unterschiedlichen Kombinationen der Entscheidungsheuristiken dahingehend zu prüfen, inwiefern sie in der Lage sind, Koordinationsergebnisse zu erzeugen, in denen eine (tendenzielle) Mehrheit von Agenten einen evidenzgestützten wissenschaftlichen Ansatz vertritt ('right.maj' oder 'right.wtrend') und *gleichzeitig* andere wissenschaftliche Pfade möglich bleiben, d.h. einige Agenten einen wissenschaftlichen Ansatz entgegen der Mehrheit vertreten ('right.min' oder 'right.atrend'), hat die Analyse über die relativen Häufigkeiten entsprechend Abb. 40 gezeigt, dass der Anteil der 'right.'-Kategorien in den Koordinationsergebnissen `kons-1`, d.h. ein Verharren auf dem initialen wissenschaftlichen Ansatz, in allen Entscheidungsheuristiken am höchsten ist. Mit Blick auf die Stabilität der Anpassungsprozesse in den reinen Kombinationen der Entscheidungsheuristiken (vgl. Abb. 48 bis Abb. 53 im Anhang) wird jedoch deutlich, dass das Koordinationsergebnis `kons-1` lediglich in der Entscheidungsheuristik `expK.expR` durch tatsächliche *Anpassungsprozesse* zustande kommt, in der Heuristik `salK.salR` und der Heuristik `confK.confR` die nur geringen Verhaltensanpassungen hingegen anzeigen, dass das Koordinationsergebnis lediglich den initialen Status-Quo repräsentiert. Ein Vergleich der 'right.'-Kategorien zwischen den Koordinationsresultaten `kons-1` und `kons1` zeigt darüber hinaus an, dass erstens nur in relativ wenigen Fällen Konsenslösungen auf den neuen wissenschaftlichen Ansatz erreicht werden, und zweitens nur durch evidenzbasierte Heuristiken *beider* Agententypen ein vergleichbar hoher Anteil an 'right.min' und 'right.maj' erreicht wird. In der Konformitätsheuristik wird zwar häufiger ein Konsens auf  $b = 1$  erreicht, dieser allerdings ist dem Konformitätsstreben der Agenten geschuldet und –wie angezeigt durch die relativ geringe Häufigkeit von 'right.'-Kategorien, insbesondere unter `confK.confR` und `confK.salR`– nicht evidenzbasiert. Insgesamt zeigt sich damit, dass die evidenzgestützte Entscheidungsheuristik beider Agententypen (`expK.expR`) als am besten geeignet ist, dem hier definierten sozialen Wertmaßstab –auf Basis tatsächlicher Anpassungshandlungen– zu entsprechen. Zudem kann ihr eine korrigierende Wirkung dann zugesprochen werden, wenn sie von RT-Agenten verwendet wird (vgl. insbesondere die relative Häufigkeit der 'right.'-Kategorien im Konsens  $b = 1$  in den oberen drei Panels von Abb. 40). Anders als in der Konformitäts- und Salienzheuristik, bei denen Anpassungshandlungen am Ende des betrachteten Zeithorizonts nicht (mehr) feststellbar sind (vgl. Abb. 48 bis Abb. 51 im Anhang), ist in der Evidenzheuristik auch am Ende des Zeithorizonts noch mit Anpassungshandlungen zu rechnen (vgl. Abb. 52 bis



53), so dass hier noch grundsätzlich andere Koordinationsergebnisse *möglich* sind.

Inwiefern das ABM *COSDA* nicht nur im Hinblick auf den (hier definierten) sozialen Wertmaßstab, sondern auch im Hinblick auf den Anspruch einer naturalistischen Fundierung der Agenten und emergenter Koordinationsresultate zu beurteilen ist, wird abschließend im folgenden Abschnitt zusammengefasst.

## 16 Kritische Reflexion und Erklärungsanspruch von *COSDA*

Wie einleitend dargelegt, sind alle der ESK zugeordneten Arbeiten hochgradig selbstreferentiell, da sich in dem jeweiligen Modellierungsansatz, insbesondere den Vorannahmen (vgl. Abschnitt 11.2), widerspiegelt, welchem normativen Verständnis von Wissenschaft der Wissenschaftsphilosoph bzw. Modellierer *selbst* folgt. In diesem Sinne liegt natürlich auch dem hier präsentierten Modellierungsansatz der ABM ein normatives Verständnis der Verfasserin zugrunde, das sich eng an das Verständnis von Margaret Morrison anlehnt. Ihrer Meinung nach kann die Rolle der Philosophen nur so weit normativ sein, als dass sie zu kritischer erkenntnistheoretischer Reflexion beitragen. Die normative Rolle kann nicht sein, Wissenschaftlern zu sagen, wie sie arbeiten *sollten*. Vielmehr ist interessant, die Forscher dazu zu bringen, darüber zu reflektieren, was sie tun (vgl. ANDERL (2013)). Dieser Intention folgt auch die vorgelegte Arbeit: Primäres Ziel war es nicht zu zeigen, wie Wissenschaftler ein bestimmtes Ergebnis wissenschaftlicher Koordination erreichen, das *einem* (vor)definierten normativen Kriterium entspricht, sondern zu zeigen, wie sich unter bestimmten Vorannahmen die unterschiedlichen Entscheidungsheuristiken (bzw. Verhaltensannahmen) der Wissenschaftler auf die Herausbildung möglicher Koordinationsresultate auswirken. In diesem Sinne war es mit der in Abschnitt 15.3 vorgenommenen Bewertung des Koordinationsresultats lediglich das Ziel, aufzuzeigen, dass, *falls* ein bestimmter (wie der in Abschnitt 15.1 beispielhaft formulierte) Wertmaßstab vorhanden ist, die Erreichung definierter Ziele einer wissenschaftlichen Gemeinde bedingt ist durch die zugrunde gelegten Verhaltensannahmen (respektive Entscheidungsheuristiken).

Mit der Anwendung ökonomischer Konzepte wird das ABM *COSDA* als ein Modell in der Tradition der ESK interpretiert. Damit erfolgt eine Bewertung von *COSDA* über die in der Modellanalyse der ESK-basierten ABM identifizierten Dimensionen (vgl. Tabelle 5 und Abschnitt 9.5). Die abschließende kritische Reflexion des Modells soll klären, welchen Erklärungsanspruch *COSDA* erfüllen kann (vgl. Abschnitt 10).

### 16.1 Referenzpunkte zur Literatur der ESK

Das hier vorgestellte ABM hat keinen unmittelbaren Bezug zu einem speziellen Modell der ESK, sondern greift zwei wesentlich formulierte Kritikpunkte auf (vgl. Abschnitt 8.3). Zum einen wendet sich *COSDA* gegen die in allen Modellen der ESK unterstellte Erwartungsnutzenmaximierung als Entscheidungsrationaliät der Agenten. Es wurde argumentiert, dass eine solche Entscheidungsrationaliät, so die Modelle naturalistisch motiviert sind, nicht plausibel ist. Zum anderen nimmt *COSDA* Bezug auf die in den Modellen der ESK

identifizierte Problematik der *Aggregation* individuellen wissenschaftlichen Strebens (nach Erkenntnis und / oder Reputation) zu einem *optimalen* Koordinationsergebnis auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde. Es wurde gezeigt, dass eine Bewertung des Koordinationsergebnisses nur über eine a priori Definition des Wertmaßstabes (wie z.B. eine ‘bessere’ Theorie) gelingt, wobei der Wertmaßstab in der Tradition der klassischen Wissenschaftsphilosophie ein ahistorischer ist. Ein über Aggregation ermitteltes soziales Ergebnis der wissenschaftlichen Gemeinde und dessen Bewertung anhand eines a priori definierten, ahistorischen Wertmaßstabes ist allerdings nicht vereinbar mit dem Argument der sozialen Epistemologie, dass andere Koordinationsergebnisse als Resultat *interagierender* Agenten ebenso möglich und gerechtfertigt sein können.

## 16.2 Naturalistische Perspektive auf die Agenten?

Motiviert aus der wissenschaftsökonomischen und -philosophischen Literatur wurden in dem ABM *COSDA* unterschiedliche Agententypen definiert: Erstens unterscheiden sich die Agenten im Hinblick auf ihre Präferenzen, d.h. ob sie primär erkenntnis- oder reputationsgetriebene Ziele im wissenschaftlichen Wettbewerbsprozess verfolgen. Die Verteilung der Präferenzen wurde als unter den Agenten gleichverteilt angenommen ( $\alpha_i \sim U[0, 1]$ ), wobei andere Verteilungen, wie z.B. eine Normalverteilung, ebenso denkbar sind. Da hierzu allerdings keine empirische Evidenz vorliegt, wurde aus Gründen der Einfachheit auf die Gleichverteilung zurückgegriffen. Zweitens unterscheiden sich die Agenten im Hinblick auf ihre (kognitiven) Kapazitäten, Experimente oder wissenschaftliche Innovationen hervorzubringen. Agenten, die dazu in der Lage sind, weisen eine im Vergleich zu den Wissenschaftskollegen überdurchschnittlich hohe kumulierte Produktivität auf. Dieser Operationalisierung ist die Annahme inhärent, dass, je mehr explizit gemachtes Wissen via Publikationen bereits ‘akkumuliert’ wurde, es den Agenten umso eher möglich ist, Ressourcen zu binden, die für die Erzeugung von Evidenz oder Innovationen nötig sind. Motiviert ist diese Operationalisierung aus empirischen Belegen, gemäß denen es den wissenschaftlich einflussreichen Agenten vorbehalten ist, Innovation oder Evidenz hervorzubringen (WEIMANN, 1994, S.82). Mit diesem Aspekt ist drittens eng verknüpft, dass sich die Agenten im Hinblick auf ihre grundsätzliche Anpassungsbereitschaft im Koordinationsprozess unterscheiden. So wird in Anlehnung an SOLOMON (1994b) argumentiert, dass Agenten, sobald sie zu Innovatoren und Experimentatoren werden, ihren vertretenen wissenschaftlichen Ansatz aufgrund ihrer eingebrachten (kognitiven) Ressourcen nicht mehr ändern, die anpassenden Agenten selbigen hingegen *grundsätzlich* beliebig oft revidieren können.

Die Bedingung dafür, dass ein Agent seinen wissenschaftlichen Ansatz ändern kann, ist in *COSDA* –als Antwort auf die Kritik zum Konzept der Erwartungsnutzenmaximierung–

in dem Prinzip der Anspruchsanpassung formuliert. Damit wurde ein alternativer Ansatz gewählt, dessen Anwendung im wissenschaftlichen Koordinationsprozess die Entstehung eines neuen wissenschaftlichen Ansatzes erklären kann. Hinterlegt im Mechanismus des Publikationswettbewerbs sind auf der Mikroebene zwei wesentliche Prozesse als Treiber zur Bestimmung des Anspruchsniveaus dargelegt worden: Zum einen der Prozess der Wissenserzeugung durch Publikationen, in dem die Entwertung wissenschaftlichen Wissens durch den Parameter  $\theta$  und abnehmende Grenzerträge in der Akkumulation von Wissen berücksichtigt wurde. Zum anderen wurde zur Bestimmung von wissenschaftlicher Reputation durch Publikationen ein Parameter organisationaler Trägheit  $(1 - \delta)$  eingeführt, der widerspiegelt, ob der Zuspruch von Reputation in einer wissenschaftlichen Gemeinde eher auf vergangenem oder aktuellem Erfolg beruht. Während die Ausprägungen des Parameters  $\theta$  aus der bibliometrischen und das Prinzip der abnehmenden Grenzerträge zusätzlicher Publikationen aus der wissenschaftsökonomischen Literatur motiviert wurden, sind diejenigen des Parameters  $(1 - \delta)$  als kategoriale Ausprägungen der Beschreibung bzw. stilisiertes Faktum über die *Existenz* eines solchen Einflussfaktors in wissenschaftlichen Gemeinden zu verstehen (vgl. BECHER UND TROWLER (2001)). Dementsprechend ist die Repräsentation eines solchen Effektes in einer quantifizierbaren Größe ( $(1 - \delta) \in \{0, .5, .75\}$ ) als Annäherung an die kategorialen Ausprägungen keiner, mittlerer oder vergleichsweise hoher Einflussnahme vergangenen Erfolges auf die aktuelle Reputation zu interpretieren.

Die Prozesse der Wissenserzeugung und Reputationszuweisung definieren das Anspruchsniveau, welches selbst unterschiedliche „Anker“ aufweisen kann, indem sich alle Agenten –unter der Voraussetzung, dass sich diese vollständig an alle in den letzten vier Perioden erreichten Zielwerte erinnern (*asp.time* = 4,  $\mu = 0$ )– an ihrem jeweils besten oder schlechtesten Zielerreichungswert des letzten Entscheidungshorizontes orientieren können ( $\gamma \in \{0, 1\}$ ). Da die Ausprägung von  $\gamma$  für alle Agenten der wissenschaftlichen Gemeinde in gleicher Weise gilt, wird die Ausprägung als wissenschaftliche Praxis in einer wissenschaftlichen Gemeinde interpretiert, in der die Agenten ein bestimmtes Maß an Strebsamkeit aufweisen, das die Entstehung unterschiedlich hoher Anspruchsniveaus nach sich zieht.<sup>190</sup>

Ein Nicht-Erreichen des Anspruchsniveaus ist grundsätzlich mit der Möglichkeit verbunden, Anpassungshandlungen vorzunehmen respektive einen anderen wissenschaftlichen Ansatz zu verfolgen. Die Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren treten dann in Interaktion mit anderen Agenten, indem sie auf die wissenschaftlichen Ansätze Bezug nehmen, die von anderen Agenten vertreten werden. In Abhängigkeit der zu Grunde gelegten Entscheidungsheuristik ist der Interaktionsradius wie in der Konformitäts- und Evidenz-

<sup>190</sup>Die hier unterstellte gleich hohe Ausprägung des Erinnerungsvermögens  $\mu$  und des Strebsamkeitsparameters  $\gamma$  für alle Agenten der wissenschaftlichen *Gemeinde* stellt eine vereinfachende Annahme dar. Prinzipiell ist es jedoch denkbar, eine individuelle Zuweisung der Parameter  $\mu$  und  $\gamma$  vorzunehmen.

heuristik auf Agenten mit bestimmten Eigenschaften oder wie in der Salienzheuristik auf Agenten in der unmittelbaren Umgebung beschränkt (vgl. hierzu ausführlicher Abschnitt 16.3).

Die hier modellierte Heterogenität via unterschiedlicher Agententypen, die in der Verteilung der Präferenzen hinterlegte *individuelle* motivationale Disposition der Agenten und die auf Ebene der wissenschaftlichen *Gemeinde* definierten wissenschaftlichen Praktiken, die das Verhalten der individuellen Agenten beeinflussen, repräsentieren unterschiedliche Aspekte –in der Formulierung der klassischen Wissenschaftsphilosophie– (nicht-) epistemischer Einflussfaktoren: Agenten sind als Experimentatoren und Innovatoren meinungsbeharrend, sie verfolgen unterschiedliche Zielsetzungen, unterliegen im Publikationswettbewerb Reputationseffekten und verfügen über eine kognitive Disposition respektive einen definierten Kommunikations- bzw. Informationsradius, der den Entscheidungsheuristiken als spezifische Verhaltensannahme inhärent ist. Es wird argumentiert, dass diese Repräsentation insgesamt plausibel im Hinblick darauf ist, wie Wissenschaftler *tatsächlich* arbeiten und wie sie mit ihrer sozialen Umgebung interagieren. Mithin ist es vertretbar, das Design der Agenten als naturalistisch motiviert einzustufen.

### 16.3 Emergente soziale Epistemologie?

Wie für die in Abschnitt 9.5.2 analysierten ABM ist auch für das ABM *COSDA* zu beurteilen, wie die Koordinationsresultate auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde definiert sind und welche Interaktionsmuster zur Erklärung der Resultate herangezogen werden. Es konnte gezeigt werden, dass sich aus den im ABM *COSDA* hinterlegten Interaktionsregeln grundsätzlich mehrere Resultate respektive Koordinationsergebnisse herausbilden können. Möglich ist ein Konsens über den initial vorherrschenden wissenschaftlichen Ansatz, eine Konsensbildung auf einen neuen wissenschaftlichen Ansatz wie auch die Herausbildung eines Dissenses. Welches dieser Koordinationsergebnisse sich herausbildet, ist –wie in der Analyse der Mesoebene deutlich wurde– für die einzelnen Entscheidungsheuristiken nicht vorhersehbar. Die Ergebnisse sind aber insofern erklärbar, als die *Heterogenität* der Agententypen und deren *Interaktion* mit den in den Entscheidungsheuristiken hinterlegten Verhaltensannahmen respektive möglichen Anpassungshandlungen selbstverstärkende Effekte hervorbringen, die die Ablösung von dem bestehenden wissenschaftlichen Konsens beeinflussen.

Anpassungshandlungen führen per definitionem dann zu einer Änderung des vertretenen wissenschaftlichen Ansatzes, wenn der referenzierte Agent einen anderen wissenschaftlichen Ansatz vertritt. Ist dies nicht der Fall, kommt es zu selbstverstärkenden Effekten dergestalt, dass –in Abhängigkeit des vertretenen wissenschaftlichen Ansatzes der

anpassenden Agenten– entweder der bestehende oder der neue wissenschaftliche Ansatz bestätigt wird. In der Konformitätsheuristik ist durch die deterministische Referenzierung auf Innovatoren einerseits zunächst eine steigende Anzahl von KT-Agenten festzustellen, die *irreversibel* den neuen wissenschaftlichen Ansatz annehmen und denen bei einer Erreichung der Mehrheit für  $b = 1$  anpassende RT-Agenten folgen. Abb. 49 im Anhang verdeutlicht den ‘nachlaufenden’ Anpassungsprozess bei Koordination auf  $b = 1$  (kons1) und zeigt gleichzeitig, dass das typenspezifische Anpassungsverhalten zur Stabilisierung auf Koordinationsresultate im Dissens führt, wenn die anpassenden KT-Agenten keine Mehrheit erzeugen können (tend-1, tend1).<sup>191</sup>

In der Salienzheuristik äußern sich selbstverstärkende Effekte dergestalt, dass mit der Referenzierung auf den Status-Quo sowohl von KT- als auch RT-Agenten Anpassungshandlungen nur in vergleichsweise geringem Ausmaß vorgenommen werden, wodurch der bestehende Konsens als Koordinationsergebnis stabilisiert wird und Ablösungen von  $b = -1$  (tend-1, tend1) im Vergleich zum bestehenden Konsens auf  $b = -1$  durch einen hohen Anteil an Innovatoren (mit  $b = 1$ ) erklärt werden können (vgl. Tabelle 31).

Anders als in der Konformitäts- und Salienzheuristik ist der Anpassungsprozess in der Evidenzheuristik durch eine vergleichsweise hohe Instabilität gekennzeichnet. In den höheren Schwankungen der Kurvenverläufe und den auch zum Ende des Simulationszeitraumes nicht nachlassenden Anpassungshandlungen (vgl. die Resultate kons-1, tend-1, tend1 in Abb. 52) spiegelt sich die durch Orientierung an Evidenz ermöglichte Reversibilität der vertretenen wissenschaftlichen Ansätze wider, die wiederum dadurch entsteht, dass experimentelle Evidenz immer wieder von Trägern *unterschiedlicher* wissenschaftlicher Ansätze erzeugt wird. Dementsprechend zeigen sich Koordinationsresultate im Konsens nur dann als stabil, wenn den anpassungsbereiten Agenten zuverlässig *ein* wissenschaftlicher Ansatz als Referenz zur Verfügung steht, was wie in der Mesoanalyse gezeigt insbesondere bei einer geringen Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool der Fall ist (vgl. das Resultat kons1 in Abb. 52 versus kons-1 in Abb. 53).

Insgesamt führen die selbstverstärkenden Effekte insbesondere in der Konformitäts- und Salienzheuristik zu Anpassungsprozessen, die im Zeitverlauf zunehmend unflexibel sind. In der Evidenzheuristik ist es zwar möglich, dass die selbstverstärkenden Effekte ebenfalls einen –wie gezeigt für die Entscheidungsheuristiken expK.confR und expK.salR bei Konsensbildung auf  $b = 1$ – zunehmend unflexiblen Prozess erzeugen, aufgrund der permanenten Ergebnisoffenheit, welcher wissenschaftliche Ansatz als der am häufigsten replizierte

<sup>191</sup>Die Abbildungen im Anhang sollen das *Volumen* der Anpassungsentscheidungen von  $b = -1$  auf  $b = 1$  und vice versa anzeigen, d.h. sie zeigen die *Summe* der Anpassungsentscheidungen über die Anzahl der Simulationsläufe in den jeweiligen Koordinationsresultaten an. In Abhängigkeit der Fallzahlen verlaufen die Kurven auf unterschiedlichen Niveaus. Dies spielt hier allerdings keine Rolle, da die Abbildungen lediglich die Verlaufsmuster innerhalb der jeweiligen Entscheidungsheuristiken darstellen sollen.

gilt und damit als Referenz zur Verfügung steht, bleiben die Prozesse im Zeitverlauf jedoch häufig flexibel. Die Anpassungsprozesse sind, wie in der Analyse auf der Mesoebene gezeigt, in allen Entscheidungsheuristiken kritisch in den Anfangsbedingungen, als deren Verlauf zum einen abhängig ist von dem Zeitpunkt, ab dem wissenschaftliche Innovationen initiiert werden, und zum anderen abhängig ist von dem Anteil der Innovatoren und Experimentatoren, der sich im Prozessverlauf herausbildet.

## 16.4 Normative Wertmaßstäbe auf sozialer Ebene?

Mit der Kategorisierung der Resultate, entsprechend den Mehrheitsverhältnissen (Konsens versus Dissens) zum einen und ihrer Entsprechung der experimentellen Evidenz zum anderen, wurden zunächst die Bewertungsdimensionen der Koordinationsergebnisse definiert. Eine *Bewertung* der Koordinationsergebnisse als emergentes Resultat auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde erfolgte dabei erstens über das Kriterium, wie hoch der Anteil der Agenten in den unterschiedlichen Koordinationsergebnissen (kons-1, tend-1, tend1, kons1) ist, die zum Ende des definierten wissenschaftlichen Zyklus den am häufigsten replizierten, evidenzgestützten wissenschaftlichen Ansatz vertreten. Gleichzeitig und darüber hinaus galt es zu erfassen, inwieweit für die jeweiligen Koordinationsergebnisse die Möglichkeit zur Revision derselbigen aufrechterhalten bleibt, d.h. Agenten vorhanden sind, die entgegen der Mehrheit einen anderen wissenschaftlichen Ansatz vertreten.

Der hier definierte soziale Wertmaßstab, d.h. die hier zugrunde gelegte Zielsetzung einer wissenschaftlichen Gemeinde, stellt nur einen *möglichen* Wertmaßstab dar. Darüber hinaus impliziert die Vorstellung von der Existenz *eines* Wertmaßstabes, dass hierüber Konsens in der wissenschaftlichen Gemeinde herrscht. Damit wird aber ebenso deutlich, dass der Wertmaßstab über die Zeit veränderlich ist und ein Dissens hierüber ebenso möglich ist. Die Relevanz der zeitlichen Dimension wird deutlich in einer Zusammenfassung des Erkenntnisgegenstandes des ABM *COSDA*, der im Rückblick auf die in Abschnitt 8.1 vorgenommene Definition der ESK als Soziale naturalisierte Epistemologie folgendermaßen spezifiziert werden kann: Erkenntnisgegenstand von *COSDA* ist, inwieweit unterschiedliche Ergebniskategorien in den möglichen Koordinationsergebnissen erreicht werden, die aus der Interaktion der mit unterschiedlichen Entscheidungsheuristiken ausgestatteten Agenten resultieren, und inwieweit die erreichten Ergebniskategorien in der Summe das hier definierte Ziel der wissenschaftlichen Gemeinde, d.h. eine mehrheitlich evidenzgestützte Koordination bei Offenhaltung alternativer wissenschaftlicher Pfade, erfüllen. Dieser normative Wertmaßstab kann insofern als *Soziale* naturalisierte Epistemologie interpretiert werden, als er eine Momentaufnahme der Erkenntnisfähigkeit einer durch Agenten repräsentierten wissenschaftlichen Gemeinde selbst darstellt. Ändert sich der normative

Wertmaßstab, so kann dies mit einer Veränderung der anzustrebenden Ergebniskategorien einhergehen, was wiederum eine andere Geeignetheit der Entscheidungsheuristiken für die unterschiedlichen Agententypen impliziert.

Die sich hieran anschließende Frage ist, ob dieser Wertmaßstab nicht nur auf Ebene des ABM *COSDA* Anwendung finden kann, sondern damit auch ein Bezug des ABM *COSDA* zur realen Welt der Wissenschaft hergestellt werden kann. Letzteres würde folgende Interpretation implizieren: *Wenn* es das Ziel einer wissenschaftlichen Gemeinde ist, dass sich die Mehrheit der Wissenschaftler zum Ende des betrachteten Phasenausschnitts auf den durch experimentelle Evidenz am häufigsten gestützten wissenschaftlichen Ansatz koordiniert, dabei aber in dem Bewusstsein ihrer begrenzten Erkenntnisfähigkeit stets bestrebt ist, alternative wissenschaftliche Pfade offen zu halten, dann bietet die Evidenzheuristik die *im Vergleich* beste Zielerreichung. Ob das ABM *COSDA* einen solchen Bezug zur Realwelt leisten kann, soll abschließend in folgendem Abschnitt diskutiert werden.

## 16.5 Erklärungsanspruch von *COSDA* und Ausblick

Insgesamt sind durch die in *COSDA* abgebildete Interaktion heterogener, eingeschränkt rationaler Akteure unterschiedliche Koordinationsresultate erklärbar, aber nicht vorhersehbar. Aus dieser Mikrospezifikation, d.h. den heterogenen Agententypen mit ihren Handlungsregeln und Interaktionsregeln, konnten *mögliche* Erklärungen für das Makrophänomen, d.h. die Herausbildung unterschiedlicher Koordinationsresultate auf Ebene der wissenschaftlichen Gemeinde, identifiziert werden. Das Verständnis des ‘Sozialen’ ist damit –wie bei den in Abschnitt 9.3 diskutierten ABM– mehr als Resultat interagierender Akteure zu interpretieren. Die *Bewertung* des Koordinationsresultats unterliegt dabei keinem ahistorischen Wertmaßstab, sondern ist bedingt durch die unterstellte Zielstellung einer wissenschaftlichen Gemeinde. Im Rahmen des für das ABM *COSDA* definierten Wertmaßstabes wurde aber ebenso deutlich, dass eine Bewertung des Resultats nicht ohne *Aggregation* (unterschiedlicher ‘right.’-Kategorien) auskommt, was im Zuge der Analyse der analytischen und agentenbasierten Modelle als Kritikpunkt herausgearbeitet wurde (vgl. Abschnitt 8.3 und Abschnitt 9.5). Da damit auch in *COSDA* die Aggregationsproblematik nicht angemessen gelöst werden konnte, wird der Aspekt der *Bewertung* eines Koordinationsresultats in der abschließenden Diskussion darüber, welcher Erklärungsanspruch dem ABM *COSDA* zugeschrieben werden kann und wie die hier (auf der Modellebene) identifizierte Mikrospezifikation als *eine plausible, mögliche Erklärung* im Hinblick darauf zu beurteilen ist, ob und wie ein Bezug zur *Realwelt* hergestellt werden kann, ausgeklammert.

Motiviert durch den Umstand, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt kein ABM identifiziert werden konnte, das explizit und umfänglich die der ESK inhärenten Kritikpunkte



behandelt, wurde unter der Formulierung von Vorannahmen, die explizit eben jene Kritikpunkte an der ESK aufgreifen, mit *COSDA* ein eigenes ABM aufgesetzt. Das ABM *COSDA* ist mit diesem Fokus als heuristisches ABM zu bezeichnen, d.h. es sollte Einblick geben in die fundamentalen kausalen Mechanismen des wissenschaftlichen Koordinationsprozesses und dessen Bedingtheit durch die formulierten Anfangsbedingungen. Diese Anfangsbedingungen haben ihren Niederschlag zum einen in den Eigenschaften der Agenten (Präferenzen und Agententyp) und in den Parametern wissenschaftlicher Praktiken (insb.  $\theta, \delta, \gamma$ ) auf der Mikroebene des Modells gefunden, zum anderen in den über die Entscheidungsheuristiken formulierten Interaktionsregeln (Konformitäts-, Evidenz- und Salienzheuristik) und der Durchlässigkeit zum Experimentatorenpool ( $\tau$ ) auf der Mesoebene des Modells.

Heuristische Modelle können dann als intern valide bezeichnet werden, wenn (1.) das Makrophänomen erwartbar und interpretierbar ist und (2.) das Modell auf *plausiblen* Verhaltensregeln der Agenten beruht (GILBERT, 2008, S.41). Letzterer Aspekt beinhaltet insbesondere, dass das Makrophänomen, d.h. hier das Koordinationsresultat, durch die generierende Eigenschaft der Mikrospezifikation erklärt werden *kann* und dabei insbesondere aus den in den Entscheidungsheuristiken hinterlegten Interaktionsregeln resultiert (vgl. EPSTEIN (2006)). Dabei sind die Interaktionsregeln insofern plausibel, als

1. Konformitätsstreben eine Koordination auf einen neuen wissenschaftlichen Ansatz – ungeachtet der experimentellen Evidenz– von der Erreichung eines Schwellwertes<sup>192</sup> abhängig macht und damit ‘Phasenübergänge’ provozieren kann,
2. das Bestreben, den am häufigsten durch Evidenz gestützten wissenschaftlichen Ansatz zu vertreten, stabile Koordinationsresultate insbesondere dann impliziert, wenn Evidenz nur von Vertretern eines wissenschaftlichen Ansatzes erzeugt wird oder eher zu einem hohen Maß an Instabilität, d.h. permanenten Anpassungshandlungen, führt, wenn Evidenz von Vertretern beider wissenschaftlicher Ansätze erzeugt wird.
3. ein (räumlich) begrenzter Informationsradius der Agenten dazu führt, dass der Status-Quo repliziert wird und damit ein hohes Maß an Trägheit bei der Herauslösung aus einem initialen wissenschaftlichen Konsens impliziert.
4. unabhängig von den jeweiligen Entscheidungsheuristiken die Frage, welches der Koordinationsresultate resultiert, zum einen dadurch bedingt ist, dass bei Herausbildung von Innovatoren und Experimentatoren stets eine Anzahl von Agenten exi-

<sup>192</sup>So dieser nicht erreicht wird, impliziert das typenspezifische Konformitätsstreben (der KT- und RT-Agenten) eine Koordination im Dissens.

stiert, die aufgrund ihrer unbedingten Verpflichtung gegenüber dem ihrerseits vertretenen wissenschaftlichen Ansatz keine Handlungsanpassungen vornehmen *und*

5. Handlungsanpassungen dadurch bedingt sind, inwiefern die Agenten ihr über das Anspruchsniveau definierte Ziel des Erkenntnisgewinns oder der Reputation nicht erreichen, um überhaupt einen Anreiz zu Handlungsanpassungen zu haben.

Interne Validität im Hinblick auf (1.) beinhaltet insbesondere, dass sich das Makrophänomen auch unter Variation der Parameter unverändert zeigt oder Veränderungen zumindest interpretierbar sind. Während die Parameterwerte von  $\delta$  und  $\gamma$  nur marginalen Einfluss auf die Ausgestaltung der Koordinationsresultate in *COSDA* gezeigt haben (vgl. die Analyse auf der Mesoebene), haben sich insbesondere die Parameter  $\theta$  und  $\tau$  als kritisch in den Anfangsbedingungen herausgestellt. Die Auswirkungen der Parametervariationen sind jedoch insofern interpretierbar, als bei langen Halbwertszeiten wissenschaftlichen Wissens ( $\theta = .978$ ) eine Abkehr vom bestehenden wissenschaftlichen Konsens nur verzögert einsetzt, da für die erkenntnisgetriebenen Agenten kein Anreiz besteht, wissenschaftliche Innovationen zu initiieren und ein wachsender Pool von Experimentatoren ( $\tau = .5$ ) mit einer unbedingten Verpflichtung ihrem wissenschaftlichen Ansatz gegenüber die Ablösung vom bestehenden wissenschaftlichen Konsens und gleichzeitig das Verharren einer wissenschaftlichen Gemeinde im Dissens befördert.

Auf Grundlage der hier vorgebrachten Aspekte wird argumentiert, dass das ABM *COSDA* in *dieser* Mikrospezifikation als intern valide bezeichnet werden kann. Die in *COSDA* verwendeten Variablen und Parameter sind in ihrem Bezug zur Realwelt zwar zu abstrakt, als dass sie eine *Isolation* kausaler realer Faktoren ermöglichen könnten, aber durch die Abbildung heterogener Agenten *und* deren eingeschränkt rationaler Entscheidungsregeln wird über die Erzeugung selbstverstärkender Effekte in der Herausbildung unterschiedlicher Koordinationsresultate ein *insgesamt* glaubwürdiger Mechanismus und damit ein gewisses Maß an Ähnlichkeit in Bezug auf ein reales Wissenschaftssystem erzeugt (vgl. CASINI (2014, S.19)).

Inwieweit die Heterogenität der Agenten generalisierbar ist, d.h. andere als die hier zugrunde gelegten Kriterien, die unterschiedliche Agententypen definieren, d.h. insbesondere Gleichverteilung der Präferenzen, eine überdurchschnittlich hohe kumulierte Forschungsproduktivität als Merkmal der Innovatoren und Experimentatoren, *ein* Strebsamkeitsfaktor zur Bestimmung des Anspruchsniveaus, zusammen mit den Entscheidungsheuristiken ebenfalls zu unterschiedlichen Koordinationsresultaten führen, wäre in einer weitergehenden Analyse zu prüfen. Mit anderen Worten wäre zu untersuchen, inwieweit andere Mikrospezifikationen ebenso als mögliche Erklärungen fungieren können und damit die Glaubwürdigkeit ‘with-respect-to-the-target’ erhöht werden kann (CASINI, 2014,

S.18).<sup>193</sup>

Soweit kann für das ABM *COSDA* zwar keine externe Validität beansprucht werden, im Sinne eines Ausblicks sollen aber folgende Überlegungen angestellt werden, die das ABM *COSDA* als Modell einer ‘credible world’ (SUGDEN, 2009) mit Bezug zur Realwelt der Wissenschaft legitimieren können. Kann entsprechende externe Validität erzeugt werden, so wäre dann auch das –wie im vorausgegangenen Abschnitt– *bewertete* Koordinationsresultat in den Fokus zu rücken. In Anlehnung an die Argumentation bei Sugden lässt sich folgende Hypothese formulieren, die als Verallgemeinerung des hier exemplarisch verwendeten Bewertungsmaßstabes zu lesen ist. Insbesondere muss dann gezeigt werden, dass A1 allgemeiner gilt als nur für das Modell, d.h. über den Nachweis der externen Validität Kohärenz mit allgemeinen Ursache-Wirkungs-Beziehungen der Realität hergestellt werden kann (vgl. insbesondere Abschnitt 10.3):

- A1. In der Modellwelt wird das Erreichen des sozialen Ziels durch die Anwendung geeigneter Entscheidungsheuristiken verursacht.
- A2. Das Erreichen des sozialen Ziels kommt in der realen Welt (der Wissenschaft) vor. Aus diesem Grund gibt es Grund zur Annahme, dass
- A3. geeignete Entscheidungsheuristiken in der realen Welt (der Wissenschaft) angewendet werden.

Mit der explorativen Analyse auf Ebene der Entscheidungsheuristiken (Meso) und der Koordinationsresultate (Makro) konnte –wie in der Einleitung motiviert– abschließend nicht nur eine Hypothese formuliert werden, die sich auf das Erkenntnisobjekt *Koordination wissenschaftlicher Prozesse* bezieht, sondern in einer Metaperspektive auch auf die *Modellbildung* derartiger Koordinationsprozesse. Denn so kann das ABM *COSDA* auch in der Weise interpretiert werden, dass die hier beschriebene Mikrospezifikation als relevante, durch eine kohärente Fiktion formulierte Möglichkeit (GRUENE-YANOFF, 2009) der in der ESK verankerten Notwendigkeitshypothese widerspricht, wonach die Erreichung eines sozialen Ziels in ESK-basierten Modellen ein rationales Entscheidungskalkül der Agenten voraussetzt.

---

<sup>193</sup>Insbesondere ist es plausibel, dass alle Parameter und Entscheidungsheuristiken als über die Zeit veränderlich und für jeden individuellen Agenten modellierbar sind. Damit allerdings verschöbe sich der Fokus des ABM auf den Lernprozess der Agenten innerhalb eines wissenschaftlichen Anpassungsprozesses, was jedoch –wie in Abschnitt 12.5.1 erläutert– nicht das Ziel der vorliegenden Arbeit ist; vielmehr ist hier der Fokus auf die Interaktion zwischen Mikro- und Makroebene *via* der wissenschaftlichen Praktiken gerichtet.

# Appendix

# Der NetLogo Quellcode

```
;Simulation eines künstlich erschaffenen Wissenschaftssystems ("artificial scientific world")

;An wichtigen Stellen finden sich Kommentare zum Programmcode

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;TURTLES;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

breed [scientists scientist]
breed [fields field]
directed-link-breed [knowledge-links knowledge-link]

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;VARIABLEN;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

scientists-own[
  publications           ;Publikation der laufenden Periode
  my_publications_historie ;Publikationshistorie
  my_publications_cum    ;Publikationshistorie zusammengefasst in den kumulierten Publikationen
  my_publications_growth ;zeigt an, ob ein Wissenschaftler die "Publikationslotterie" gewonnen hat
  productivity            ;Produktivität, d.h. Publikationsoutput im Vgl. mit anderen Wissenschaftlern
  product_cum            ;Produktivität der kumulierten Publikationen im Vgl. mit kum.Output anderer Wissenschaftler

  ;-----

  knowledge_stock        ;Wissensbestand
  knowl_weight           ;Gewichtung der intrinsischen Motivation
  knowl_historie         ;Wissensbestandhistorie

  ;-----

  status                 ;Status eines Wissenschaftlers in Bezug auf seinen Forschungsoutput (=Publikationen)
  status_historie        ;Statushistorie
  mem_status             ;Status korrigiert um einen Trägheitsfaktor, d.h. inwieweit basiert der Status auf dem
                        ;Forschungsoutput auf der laufenden Periode oder auf Werten vergangener Perioden.

  my_rank                ;Rang eines Wissenschaftlers aus "mem_status"
  max_skala              ;Max.# an Rang-Klassen
  pair-list              ;pair-list setzt zwei Listen in Beziehung: Status und Rang
  pair-list-status
  pair-list-rank
  rank_historie          ;Ranghistorie

  ;-----
```

```

my_fellows          ;Wissenschaftliche Kollegen (exkl. des betrachteten Wissenschaftlers)
fellows
my_community        ;Wissenschaftliche Gemeinde (inkl. des betrachteten Wissenschaftlers)
community

;-----

my_belief           ;Wissenschaftlicher Ansatz (w.A.), der von einem Wissenschaftler vertreten wird.
                   ;Initial tragen alle den w.A. = -1.
deviators           ;# der Wissenschaftler, die von dem herrschenden Paradigma (-1) abweichen
conformity          ;Konformitätsparameter (-1,1]
publ_prob           ;In Abhängigkeit der Produktivität, (kum.) Produktivität und des Konformitätsparamters
                   ;die Chance, die Publikationslotterie zu gewinnen.
asplist             ;Min./max. Wert vergangener Anspruchsniveaus der KT-Typen
rasplist            ;Min./max. Wert vergangener Anspruchsniveaus der RT-Typen
asplevel            ;Anspruchsniveau der KT-Typen
rasplevel           ;Anspruchsniveau der RT-Typen
belieflist          ;Historie der vertretenen w.A.
beliefchange        ;Falls null, Wechsel des w.A. von 1 auf -1 oder von -1 auf 1
]

fields-own[
  sum_publications ;Summe der Publikationen aller zugeordneten Wissenschaftler aus der laufenden Periode
  publ_cum          ;Publikationen in einem Wissensfeld kumuliert, inkl. aktuelle Periode
  publications_historie ;Publikationshistorie in einem Feld
  exper            ;Experimentator aus dem Pool überdurchschnittlich produktiver Wissenschaftler
  experwho_list    ;Alle Wissenschaftler, die jemals ein Experiment durchgeführt haben
  exper_list        ;Kumulierte experimentelle Evidenz für w.A. -1
  exper_list_i      ;Kumulierte experimentelle Evidenz für w.A. 1
]

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;SETUP;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

to setup
  clear-all
  ask patches[set pcolor black]

  set-default-shape fields "square"
  create-ordered-fields 1 ;Initialisierung des Wissensfeldes
  [set color white

```

```

setxy random-xcor random-ycor
set publications_historie (list 0) ;Initialisierung der Listen-Variablen als leere Listen
set exper (list)
set exper_list (list 0 0)
set exper_list_i (list 0 0)
set experwho_list (list )
]

set-default-shape scientists "circle"
create-ordered-scientists initial-number-scientists ;Initialisierung der # an Wissenschaftler
ask scientists
[set color red
setxy random-xcor random-ycor ;zufallsverteilte Anordnung der Agenten im Simulationsraum
if distribution = "uniform"[
set knowl_weight precision (random-float 1) 2]
if distribution = "normal" [
set knowl_weight random-normal .5 .1] ;Mögliche Modell-Erweiterung: Normalverteilung der Präferenzen
set knowl_historie (list 0 ) ;Initialisierung der Listen-Variablen als leere Listen
set my_publications_historie (list 0)
set belieflist (list 0 0)
set status_historie (list 0)
set asplist (list 0 0)
set rasplist (list 0 0)
set rank_historie (list 0 )
set deviaters no-turtles

set my_belief -1 ;Alle Wissenschaftlern tragen denselben w.A. (-1)
create-knowledge-link-to one-of fields ;Jeder Wissenschaftler wird mit dem Wissensfeld verknüpft
]
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;EIN SIMULATIONSLAUF;;;;;;;;;;;;;;;;;

to go

if ticks < 1 [ ;Jeder Wiss. startet mit einer Publikation
ask scientists [set publications 1]]

if ticks >= 4 and ticks mod 4 = 0[ ;Jedes Jahr (:= 4 ticks) wird an zwei Agenten eine
ask field 0 [ ;zusätzliche Publikation verlost
repeat 2 [

```

```

ask success_scientists [
  set publications publications + 1
]
]]]

ask scientists [set my_fellows fellows_of self]
ask scientists [set my_community fellows_andself]

ask field 0
[set sum_publications sum [publications]
  of in-knowledge-link-neighbors]
ask field 0 [field_status] ;Publikationshistorie in einem Wissensfeld

ask scientists [develop_publlists] ;Erzeugen der Publikationshistorie und Prüfung auf Lotteriegewinn
ask scientists [update_productivity] ;Update der Forschungsproduktivität
ask scientists [update_knowledge] ;Update des (akkumulierten) Wissensbestandes
ask scientists [set_asplist] ;Historie der Anspruchsniveaus aufbauen (KT)
ask scientists [find_asplevel] ;Anspruchsniveau festlegen (KT)
ask scientists [get_status] ;Status erzeugen durch Publikationsaktivität
ask scientists [update_status] ;mem_status aktualisieren auf Basis eines gleitenden Durchschnitts
ask scientists [get_rank] ;Rang erzeugen durch mem_status
ask scientists [set_ranklist] ;Historie der Anspruchsniveaus aufbauen (RT)
ask scientists [set_rasplist] ;Anspruchsniveau festlegen (RT)
ask scientists [find_rasplevel]

ask scientists [adapt] ;Verhaltensanpassung

ask scientists [define_deviaters] ;# der abweichenden Wissenschaftler vom bestehenden Paradigma
ask field 0 [define_exper] ;Experimentator bestimmen
ask scientists [develop_belieflist] ;Aufzeichnung der vertretenen w.A.
ask-concurrent scientists
[without-interruption[update_conformity] ] ;Nach Anpassungsentscheidung wird der Konformitätsparameter neu berechnet
ask scientists [update_publprob] ;beeinflusst die Chance auf eine zusätzliche Publikation aus der Lotterie

if collect-data and
;ticks >= aspiration_time ;Datenspeicherung zu jedem Zeitpunkt des Anpassungszeitraumes
;and ticks mod aspiration_time = 0
ticks = tickstop and ticks mod aspiration_time = 0 ;Falls Daten nur am Ende der Laufzeit gesammelt werden sollen
[save-output]

tick

```



```

if ticks = (tickstop + aspiration_time) and
ticks mod aspiration_time = 0 [stop]
;Stopregel für einen Run (tickstop + asp._time stellt sicher, dass Daten
;zum richtigen Zeitpunkt (zum Zeitpunkt aspiration_time) gesammelt werden.

do-plot
;Zeichnen der Graphen

end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;PROZEDUREN;;;;;;;;;;;;;;;;;

to field_status
;Kumulierte Publikationen in einem Feld

ifelse length publications_historie <= 1
[ set publications_historie lput (sum_publications) publications_historie
let publ_change ( item 0 publications_historie + item 1 publications_historie)
set publ_cum publ_change
]
[ set publications_historie lput (sum_publications) publications_historie
set publications_historie remove-item 0 publications_historie
set publications_historie replace-item 0 publications_historie publ_cum

let publ_change ( item 0 publications_historie + item 1 publications_historie)
set publ_cum publ_change
]

end

to develop_publlists

ifelse length my_publications_historie <= 2
[ set my_publications_historie lput ( publications ) my_publications_historie

ifelse ticks <= 1
[ let my_publ_change
( item 0 my_publications_historie + item 1 my_publications_historie )
set my_publ_cum my_publ_change ]

[ let my_publ_change
( item 1 my_publications_historie + item 2 my_publications_historie )
set my_publ_cum my_publ_change ]

```

```

]
;sobald die Publikationshistorie > 2 Elemente hat (else):

[ set my_publications_historie lput ( publications ) my_publications_historie
  set my_publications_historie remove-item 0 my_publications_historie
  set my_publications_historie replace-item 0 my_publications_historie my_publ_cum

  let my_publ_change ( item 0 my_publications_historie + item 1 my_publications_historie)
  set my_publ_cum (my_publ_change)
  set my_publ_growth (item 2 my_publications_historie - (item 1 my_publications_historie))
  ;Lotteriegewinner falls my_publ_growth >= 1
]

end

to develop_belieflist

  set belieflist lput (my_belief) belieflist ;0 0 1 oder 0 0 -1
  set belieflist remove-item 0 belieflist ;0 1 oder 0 -1 , danach mögliche Fälle [1 1], [-1 1], [1,-1], [-1,-1]
  set beliefchange (item 0 belieflist + item 1 belieflist) ;0 = Beliefwechsel
  if publicationreset = "reset"
  [if beliefchange = 0
  [set publications 1]]

end

to update_productivity

  let scaling (max[publications] of my_community)
  set productivity precision ( publications / scaling )2

  let scaling_cum (max[my_publ_cum] of my_community)
  set product_cum precision ( (my_publ_cum ) / scaling_cum)2

end

```

```

to update_publprob

  let publ_prob_unsc (product_cum + (productivity * conformity))
  let max_publ_prob_unsc (max [product_cum + (productivity * conformity)] of my_community)

  ifelse publ_prob_unsc < 0                                     ;defensive programming: max{publ_prob_unsc,0}
  [set publ_prob 0]
  [set publ_prob precision ( publ_prob_unsc / max_publ_prob_unsc) 2] ;Skaliert auf den Max.wert der Community

end

to update_knowledge

  set knowledge_stock
  precision ((theta * knowledge_stock) + (sqrt(productivity * publications )))2

  ifelse length knowl_historie <= aspiration_time
  [ set knowl_historie lput precision ( knowledge_stock ) 2 knowl_historie]
  [ set knowl_historie lput precision ( knowledge_stock ) 2 knowl_historie
    set knowl_historie remove-item 0 knowl_historie]
end

to set_asplist

if ticks >= aspiration_time and ticks mod aspiration_time = 0 [
let previous_khistorie but-last knowl_historie

ifelse last previous_khistorie > max(but-last previous_khistorie) ;Max. Wert als 2. item in der Liste
[set asplist replace-item 1 asplist precision (last previous_khistorie)2]
[set asplist replace-item 1 asplist precision (((max(but-last previous_khistorie) +
(mue * (last previous_khistorie - max(but-last previous_khistorie))))))2]

ifelse last previous_khistorie < min(but-last previous_khistorie) ;Min. Wert als 1. item in der Liste
[set asplist replace-item 0 asplist precision (last previous_khistorie)2]
[set asplist replace-item 0 asplist precision (((min(but-last previous_khistorie) +
(mue * (last previous_khistorie - min(but-last previous_khistorie))))))2]]

end

```

```

to find_asplevel
  set asplevel precision (greed * ( item 1 asplist) + (1 - greed) * (item 0 asplist))2 ;min max
end

to get_status
  let worse count my_fellows with [publications <= [publications] of myself]
  let strictly_worse count my_fellows with [publications < [publications] of myself]
  set status (worse + strictly_worse + 1) ;"+ 1" Minimalstatus
end

to update_status ;(1-delta) ist das organisationale Gedächtnis der Vorperiode, delta = 0 impliziert max. Trägheit
  ifelse length status_historie <= 1
  [ set status_historie lput ( status ) status_historie
    let status_change precision ( item 0 status_historie + item 1 status_historie) 0
    set mem_status precision(status_change * (1 - delta)) 0
  ]

  ;für den Fall, dass die Status Liste > 1 ist (else):

  [ifelse ticks < 2
  [ set status_historie lput ( status ) status_historie
    set status_historie remove-item 0 status_historie
    set status_historie replace-item 0 status_historie ( precision (mem_status)0)
  ]

  ;für den Fall, dass die Status Liste > 1 ist und ticks >= 2 (elseelse):

  [ set status_historie lput ( status ) status_historie
    set status_historie remove-item 0 status_historie
    set status_historie replace-item 0 status_historie ( precision (mem_status * (1 - delta))0)
  ]

  ;für beide Fälle, dass die Status Liste > 1 ist gilt zusätzlich:

```

```

    let status_change precision (( item 0 status_historie + ( item 1 status_historie * delta)))0
    set mem_status precision status_change 0
  ]
end

to get_rank

let dif_status reverse sort[mem_status] of my_community ;mem_status-Werte absteigend sortiert
let red_status remove-duplicates dif_status ;Doppelte Werte eliminiert
set max_skala length red_status ;Länge der reduzierten Liste ist auch der Max.wert für Skalierung
; d.h. repräsentiert die # an Klassen unterschiedlicher Statuswerte,
; denen die Wiss. zugeordnet werden. (1 Status-Wert: n Wiss. möglich)

let my_r (n-values length red_status [?] ) ;n-values size [reporter] sortierte Ränge 0 bis n
let my_rbf but-first my_r ;ohne Rang 0
let ranks lput (length red_status) my_rbf ;Mögliche Ränge, die zu vergeben sind (lput item list) Rang 1 bis n

set pair-list (map [list ?1 ?2] red_status ranks) ;Eine gepaarte Liste aus den Elementen [Status Rang]
foreach pair-list [ ;Abfrage: Wissenschaftler erhält Rang-Wert entsprechend
if first ? = mem_status [set my_rank last ?]] ;dem Status-Wert der gepaarten Liste (1 Rang-Wert: n Wiss. möglich)
end

to set_ranklist ;wie bei knowl.historie ist hier die letzte Pos. der AKTUELLE wert
; (der ist nur zur Übersichtlichkeit)

ifelse length rank_historie <= aspiration_time
[ set rank_historie lput precision ( my_rank ) 2 rank_historie]
[ set rank_historie lput precision ( my_rank ) 2 rank_historie
set rank_historie remove-item 0 rank_historie]

end

to set_rasplist

if ticks >= aspiration_time and ticks mod aspiration_time = 0 [

let previous_historie but-last rank_historie
ifelse last previous_historie > max(but-last previous_historie) ;max/schlechter Wert als 2. item in der Liste

```

```

[set rasplist replace-item 1 rasplist precision (last previous_historie)2]
[set rasplist replace-item 1 rasplist precision (((max(but-last previous_historie) +
(mue * (last previous_historie - max(but-last previous_historie))))))2]

ifelse last previous_historie < min(but-last previous_historie) ;min/besserer Wert als 1. item in der Liste
[set rasplist replace-item 0 rasplist precision (last previous_historie)2]
[set rasplist replace-item 0 rasplist precision (((min(but-last previous_historie) +
(mue * (last previous_historie - min(but-last previous_historie))))))2]
]

end

to find_rasplevel ;Greed bezieht sich auf den besseren, bei Rang minimalen Wert
set rasplevel precision ((1 - greed) * (item 1 rasplist) + greed * (item 0 rasplist))2
end

to update_conformity
set conformity precision ((1 + (count my_fellows with [my_belief = [my_belief] of myself]) -
(count my_fellows with [my_belief != [my_belief] of myself])) / count my_community) 2
end

;;;;;;;;;;;;;

to adapt ;Multiplikation mit 100 wegen Gleitkommazahlen beim Prüfen auf Gleichheit (">"):
if ticks >= aspiration_time and ticks mod aspiration_time = 0[
if knowl_weight > (1 - knowl_weight)[
if (100 * last knowl_historie) < (100 * asplevel) and (100 * product_cum) > (100 * median[product_cum] of my_community)
[set my_belief 1]
]
]
]

```

```

if any? deviators
and member? ([who] of self) [experwho_list] of field 0 = FALSE[

ifelse knowl_weight > (1 - knowl_weight)[

  if KT_adapt = "conformity"[
    if (100 * product_cum) <= (100 * median[product_cum] of my_community)
    and (100 * last knowl_historie) < (100 * asplevel) and (100 * preference) > (100 * abs (conformity))
    [set my_belief [my_belief] of one-of deviators ]]

  if KT_adapt = "saliencie"[
    if (100 * product_cum) <= (100 * median[product_cum] of my_community) and (100 * last knowl_historie) < (100 * asplevel)
    [set my_belief [my_belief] of one-of my_fellows with-min [distance myself]]

  if KT_adapt = "new evidence"[
    if (100 * product_cum <= 100 * median[product_cum] of my_community) and (100 * last knowl_historie) < (100 * asplevel)
    [let most scientists with [member? [who] of self modes [experwho_list] of field 0]
    set my_belief [my_belief] of one-of most]]
  ]
[
  if RT_adapt = "conformity"[
    if last rank_historie > rasplevel and (100 * preference) > (100 * abs (conformity))
    [set my_belief [my_belief] of one-of my_fellows with [(100 * conformity) >= 0]]

  if RT_adapt = "saliencie" [
    if last rank_historie > rasplevel
    [set my_belief [my_belief] of one-of my_fellows with-min[distance myself]]

  if RT_adapt = "new evidence" [
    if last rank_historie > rasplevel
    [let most scientists with [member? [who] of self modes [experwho_list] of field 0]
    set my_belief [my_belief] of one-of most]]
  ]]]
]]

end

to define_exper

if any? scientists with [my_belief = 1]
[ let ex max-n-of (es * initial-number-scientists) scientists [product_cum]
  set exper one-of ex
  set experwho_list lput [who] of exper experwho_list

```

```

if [my_belief] of exper = 1[
set exper_list_i replace-item 1 exper_list_i abs ([my_belief] of exper)
set exper_list_i replace-item 0 exper_list_i abs (item 0 exper_list_i + item 1 exper_list_i) ]

if [my_belief] of exper = -1[
set exper_list replace-item 1 exper_list abs ([my_belief] of exper)
set exper_list replace-item 0 exper_list abs (item 0 exper_list + item 1 exper_list) ]

]

end

```

to define\_deviaters

```

set deviators scientists with [my_belief = 1]

```

end

```

;;;;;;;;;;;;;
;;;;;OUTPUT SPEICHERN in EXCEL;;;;;

```

```

to save-output
file-open ".csv"
ask scientists [
file-type (word behaviorspace-run-number ",")
file-type (word who ",")
file-type (word ticks ",")
file-type (word delta ",")
file-type (word publications ",")
file-type (word knowledge_stock ",")
file-type (word my_rank ",")
file-type (word knowl_weight ",")
file-type (word (1 - knowl_weight) ",")
file-type (word productivity ",")
file-type (word product_cum ",")
file-type (word theta ",")
file-type (word my_belief ",")
file-type (word conformity ",")
file-type (word publ_prob ",")

```



```

file-type (word my_publ_cum ",")
file-type (word my_publ_growth ",")
file-type (word count my_community with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1] ",")
file-type (word count my_community with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1] ",")
file-type (word count my_community with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1] ",")
file-type (word count my_community with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1] ",")
file-type (word sum[tanh] of out-knowledge-link-neighbors ",")
file-type (word sum[dtanh] of out-knowledge-link-neighbors ",")
file-type (word beliefchange ",")
file-type (word (count scientists with [ beliefchange = 0]) ",")
file-type (word abs([item 0 exper_list] of field 0) ",")
file-type (word abs([item 0 exper_list_i] of field 0) ",")
file-type (word KT_adapt ",")
file-type (word RT_adapt ",")
file-type (word (member? ([who] of self) [experwho_list] of field 0) ",")
file-type (word (count scientists with [member? ([who] of self) [experwho_list] of field 0]) ",")
file-type (word publicationreset ",")
file-type (word commens ",")
file-type (word asplevel ",")
file-type (word last knowl_historie ",")
file-type (word ((last knowl_historie < asplevel) = TRUE) ",")
file-type (word (last knowl_historie - asplevel) ",")
file-type (word rasplevel ",")
file-type (word last rank_historie ",")
file-type (word ((last rank_historie > rasplevel) = TRUE) ",")
file-type (word (rasplevel - last rank_historie) ",")
;file-type (word count scientists ",")
;file-type (word tickstop ",")
file-type (word greed ",")
file-type (word mue ",")
file-type (word ( member? ([who] of self) modes [experwho_list] of field 0 ) ",")
file-type (word preference ",")
file-type (word aspiration_time ",")
file-print (es)
file-close
end

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;REPORTER;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

;"to-report success_scientists" ist eine adaptierte Version des Lotteriebeispiels aus der Netlogo Library

to-report success_scientists

```

```

let total random-float sum[publ_prob] of in-knowledge-link-neighbors
let success nobody

ask in-knowledge-link-neighbors [
  if success = nobody
  [ifelse (100 * publ_prob) > (100 * total)
    [set success self]
    [set total total - publ_prob]]]
report success
end

to-report fellows_of [a_scientist]
  ask a_scientist[
    set fellows other scientists with [out-knowledge-link-neighbors = [out-knowledge-link-neighbors] of myself]]
  report fellows
end

to-report fellows_andself
  set community scientists with [out-knowledge-link-neighbors = [out-knowledge-link-neighbors] of myself]
  report community
end

to-report crit_mass
  ;crit_mass x ist der Anteil der Agenten, die den w.A. 1 vertreten: -1 = 0%, 1 = 100% [-1;1]

  let first_deviaters in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1]
  let change_share ((count first_deviaters) / count in-knowledge-link-neighbors) * 100
  let max_scale 1
  let min_scale -1
  let change_sharescale (((100 - change_share) / (100 - 0)) * (min_scale - max_scale)) - min_scale
  let c_mass change_sharescale
  report c_mass
end

to-report preference
  let my_pref 0

```

```

ifelse knowl_weight > (1 - knowl_weight)
  [set my_pref precision (knowl_weight)2 ]
  [set my_pref precision (1 - knowl_weight)2 ]
report my_pref
end

```

```

to-report tanh
  let tangensh 0
  ask field 0 [
    set tangensh ((exp (2 * crit_mass) - 1) / (exp (2 * crit_mass) + 1)) ]
  report tangensh
end

```

```

to-report dtanh
  let deltatanh 0
  ask field 0 [
    set deltatanh (1 - ((exp (2 * crit_mass) - 1) / (exp (2 * crit_mass) + 1)) ^ 2 )]
  report deltatanh
end
;Veränderung der Anpassungsrate tanh

```

```

to-report commens
  let commensurability 0
  ask field 0 [
    carefully [set commensurability
      (1 + (median [preference] of scientists) /
      (1 + median [abs conformity] of scientists))]
    [print "conformity is zero"]]
  report commensurability
end
;Veränderung der Anpassungsrate tanh endogen

```

```

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;PLOTS IM INTERFACE;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

```

```

to do-plot

  set-current-plot "new papers"
  ask field 0 [

```

```

set-current-plot-pen "new approach"
plot sum [publications] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1]]
set-current-plot-pen "old approach"
ask field 0 [
plot sum [publications] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = -1]]

```

```

set-current-plot "Degree Distribution"
ask field 0 [
let max-degree max [publications] of in-knowledge-link-neighbors
plot-pen-reset
set-plot-x-range (min[publications] of in-knowledge-link-neighbors) (max-degree + 1)
histogram [publications] of in-knowledge-link-neighbors

```

```

set-current-plot "Degree Distribution log-log"
plot-pen-reset
let degree 1
while [degree <= max-degree]
[let matches in-knowledge-link-neighbors with [publications = degree]
if any? matches
[plotxy degree
count matches ]
set degree degree + 1
]]

```

```

set-current-plot "Degree Distribution cum"
ask field 0 [
if ticks > 1[
let max-degree_cum precision (max [(my_publ_cum + publications) / ticks ] of in-knowledge-link-neighbors)0
plot-pen-reset
set-plot-x-range (precision (min[(my_publ_cum + publications) / ticks ] of in-knowledge-link-neighbors)0 - 1) (max-degree_cum + 1)
set-plot-pen-interval .5 ;zählt alle, die im Schnitt über einen Run höchsten auf 1.5 Publikationen kommen. Nächstes Intervall 1.6-
histogram [(my_publ_cum + publications) / ticks ] of in-knowledge-link-neighbors

```

```

set-current-plot "Degree Distribution log-log cum"
plot-pen-reset
let degree 1
while [degree <= max-degree_cum]
[let matches in-knowledge-link-neighbors with [precision ( (my_publ_cum + publications) / ticks ) 0 = degree]
if any? matches
[plotxy degree

```

```
count matches ]
set degree degree + 1
]]]
```

```
set-current-plot "Degree Distribution 1"
if count scientists with [my_belief = 1] > 0
[ask field 0 [
let max-degree1 max [publications] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1]
plot-pen-reset
set-plot-x-range 1 (max-degree1 + 1)
histogram [ publications] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1]]]
```

```
set-current-plot "Degree Distribution -1"
if count scientists with [my_belief = -1] > 0
[ask field 0 [
let max-degree-1 max [publications] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = -1]
plot-pen-reset
set-plot-x-range 1 (max-degree-1 + 1)
histogram [ publications] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = -1]]]
```

```
set-current-plot "cumulative publications"
plot sum[publ_cum] of fields
```

```
set-current-plot "new publications per belief"
ask field 0[
set-current-plot-pen "KTconformers"
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1] ) > 0 )
[plot sum[my_publ_growth] of in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "KTcommitted"
set pen-size 20
ifelse( (count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1] ) > 0)
[plot sum[my_publ_growth] of in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "RTconformers"
ifelse( (count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1] ) > 0)
[plot sum[my_publ_growth] of in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "RTcommitted"
ifelse( (count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1 ] ) > 0)
```

```

[plot sum[my_publ_growth] of in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1 ]]
[plot 0]
]

```

```

set-current-plot "potential exp: number above-average agents (cpr)"
;es=tau Größe des Expertenpools
ask field 0 [
set-current-plot-pen "KT conf"
ifelse ( count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = -1 and knowl_weight > (1 - knowl_weight) and
member? (self) (max-n-of (es * initial-number-scientists) scientists [product_cum]) = TRUE] > 0)
[plot count in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = -1 and knowl_weight > (1 - knowl_weight) and
member? ( self) (max-n-of (es * initial-number-scientists) scientists [product_cum]) = TRUE ]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "KT com"
ifelse ( count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = 1 and knowl_weight > (1 - knowl_weight) and
member? (self) (max-n-of (es * initial-number-scientists) scientists [product_cum]) = TRUE] > 0)
[plot count in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1 and knowl_weight > (1 - knowl_weight) and
member? ( self) (max-n-of (es * initial-number-scientists) scientists [product_cum]) = TRUE ]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "RT conf"
ifelse (count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = -1 and knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and
member? (self) (max-n-of (es * initial-number-scientists) scientists [product_cum]) = TRUE] > 0)
[plot count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = -1 and knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and
member? ( self) (max-n-of (es * initial-number-scientists) scientists [product_cum]) = TRUE ]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "RT com"
ifelse (count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = 1 and knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and
member? (self) (max-n-of (es * initial-number-scientists) scientists [product_cum]) = TRUE] > 0)
[plot count in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1 and knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and
member? ( self) (max-n-of (es * initial-number-scientists) scientists [product_cum]) = TRUE ]]
[plot 0]
]

```

```

set-current-plot "cpr"
ask field 0[
set-current-plot-pen "median"
plot median [product_cum] of in-knowledge-link-neighbors
set-current-plot-pen "mean"
plot mean [product_cum] of in-knowledge-link-neighbors
]

```

```

set-current-plot "hist.cpr"
set-current-plot-pen "hist.cpr"
plot-pen-reset
let max-cpr max[product_cum] of scientists
let min-cpr min[product_cum] of scientists
set-plot-x-range precision (min-cpr - 0.1)1 precision (max-cpr + 0.1)1
histogram [product_cum] of scientists

```

```

set-current-plot "stability"
set-current-plot-pen "share to change opinion"
ifelse ( (count scientists with [ beliefchange = 0 ] ) > 0 )
[plot ((count scientists with [ beliefchange = 0])/ count scientists)]
[plot 0]

```

```

set-current-plot "distribution of scientists"
ask field 0[
set-current-plot-pen "KTconformers"
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1] ) > 0 )
[plot count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "KTcommitted"
ifelse( (count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1] ) > 0)
[plot count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "RTconformers"
ifelse( (count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1] ) > 0)
[plot count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "RTcommitted"
ifelse( (count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1] ) > 0)
[plot count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1]]
[plot 0]
]

```

```

set-current-plot "median knowledge_stock KT"
ask field 0 [
set-current-plot-pen "inno"
ifelse (count in-knowledge-link-neighbors with [ knowl_weight > (1 - knowl_weight) and my_belief = 1] > 0 )
[plot median[knowledge_stock] of in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight > (1 - knowl_weight) and my_belief = 1] ]
[plot 0]
set-current-plot-pen "conf"

```

```

ifelse (count in-knowledge-link-neighbors with [ knowl_weight > (1 - knowl_weight) and my_belief = -1] > 0 )
[plot median[knowledge_stock] of in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight > (1 - knowl_weight) and my_belief = -1]]
[plot 0]
]

```

```

set-current-plot "knowledge distribution KT"
plot-pen-reset
let max-knowledge max[knowledge_stock] of [in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight > (1 - knowl_weight)]] of field 0
set-plot-x-range (precision (min[knowledge_stock] of [in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight > (1 - knowl_weight)]] of field 0)
(precision (max-knowledge + 1) 2 )
histogram [knowledge_stock] of [in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight > (1 - knowl_weight)]] of field 0

```

```

set-current-plot "median rank of RT scientists"
ask field 0 [
set-current-plot-pen "RT conf"
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and my_belief = -1]) > 0 )
[plot median [my_rank] of in-knowledge-link-neighbors with [ knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and my_belief = -1]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "RT com"
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and my_belief = 1]) > 0 )
[plot median [my_rank] of in-knowledge-link-neighbors with [ knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and my_belief = 1]]
[plot 0]
]

```

```

set-current-plot "rank distribution RT"
let max-rank max[my_rank] of [in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight <= (1 - knowl_weight)]] of field 0
let min-rank min[my_rank] of [in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight <= (1 - knowl_weight)]] of field 0
set-plot-x-range (min-rank) (max-rank + 1)
plot-pen-reset
set-histogram-num-bars length remove-duplicates [my_rank] of [in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight <= (1 - knowl_weight)]]
histogram [my_rank] of [in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight <= (1 - knowl_weight)]] of field 0

```

```

set-current-plot "publ.prob"
ask field 0[
set-current-plot-pen "KTconf"
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1] ) > 0 )
[plot mean[publ_prob] of in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "KTini"

```



```

ifelse( (count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1] ) > 0)
[plot mean[publ_prob] of in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "RTconf"
ifelse( (count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1] ) > 0)
[plot mean[publ_prob] of in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = -1]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "RTini"
ifelse( (count in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1] ) > 0)
[plot mean[publ_prob] of in-knowledge-link-neighbors with [ (knowl_weight <= (1 - knowl_weight)) and my_belief = 1]]
[plot 0]
]

```

```

set-current-plot "publ.prob hist"
ask field 0 [
let max-success max [publ_prob] of in-knowledge-link-neighbors
set-current-plot-pen "winners"
ifelse ((count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = 1] ) > 0 )
[histogram[publ_prob] of in-knowledge-link-neighbors with [publications > 1]]
[pen-up]
set-current-plot-pen "default"
histogram [publ_prob] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = -1]
]

```

```

set-current-plot "median asplevel KT"
ask field 0[
set-current-plot-pen "KT conf satis"
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = -1 and (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and last knowl_historie >
[plot median[asplevel] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = -1 and (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and last knowl_hi
[pen-up]
set-current-plot-pen "KT com satis"
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = 1 and (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and last knowl_historie >=
[plot median [asplevel] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1 and (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and last knowl_hi
[pen-up]
set-current-plot-pen "KT conf diss"
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = -1 and (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and last knowl_historie <
[plot median[asplevel] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = -1 and (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and last knowl_hi
[pen-up]
set-current-plot-pen "KT com diss"
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = 1 and (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and last knowl_historie <
[plot median [asplevel] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1 and (knowl_weight > (1 - knowl_weight)) and last knowl_hi
[pen-up]

```

```
]
```

```
set-current-plot "median asp.attainment"  
ask field 0 [  
set-current-plot-pen "RT conf"  
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = -1 and (knowl_weight <= (1 - knowl_weight))] ) > 0 )  
[plot median[rasplevel - last rank_historie] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = -1 and (knowl_weight <= (1 - knowl_w  
[plot 0]  
set-current-plot-pen "KT conf"  
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = -1 and (knowl_weight > (1 - knowl_weight))] ) > 0 )  
[plot median [last knowl_historie - asplevel] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = -1 and (knowl_weight > (1 - knowl_w  
[plot 0]  
set-current-plot-pen "KT com"  
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = 1 and (knowl_weight > (1 - knowl_weight))] ) > 0 )  
[plot median [last knowl_historie - asplevel] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1 and (knowl_weight > (1 - knowl_w  
[plot 0]  
set-current-plot-pen "RT com"  
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ my_belief = 1 and (knowl_weight <= (1 - knowl_weight))] ) > 0 )  
[plot median [rasplevel - last rank_historie] of in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1 and (knowl_weight <= (1 - knowl_w  
[plot 0]  
]
```

```
set-current-plot "share diss.agents"  
ask field 0 [  
set-current-plot-pen "KT conf"  
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ knowl_weight > (1 - knowl_weight) and asplevel > last knowl_historie and my_beli  
[plot ((count in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight > (1 - knowl_weight) and asplevel > last knowl_historie and my_belief  
count in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight > (1 - knowl_weight)])]  
[plot 0]  
set-current-plot-pen "KT com"  
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ knowl_weight > (1 - knowl_weight) and asplevel > last knowl_historie and my_beli  
[plot ((count in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight > (1 - knowl_weight) and asplevel > last knowl_historie and my_belief  
count in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight > (1 - knowl_weight)])]  
[plot 0]  
set-current-plot-pen "RT conf"  
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and rasplevel < last rank_historie and my_bel  
[plot ((count in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and rasplevel < last rank_historie and my_belief  
count in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight <= (1 - knowl_weight)])]  
[plot 0]  
set-current-plot-pen "RT com"  
ifelse ( (count in-knowledge-link-neighbors with [ knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and rasplevel < last rank_historie and my_bel  
[plot ((count in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and rasplevel < last rank_historie and my_belief
```

```
count in-knowledge-link-neighbors with [knowl_weight <= (1 - knowl_weight)])]
[plot 0]
]
```

```
set-current-plot "evidence"
ask field 0 [
set-current-plot-pen "belief -1"
plot abs(item 0 exper_list)
set-current-plot-pen "belief 1"
plot abs(item 0 exper_list_i)
]
```

```
set-current-plot "number agents conducting exp."
ask field 0 [
set-current-plot-pen "KT conf"
ifelse (count in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = -1 and knowl_weight > (1 - knowl_weight) and
member? ([who] of self) [experwho_list] of field 0 = TRUE] > 0)
[plot count in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = -1 and knowl_weight > (1 - knowl_weight) and
member? ([who] of self) [experwho_list] of field 0 = TRUE]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "KT com"
ifelse (count in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1 and knowl_weight > (1 - knowl_weight) and
member? ([who] of self) [experwho_list] of field 0 = TRUE] > 0)
[plot count in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1 and knowl_weight > (1 - knowl_weight) and
member? ([who] of self) [experwho_list] of field 0 = TRUE]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "RT conf"
ifelse (count in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = -1 and knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and
member? ([who] of self) [experwho_list] of field 0 = TRUE] > 0)
[plot count in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = -1 and knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and
member? ([who] of self) [experwho_list] of field 0 = TRUE]]
[plot 0]
set-current-plot-pen "RT com"
ifelse (count in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1 and knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and
member? ([who] of self) [experwho_list] of field 0 = TRUE] > 0)
[plot count in-knowledge-link-neighbors with [my_belief = 1 and knowl_weight <= (1 - knowl_weight) and
member? ([who] of self) [experwho_list] of field 0 = TRUE]]
[plot 0]
]
```

```
set-current-plot "tanh"
```

```
set-current-plot-pen "tanh field 0"  
ask field 0 [  
set-plot-x-range -1 1 ; x-Achse ist der Anteil der committet (crit_mass)  
plotxy (crit_mass) ((exp (2 * crit_mass) - 1) / (exp (2 * crit_mass) + 1))  
]
```

```
set-current-plot "delta tanh"  
ask field 0 [  
plot (1 - ((exp (2 * crit_mass) - 1) / (exp (2 * crit_mass) + 1)) ^ 2 )  
]
```

```
set-current-plot "med preference/conformity"  
plot commens
```

end

;

---

# **Explorative Analyse der Makroebene: Ergänzende Tabellen**

Tabelle 41: Koordinationsresultate in Konsenssituationen (kons-1,kons1) verteilt über die einzelnen Ergebniskategorien und Entscheidungsheuristiken basierend auf max. 720 Simulationsläufen.

Koordinationsergebnis	Strategie nach Typ		Ergebniskategorien											
	KT.adapt	RT.adapt	right.min		right.maj		wrong.maj		wrong.min		Zeilensumme		Summe right.	
Konsenssituation			N	%	N	%	N	%	N	%	$\Sigma N$	%	$\Sigma N$	%
	confK	confR	132	.01	9.169	.81	888	.08	1.151	.10	11.340	.03	9.301	.82
		expR	99	.01	8.225	.83	561	.06	1.015	.10	9.900	.03	8.324	.84
		salR	99	.01	6.482	.81	681	.09	718	.09	7.980	.02	6.581	.82
kons-1	expK	confR	216	.01	27.694	.86	1.164	.04	3.206	.10	32.280	.09	27.910	.87
		expR	122	.0	24.940	.88	538	.02	2.840	.10	28.440	.08	25.062	.88
		salR	151	.01	21.927	.85	689	.03	3.033	.12	25.800	.07	22.078	.86
	salK	confR	897	.03	26.007	.74	4.743	.13	3.513	.10	35.160	.10	26.904	.77
		expR	376	.01	22.861	.82	1.844	.07	2.939	.10	28.020	.08	23.237	.83
		salR	856	.03	21.446	.73	3.884	.13	3.154	.11	29.340	.08	22.302	.76
	confK	confR	256	.10	733	.29	1.424	.57	107	.04	2.520	.007	989	.39
		expR	164	.05	1.885	.58	796	.25	395	.12	3.240	.009	2.049	.63
		salR	225	.14	432	.28	795	.51	108	.07	1.560	.004	657	.42
kons1	expK	confR	0	0	210	.88	0	0	30	.12	240	.0007	210	.88
		expR	29	.01	1.629	.75	151	.07	351	.16	2.160	.006	1.658	.76
		salR	0	0	91	.76	0	0	29	.24	120	.0003	91	.76
	salK	confR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		expR	30	.04	481	.67	90	.12	119	.17	720	.002	511	.71
		salR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$N$ = Anzahl der Agenten in jeweiligem Koordinationsresultat mit Ergebniskategorie am Ende der Laufzeit ( $t=120$ ) für 30 Simulationsläufe über alle Faktorausprägungen von  $\theta, \delta, \gamma, \tau$ . Bezugsgröße für den prozentualen Zeilensummenwert ist die Anzahl der Gesamtfälle über Konsens- und Dissenssituationen (346.560).

Tabelle 42: Koordinationsresultate in Dissenssituationen (tend-1,tend1) verteilt über die einzelnen Ergebniskategorien und Entscheidungsheuristiken basierend auf max. 720 Simulationsläufen.

Koordinationsergebnis	Strategie nach Typ		Ergebniskategorien											
Dissenssituation	KT.adapt	RT.adapt	right.atrend		right.wtrend		wrong.wtrend		wrong.atrend		Zeilensumme		Summe right.	
			N	%	N	%	N	%	N	%	$\Sigma N$	%	$\Sigma N$	%
	confK	confR	2.404	.11	10.069	.45	3.476	.16	6.251	.28	22.200	.06	12.473	.56
		expR	846	.04	10.402	.55	1.134	.06	6.578	.35	18.960	.05	11.248	.59
		salR	809	.07	5.703	.49	1.171	.10	4.017	.34	11.700	.03	6.512	.56
tend-1	expK	confR	1.971	.30	828	.13	3.369	.52	372	.06	6.540	.02	2.799	.43
		expR	1.023	.22	1.426	.30	1.557	.33	734	.15	4.740	.01	2.449	.52
		salR	1.889	.20	3.239	.34	2.791	.29	1.681	.18	9.600	.02	5.128	.53
	salK	confR	319	.10	1.377	.45	761	.25	603	.20	3.060	.008	1.696	.55
		expR	1.003	.16	2.377	.38	1.637	.26	1.223	.20	6.240	.01	3.380	.54
		salR	1.129	.12	4.119	.43	2.231	.24	2.001	.21	9.480	.02	5.248	.55
	confK	confR	488	.25	411	.21	772	.40	249	.13	1.920	.005	899	.46
		expR	1.011	.17	2.370	.39	1.329	.22	1.410	.23	6.120	.01	3.381	.56
		salR	4.944	.28	2.974	.17	7.776	.44	1.946	.11	17.640	.05	7.918	.45
tend1	expK	confR	45	.11	204	.49	75	.18	96	.23	420	.001	249	.60
		expR	174	.05	1.803	.56	246	.08	1.017	.31	3.240	.009	1.977	.61
		salR	183	.07	1.240	.50	237	.10	800	.33	2.460	.007	1.423	.57
	salK	confR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		expR	215	.06	1.767	.53	325	.10	1.053	.31	3.360	.009	1.982	.59
		salR	24	.40	0	0	36	.60	0	0	60	.0001	24	.40

$N$ = Anzahl der Agenten in jeweiligem Koordinationsresultat mit Ergebniskategorie am Ende der Laufzeit ( $t=120$ ) für 30 Simulationsläufe über alle Faktorausprägungen von  $\theta, \delta, \gamma, \tau$ . Bezugsgröße für den prozentualen Zeilensummenwert ist die Anzahl der Gesamtfälle über Konsens- und Dissenssituationen (346.560).

# Konformitätsheuristik: Anpassungsverhalten in einzelnen Simulationsläufen

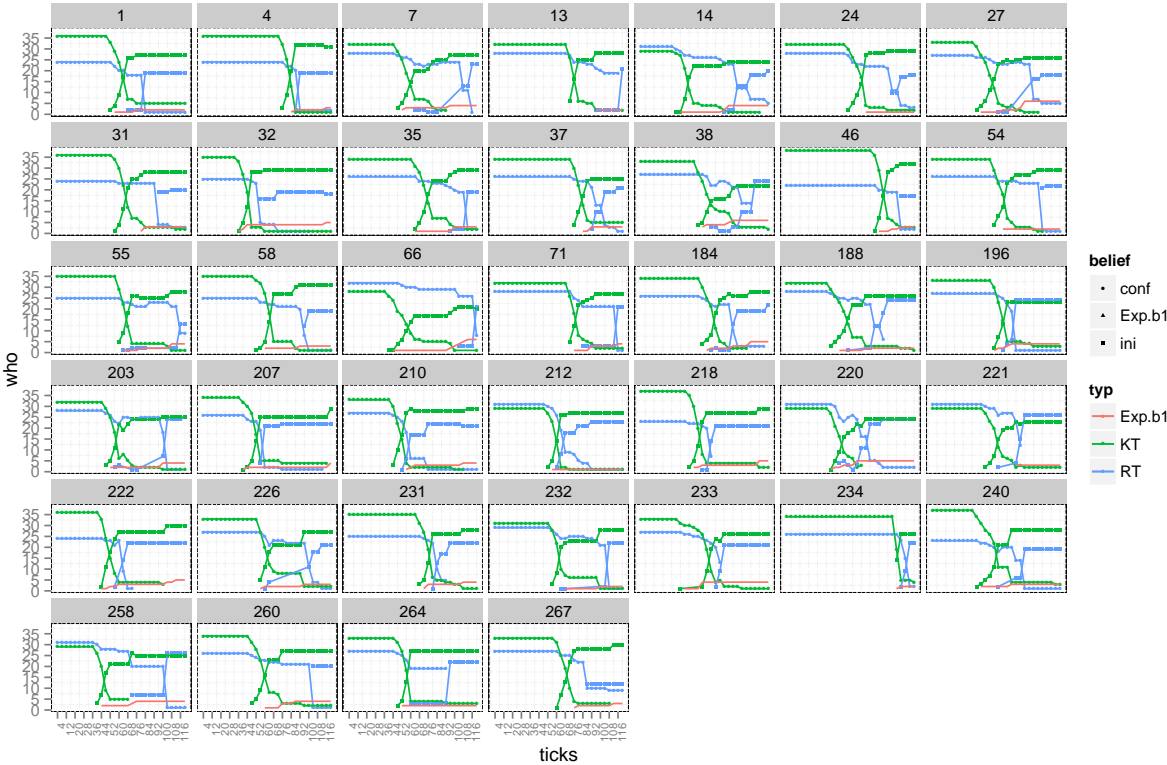


Abbildung 42: Anzahl der Agenten je Run (bei  $\theta = .956$  und  $\tau = .1$ ) mit jeweiligem wissenschaftlichen Ansatz (conf ( $b = -1$ ), ini ( $b = 1$ )) und Status (Experimentator oder Adopter) über die Zeit nach Agententyp (KT, RT) für das Resultat kons1 in der Konformitätsheuristik. Zusätzlich eingezeichnet ist die Anzahl der Experimentatoren mit wissenschaftlichem Ansatz  $b = 1$  über die Zeit (Exp.b1).



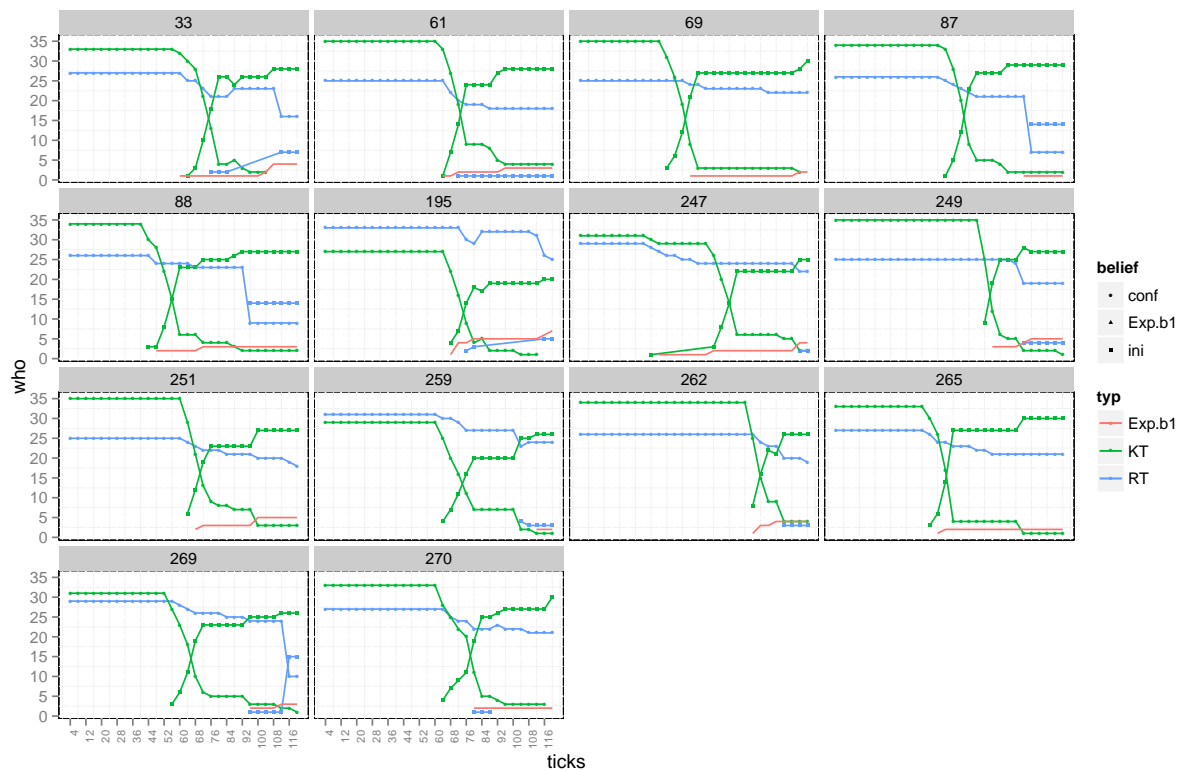


Abbildung 43: Anzahl der Agenten je Run (bei  $\theta = .956$  und  $\tau = .1$ ) mit jeweiligem wissenschaftlichen Ansatz (conf ( $b = -1$ ), ini ( $b = 1$ )) über die Zeit nach Agententyp (KT, RT) für das Resultat tend1 in der Konformitätsheuristik. Zusätzlich eingezeichnet ist die Anzahl der Experimentatoren mit wissenschaftlichem Ansatz  $b = 1$  über die Zeit (Exp.b1).

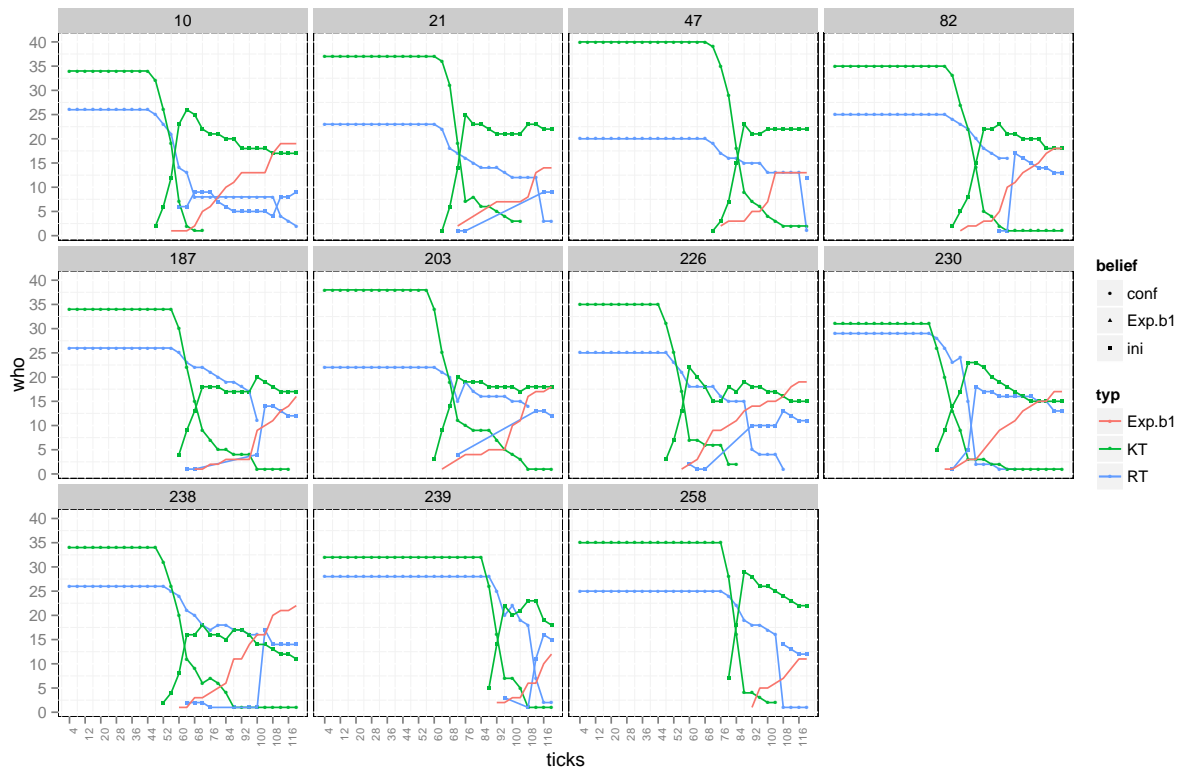


Abbildung 44: Anzahl der Adoptoren je Run (bei  $\theta = .956$  und  $\tau = .5$ ) mit jeweiligem wissenschaftlichen Ansatz (conf ( $b = -1$ ), ini ( $b = 1$ )) über die Zeit nach Agententyp (KT, RT) für das Resultat kons1 in der Konformitätsheuristik. Zusätzlich eingezeichnet ist die Anzahl der Experimentatoren mit wissenschaftlichem Ansatz  $b = 1$  über die Zeit (Exp.b1).

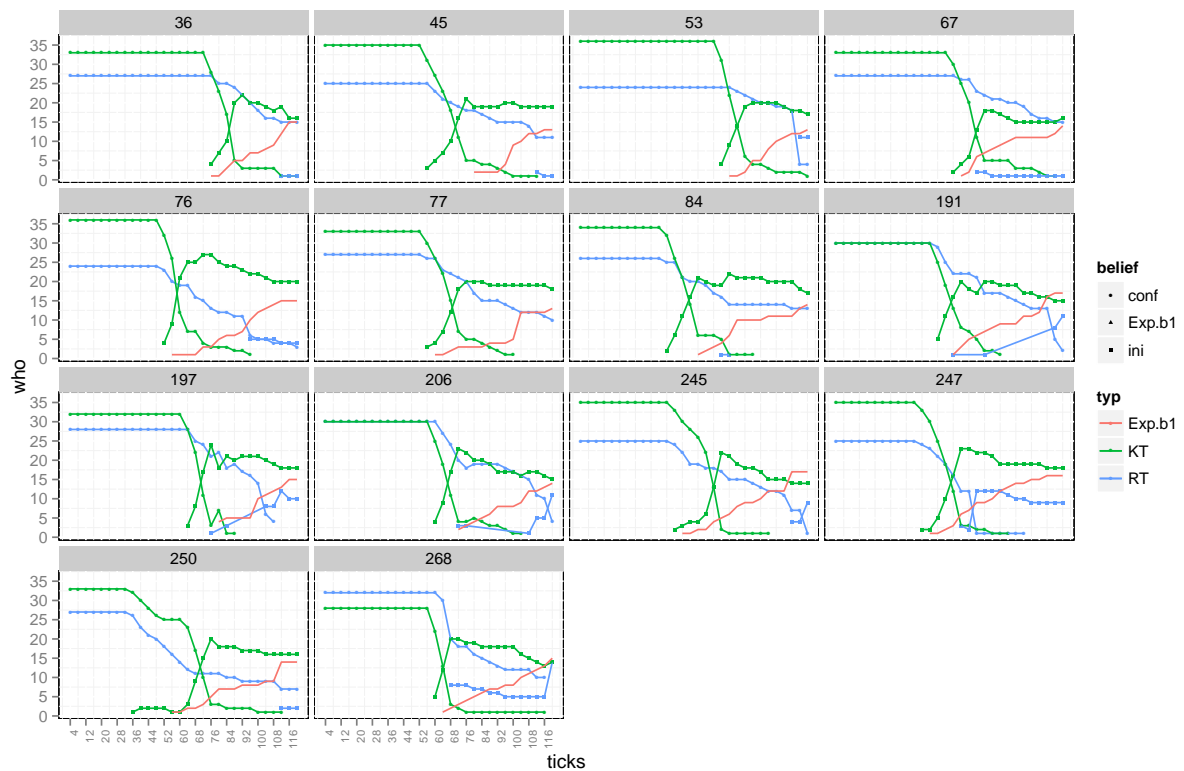


Abbildung 45: Anzahl der Agenten je Run (bei  $\theta = .956$  und  $\tau = .5$ ) mit jeweiligem wissenschaftlichen Ansatz (conf ( $b = -1$ ), ini ( $b = 1$ )) über die Zeit nach Agententyp (KT, RT) für das Resultat tend1 in der Konformitätsheuristik. Zusätzlich eingezeichnet ist die Anzahl der Experimentatoren mit wissenschaftlichem Ansatz  $b = 1$  über die Zeit (Exp.b1).

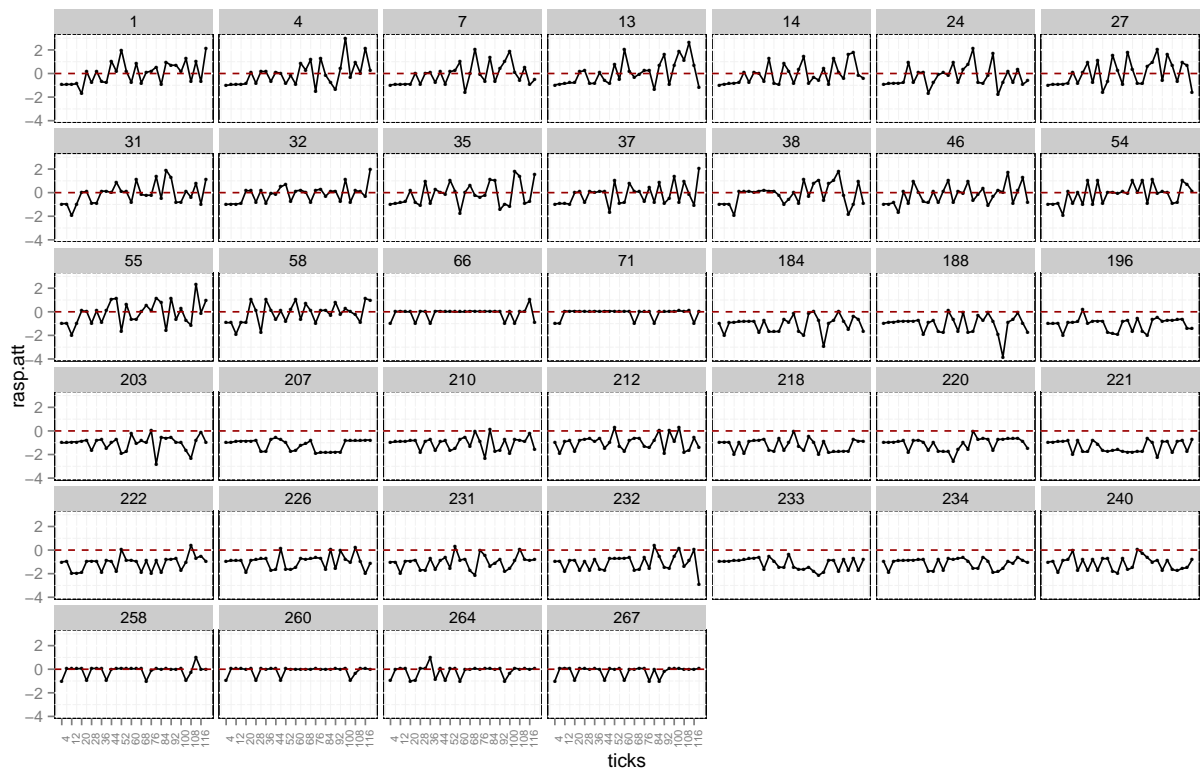


Abbildung 46: Mittlere Zielerreichungsdiskrepanz der RT-Adoptoren für die Simulationsläufe unter  $\tau = .1$  und  $\theta = .956$  mit dem Koordinationsresultat kons1 in der Konformitätsheuristik. Simulationsläufe 66, 71, 258, 260, 264 und 267 unterliegen der Faktorausprägung  $\delta = 1$ .

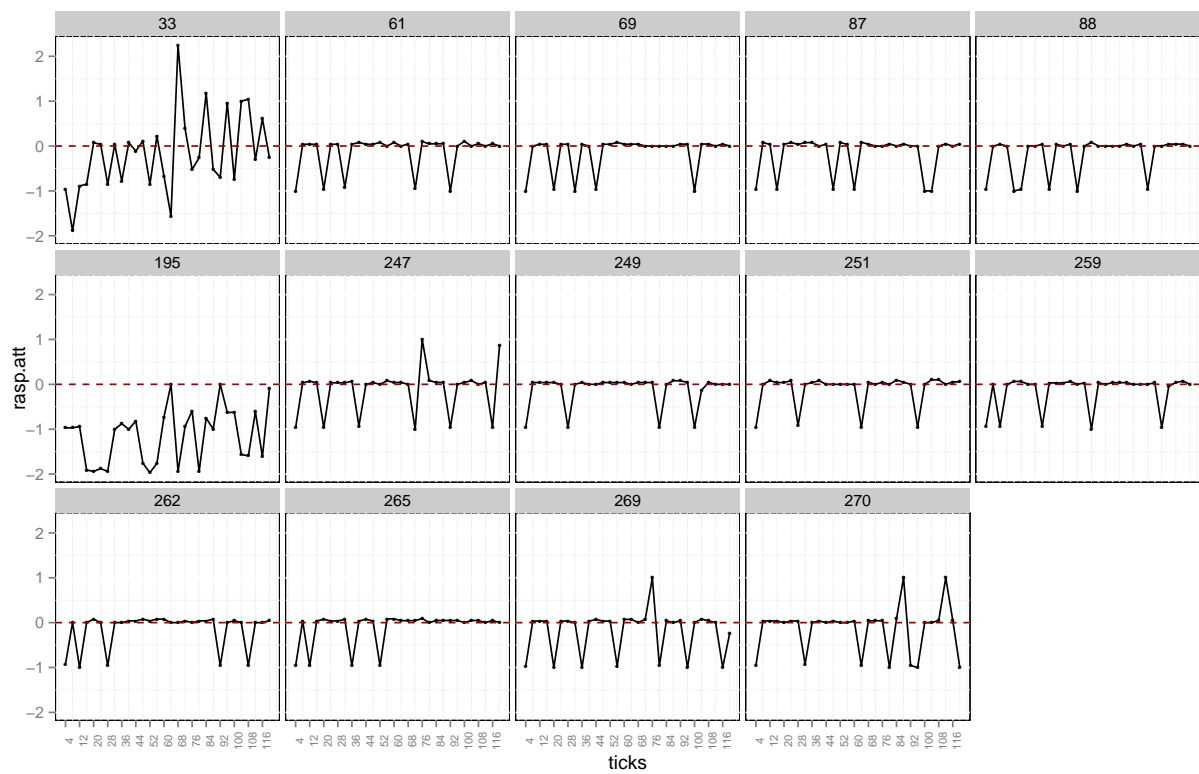


Abbildung 47: Mittlere Zielerreichungsdiskrepanz der RT-Adoptoren für die Simulationsläufe unter  $\tau = .1$  und  $\theta = .956$  mit dem Koordinationsresultat  $tend1$  in der Konformitätsheuristik. Alle Simulationsläufe außer 33 und 196 unterliegen der Faktorausprägung  $\delta = 1$ .

# Instabilität in den Entscheidungsheuristiken

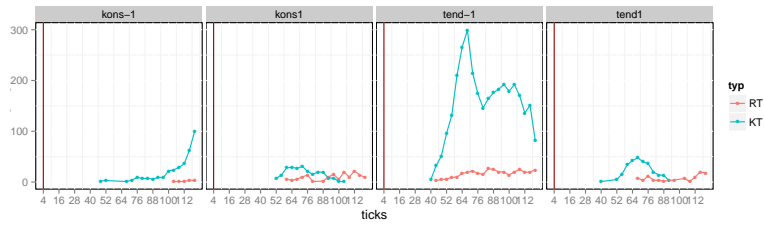


Abbildung 48: Konformitätsheuristik: Anzahl der Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren vom Typ KT und RT nach Koordinationsergebnis mit Änderung des vertretenen wissenschaftlichen Ansatzes über alle Simulationsläufe ( $\tau = .5$ ). In der Reihenfolge der Darstellung basierend auf 131, 11, 204 bzw. 14 Simulationsläufen.

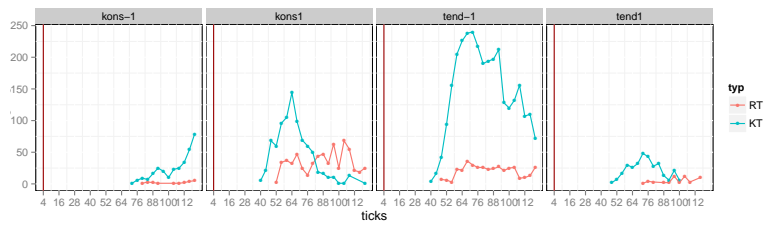


Abbildung 49: Konformitätsheuristik: Anzahl der Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren vom Typ KT und RT nach Koordinationsergebnis mit Änderung des vertretenen wissenschaftlichen Ansatzes über alle Simulationsläufe ( $\tau = .1$ ). In der Reihenfolge der Darstellung basierend auf 131, 39, 175 bzw. 15 Simulationsläufen.

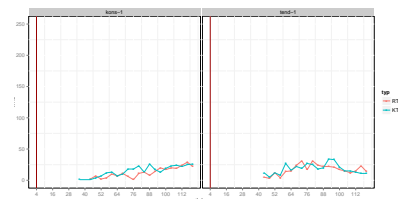


Abbildung 50: Salienzheuristik: Anzahl der Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren vom Typ KT und RT nach Koordinationsergebnis mit Änderung des vertretenen wissenschaftlichen Ansatzes über alle Simulationsläufe ( $\tau = .5$ ). In der Reihenfolge der Darstellung basierend auf 267 bzw. 93 Simulationsläufen.

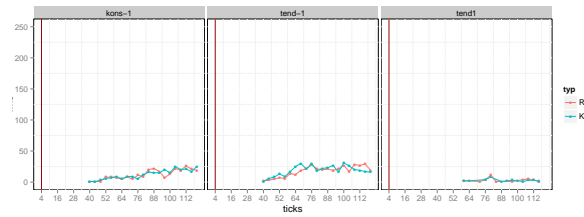


Abbildung 51: Salienszheuristik: Anzahl der Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren vom Typ KT und RT nach Koordinationsergebnis mit Änderung des vertretenen wissenschaftlichen Ansatzes über alle Simulationsläufe ( $\tau = .1$ ). In der Reihenfolge der Darstellung basierend auf 257, 99 bzw. 4 Simulationsläufen.

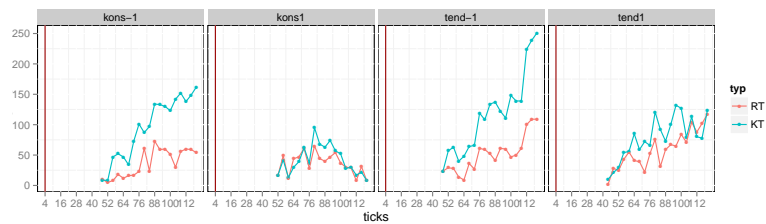


Abbildung 52: Evidenzheuristik: Anzahl der Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren vom Typ KT und RT nach Koordinationsergebnis mit Änderung des vertretenen wissenschaftlichen Ansatzes über alle Simulationsläufe ( $\tau = .5$ ). In der Reihenfolge der Darstellung basierend auf 244, 19, 57 bzw. 40 Simulationsläufen.

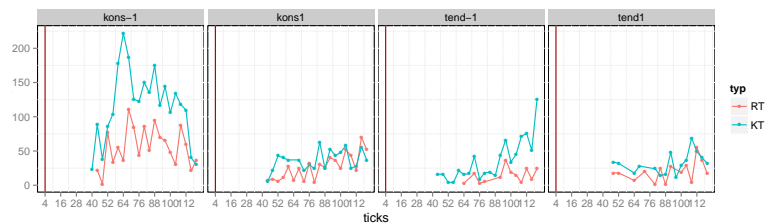


Abbildung 53: Evidenzheuristik: Anzahl der Nicht-Experimentatoren und -Innovatoren vom Typ KT und RT nach Koordinationsergebnis mit Änderung des vertretenen wissenschaftlichen Ansatzes über alle Simulationsläufe ( $\tau = .1$ ). In der Reihenfolge der Darstellung basierend auf 311, 21, 18 bzw. 10 Simulationsläufen.

# Literaturverzeichnis

- [ACEMOGLU UND OZDAGLAR 2010] ACEMOGLU, Daron ; OZDAGLAR, Asuman: Opinion Dynamics and Learning in Social Networks / Massachusetts Institute of Technology, Department of Economics. Cambridge, August 2010 (10-15). – Working Paper
- [ALBERT 2003] ALBERT, Max: Bayesian Rationality and Decision Making: A Critical Review. In: *Analyse & Kritik* 25 (2003), S. 101–117
- [ALBERT 2004] ALBERT, Max: Methodologie und die Verfassung der Wissenschaft-Eine institutionalistische Perspektive. In: HELD, M. (Hrsg.) ; GILKE, G. K. (Hrsg.) ; R. (Hrsg.) ; STURN (Hrsg.): *Normative und institutionelle Grundfragen der Ökonomik, Jahrbuch 3, Ökonomik des Wissens*. Marburg : Metropolis, 2004, S. 127–150
- [ANDERL 2013] ANDERL, Sibylle: Forschung über Wahrheiten. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung* (2013), 22.03.2013
- [ANDERSON 1995] ANDERSON, Elisabeth: Feminist Epistemology. In: *Hypatia* 10 (1995), Nr. 3, S. 50–84
- [ARTHUR 1989] ARTHUR, Brian W.: Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-in by Historical Events. In: *The Economic Journal* 99 (1989), S. 116–131
- [ASCH 1955] ASCH, Solomon E.: Opinions and Social Pressure. In: *Scientific American* 193 (1955), Nr. 5, S. 31–35
- [BACKHOUSE 2012] BACKHOUSE, Roger E.: The Rise and Fall of Popper and Lakatos in Economics. In: MÄKI, Uskali (Hrsg.): *Philosophy of Economics* Bd. 13. Oxford Amsterdam : North Holland, 2012, S. 25–48
- [BARTELBORTH 2012] BARTELBORTH, Thomas: *Die erkenntnistheoretischen Grundlagen induktiven Schließens*. E-Book, 2012 <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:15-qucosa-84565>
- [BECHER UND TROWLER 2001] BECHER, Tony ; TROWLER, Paul R.: *Academic Tribes and Territories: Intellectual Enquiry and the Culture of Discipline*. 2. Buckingham : Open University Press, 2001
- [BENSEL 2007] BENSEL, Christian: *Wahrheit und Wandel. Alltägliche Wahrheitsstrategien und Argumentationen in apologetischen Texten*. Saarbrücken : VDM– Verlag Dr. Müller, 2007. – Dissertation



- [BETTENCOURT ET AL. 2008] BETTENCOURT, Luís M. A. ; KAISER, David I. ; KAUR, Jasleen ; CASTILLO-CHÁVEZ, Calos ; WOJICK, David E.: Population Modeling of the Emergence and Development of Scientific Fields. In: *Scientometrics* 75 (2008), Nr. 3, S. 495–518
- [BICCHIERI 1988] BICCHIERI, Cristina: Methodological Rules as Conventions. In: *Philosophy of the Social Sciences* 18 (1988), S. 477–495
- [BLAIS 1987] BLAIS, Michael J.: Epistemic Tit for Tat. In: *The Journal of Philosophy* 84 (1987), S. 363–375
- [BLOOR 1991] BLOOR, David: *Knowledge and Social Imagery*. 2nd. Chicago : University of Chicago Press, 1991
- [BOUMANS UND DAVIS 2010] BOUMANS, Marcel ; DAVIS, John B.: *Economic Methodology. Understanding Economics as a Science*. New York : Palgrave Macmillan, 2010
- [BRENNER 2006] BRENNER, Thomas: Agent Learning Representation: Advice on Modeling Economic Learning. In: TEFATSION, L. (Hrsg.) ; JUDD, K.L. (Hrsg.): *Handbook of Computational Economics: Agent-Based Computational Economics*. Elsevier, 2006, S. 895–947
- [BROCK 2006] BROCK, William A.: Tipping Points, Abrupt Opinion Changes, and Punctuated Policy Change. In: REPETTO, Robert (Hrsg.): *Punctuated Equilibrium and the Dynamics of U.S. Environmental Policy*. Yale Universtiy Press, 2006
- [BROCK UND DURLAUF 1999] BROCK, William A. ; DURLAUF, Steven N.: A formal model of theory choice in science. In: *Economic Theory* 14 (1999), Nr. 1, S. 113–130
- [BYRON 1998] BYRON, Michael: Satisficing and optimality. In: *Ethics* 109 (1998), S. 67–93
- [BYRON 2005] BYRON, Michael: Simon’s revenge: or, incommensurability and satisficing. In: *Analysis* 65 (2005), Nr. 288, S. 311–315
- [CARAYOL UND DALLE 2007] CARAYOL, Nicolas ; DALLE, Jean-Michelle: Sequential problem choice and the reward system in Open Science. In: *Structural Change and Economic Dynamics* 18 (2007), S. 167–191
- [CARAYOL UND MATT 2006] CARAYOL, Nicolas ; MATT, Mireille: Individual and collective determinants of academic scientists productivity. In: *Information Economics and Policy* 18 (2006), S. 77–72

- [CARNAP 2004] CARNAP, Rudolf: *Scheinprobleme in der Philosophie und andere metaphysikkritische Schriften*. Hamburg : Meiner, 2004
- [CARRIER 2011] CARRIER, Martin: Erkenntnisziele, Beurteilungskriterien und epistemische Exzellenz: Perspektiven wissenschaftlicher Rationalität. In: ARNSWALD, U. (Hrsg.) ; SCHÜTT, H.-P. (Hrsg.): *Rationalität und Irrationalität in den Wissenschaften*. Wiesbaden : VS Verlag für Sozialwissenschaften | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2011, Kapitel 4, S. 79–110
- [CARTWRIGHT 1999] CARTWRIGHT, Nancy: Capacities. In: DAVIS, J.B. (Hrsg.) ; HANDS, D.W. (Hrsg.) ; MÄKI, U. (Hrsg.): *The handbook of economic methodology*. Cheltenham : Edward Elgar, 1999, S. 45–48
- [CASINI 2014] CASINI, Lorenzo: Not-So-Minimal Models: Between Isolation and Imagination. In: *forthcoming in Philosophy of the Social Sciences* (2014), 1-24. [http://www.researchgate.net/publication/261761128\\_Not-So-Minimal\\_Models\\_Between\\_Isolation\\_and\\_Imagination](http://www.researchgate.net/publication/261761128_Not-So-Minimal_Models_Between_Isolation_and_Imagination). – Abrufdatum 05.06.2015
- [CHALMERS 2007] CHALMERS, Alan F. ; BERGEMANN, Niels (Hrsg.) ; ALTSTÖTTER-GLEICH, Christine (Hrsg.): *Wege der Wissenschaft*. 6., verbesserte Auflage. Springer, 2007
- [CHANG UND HARRINGTON JR. 2006] CHANG, Myong-Hun ; HARRINGTON JR., Joseph E.: Agent-Based Models of Organizations. In: TEFATSION, L. (Hrsg.) ; JUDD, K.L. (Hrsg.): *Handbook of Computational Economics: Agent-Based Computational Economics*. Elsevier, 2006, S. 1273–1337
- [CHANG ET AL. 2009] CHANG, Yuan-Chieh ; YANG, Phil Y. ; CHEN, Ming-Huei: The determinants of academic research commercial performance: Towards an organizational ambidexterity perspective. In: *Research Policy* 38 (2009), Nr. 6, S. 936–946
- [COLE 1983] COLE, Stephen: The hierarchy of the sciences? In: *The American Journal of Sociology* 89 (1983), Nr. 1, S. 111–139
- [CONTE 2009] CONTE, Rosaria: From Simulation to Theory (and Backward). In: SQUAZONI, Flaminio (Hrsg.): *Epistemological Aspects of Computer Simulation in the Social Science*. Berlin Heidelberg : Springer, 2009 (Second International Workshop, EPOS 2006), S. 29–47
- [COX UND CHUNG 1991] COX, Raymond A. K. ; CHUNG, Kee H.: Patterns of Research Output and Author Concentration in the Economics Literature. In: *The Review of Economics and Statistics* 73 (1991), Nr. 4, S. 740–747

- [D'AGOSTINO 2008] D'AGOSTINO, Fred: Naturalizing the essential tension. In: *Synthese* 162 (2008), S. 275–308
- [DASGUPTA UND DAVID 1994] DASGUPTA, Partha ; DAVID, Paul A.: Toward a new economics of science. In: *Research Policy* 23 (1994), September, Nr. 5, S. 487–521
- [DAVID 1998] DAVID, Paul A.: Communication Norms and the Collective Cognitive Performance of 'Invisible Colleges'. In: BARBA, G. et a. (Hrsg.): *Creation and Transfer of Knowledge Institutions and Incentives*. Berlin : Springer, 1998, S. 115–163
- [DAVIS 2003] DAVIS, John B.: Economic Methodology since Kuhn. In: SAMUELS, Warren J. (Hrsg.) ; BIDDLE, Jeff E. (Hrsg.) ; DAVIS, John B. (Hrsg.): *A Companion to the History of Economic Thought*. Malden, Oxford, Melbourne, Berlin : Blackwell Publishing, 2003, S. 571–587
- [DE LANGHE UND GREIFF 2010] DE LANGHE, Rogier ; GREIFF, Matthias: Standards and the Distribution of Cognitive Labour. In: *Logic Journal of IGPL* 18 (2010), Nr. 2, S. 278–293
- [DE SOLLA PRICE 1963] DE SOLLA PRICE, Derek J.: *Little science, big science... and beyond*. New York : Columbia University Press, 1963
- [DEFFUANT ET AL. 2000] DEFFUANT, Guillaume ; NEAU, David ; AMBLARD, Frederic ; WEISBUCH, Gérard: Mixing beliefs among interacting agents. In: *Advances in Complex Systems* 3 (2000), S. 87–98
- [DIAMOND 2008] DIAMOND, Arthur M. J.: How Institutional Incentives and Constraints Affect the Progress of Science. In: *Prometheus* 26 (2008), Nr. 3, S. 231–239
- [DOWNES 1993] DOWNES, Stephen M.: Socializing Naturalized Philosophy of Science. In: *Philosophy of Science* 60 (1993), Nr. 3, S. 452–468
- [DOWNES 2001] DOWNES, Stephen M.: Agents and Norms in the New Economics of Science. In: *Philosophy of the Social Sciences* 31 (2001), S. 224–238
- [EDMONDS 2011] EDMONDS, Bruce: A Brief Survey of Some Relevant Philosophy of Science. In: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 14 (2011), Nr. 4, S. 1–7
- [EDMONDS ET AL. 2011] EDMONDS, Bruce ; GILBERT, Nigel ; AHRWEILER, Petra ; SCHARNHORST, Andrea: Simulating the Social Processes of Science. In: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 14 (2011), Nr. 4, S. 1–6

- [EPSTEIN 2006] EPSTEIN, Joshua M.: *Generative Social Science. Studies in Agent-Based Computational Modeling*. Princeton Oxford : Princeton University Press, 2006
- [FAGERBERG UND VERSPAGEN 2009] FAGERBERG, Jan ; VERSPAGEN, Bart: Innovation studies - The emerging structure of a new scientific field. In: *Research Policy* 38 (2009), Nr. 2, S. 218–233
- [FAHRMEIR ET AL. 2001] FAHRMEIR, Ludwig ; KÜNSTLER, Rita ; PIGEOT, Iris ; TUTZ, Gerhard: *Statistik*. 3., verbesserte Auflage. Berlin Heidelberg New York : Springer, 2001
- [FARHAT 2011] FARHAT, Daniel: Virtually science: an agent-based model of the rise and fall of scientific research programs. In: *Journal of Economic Methodology* 18 (2011), Nr. 4, S. 363–385
- [FERREIRA UND ZAMORA-BONILLA 2006] FERREIRA, José L. ; ZAMORA-BONILLA, Jesús: An Economic Model of Scientific Rules. In: *Economics and Philosophy* 22 (2006), S. 191–212
- [FEYERABEND 1965] FEYERABEND, Paul: Problems of Empiricism. In: COLODNY, R. (Hrsg.): *Beyond the Edge of Certainty*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1965, S. 145–260
- [FRAASSEN 1980] FRAASSEN, Bas v.: *The Scientific Image*. Oxford : Oxford University Press, 1980
- [FRANCESCHET 2010] FRANCESCHET, Massimo: Journal influence factors. In: *Journal of Informetrics* 4 (2010), S. 239–248
- [FRANK ET AL. 2009] FRANK, Ulrich ; SQUAZZONI, Flaminio ; TROITZSCH, Klaus G.: EPOS-Epistemological Perspectives on Simulation: An Introduction. In: SQUAZZONI, F. (Hrsg.): *Epsistemological Aspects of Computer Simulation in the Social Sciences*. Berlin Heidelberg : Springer, 2009 (Second International Workshop, EPOS 2006), S. 1–11
- [FRIGG 2010] FRIGG, Roman: Models and fiction. In: *Synthese* 172 (2010), S. 251–268
- [FULLBROOK 2013] FULLBROOK, Edward: Wie bei der Sonnenfinsternis. In: *Handelsblatt* (2013), S. 48. – Gastkommentar
- [GADENNE 2002] GADENNE, Volker: Hat der kritische Rationalismus noch etwas zu lehren? In: BÖHM, Jan M. (Hrsg.) ; HOLWEG, Heiko (Hrsg.) ; HOOCK, Claudia (Hrsg.): *Karl Poppers kritischer Rationalismus heute*. Tübingen : Mohr Siebeck, 2002, S. 58–80

- [GETTIER 1963] GETTIER, Edmund: Is Justified True Belief Knowledge? In: *Analysis* 23 (1963), S. 121–123
- [GIERE 1988] GIERE, Ronald N.: *Explaining science*. Chicago : University of Chicago Press, 1988
- [GILBERT UND AHRWEILER 2009] GILBERT, Nigel ; AHRWEILER, Petra: The Epistemologies of Social Simulation Research. In: SQUAZZONI, Flaminio (Hrsg.): *Epistemological Aspects of Computer Simulation in the Social Sciences*. Berlin Heidelberg : Springer, 2009 (Second International Workshop, EPOS 2006), S. 12–28
- [GILBERT UND TROITZSCH 2008] GILBERT, Nigel ; TROITZSCH, Klaus G.: *Simulation for the Social Scientist*. 2nd Edition. New York : McGraw-Hill, Open University Press, 2008
- [GILBERT 2007] GILBERT, Nigel G.: A Generic Model of Collectivities. In: *Cybernetics & Systems* 38 (2007), Nr. 7, S. 695–706
- [GILBERT 2008] GILBERT, Nigel G.: *Agent-based models*. Los Angeles : Sage Publications, 2008 (Quantitative applications in the social sciences)
- [GOLDMAN 1999] GOLDMAN, Alvin: *Knowledge in a Social World*. Oxford : Oxford University Press, 1999
- [GOLDMAN 2002] GOLDMAN, Alvin: *Pathways to Knowledge*. New York : Oxford University Press, 2002
- [GOLDMAN UND SHAKED 1991] GOLDMAN, Alvin ; SHAKED, Moshe: An Economic Model of Scientific Activity and Truth Acquisitions. In: *Philosophical Studies* 63 (1991), S. 31–55
- [GRABER ET AL. 2008] GRABER, Michael ; LAUNOV, Andrey ; WÄLDE, Klaus: Publish or Perish? The Increasing Importance of Publications for Prospective Economics Professors in Austria, Germany and Switzerland. In: *German Economic Review* 9 (2008), Nr. 4, S. 457472
- [GRIMM ET AL. 2010] GRIMM, Volker ; BERGER, Uta ; DEANGELIS, Donald L. ; POLHILL, Gary J. ; GISKE, Jarl ; RAILSBACK, Steven F.: The ODD protocol: A review and first update. In: *Ecological Modelling* 221 (2010), S. 2760–2768
- [GRUENE-YANOFF 2009] GRUENE-YANOFF, Till: Learning from Minimal Economic Models. In: *Erkenntnis* 70 (2009), S. 81–99

- [GRUENE-YANOFF 2013] GRUENE-YANOFF, Till: Appraising Models Nonrepresentationally. In: *Philosophy of Science* 80 (2013), Nr. 5, S. 850–861
- [GRUENE-YANOFF UND WEIRICH 2010] GRUENE-YANOFF, Till ; WEIRICH, Paul: The Philosophy and Epistemology of Simulation: A Review. In: *Simulation and Gaming* 41 (2010), Nr. 1, S. 20–50
- [GUETZKOW ET AL. 2004] GUETZKOW, Joshua ; LAMONT, Michèle ; MALLARD, Grégoire: What is Originality in the Humanities and the Social Sciences? In: *American Sociological Review* 69 (2004), S. 190–212
- [HACKING 1983] HACKING, Ian: *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Cambridge/UK : Cambridge University Press, 1983
- [HALDER 2003] HALDER, Alois: *Philosophisches Wörterbuch*. 2. Auflage. HERDER spektrum, 2003
- [HANDS 1994] HANDS, D. Wade: The sociology of scientific knowledge. In: BLACKHOUSE, R. (Hrsg.): *New Directions in Economic Methodology*. London : Routledge, 1994, S. 75–106
- [HANDS 1995] HANDS, D. Wade: Social epistemology meets the invisible hand: Kitcher on the advancement of science. In: *Dialogue* 34 (1995), Nr. 3, S. 605–622
- [HANDS 1997] HANDS, D. Wade: Caveat Emptor: Economics and Contemporary Philosophy of Science. In: *Philosophy of Science* 64 (1997), Nr. Supplement, S. 107–116
- [HANDS 2001] HANDS, D. Wade: *Reflection without Rules. Economic Methodology and Contemporary Science Theory*. Cambridge : Cambridge University Press, 2001
- [HANDS 2004] HANDS, D. Wade: Constructivism: the social construction of scientific knowledge. In: DAVIS, John (Hrsg.) ; MARCIANO, Alain (Hrsg.) ; RUNDE, Jochen (Hrsg.): *The Elgar companion to economics and philosophy*. Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA : Edward Elgar, 2004, Kapitel 10, S. 197–212
- [HANDS 2008] HANDS, D. Wade: Popper and Lakatos in Economics Methodology. In: HAUSMAN, Daniel M. (Hrsg.): *The Philosophy of Economics*. 3. Cambridge University Press, 2008, Kapitel 10, S. 188–204
- [HAUSMAN 1992] HAUSMAN, Daniel M.: *The Inexact and Separate Science of Economics*. Cambridge : Cambridge University Press, 1992

- [HEGSELMANN UND KRAUSE 2006] HEGSELMANN, Rainer ; KRAUSE, Ulrich: Truth and Cognitive Division of Labour. First Steps towards a Computer Aided Social Epistemology. In: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 9 (2006), Nr. 3, S. 1–28
- [HEINE ET AL. 2005] HEINE, Bernd-O. ; MEYER, Matthias ; STRANGFELD, Oliver: Stylised Facts and the Contribution of Simulation to the Economic Analysis of Budgeting. In: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 8 (2005), Nr. 4, S. 1–34
- [HEMPEL UND OPPENHEIM 1948] HEMPEL, Carl G. ; OPPENHEIM, Paul: Studies in the Logic of Explanation. In: *Philosophy of Science* 15 (1948), S. 135–175
- [HERBERICH ET AL. 2010] HERBERICH, Esther ; SIKORSKI, Johannes ; HOTHORN, Torsten: A Robust Procedure for Comparing Multiple Means under Heteroscedasticity in Unbalanced Designs. In: *PLoS ONE* 5 (2010), Nr. 3, S. 1–8
- [HERZOG 2012] HERZOG, Walter ; KRIZ, Jürgen (Hrsg.): *Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Psychologie*. Wiesbaden : Springer VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2012
- [HILPINEN 1968] HILPINEN, Risto: *Rules of Acceptance and Inductive Logic*. Amsterdam : North-Holland, 1968
- [HOFMANN UND HIRSCHAUER 2012] HOFMANN, Peter ; HIRSCHAUER, Stefan: Die konstruktivistische Wende. In: MAASEN, Sabine (Hrsg.) ; KAISER, Mario (Hrsg.) ; REINHART, Martin (Hrsg.) ; SUTTER, Barbara (Hrsg.): *Handbuch Wissenschaftssoziologie*. Wiesbaden : Springer VS, 2012, S. 85–100
- [HOPKINS UND KORNIENKO 2004] HOPKINS, Ed ; KORNIENKO, Tatiana: Running to keep in the same place: Consumer choice as a game of status. In: *American Economic Review* 94 (2004), Nr. 4, S. 1085–1107
- [HOWSON UND URBACH 1989] HOWSON, Colin ; URBACH, Peter: *Scientific Reasoning: The Bayesian Approach*. La Salle, Illinois : Open Court, 1989
- [HOYNINGEN-HUENE 2006] HOYNINGEN-HUENE, Paul: Context of Discovery versus Context of Justification and Thomas Kuhn. In: SCHICKORE, J. (Hrsg.) ; STEINLE, F. (Hrsg.): *Revisiting Discovery and Justification*. Springer, 2006, S. 119–131
- [HULL 1988] HULL, David L.: *Science as a Process. An Evolutionary Account of the Social and Conceptual Development of Science*. Chicago : The University of Chicago Press, 1988

- [ICHIKAWA UND STEUP 2013] ICHIKAWA, Jonathan J. ; STEUP, Matthias: The Analysis of Knowledge. Version: Fall 2013, 2013. <http://plato.stanford.edu/entries/knowledge-analysis/>. In: ZALTA, Edward N. (Hrsg.): *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Fall 2013. 2013. – Abrufdatum 22.06.2015
- [ISING 1925] ISING, Ernst: Beitrag zur Theorie des Ferromagnetismus. In: *Zeitschrift für Physik* 31 (1925), S. 253–258
- [JANSSEN UND OSTROM 2006] JANSSEN, Marco A. ; OSTROM, Elinor: Governing Social-Ecological Systems. In: TEFATSION, L. (Hrsg.) ; JUDD, K.L. (Hrsg.): *Handbook of Computational Economics: Agent-Based Computational Economics* Bd. 2. Elsevier, 2006, Kapitel 30, S. 1465–1509
- [KAHNEMAN ET AL. 1982] KAHNEMAN, Daniel ; SLOVIC, Paul ; TVERSKY, Amos: *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge : Cambridge University Press, 1982
- [KAUFFMAN 1993] KAUFFMAN, Stuart A.: *The origins of order: self-organization and selection in evolution*. New York : Oxford University Press, 1993
- [KIM 1988] KIM, Jaegwon: What Is Naturalized Epistemology? In: *Philosophical Perspectives* 2 (1988), S. 381–405
- [KINCAID 2012] KINCAID, Harold: Naturalism and the Nature of Economic Evidence. In: MÄKI, Uskali (Hrsg.): *Philosophy of Economics* Bd. 13. Amsterdam : Elsevier, 2012, S. 115–136
- [KITCHER 1993] KITCHER, Philip: *The Advancement of Science*. New York : Oxford University Press, 1993
- [KNORR CETINA 2002] KNORR CETINA, Karin: *Wissenskulturen. Ein Vergleich naturwissenschaftlicher Wissensformen*. Frankfurt am Main : suhrkamp taschenbuch wissenschaft, 2002
- [KOELBEL 2001] KOELBEL, Matthias: Das Wachstum der Wissenschaft in Deutschland 1650-2000. In: PARTHEY, Heinrich (Hrsg.) ; SPUR, Guenter (Hrsg.): *Wissenschaft und Innovation. Wissenschaftsforschung. Jahrbuch 2001*. Gesellschaft fuer Wissenschaftsforschung, 2001, S. 113–128
- [KOPPL 2011] KOPPL, Roger: Against representative agent methodology. In: *Review of Austrian Economics* 24 (2011), S. 43–55



- [KUNN 1970] KUNN, Thomas S.: *The Structure of Scientific Revolutions*. 2., erweiterte Auflage. Chicago and London : The University of Chicago Press, 1970 (International Encyclopedia of Unified Science)
- [KUUUKKANEN 2007] KUUUKKANEN, Jouni-Matti: Kuhn, the correspondence theory of truth and coherentist epistemology. In: *Studies in History and Philosophy of Science* 38 (2007), S. 555–566
- [LACEY 2005] LACEY, Hugh: *Is science value free?* London : Routledge, 2005
- [LAKATOS 1970] LAKATOS, Imre: Falsification and the methodology of scientific research programmes. In: LAKATOS, I. (Hrsg.) ; MUSGRAVE, A. (Hrsg.): *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge : Cambridge University Press, 1970, S. 91–196
- [LAKATOS 1981] LAKATOS, Imre: History of Science and its Rational Reconstructions. In: HACKING, I. (Hrsg.): *Scientific Revolutions*. Oxford : Oxford University Press, 1981, S. 107–127
- [LAM 2011] LAM, Alice: What Motivates Academic Scientists to Engage in Research Commercialisation: 'Gold,' 'Ribbon' or 'Puzzle'? In: *Research Policy* 40 (2011), S. 1354–1368
- [LARIVIÈRE ET AL. 2008] LARIVIÈRE, Vincent ; ARCHAMBAULT, Éric ; GINGRAS, Yves: Long-Term Variations in the Aging of Scientific Literature: From Exponential Growth to Steady-State Science (1900-2004). In: *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 59 (2008), Nr. 2, S. 288–296
- [LARSEN 2011] LARSEN, Maria T.: The implications of academic enterprise for public science: An overview of the empirical evidence. In: *Research Policy* 40 (2011), S. 6–19
- [LAUDAN 1984] LAUDAN, Larry: *Science and Values. The Aims of Science and their Role in Scientific Debate*. Berkeley : University of California Press, 1984
- [LEHMANN-WAFFENSCHMIDT 2006] LEHMANN-WAFFENSCHMIDT, B. Cornelia: *Industrievolution und die New Economy*. Marburg : Metropolis, 2006 (Social Science Simulation)
- [LEONARD 2002] LEONARD, Thomas C.: Reflection on Rules in Science: An Invisible-Hand Perspective. In: *Journal of Economic Methodology* 9 (2002), Nr. 2, S. 141–168
- [LEVI 1967] LEVI, Isaac: *Gambling with Truth*. New York : Knopf, 1967

- [LEVIN UND STEPHAN 1991] LEVIN, Sharon G. ; STEPHAN, Paula E.: Research Productivity over the Life Cycle: Evidence for Academic Scientists. In: *The American Economic Review* 81 (1991), Nr. 1, S. 114–132
- [LONGINO 2002] LONGINO, Helen: *The Fate of Knowledge*. Princeton : Princeton University Press, 2002
- [LONGINO 2013] LONGINO, Helen: The Social Dimensions of Scientific Knowledge. Version: Spring 2013, 2013. <http://plato.stanford.edu/archives/spr2013/entries/scientific-knowledge-social/>. In: ZALTA, Edward N. (Hrsg.): *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Spring 2013. 2013. – Abrufdatum 22.06.2015
- [LOTKA 1926] LOTKA, Alfred J.: The frequency distribution of scientific productivity. In: *Journal of Washington Academy Sciences* 16 (1926), Nr. 12, S. 317–324
- [LÜTGE 2001] LÜTGE, Christoph: *Ökonomische Wissenschaftstheorie*. Königshausen und Neumann, 2001
- [LÜTGE 2004] LÜTGE, Christoph: Economics in Philosophy of Science: A Dismal Contribution? In: *Synthese* 140 (2004), S. 279–305
- [MAHER 1993] MAHER, Patrick: *Betting on Theories*. Cambridge : Cambridge University Press, 1993
- [MÄKI 1994] MÄKI, Uskali: Isolation, idealization and truth in economics. In: HAMMINGA, B. (Hrsg.) ; DE MARCHI, N. (Hrsg.): *Idealization-VI: Idealization in economics* Bd. 38. Amsterdam : Rodopi, 1994, S. 7–68
- [MÄKI 2008] MÄKI, Uskali: Method and appraisal in economics, 1976-2006. In: *Journal of Economic Methodology* 15 (2008), Nr. 4, S. 409–423
- [MÄKI 2009] MÄKI, Uskali: Realistic Realism about Unrealistic Models. In: ROSS, Don (Hrsg.) ; KINCAID, Harold (Hrsg.): *The Oxford Handbook of Philosophy of Economics*. Oxford University Press, 2009
- [MARCH 1991] MARCH, James G.: Exploration and exploitation in organisational learning. In: *Organization Science* 2 (1991), Nr. 1, S. 71–87
- [MARTINS 2008] MARTINS, André C.: Continuous opinions and discrete actions in opinion dynamics. In: *International Journal of Modern Physics C* 19 (2008), S. 617–624
- [MARTINS 2010] MARTINS, André C.: Modeling Scientific Agents For a Better Science. In: *Advances in Complex Systems* 13 (2010), Nr. 4, S. 519–533

- [MARTINS ET AL. 2009] MARTINS, André C. ; B. PEREIRA, Carlos de ; VICENTE, Renato: An opinion dynamics model for the diffusion of innovations. In: *Physica A* 388 (2009), S. 3225–3232
- [MAYO 1996] MAYO, Deborah: *Error and Growth of Experimental Knowledge*. Chicago : University of Chicago Press, 1996
- [MAZLOUMIAN ET AL. 2011] MAZLOUMIAN, Amin ; EOM, Young-Ho ; HELBING, Dirk ; LOZANO, Sergi ; FORTUNATO, Santo: How Citation Boosts Promote Scientific Paradigm Shifts and Nobel Prizes. In: *PLoS ONE* 6 (2011), May, Nr. 5
- [MERTON 1942] MERTON, Robert K.: The Normative Structure of Science. In: *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*. Chicago : University of Chicago Press, 1942 (1973)
- [MERTON 1968] MERTON, Robert K.: The Matthew Effect in Science. In: *Science* 159 (1968), Nr. 3810, S. 56–63
- [MEYER 2011] MEYER, Matthias: Bibliometrics, Stylized Facts and the Way Ahead: How to Build Good Social Simulation Models of Science? In: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 14 (2011), Nr. 4, S. 1–4
- [MEZIAS ET AL. 2002] MEZIAS, Stephen J. ; CHEN, Ya-Ru ; MURPHY, Patrice R.: Aspiration-Level Adaptation in an American Financial Services Organization: A Field Study. In: *Management Science* 48 (2002), Nr. 10, S. 1285–1300
- [MIROWSKI 1996] MIROWSKI, Philip: The economic consequences of Philip Kitcher. In: *Social Epistemology* 10 (1996), S. 153–169
- [MITROFF 1974] MITROFF, Ian I.: Norms and Counter-Norms in a Select Group of the Apollo Moon Scientists: A Case Study of the Ambivalence of Scientists. In: *American Sociological Review* 39 (1974), Nr. 4, S. 579–595
- [MORGAN UND KNUUTTILA 2012] MORGAN, Mary S. ; KNUUTTILA, Tarja: Models and Modeling in Economics. In: MÄKI, Uskali (Hrsg.): *Philosophy of Economics* Bd. 13. Oxford Amsterdam : North Holland, 2012, S. 49–88
- [MULDOON UND WEISBERG 2011] MULDOON, Ryan ; WEISBERG, Michael: Robustness and idealization in models of cognitive labor. In: *Synthese* 183 (2011), S. 161–174
- [NEUMANN 2009] NEUMANN, Martin: Emergence as an Explanatory Principle in Artificial Societies. Reflection on the Bottom-Up Approach to Social Theory. In: SQUAZZONI, Flaminio (Hrsg.): *Epistemological Aspects of Computer Simulation in the Social Sciences*.

- Berlin Heidelberg : Springer, 2009 (Second International Workshop, EPOS 2006), S. 69–88
- [NIINILUOTO 1987] NIINILUOTO, Ilkka: *Truthlikeness*. Dordrecht : D. Reidel, 1987
- [NIINILUOTO 1999] NIINILUOTO, Ilkka: Defending Abduction. In: *Philosophy of Science* 66 (1999), S. 436–451. – Supplement. Proceedings of the 1998 Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association
- [NISBETT UND ROSS 1980] NISBETT, Richard ; ROSS, Lee: *Human Inference: Strategies and Shortcomings of Social Judgment*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1980
- [NOVARESE ET AL. 2010] NOVARESE, Marco ; CASTELLANI, Marco ; DI GIOVINAZZO, Viviana: Procedural rationality and happiness. In: *The Journal of Socio-Economics* 39 (2010), Nr. 3, S. 376–383
- [OSTASIEWICZ ET AL. 2006] OSTASIEWICZ, Katarzyna ; TYC, Michal H. ; GOLICZEWSKI, Piotr ; MAGNUSZEWSKI, Piotr ; RADOSZ, Andrzej ; SENDZIMIR, Jan: *Integrating economic and psychological insights in binary choice models with social interactions*. <http://arxiv.org/pdf/physics/0609170>. Version: 09 2006. – Working Paper, Abrufdatum 22.06.2015
- [O.V. 2015a] O.V.: *Das Netzwerk: Ziele und Aktivitäten, Netzwerk Plurale Ökonomik*. <https://www.plurale-oekonomik.de/das-netzwerk/ziele-und-aktivitaeten/>. Version: 2015. – Abrufdatum 05.06.2015
- [O.V. 2015b] O.V.: *Presseschau VWL in der Kritik, Netzwerk Plurale Ökonomik*. <https://www.plurale-oekonomik.de/presse/presseschau-die-vwl-in-der-kritik/>. Version: 2015. – Abrufdatum: 05.06.2015
- [O.V. 2015c] O.V.: Teaching economics: The demand side. In: *The Economist* (2015), February. <http://www.economist.com/news/britain/21642158-economics-curriculum-evolving-too-slowly-some-demand-side>. – Abrufdatum 05.06.2015
- [PAYETTE 2011] PAYETTE, Nicolas: For an Integrated Approach to Agent-Based Modeling of Science. In: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 14 (2011), Nr. 4, S. 1–9
- [PEIRCE 1931] PEIRCE, Charles S. ; HARTSHORNE, C. (Hrsg.) ; WEISS, P. (vol 1-6) (Hrsg.) ; BURKS, A. (vol 7-8) (Hrsg.): *Collected Papers*. Bd. 1-6,7-8. Cambridge, MA : Harvard University Press, 1931-1935; 1958

- [PEIRCE 1879] PEIRCE, Charles S.: Note on the theory of the economy of research. / US Government Printing Office. 1879. – Forschungsbericht. – Report of the Superintendent of the United States Coast Survey Showing the Progress of the Work of the Fiscal Year Ending with June 1876, S. 197-201
- [PETER 2004] PETER, Fabienne: Legitimierung des Wissens - Zur Rolle des impliziten Wissens. In: HELD, M. (Hrsg.) ; KUBON GILKE, G. (Hrsg.) ; STURN, R. (Hrsg.): *Normative und institutionelle Grundfragen der Ökonomik, Jahrbuch 3, Ökonomik des Wissens*. Marburg : Metropolis, 2004, S. 151–172
- [POLANYI 1966] POLANYI, Michael: *The Tacit Dimension*. London : Routledge and Kegan Paul, 1966
- [POPPER 1974] POPPER, Karl R.: *Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf*. Hamburg : Hoffman & Campe, 1974
- [POPPER 1994] POPPER, Karl R.: *Logik der Forschung*. 10., weiter verbesserte Auflage. Mohr, 1994. – 1. Auflage 1934
- [PSILLOS 1996] PSILLOS, Stathis: On van Fraassen' s Critique on Abductive Reasoning. In: *The Philosophical Quarterly* 46 (1996), S. 31–47
- [QUINE 1951] QUINE, Willard Van O.: *Two Dogmas of Empiricism. From a Logical Point of View*. 2nd Edition. Cambridge, MA : Harvard University Press, 1951
- [QUINE 1969] QUINE, Willard Van O.: *Ontological Relativity and Other Essays*. New York : Columbia University Press, 1969
- [RADNITZKY 1987] RADNITZKY, Gerard: Cost-Benefit-Thinking in the Methodology of Research: the 'Economic Approach' Applied to Key Problems of the Philosophy of Science. In: RADNITZKY, G. (Hrsg.) ; BERNHOLZ, P. (Hrsg.): *Economic imperialism: the economic approach applied outside the field of economics*. New York : Paragon House, 1987
- [RAUBER UND URSPRUNG 2008] RAUBER, Michael ; URSPRUNG, Heinrich W.: Life Cycle and Cohort Productivity in Economic Research: The Case of Germany. In: *German Economic Review* 9 (2008), Nr. 4, S. 431–456
- [RESCHER 1977] RESCHER, Nicholas: *Methodological pragmatism. A systems-theoretic approach to the theory of knowledge*. Oxford : Basil Blackwell, 1977
- [RESCHER 1978] RESCHER, Nicholas: *Scientific Progress*. Pittsburgh University Press, 1978. – German Edition: Wissenschaftlicher Fortschritt, de Gruyter, Berlin 1982

- [RESCHER 1989] RESCHER, Nicholas: *Cognitive Economy. The Economic Dimension of the Theory of Knowledge*. Pittsburgh : Pittsburgh University Press, 1989
- [ROCA UND HELBING 2011] ROCA, Carlos P. ; HELBING, Dirk: Emergence of social cohesion in a model society of greedy, mobile individuals. In: *PNAS* 108 (2011), Nr. 28, S. 11370–11374
- [ROLIN UND WRAY 2008] ROLIN, Kristina ; WRAY, Brad K.: Social Empiricism and Science Policy. In: *Science Studies* 21 (2008), Nr. 1, S. 68–82
- [SAWYER 2005] SAWYER, Keith R.: *Social Emergence*. Cambridge : Cambridge University Press, 2005
- [SCHELLING 1969] SCHELLING, Thomas C.: Models of Segregation. In: *The American Economic Review* 59 (1969), Nr. 2, S. 488–493
- [SCHMITZ 1995] SCHMITZ, David: *Rational Choice and Moral Agency*. Princeton : Princeton University Press, 1995
- [SCHUBERT 2009] SCHUBERT, Torben: Empirical observations on New Public Management to increase efficiency in public research—Boon or bane? In: *Research Policy* 38 (2009), S. 1225–1234
- [SCHÜTTE 2009] SCHÜTTE, Tino: *Social Science Simulations*. Bd. 6: *Investitionsanpassungen im Produktwettbewerb. Eine Simulationsanalyse am Beispiel der pharmazeutischen Industrie*. Marburg : Metropolis, 2009
- [SENT 1997] SENT, Esther-Mirjam: An Economist's Glance at Goldman's Economics. In: *Philosophy of Science* 64 (1997), S. 139–148
- [SHI 2001] SHI, Yanfei: *The Economics of Scientific Knowledge: A Rational-Choice Neo-institutionalist Theory of Science*. Cheltenham : Edward Elgar, 2001
- [SIMON 1955] SIMON, Herbert A.: A Behavioral Model of Rational Choice. In: *Quarterly Journal of Economics* 69 (1955), S. 99–118
- [SMAJGL ET AL. 2008] SMAJGL, Alex ; IZQUIERDO, Luis R. ; HUIGEN, Marco: Modeling Endogenous Rule Changes in an Institutional Context: The ADICO Sequence. In: *Advances of Complex Systems* 11 (2008), Nr. 2, S. 199–215
- [SOBKOWICZ 2009] SOBKOWICZ, Pawel: Modelling Opinion Formation with Physics Tools: Call for Closer Link with Reality. In: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 12 (2009), Nr. 1 (11)

- [SOLOMON 1992] SOLOMON, Miriam: Scientific Rationality and Human Reasoning. In: *Philosophy of Science* 59 (1992), S. 439–455
- [SOLOMON 1994a] SOLOMON, Miriam: Multivariate Models of Scientific Change. In: *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* 2 (1994), Nr. Symposia and Invited Papers, S. 287–297
- [SOLOMON 1994b] SOLOMON, Miriam: Social Empiricism. In: *Noûs* 28 (1994), Nr. 3, S. 325–343
- [SOLOMON 2001] SOLOMON, Miriam: *Social Empiricism*. The MIT Press, 2001
- [SQUAZZONI UND GANDELLI 2012] SQUAZZONI, Flaminio ; GANDELLI, Claudio: Saint Matthew Strikes Again: An Agent-based Model of Peer Review and the Scientific Community Structure. In: *Journal of Informetrics* 6 (2012), S. 265–275
- [STANFORD 2009] STANFORD, Kyle: Underdetermination of Scientific Theory. Version: Winter 2009, 2009. <http://plato.stanford.edu/archives/win2009/entries/scientific-underdetermination/>. In: ZALTA, Edward N. (Hrsg.): *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Winter 2009. 2009. – Abrufdatum 22.06.2015
- [STEPHAN 1996] STEPHAN, Paula E.: The Economics of Science. In: *Journal of Economic Literature* 34 (1996), S. 1199–1235
- [STEUP 1996] STEUP, Matthias: *An Introduction to Contemporary Epistemology*. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall, 1996
- [STREVENSON 2003] STREVENSON, Michael: The Role of the Priority Rule in Science. In: *Journal of Philosophy* 100 (2003), Nr. 2, S. 55–79
- [STREVENSON 2011] STREVENSON, Michael: Economic Approaches to Understanding Scientific Norms. In: *Episteme* 8 (2011), S. 184–200
- [SUGDEN 2008] SUGDEN, Robert: Credible Worlds - The Status of Theoretical Models in Economics. In: HAUSMAN, Daniel M. (Hrsg.): *The Philosophy of Economics*. 3rd. Cambridge University Press, 2008, Kapitel 26, S. 476–509
- [SUGDEN 2009] SUGDEN, Robert: Credible Worlds, Capacities and Mechanisms. In: *Erkenntnis* 70 (2009), S. 3–27
- [SUN UND NAVEH 2009] SUN, Ron ; NAVEH, Isaac: Cognitive Simulation of Academic Science. In: *International Joint Conference on Neural Networks* (2009), S. 418–424

- [SZNAJD-WERON UND SZNAJD 2000] SZNAJD-WERON, Katarzyna ; SZNAJD, Józef: Opinion Evolution in Closed Community. In: *International Journal of Modern Physics C* 11 (2000), S. 1157–1166
- [TESFATSION 2006] TEFATSION, Leigh: A Constructive Approach to Economic Theory. In: TEFATSION, L. (Hrsg.) ; JUDD, K.L. (Hrsg.): *Handbook of Computational Economics: Agent-Based Computational Economics* Bd. 2. Elsevier, 2006, Kapitel 16, S. 831–880
- [THURNER UND HANEL 2011] THURNER, Stefan ; HANEL, Rudolf: Peer-Review in a World with Rational Scientists: Toward Selection of the Average. In: *The European Physical Journal B* 84 (2011), S. 707–711
- [WAGNER-DOEBLER 2001] WAGNER-DOEBLER, Roland: Rescher's Principle of Decreasing Marginal Returns of Scientific Research. In: *Scientometrics* 50 (2001), S. 419–436
- [WALSTAD 2002] WALSTAD, Alan: Science as a Market Process. In: *The Independent Review* 7 (2002), S. 5–45
- [WATTS UND GILBERT 2011] WATTS, Christopher ; GILBERT, Nigel: Does cumulative advantage affect collective learning in science? An agent-based simulation. In: *Scientometrics* 89 (2011), S. 437–463
- [WEBER 2007] WEBER, Karsten: Simulationen in den Sozialwissenschaften. In: *Journal for General Philosophy of Science* 38 (2007), S. 111–126
- [WEBER 2012] WEBER, Marcel: Wissenschaftsphilosophie. In: MAASEN, S. (Hrsg.) ; KAISER, M. (Hrsg.) ; REINHART, M. (Hrsg.) ; SUTTER, B. (Hrsg.): *Handbuch Wissenschaftssoziologie*. Wiesbaden : Springer VS, 2012, S. 229–240
- [WEIDLICH UND HAAG 1983] WEIDLICH, Wolfgang ; HAAG, Günter: *Concepts and Models of a Quantitative Sociology. The Dynamics of Interacting Populations*. Berlin : Springer, 1983
- [WEIMANN 1994] WEIMANN, Gabriel: *The Influentials. People Who Influence People*. Albany, New York : State University New York Press, 1994
- [WEISBERG UND MULDOON 2009] WEISBERG, Michael ; MULDOON, Ryan: Epistemic landscapes and the division of cognitive labor. In: *Philosophy of Science* 76 (2009), Nr. 2, S. 225–252
- [WIBLE 1998] WIBLE, James R.: *The Economics of Science: Methodology and Epistemology as if Economics Really Mattered*. London : Routledge, 1998



- [WILENSKY 2004] WILENSKY, Uri: *Netlogo Lottery Example from Netlogo Library / Code Examples*. Online: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>, 2004
- [WRAY 2011] WRAY, Brad K.: *Kuhn's Evolutionary Social Epistemology*. Cambridge University Press, 2011
- [ZAMORA BONILLA 2002] ZAMORA BONILLA, Jesús P.: Economists: Truth-Seekers or Rent-Seekers? In: MÄKI, Uskali (Hrsg.): *Fact and Fiction in Economics*. Cambridge : Cambridge University Press, 2002, S. 356–375
- [ZAMORA BONILLA 2012] ZAMORA BONILLA, Jesús P.: The Economics of Scientific Knowledge. In: MÄKI, Uskali (Hrsg.): *Philosophy of Economics* Bd. 13. Oxford Amsterdam : North Holland, 2012, S. 823–862
- [ZOLLMAN 2008] ZOLLMAN, Kevin J.: Social structure and the effects of conformity. In: *Synthese* 172 (2008), S. 317–340
- [ZOLLMAN 2011] ZOLLMAN, Kevin J.: Computer Simulation and Emergent Reliability of Science. In: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 14 (2011), Nr. 4, S. 1–5
- [ZOLLMAN 2012] ZOLLMAN, Kevin J.: Social network structure and the achievement of consensus. In: *Politics Philosophy Economics* 1 (2012), Nr. 1, S. 26–44. – Special Issue Article on Complexity