

**Untersuchung des Einflusses von Modellierungsexpertise und Kultur auf die Qualität
und das Verständnis von Geschäftsprozessmodellen**

-

Ein Lösungsansatz basierend auf empirischen Untersuchungen

Von der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades einer Doktorin der
Wirtschafts- und Sozialwissenschaften genehmigte Dissertation

vorgelegt von
Denise Költer, geb. Hennes

Berichter: Univ.-Prof. Dr. rer. pol. habil. Michael Bastian
Prof. Dr. rer. pol. Jürgen Karla - HS Niederrhein

Tag der mündlichen Prüfung: 13.07.2017

"Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Universitätsbibliothek online verfügbar."

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	1
1. Einleitung	3
1.1. Einleitung, Motivation und Fragestellung	3
1.2. Vorgehensweise	5
1.2.1. Entwicklung eines Ordnungsrahmens	6
1.2.2. Forschungslücken im Kontext der Prozessmodellierung	6
1.2.3. Einfluss von Erfahrung und kognitiven Elementen auf die Modellqualität	7
1.2.4. Einfluss der Kultur auf das Modellverständnis	7
1.2.5. Auswertung der Experimentaldaten	8
1.3. Ansätze zur Fehlerbehebung im Kontext der Modeller- stellung	8
2. Theoretische und empirische Grundlagen	11
2.1. Darstellung von wertschöpfenden Kooperationen	11
2.2. Grundlagen der Geschäftsprozessmodellierung	13
2.3. Stand der Forschung zum Thema kognitionsbedingte Unterschiede, Vorerfahrung, Modellierungsexpertise	13
2.4. Stand der Forschung zum Thema kulturelle Unterschiede	15
2.4.1. Nationalkultur	15
2.4.2. Unternehmenskultur	18
2.5. Aufbau eines theoretischen Ordnungsrahmens	19
2.6. Metamodelle und ihr Nutzen	20
2.6.1. Metamodelle und ihr Nutzen für globale Produktions- netzwerke	21
2.6.2. Teilmodelle des Metamodells	23
2.6.2.1. Verbindungen zwischen den Teilmodellen	23
2.6.2.2. Teilmodell 1: Netzwerksteuerungsstil	24
2.6.2.3. Teilmodell 2: Netzwerktopologien	25
2.6.2.4. Teilmodell 3: Netzwerkakteure	26
2.6.2.5. Teilmodell 4: Institutionen	26
2.6.2.6. Teilmodell 5: Ressourcen	27
2.6.2.7. Teilmodell 6: Neue Institutionenökonomie	28
2.6.2.8. Teilmodell 7: Prozesse	29
2.6.2.9. Teilmodell 8: Ziele	30

2.6.2.10.	Teilmodell 9: Flüsse	31
2.6.3.	Validierung des Metamodelles	32
2.6.3.1.	Ergebnisse des Expertenworkshops	32
2.6.3.2.	Fallbeispiel SmartWheels	33
2.7.	Ontologie	34
2.7.1.	Ontologieklassen	34
3.	Empirische Untersuchungen	51
3.1.	Empirische Untersuchung der Einflussfaktoren insbesondere der Modellierungsexpertise auf die Modellqualität	52
3.1.1.	Probanden	54
3.1.2.	Notation	54
3.1.3.	Versuchsablauf	55
3.1.4.	Auswertungsschema	56
3.1.5.	Zusammensetzung des Merkmals Modellierungsexpertise	57
3.1.6.	Hypothesen	62
3.1.7.	Gesamtfehlerzahl	63
3.1.8.	Statistische Analyse der Auslassungsfehler	69
3.1.8.1.	Komplette Auslassungen	76
3.1.8.2.	Konfigurationsfehler	83
3.1.9.	Statistische Analyse der Ausführungsfehler	89
3.1.9.1.	Statistische Analyse der Vertauschungsfehler	96
3.1.9.1.1.	Gesamtheit der Vertauschungsfehler	96
3.1.9.1.2.	Statistische Auswertung der Anzahl der falsch zugeordneten Aktivitäten	99
3.1.9.1.3.	Statistische Auswertung der Anzahl der durch eine Information dargestellten Werkzeuge	100
3.1.9.1.4.	Statistische Auswertung der Anzahl der durch ein Werkzeug dargestellten Informationen	107
3.1.9.2.	Statistische Analyse der Labelingfehler und Labelingtypen	110
3.1.9.2.1.	Labelingfehler	110
3.1.9.2.2.	Labelingtypen	114
3.1.9.2.2.1.	Labeling durch Substantivierung	114
3.1.9.2.2.2.	Labeling durch Objekt-Verb-Kombinationen	120
3.1.9.3.	Einordnungsfehler	125
3.1.9.3.1.	Falsche Reihenfolge	132
3.1.9.3.1.1.	Vorgängerfehler	132
3.1.9.3.1.2.	Nachfolgerfehler	137
3.1.9.4.	Modusfehler	146
3.1.9.4.1.	Fehler mit Iterationen	150
3.1.9.4.2.	Fehler mit Parallelisierungen	173
3.1.9.4.3.	Fehler mit synchroner Zusammenarbeit	182

3.1.10.	Bewertung	183
3.1.10.1.	Einschätzung des Schwierigkeitsgrades der Aufgaben .	184
3.1.10.2.	Bearbeitungszeit	187
3.2.	Empirische Untersuchung des Einflusses der Kultur auf das Modellverständnis	191
3.2.1.	Probanden	191
3.2.2.	Notation der gezeigten Modelle	192
3.2.3.	Versuchsablauf	192
3.2.4.	Auswertungsschema	193
3.2.5.	Zusammensetzung des Merkmals kulturelles Cluster .	194
3.2.5.1.	Altersgruppe	198
3.2.5.2.	Geschlecht	198
3.2.5.3.	Wohnhaft in Deutschland	201
3.2.5.4.	Höchster Bildungsabschluss	202
3.2.5.5.	Fachbereich	202
3.2.5.6.	Englischkenntnisse	204
3.2.5.7.	Modellierungsvorerfahrung	205
3.2.5.8.	Erfahrung mit den einzelnen Modellierungsnotation . .	206
3.2.5.9.	Merkmale mit einem Einfluss auf das Merkmal „Kultu- relles Cluster“	206
3.2.5.10.	Weitere Merkmale	211
3.2.6.	Hypothesen	211
3.2.7.	Fehlerauswertung	212
3.2.8.	Die betrachteten Modelle	212
3.2.9.	Aussagen und Einschätzungen vor der Betrachtung der Modelle	213
3.2.9.1.	Aussage 1: „Prozessmodellierungssprachen sind einfach zu lernen.“	213
3.2.9.2.	„Die benutzten Symbole sind leicht verständlich“ . . .	216
3.2.9.3.	„Prozessmodellierungssprachen sind nützlich für meinen Beruf / mein Studium.“	219
3.2.9.4.	„Ich würde gerne mehr über Prozessmodellierungsspra- chen lernen.“	219
3.2.9.5.	Schwierigkeiten mit Symbolen	223
3.2.9.6.	Art der Schwierigkeiten mit Symbolen	225
3.2.9.7.	Fehlinterpretationen von Prozessen	225
3.2.10.	Modell „Autovermietung“	228
3.2.10.1.	Modellbeschreibung	228
3.2.10.2.	Akteure	229
3.2.10.3.	Startpunkt des Prozesses	231
3.2.10.4.	Verständnis von synchronen Aktivitäten	231
3.2.10.5.	Parallele Aktivitäten	235
3.2.10.6.	Anzahlen von Routingelementen	239

3.2.10.7.	Iteration	244
3.2.10.8.	Entscheidung	249
3.2.10.9.	Informationen	251
3.2.10.10.	Werkzeuge	255
3.2.10.11.	Schwachstelle	259
3.2.10.12.	Endpunkt	259
3.2.10.13.	Anmerkungen	261
3.2.11.	Simulationsmodell	268
3.2.11.1.	Modellbeschreibung	269
3.2.11.2.	Akteure	272
3.2.11.3.	Startpunkt	275
3.2.11.4.	Synchrone Aktivitäten	275
3.2.11.5.	Parallele Aktivitäten	280
3.2.11.6.	Anzahl der Routingelemente	281
3.2.11.7.	Iterationen	281
3.2.11.8.	Entscheidungen	281
3.2.11.9.	Informationen	289
3.2.11.10.	Werkzeuge	290
3.2.11.11.	Schwachstelle	291
3.2.11.12.	Endpunkte	295
3.2.11.13.	Anmerkungen	295
3.2.12.	Diamantenmodell	302
3.2.12.1.	Modellbeschreibung	303
3.2.12.2.	Akteure	304
3.2.12.3.	Startpunkt	306
3.2.12.4.	Synchrone Aktivitäten	306
3.2.12.5.	Parallelitäten	312
3.2.12.6.	Anzahl der Routingelemente	312
3.2.12.7.	Iterationen	315
3.2.12.8.	Entscheidungen	319
3.2.12.9.	Informationen	321
3.2.12.10.	Werkzeuge	325
3.2.12.11.	Schwachstelle	328
3.2.12.12.	Endpunkte	329
3.2.12.13.	Anmerkungen	332
3.2.13.	Nachtest	337
3.2.13.1.	Schwierigkeitsgrad der Modells	337
3.2.13.2.	Schwierigkeiten für das Autovermietungsmodell	339
3.2.13.3.	Schwierigkeiten für das Simulationsmodell	345
3.2.13.4.	Schwierigkeiten für das Diamantenmodell	351
3.2.13.5.	Verständnis des Autovermietungsmodells	356
3.2.13.6.	Verständnis des Simulationsmodells	356
3.2.13.7.	Verständnis des Diamantenmodells	357

4.	Ergebnisse	361
4.1.	Zusammenfassung und Implikationen	365
4.1.1.	Trainingskonzepte	366
4.1.1.1.	Stufe 1: Wahl der Mitarbeiter	366
4.1.1.2.	Stufe 2: Erlangung von theoretischer Modellierungsexp- ertise	366
4.1.1.3.	Stufe 3: Erlangung von praktischer Modellierungsexper- tise	367
4.1.2.	Softwareunterstützung	367
5.	Diskussion der Ergebnisse	371
A.	Anhang	379
A.1.	Metamodell	379
A.2.	Prozessmodelle des E-Roamings	381
A.3.	Protokolle der Experteninterviews der Prozessmodelle des E-Roamings	411
A.4.	Studie 1	422
A.4.1.	Beschriebene Prozessabläufe	422
A.4.2.	Legende	426
A.4.3.	Analyse der statistischen Ergebnisse für Studie 1 . . .	428
A.5.	Studie 2	448
A.5.1.	Fragebogen Studie 2	448
A.5.2.	Autovermietungsmodell	450
A.5.3.	Diamantenmodell	452
A.5.4.	Simulationsmodell	455

Abbildungsverzeichnis

2.1. Ein Verbund von Produkt- und Prozess-Metamodellen nach Breton und Bézin (2001)	21
2.2. Das entwickelte Metamodell	22
2.3. Verbindungen zwischen den Teilmodellen	23
2.4. Teilmodell Netzwerksteuerungsstil	24
2.5. Teilmodell Netzwerktopologien	25
2.6. Teilmodell Netzwerkakteure	26
2.7. Teilmodelle Institutionsperspektive	27
2.8. Teilmodell Ressourcen	28
2.9. Teilmodell Neue Institutionenökonomie	28
2.10. Teilmodell Prozesse	29
2.11. Teilmodell Ziele	30
2.12. Teilmodell Flüsse	31
2.13. Akteurklasse in der Ontologie	35
2.14. Ontologie (1)	36
2.15. Ontologie (2)	37
2.16. Ontologie (3)	38
2.17. Ontologie (4)	39
3.1. Qualitätsmodell des 3QM-Framework mit Qualitätsmerkmalen (grau) und -metriken (weiß) nach Overhage u. a. (2012)	53
3.2. Korrelationen zwischen den unabhängigen Variablen	59
3.3. Zugehörigkeit der Probanden zu einzelnen Fachbereichen	59
3.4. Kenntnis der Probanden von Modellierungssprachen	59
3.5. Verteilung der Altersgruppen und der akademischen / beruflichen Bildung auf das Geschlecht	61
3.6. Prozentsatz der Linkshänder an der Probandengruppe	62
3.7. Abhängigkeiten zwischen den abgefragten unabhängigen Variablen	63
3.8. Boxplots für die Verteilung der Gesamtfehlerzahl	64
3.9. Paarweise Post-hoc-Tests für die Gesamtfehlerzahl (G)	66
3.10. Paarweise Post-hoc-Tests für die Gesamtfehlerzahl (K)	67
3.11. Paarweise Post-hoc-Tests für die Gesamtfehlerzahl (D)	67
3.12. Paarweise Post-hoc-Tests für die Gesamtfehlerzahl (S)	68

3.13. Boxplots für die Verteilung der Anzahlen der Auslassungsfehler	70
3.14. Paarweise Vergleiche für die Gesamtzahl der Auslassungsfehler (G)	73
3.15. Paarweise Vergleiche für die Gesamtzahl der Auslassungsfehler (K)	73
3.16. Paarweise Vergleiche für die Gesamtzahl der Auslassungsfehler (D)	75
3.17. Paarweise Vergleiche für die Gesamtzahl der Auslassungsfehler (S)	76
3.18. Boxplots für die Verteilung der Anzahlen der kompletten Auslassungen	77
3.19. Paarweise Vergleiche für die Gesamtheit der kompletten Auslassungen (G)	80
3.20. Paarweise Vergleiche für die Gesamtheit der kompletten Auslassungen (K)	81
3.21. Paarweise Vergleiche für die Gesamtheit der kompletten Auslassungen (D)	82
3.22. Paarweise Vergleiche für die Gesamtheit der kompletten Auslassungen (S)	82
3.23. Anzahl der vergessenen Aktivitäten bezogen auf die am besten beherrschte Modellierungssprache	84
3.24. Anzahl der vergessenen Aktivitäten anhängig von der Fachrichtung	85
3.25. Boxplots für die Verteilung der Anzahlen der Fehler mit Parametrisierungen	86
3.26. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Konfigurationsfehler	88
3.27. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Konfigurationsfehler bezogen auf das Alter der Probanden	90
3.28. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Ausführungsfehler	92
3.29. Paarweise Post-hoc-Test für die Anzahl der Ausführungsfehler (G)	94
3.30. Paarweise Post-hoc-Test für die Anzahl der Ausführungsfehler (S)	95
3.31. Paarweise Post-hoc-Test für die Anzahl der Ausführungsfehler (K)	96
3.32. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Vertauschungsfehler	97
3.33. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der falsch zugeordneten Aktivitäten abhängig von der Modellierungsexpertise	101

3.34. Verteilung der Anzahl der falsch zugeordneten Aktivitäten abhängig von der Fachrichtung (D)	102
3.35. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der als Information dargestellten Werkzeuge	103
3.36. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der fälschlicher Weise als Informationen dargestellten Werkzeuge (G) . .	104
3.37. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der fälschlicher Weise als Informationen dargestellten Werkzeuge (D) . .	105
3.38. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der fälschlicher Weise als Informationen dargestellten Werkzeuge (S) . .	106
3.39. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der fälschlicher Weise als Informationen dargestellten Werkzeuge (G) abhängig von der akademischen und beruflichen Ausbildung	107
3.40. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der als Werkzeuge dargestellten Informationen	109
3.41. Boxplots für die Verteilung der Anzahl Labelingfehler . .	111
3.42. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl Labelingfehler (G)	113
3.43. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Labelingfehler (K)	113
3.44. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Substantivierungen	115
3.45. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Substantivierungen (G)	117
3.46. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Substantivierungen (K)	118
3.47. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Substantivierungen (D)	119
3.48. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Substantivierungen (S)	119
3.49. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Objekt-Verb-Kombinationen	121
3.50. Paarweise Post-hoc-Tests für Anzahl der Objekt-Verb-Kombinationen	124
3.51. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Einordnungsfehler	126
3.52. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Einordnungsfehler (G)	128
3.53. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Einordnungsfehler (K)	129
3.54. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Einordnungsfehler (D)	130
3.55. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Einordnungsfehler (S)	131

3.56. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Einordnungsfehler (K) bezogen auf die akademische/berufliche Ausbildung der Probanden	131
3.57. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Einordnungsfehler (D) bezogen auf die Kenntnis einer bestimmten Modellierungssprache	132
3.58. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Vorgängerfehler	133
3.59. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Vorgängerfehler (G)	136
3.60. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Vorgängerfehler (S)	137
3.61. Boxplots für die Anzahl der Vorgängerfehler (K) bezogen auf die akademische/berufliche Ausbildung der Probanden	138
3.62. Boxplots für die Anzahl der Vorgängerfehler (D) bezogen auf die Kenntnis einer Modellierungssprache	138
3.63. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Nachfolgerfehler	139
3.64. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Nachfolgerfehler (G)	142
3.65. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Nachfolgerfehler (D)	143
3.66. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Nachfolgerfehler (S)	144
3.67. Boxplots für die Anzahl der Nachfolgerfehler (K) bezogen auf die akademische/berufliche Ausbildung der Probanden	145
3.68. Boxplots für die Anzahl der Nachfolgerfehler (D) bezogen auf die Kenntnis einer Modellierungssprache	146
3.69. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Modusfehler .	147
3.70. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Modusfehler	149
3.71. Boxplots für die Anzahl der Modusfehler (K) bezogen auf die akademische/berufliche Ausbildung der Probanden .	150
3.72. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Iterationsfehler	151
3.73. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Iterationsfehler (G)	154
3.74. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Iterationsfehler (K)	155
3.75. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Iterationsfehler (D)	156
3.76. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Iterationsfehler (S)	156
3.77. Boxplots für die Anzahl der Iterationsfehler (D) bezogen auf die Kenntnis einer Modellierungssprache	157
3.78. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der weggelassenen Iterationen	159

3.79. Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der weggelassenen Iterationen	160
3.80. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Iterationsfehler für G abhängig von verschiedenen Merkmalen	162
3.81. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der weggelassenen Merge-Knoten bei Iterationen	164
3.82. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der weggelassenen Merge-Knoten bezogen auf die akademische/berufliche Ausbildung	165
3.83. Boxplots für die Verteilung der Anzahl der an einer falschen Stelle geschlossenen Iterationen	166
3.84. Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests für die Anzahl der an der falschen Stelle zusammengeführten Iterationen (G)	168
3.85. Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests für die Anzahl der an der falschen Stelle zusammengeführten Iterationen (K)	168
3.86. Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests für die Anzahl der an der falschen Stelle zusammengeführten Iterationen (D)	169
3.87. Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests für die Anzahl der an der falschen Stelle zusammengeführten Iterationen (S)	169
3.88. Boxplots für die Verteilung der Häufigkeit einer falschen Anzahl von dargestellten iterativen Aktivitäten	171
3.89. Ergebnisse für die paarweisen Post-hoc-Tests für die falschen Anzahl von dargestellten iterativen Aktivitäten	172
3.90. Boxplots für Fehler mit Parallelisierungen	174
3.91. Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests für die Fehler mit Aktivitäten (K)	175
3.92. Boxplots der Häufigkeitsverteilungen für die Anzahl der Fehler mit Parallelisierungen bezogen auf die gewählte Modellierungsrichtung	176
3.93. Boxplots der Häufigkeitsverteilungen für die Anzahl der vergessenen Parallelisierungen	178
3.94. Boxplot für die Häufigkeitsverteilung des Ersetzens der Parallelisierung	179
3.95. Boxplots für die Häufigkeitsverteilung für das Darstellen von Parallelitäten an einer falschen Stelle im Modell . . .	180
3.96. Boxplots für die Verteilung der Häufigkeit der Fehler bei der Darstellung von synchroner Zusammenarbeit	181
3.97. Falsche Zuordnung der synchronen Aktitäten (K) abhängig von der Kenntnis einer Modellierungssprache	183

3.98. Boxplots für die Verteilung der Einschätzung über den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben: Alle Aufgaben als gleich schwer eingeschätzt	185
3.99. Boxplots für die Verteilung der Einschätzung über den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben: Aufgaben als unterschiedlich schwer eingeschätzt	186
3.100 Boxplots für die Verteilung der Bearbeitungszeit der Aufgaben	188
3.101 Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests für die Bearbeitungszeit	189
3.102 Korrelationen der unabhängigen Variablen von Versuch 2	197
3.103 Verteilung der Anzahl der Probanden auf die Altersgruppen	199
3.104 Anteil der Männer und Frauen an den Probanden	200
3.105 Lebensdauer in Deutschland	201
3.106 Abschlüsse	202
3.107 Fachbereiche	203
3.108 Einschätzung der Englischkenntnisse	204
3.109 Modellierungsexpertise bezogen auf das kulturelle Cluster der Probanden	205
3.110 Korrelationen der unabhängigen Merkmale	210
3.111 Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Prozessmodellierungssprachen sind einfach zu lernen." bezogen auf das Merkmal "kulturelles Kluster"	214
3.112 Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Prozessmodellierungssprachen sind einfach zu lernen." bezogen auf das Merkmal "Modellierungsexpertise"	214
3.113 Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Prozessmodellierungssprachen sind einfach zu lernen." bezogen auf das Merkmal "Abschluss"	215
3.114 Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Die benutzten Symbole sind leicht verständlich." bezogen auf verschiedene Merkmale "kulturelles Kluster" und "Modellierungsexpertise"	217
3.115 Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Die benutzten Symbole sind leicht verständlich." bezogen auf die Merkmale "UML-Kenntnisse" und "Altersgruppe 20-24 und Kultur"	218
3.116 Verteilung des Zustimmungsgrades für "Prozessmodellierungssprachen sind nützlich für meinen Beruf/mein Studium." bezogen auf verschiedene Merkmale	220
3.117 Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Ich würde gerne mehr über Prozessmodellierungssprachen lernen." bezogen auf das Merkmale "kulturelles Kluster" .	221

3.118	Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Ich würde gerne mehr über Prozessmodellierungssprachen lernen." bezogen auf verschiedene Merkmale	222
3.119	Verteilung des Zustimmungsgrades für Schwierigkeiten mit Symbolen bezogen auf verschiedene Merkmale	224
3.120	Annahme von Fehlinterpretationen von Prozessen	226
3.121	Güte der Modellbeschreibung	228
3.122	Anzahl der Akteure	229
3.123	Akteure bezogen auf verschiedene Merkmale	230
3.124	Startpunkt	232
3.125	Verständnis von synchronen Aktivitäten bezogen auf verschiedene Merkmale	233
3.126	Aktivitäten fälschlicher Weise als synchron identifiziert	234
3.127	Akteure, die die synchronen Aktivitäten durchführen	236
3.128	Verständnis von parallelen Aktivitäten	237
3.129	Parallelität an falscher Stelle erkannt	238
3.130	Beschreibung der parallelen Aktivitäten	239
3.131	Identifizierte Anzahl von Routingelementen	240
3.132	Verständnis der dargestellten Iterationen bezogen auf verschiedene Merkmale 1	241
3.133	Verständnis der dargestellten Iterationen bezogen auf verschiedene Merkmale 2	242
3.134	Verständnis der dargestellten Iterationen bezogen auf verschiedene Merkmale 3	243
3.135	Identifizieren von Iterationen an einer falschen Stelle im Modell	245
3.136	Beschreibung der Iteration abhängig von verschiedenen Merkmalen	247
3.137	Identifikation der an der Iteration beteiligten Akteure	248
3.138	Iterationsbedingungen	248
3.139	Entscheidungen	249
3.140	Entscheidung an falscher Stelle erkannt	250
3.141	Erkennen der Akteure, die die Entscheidungen treffen	250
3.142	Entscheidungsbedingungen	251
3.143	Identifizieren von Informationen abhängig von verschiedenen Merkmalen	252
3.144	Identifizieren von anderen Elementen als Information	253
3.145	Beschreibung der Informationen	254
3.146	Informationfluss	255
3.147	Identifizieren von dargestellten Werkzeugen	256
3.148	Identifizieren von anderen Elementen als Werkzeuge bezogen auf verschiedene Merkmale	257
3.149	Beschreibung der Werkzeuge	258

3.150	Schwachstelle M1	259
3.151	Beschreibung der Schwachstelle M1	260
3.152	Endpunkt	260
3.153	Bemerkungen zum Autovermietungsmodell	261
3.154	Einschätzungen zum allgemeinen Verständnis des Autovermietungsmodells	262
3.155	Nennung des Modellaufbaus als Schwierigkeit	263
3.156	Empfinden von parallelen und/oder synchronen Aktivitäten als Schwierigkeit bezogen auf verschiedene Merkmale	264
3.157	Empfinden von Iterationen und/oder Entscheidungen als Schwierigkeit	265
3.158	Empfinden von Kontroll- und/oder Informationsflüssen als Schwierigkeit	265
3.159	Wunsch nach mehr Beschriftung im Modell bezogen auf verschiedene Merkmale	266
3.160	Nennung der Parameter als Schwierigkeit	267
3.161	Qualität der Modellbeschreibung abhängig von verschiedenen Merkmalen (1)	270
3.162	Qualität der Modellbeschreibung abhängig von verschiedenen Merkmalen (2)	271
3.163	Identifizierte Anzahl der Akteure abhängig von verschiedenen Merkmalen	273
3.164	Identifizierte Akteure abhängig von verschiedenen Merkmalen	274
3.165	Identifizieren des Startpunktes abhängig von verschiedenen Merkmalen	276
3.166	Synchrone Aktivitäten	277
3.167	Identifizieren von nicht synchronen Aktivitäten als synchron abhängig von verschiedenen Merkmalen	278
3.168	Beschreibung der synchronen Aktivitäten	279
3.169	Fehlerhaftes Identifizieren von Aktivitäten als parallel	280
3.170	Identifizierte Anzahl von Routingelementen	282
3.171	Beschreibung der iterativen Aktivitäten	283
3.172	Akteure der Iterationen	283
3.173	Aktivitäten fälschlicherweise als iterativ identifiziert	284
3.174	Beschreibung der Bedingungen für die Iterationen	284
3.175	Beschreibung der Iterationen	285
3.176	Identifikation der Entscheidungen	285
3.177	Identifikation der Akteure die, die Entscheidungen treffen	286
3.178	Beschreibung der Entscheidungsbedingungen bezogen auf verschiedene Merkmale, (2 = teilweise richtig)	287
3.179	Fälschliche Identifikation von Elementen als Information	288
3.180	Beschreibung der Informationen	288

3.181	Identifikation des Informationsflusses	289
3.182	Identifikation der Werkzeuge bezogen auf verschiedene Merkmale	290
3.183	Zuordnung der Werkzeuge zu Aktivitäten	291
3.184	Identifikation von anderen Elementen als Werkzeuge bezogen auf verschiedene Merkmale	292
3.185	Identifikation der Schwachstelle bezogen auf verschiedene Merkmale	293
3.186	Falsche Schwachstelle	294
3.187	Identifikation der Endpunkte bezogen auf verschiedene Merkmale	296
3.188	Bemerkungen der Probanden zum Simulationsmodell	297
3.189	Allgemeine Probleme	297
3.190	Grundaufbau	298
3.191	Nennung von Parallelitäten und Synchronitäten als Schwierigkeit	298
3.192	Nennung von Iterationen und Entscheidungen als Schwierigkeit bezogen auf verschiedene Merkmale	299
3.193	Beschriftung	300
3.194	Nennung von Parametern als Schwierigkeit bezogen auf verschiedene Merkmale	301
3.195	Flüsse	302
3.196	Qualität der Modellbeschreibung	303
3.197	Anzahl der genannten Akteure	304
3.198	Benannte Akteure (-1: weiß nicht)	305
3.199	Identifikation des Startpunktes bezogen auf verschiedene Merkmale	307
3.200	Identifikation der synchronen Aktivitäten bezogen auf verschiedene Merkmale	308
3.201	Fehlerhafte Identifikation von Aktivitäten als synchron bezogen auf verschiedene Merkmale	309
3.202	Beschreibung der synchronen Aktivitäten bezogen auf verschiedene Merkmale	311
3.203	Identifikation der parallelen Aktivitäten	312
3.204	Fehlerhafte Identifikation von Parallelisierungen	313
3.205	Beschreibung der parallelen Aktivitäten	313
3.206	Identifizierte Anzahl der Routingelemente	314
3.207	Identifizierung der Iterationen bezogen auf verschiedene Merkmale	316
3.208	Falsche Identifikation von Iterationen	317
3.209	Benennung der iterativen Aktivitäten	317
3.210	Identifikation, der an der Iteration beteiligten Akteure	318
3.211	Benennung der Iterationsbedingungen	318

3.212	Identifikation der Entscheidungen	319
3.213	Identifikation von Entscheidungen an der falschen Stelle .	320
3.214	Benennung der entscheidenden Akteure	320
3.215	Benennung der Entscheidungsbedingungen	321
3.216	Identifizierung der Informationen bezogen auf verschiedene Merkmale	322
3.217	Falsche Identifizierung von anderen Elementen als Informationen bezogen auf verschiedene Merkmale	323
3.218	Beschreibung der Informationen	324
3.219	Benennung der Informationsflüsse	325
3.220	Identifizierung der Werkzeuge bezogen auf verschiedene Merkmale	326
3.221	Fehlerhafte Identifizierung anderer Elemente als Werkzeuge bezogen auf verschiedene Merkmale	327
3.222	Beschreibung der Werkzeuge	328
3.223	Identifikation der Schwachstelle abhängig von den Englischkenntnissen	329
3.224	Beschreibung der Schwachstelle bezogen auf verschiedene Merkmale	330
3.225	Identifikation des Endpunktes bezogen auf das kulturelle Cluster	331
3.226	Bemerkungen zum Diamantenmodell	331
3.227	Allgemeine Probleme mit dem Modellverständnis	332
3.228	Nennung des Aufbaus des Diamantenmodells als Schwierigkeit bezogen auf verschiedene Merkmale	333
3.229	Parallelitäten und Synchronitäten	334
3.230	Nennung von Iterationen und Entscheidungen als Problem des Verständnisses des Diamantenmodells bezogen auf verschiedene Merkmale	335
3.231	Nennung der Flüsse als Schwierigkeit im Diamantenmodell bezogen auf verschiedene Merkmale	336
3.232	Parameter als Schwierigkeit	337
3.233	Einschätzung des Schwierigkeitsgrads der einzelnen Modelle abhängig vom kulturellen Cluster	338
3.234	Allgemeine Probleme mit dem Modell, 3-Angaben und Fragen zum Modellinhalt	339
3.235	Modellaufbau	340
3.236	Parallelität und Synchronität	341
3.237	Identifizierung der Iterationen und Entscheidungen als Schwierigkeit im Autovermietungsmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachttest	342

3.238	Identifizierung der Flüsse als Schwierigkeit im Autovermietungsmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest	343
3.239	Parameter	344
3.240	Beschriftung	344
3.241	Allgemein Probleme im Simulationsmodell, 3 - Fragen oder Anmerkungen	345
3.242	Aufbau	346
3.243	Beschriftung als Problem im Simulationsmodell	346
3.244	Identifizierung der Parameter als Schwierigkeit im Simulationsmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest	347
3.245	Identifizierung der Flüsse als Schwierigkeit im Simulationsmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest	349
3.246	Identifizierung der Parallelitäten und Entscheidungen als Schwierigkeit im Simulationsmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest	350
3.247	Iterationen und Entscheidungen	351
3.248	Probleme, 3-Fragen oder Anmerkungen zum Prozess	352
3.249	Identifizierung des Modellaufbaus als Schwierigkeit im Diamantenmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest	353
3.250	Identifizierung der Beschriftung als Schwierigkeit im Diamantenmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest	354
3.251	Identifizierung der Flüsse als Schwierigkeit im Diamantenmodell	355
3.252	Iterationen und Entscheidungen	355
3.253	Parameter	356
3.254	Einschätzung des Verständnis des Automobilmodells	357
3.255	Einschätzung des Verständnis des Simulationsmodells bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest	358
3.256	Einschätzung des Verständnis des Diamantenmodells bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest	359

Tabellenverzeichnis

3.1. Darstellungsreihenfolge	56
3.2. Signifikante Korrelationen zwischen den unabhängigen Variablen	58
3.3. Ergebnisse der Hypothesentests für die Gesamtfehlerzahl	65
3.4. Ergebnisse der Hypothesentests für die Gesamtzahl der Auslassungsfehler	72
3.5. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der kompletten Auslassungen	79
3.6. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Konfigurationsfehler	88
3.7. Ergebnisse der Hypothesentests für die Gesamtzahl der Ausführungsfehler	94
3.8. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Vertauschungsfehler	99
3.9. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der falsch zugeordneten Aktivitäten	100
3.10. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der fälschlicher Weise als Informationen dargestellten Werkzeuge .	102
3.11. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der als Werkzeuge modellierten Informationen	108
3.12. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Labelingfehler	112
3.13. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Labels durch Substantivierung	117
3.14. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der durch eine Objekt-Verb-Kombination beschrifteten Aktivitäten	123
3.15. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Einordnungsfehler	127
3.16. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Vorgängerfehler	135
3.17. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Nachfolgefehler	141
3.18. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Modusfehler	149
3.19. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Fehler mit Iterationen	153

3.20. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der wegge-	
lassenen Iterationen	158
3.21. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der an falscher	
Stelle zusammengeführten Iterationen	167
3.22. Ergebnisse der Hypothesentests für die falsche Anzahl der	
iterativen Aktivitäten	170
3.23. Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Fehler	
mit Parallelisierungen	173
3.24. Ergebnisse der Hypothesentests für die Position der Par-	
allelisierung	177
3.25. Ergebnisse der Hypothesentests für die Gesamtzahl der	
Fehler mit synchroner Zusammenarbeit	182
3.26. Ergebnisse der Hypothesentests für die Bearbeitungszeiten	187
3.27. Korrelationen	196
3.28. Kombination kulturelles Cluster und Altersgruppen . . .	207
3.29. Kombination kulturelles Cluster und Lebensdauer in Deutsch-	
land	207
3.30. Kombination kulturelles Cluster und Höchster Bildungs-	
abschluss	208
3.31. Kombination kulturelles Cluster und Fachbereich	208
3.32. Kombination kulturelles Cluster und Englischkenntnisse .	209
3.33. Kombination kulturelles Cluster und Modellierungsexpertise	209
3.34. Kombination kulturelles Cluster und UML-Nutzung . . .	209
4.1. Einflüsse auf Modellqualität	362
4.2. Ergebnisse des Vortests	363
4.3. Einflüsse auf das Veständnis	364
4.4. Einflüsse auf das Veständnis	365

Danksagungen

Zuerst möchte ich einen besonderen Dank den nachstehenden Personen entgegenbringen, deren Unterstützung die Anfertigung dieser Promotionschrift überhaupt möglich machte.

Mein Dank gilt zunächst meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Michael Bastian für die Betreuung dieser Arbeit, während der er mit immer mit freundlicher Hilfe und vielfältigen Denkanstößen zur Seite stand. Die zahlreichen persönlichen und intellektuellen Gespräche, die mich stets motivierten, mich erneut mit der Thematik kritisch auseinander zu setzen, werden mit stets in guter Erinnerung bleiben.

Des Weiteren danke ich Herrn Prof. Dr. Jürgen Karla, meinem Zweitgutachter, der mich maßgeblich motiviert hat, diese Arbeit überhaupt zu schreiben. Auch er stand mir stets mit gutem Rat zur Seite.

Außerdem danke ich meinen Kollegen Dr. Wilhelm Schwieren und Dr. Daniel Volknant für die vielen geführten Gespräche, die mir häufig eine neue Sichtweise auf Teile der Thematik eröffneten.

Weiterhin bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Kai Reimers, der mit während meiner Zeit an seinem Lehr- und Forschungsgebiet stets Zeit einräumte, an meiner Dissertation zu arbeiten und gerne zu konstruktiven Diskussionen anderer Sichtweisen insbesondere auf den Nutzen von Modellierung bereit war. Zusätzlich gilt mein Dank Dr. Meral Avcı und Philip Mayer, die mir als Kollegen in der Endphase meiner Promotion häufig motivierend zur Seite standen.

Bei Frau Prof. Dr. Harbring möchte ich mich für die Ratschläge zur statistischen Auswertung der in dieser Arbeit durchgeführten Studien bedanken.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie für das liebevolle Verständnis und die Geduld, aber auch für die motivierende Unterstützung während der Jahre meiner Promotion. Besonders gilt mein Dank meinem Mann Niels, der mich nicht nur persönlich unterstützte und motivierte, sondern auch stets zu fachlichen Diskussionen über die Thematik bereit war. Auch meinen Kindern Fynn und Malte möchte ich an dieser Stelle für ihre Geduld danken, wenn ich in ihrer Freizeit sooft an der Ausarbeitung dieser Schrift saß.

Natürlich gilt mein Dank auch meinen Eltern Gisela und Heinz-Josef Hennes, die mich von Kindheit an stets motivierten, meine Ziele zu verfolgen. Auch danke ich ihnen sowie meinen Schwiegereltern Edeltraud

Költer und Franz Deiser für die Zeit, in der sie die Kinder betreuten,
damit ich guten Gewissens an dieser Promotionsschrift arbeiten konnte

1. Einleitung

In dieser Arbeit werden verschiedene Aspekte beleuchtet, die einen Einfluss auf die Kooperation von Unternehmen haben könnten. Diese Aspekte betreffen alle die Darstellung und das Verständnis von Prozessabläufen. Ein gutes Verständnis über die gemeinsamen Prozessabläufe vereinfacht die Kooperation von Unternehmen enorm.

1.1. Einleitung, Motivation und Fragestellung

Unternehmen sind heutzutage aufgrund verschiedener Triebkräfte mit einem verstärkten Globalisierungsdruck und einem sich dadurch verändernden Wettbewerb konfrontiert. Triebkräfte sind beispielsweise die fortschreitende Liberalisierung und Deregulierung des internationalen Handels- und Investmentmarktes, die es Unternehmen ermöglichen, ihre Waren und Dienstleistungen global zu vermarkten sowie international zu investieren, z.B. im Rahmen unternehmensübergreifender Kooperationen. Zusätzlicher Treiber ist die schnelle Entwicklung und Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien. Die resultierenden Anforderungen für Unternehmen sind unter anderem betriebliche Flexibilität, verringerte Markteinführungszeiten und verkürzte Produktlebenszyklen (Ernst und Kim, 2002).

Unternehmen verstärken demnach ihr Engagement in nationalen und internationalen Kooperationen, um wettbewerbsfähig zu bleiben (Ernst und Kim, 2002). Dabei konzentrieren sich Unternehmen häufig auf ihre Kernprozesse und gliedern andere Kompetenzen an Kooperationspartner aus (Ringle u. a., 2005). Dies führt zu Strukturveränderungen, die häufig nicht nur Unternehmens- sondern auch Ländergrenzen überschreiten. Für Neustrukturierung ihrer Prozesse bieten Globalisierung und internationaler Wettbewerb weltweit agierenden Unternehmen viele Möglichkeiten, führen allerdings auch zu „fundamentaler geografischer Unebenheit und riesigen Ungleichheiten“ (Coe u. a., 2008a). Die internationale Zusammenarbeit führt dazu, dass nicht mehr einzelne Unternehmen miteinander am Markt konkurrieren sondern Kooperationsnetzwerke wie z.B. globale Produktionsnetzwerke (GPNs). Um eine schnelle Reaktion auf die wechselnden Marktbedingungen zu ermöglichen, müssen diese Kooperationen sehr flexibel sein und es den Kooperationspartnern ermöglichen,

dennoch weiterhin autonom zu agieren. Gleichzeitig möchten die Kooperationspartner aber von der hohen Effektivität und Effizienz der Zusammenarbeit profitieren (Hansmann und Ringle, 2005). Insgesamt entstehen demnach höhere Anforderungen an das Management des jeweiligen Unternehmens. Der Erfolg einer Kooperation wird durch verschiedene Erfolgsfaktoren bedingt. Ein wichtiger Faktor aus Sicht der Wirtschaftsinformatik ist, dass die Unternehmen ihre Geschäftsprozesse aufeinander abstimmen (Dicken, 2003). Somit sind Entscheidungen von Unternehmen hinsichtlich ihrer organisatorischen Strukturen und vertraglichen Vereinbarungen sowie die Koordination sowohl betrieblicher als auch überbetrieblicher Geschäftsprozesse erfolgsentscheidende Faktoren.

Für die Koordination ihrer Prozesse müssen Unternehmen diese erfassen und darstellen. Ein wichtiges Werkzeug hierbei ist die grafische Prozessmodellierung, die zunehmend an Bedeutung gewinnt. Dies liegt vor allem an den gestiegenen Kundenanforderungen hinsichtlich der Produkt- und Servicequalität, der Notwendigkeit der Transparenz und Reproduzierbarkeit der Produkt- und Serviceentstehungsprozesse und dem Zertifizierungswunsch gemäß bestimmter Qualitätsstandards (z.B. ISO 9000). Unternehmen müssen nun mehrere Herausforderungen bewältigen, nämlich:

- Vorhandene Modellierungstechniken geeignet auswählen, um Lösungen für die Gestaltung von Unternehmensschnittstellen zu entwickeln,
- Den unternehmensübergreifenden Austausch von Informationen fördern.
- Das Vertrauen der Kooperationspartner ineinander stärken.
- Das Controlling von Kooperationsbeziehungen erleichtern.

So sollen Mitarbeiter aus unterschiedlichen Branchen (Unternehmenskultur) und Nationen (Nationalkultur) Prozessmodelle verstehen und erstellen können. Gleiches gilt für Mitarbeiter mit unterschiedlichen methodischen Vorkenntnissen und kognitiven Fähigkeiten, denn erfahrungsgemäß ist Wissensaustausch zwischen kooperierenden Unternehmen schwierig, da die Angestellten über unterschiedliches Hintergrundwissen verfügen (Hinds und Pfeffer, 2003).

Der Erfolg von Prozessmodellierung ist heutzutage von entscheidender Bedeutung, denn sie kann in der Realisierung neuer Prozesse, Veränderungen in der Unternehmensstruktur und der Einführung von informationstechnischen Systemen resultieren. Bandara (2007) identifiziert in ihrer Dissertation fünf Erfolgsfaktoren der Prozessmodellierung. Dabei sind drei Faktoren kontextabhängig (Top-Management-Support, Projektmanagement, Ressourcenverfügbarkeit) und zwei beziehen sich auf

die Modellierung (Modellierungskennnisse, Modellierungshilfen). Bandara misst Prozessmodellierungserfolg anhand von Modellqualität, Prozesseinwirkungen und Projekteffizienz. In der vorliegenden Arbeit wird der Forschungsschwerpunkt auf den Erfolgsfaktor Modellierungskennntnis bezogen auf die Modellqualität gelegt.

Heute existieren eine Vielzahl an Verwendungszwecken, Modelltypen und Modellierungstechniken für die Prozessmodellierung. Dadurch sind sowohl die Informationsmodelle als auch der Modellerstellungsprozess sehr komplex. Laut Schmelzer und Sesselmann (2008) sind nahezu alle Managementkonzepte von der Geschäftsprozessmodellierung beeinflusst bzw. stehen mit dieser in Zusammenhang. Dennoch existierten bis vor kurzem laut Moody (2005) weder ein Standard noch Richtlinien zur Qualitätsmessung von Modellen, so dass häufig Fehler in den Modellen nicht korrigiert werden (Lauesen und Vinter, 2001).

Einen Ansatz zur Ermittlung der Qualität von Prozessmodellen wurde 2012 von Overhage u. a. (2012) beschrieben. Während heute bekannt ist, welche Vorteile die Modellierung für ein einzelnes Unternehmen bietet (Sturgeon u. a., 2008), existieren kaum Untersuchungen zum unternehmensübergreifenden Einsatz der Modellierung von Geschäftsprozessen. Ebenfalls wurde nach Wissen der Autorin noch nicht untersucht, welchen Einfluss die Ausbildung der Mitarbeiter und die kulturelle Verankerung des Unternehmens sowie seiner Mitarbeiter auf das Verständnis, die Erstellung und die Qualität der in der Wirtschaftsinformatik etablierten grafischen Modelle ausüben. Ein Zusammenhang zwischen Kognition und Art und Weise der grafischen Modellierung wurde nach aktuellem Wissensstand noch nicht untersucht. Dementsprechend liegen noch keine Erkenntnisse darüber vor, auf welche Ursachen auftretende Fehler in grafischen Modellen zurückgeführt werden können.

Diese Arbeit betrachtet deshalb sowohl den Einfluss von Modellierungserfahrung auf die Modellqualität als auch den Einfluss des kulturellen Hintergrundes auf das Verständnis der Betrachter von Modellen mit unterschiedlicher Qualität.

1.2. Vorgehensweise

Zur Findung von Einflüssen auf den Aufbau und das Verständnis von Prozessmodellen werden im Folgenden zunächst mehrere theoretische Einflüsse betrachtet, die als Grundlage für diese Arbeit dienen. Ausgehend von diesen Einflüssen wurde zwei Studien entwickelt, durchgeführt und ausgewertet.

1.2.1. Entwicklung eines Ordnungsrahmens

Analog zu einer entsprechenden Vorgehensweise in der Modellierung von Geschäftsprozessen soll im Rahmen dieser Arbeit zunächst ein Ordnungsrahmen erstellt werden. Im Gegensatz zu einem konkreten Modellierungsprojekt soll der hier zu entwickelnde Ordnungsrahmen jedoch umfassender Natur sein und modellierungsrelevante Sachverhalte – sowohl unternehmensintern als auch unternehmensübergreifend – abbilden. Ein solcher Ordnungsrahmen gibt die übergeordneten Zusammenhänge wieder, dabei werden einheitliche Begriffe und Bezeichnungen eingeführt Meise (2001). Zweck des Ordnungsrahmens soll eine überblicksartige Darstellung der Verknüpfung eines einzelnen Unternehmens mit seiner Umwelt auf einer abstrakten Ebene sein. Der Ordnungsrahmen soll dazu dienen, mögliche Herausforderungen für das Management von unternehmensübergreifenden Kooperationen einzugrenzen. Im Rahmen dieser Arbeit dient er außerdem dazu, die oben aufgeführten Fragestellungen im Kontext eines Unternehmens einzuordnen und von anderen Bereichen abzugrenzen. In der bisher vorliegenden Literatur ist ein solcher Ordnungsrahmen der Autorin nicht bekannt.

1.2.2. Forschungslücken im Kontext der Prozessmodellierung

Zunächst erfolgt eine Selektion der für Prozessmodellierungsaufgaben aus der Wirtschaftsinformatik relevanten Bereiche aus dem entwickelten Ordnungsrahmen. Anhand dieser wird im Anschluss eine Erläuterung der bestehenden Forschungslücken vorgenommen. Die im einleitenden Kapitel aufgeworfenen Fragestellungen werden in diesem Kapitel dementsprechend vertieft abgebildet.

Übergreifende Prozessmodelle als Gegenstand der Wirtschaftsinformatik sollten möglichst von allen Beteiligten verstanden werden, unabhängig von ihrer Kognition, also ihrer Art Informationen zu verarbeiten, und ihrem kulturellen Hintergrund, wobei ein einheitliches Modellverständnis vorliegen sollte. Dafür eignen sich nach allgemeinem Verständnis am ehesten anschauliche grafische Modelle, welche unter Verwendung einer definierten Notation erstellt werden. Aber auch hierbei ist zu beachten, dass ein einheitliches Modellverständnis nicht einfach vorausgesetzt werden kann. Das Verständnis von Modellelementen und -verbindungen kann sich abhängig von der Ausbildung und dem Fachbereich, der Modellierungserfahrung sowie des kulturellen Hintergrunds unterscheiden. Um zu testen, welche Einflüsse diese Faktoren auf die Erstellung und das Verständnis von Modellen besitzen, werden zwei Studien durchgeführt.

1.2.3. Einfluss von Erfahrung und kognitiven Elementen auf die Modellqualität

In einer ersten Studie wird analysiert, wie die Erfahrung der Modellierer die Qualität von grafischen Prozessmodellen beeinflusst und welche Modellierungsfehler bei der Erstellung von Modellen durch unterschiedlich erfahrene Modellierer auftreten. Die Auftretenshäufigkeit dieser Fehler wird zwischen den einzelnen Gruppen der Modellierer verglichen. Des Weiteren werden Fehler, die über alle Gruppen hinweg gehäuft auftreten, spezifiziert, da das Absenken von deren Auftretenswahrscheinlichkeit nicht alleine durch den Einsatz erfahrener Modellierer erreicht werden kann. Zur Vermeidung dieser Fehler müssen Unterstützungsmöglichkeiten für die Modellierer gefunden werden.

Um einen Überblick über die möglichen Fehler in Modellen zu erhalten, werden diese zunächst klassifiziert. Dabei werden Auslassungs- und Ausführungsfehler unterschieden. Auslassungsfehler können dabei sowohl einzelne Aktivitäten bzw. die Aktivitäten betreffende Parameter (Werkzeuge, Informationen, Schwachstellen) als auch RoutingCluster (Iterationen, synchrone Zusammenarbeit, Entscheidungen, Parallelisierungen) sowie ganze Swimlanes, also Akteure, betreffen. Eine Aktivität wird falsch ausgeführt, wenn sie falsch parametrisiert ist oder falsch in die Prozessstruktur eingeordnet wurde. Eine solche Fehleinordnung liegt zum Beispiel dann vor, wenn eine Aktivität, die laut Prozessbeschreibung iterativ ausgeführt wird, im Modell als seriell ausgeführt dargestellt ist. Des Weiteren gibt es Labelingfehler, welche vorliegen, falls ein Element fehlerhaft und damit unverständlich beschriftet wurde.

1.2.4. Einfluss der Kultur auf das Modellverständnis

In der zweiten Studie soll untersucht werden, ob Menschen verschiedener Kulturräume (Unternehmenskultur oder Nationalkultur), Modelle unterschiedlich verstehen. Dabei werden die Verständnisprobleme der Versuchsteilnehmer und ihr Umgang mit diesen Problemen erfasst. Insbesondere liegt das Augenmerk hierbei auf fehlerhaften Modellen, um so zu betrachten, ob es Fehler gibt, die das Verständnis von Modellen verschieden beeinflussen, je nachdem welchem Kulturraum der Betrachter angehört. So kann aufschlussreich sein, welche Verständnisprobleme Versuchsteilnehmer aus unterschiedlichen kulturellen Clustern haben. Daneben interessiert der Umgang mit diesen Verständnisproblemen. Die Betrachtung dieser kann durch die Art der Rückfragen, die gestellt werden, erfasst und analysiert werden. Diese können allgemeiner Natur sein, aber auch sehr präzise, so dass klar erkennbar wird, welche Aspekte eines Modells oder eines Modellteils nicht verstanden werden. Auch das Auftreten

von Kritik und Verbesserungsvorschlägen und deren Art können einen Aufschluss über das Verständnis von Modellen geben.

Die Fehler, die den Probanden dabei unterlaufen, werden ähnlich denen des ersten Experimentes klassifiziert. Dabei gibt es Missverständnisse bezüglich der Akteure oder Aktivitäten, aber auch bezüglich der Routineelemente. Die Modellelementtypen werden sowohl einzeln als auch nach Typengruppen untersucht, dabei wird sowohl der Einfluss verschiedener Einzelfaktoren als auch der von Faktorkombinationen betrachtet. Zusätzlich wird untersucht, ob die Schwierigkeiten der Probanden durch Fehler in den Modellen verstärkt werden. Auch die Selbsteinschätzung vor und nach dem Versuch wird betrachtet und mit den Studienergebnissen verglichen.

1.2.5. Auswertung der Experimentaldaten

Die beiden oben beschriebenen Studien sollen einen Aufschluss darüber geben,

- a) inwiefern bei der Darstellung von Prozesselementen sowie beim Ablauf der Modellierung besondere Unterstützung der Modellierer notwendig ist und
- b) ob sich dieser Unterstützungsbedarf abhängig vom Erfahrungsstand und von der Kultur verändert.

Entsprechend sollen Auswertungen der Experimente erfolgen, die Aufschluss geben hinsichtlich der Qualität der erstellten Modelle abhängig vom Erfahrungsstand der Benutzer, und hinsichtlich des Einflusses der Qualität eines Modelles auf das Verständnis von Benutzern verschiedener Kulturräume.

Dabei werden die verschiedenen Fehlertypen dahingehend betrachtet, in wie fern der jeweilige Typ vom Grad der Modellierungsexpertise, den verschiedenen anderen betrachteten Faktoren oder der kulturellen Zugehörigkeit abhängt.

Die Auswertung beider Experimente soll letztlich aufzeigen, in welcher Form und an welcher Stelle Modellierern Unterstützung in der Modellerstellung geboten werden sollte, um somit ein umfassendes Modellverständnis sicher zu stellen.

1.3. Ansätze zur Fehlerbehebung im Kontext der Modellerstellung

Mendling u. a. (2010) entwickelten einen Ansatz, die Seven Process Modeling Guidelines (7PMG), um die Qualität von Modellen zu verbessern.

Sie entwickelten sieben Richtlinien, die zu einer verbesserten Darstellung von Prozessmodellen führen. Diese Richtlinien besagen:

- Benutze so wenig Elemente wie möglich.
- Minimiere die Anzahl der Routingpfade pro Element.
- Benutze einen Start und einen Endknoten.
- Modelliere so strukturiert wie möglich.
- Vermeide OR, also Entscheidungen.
- Benutze Verb-Objekt (im Englischen)/ Objekt-Verb (im Deutschen) zur Bezeichnung von Aktivitäten.
- Zerlege Modelle mit mehr als 50 Elementen in mehrere Modelle.

Diese Richtlinien helfen dabei, Fehler im Kontext der Modellerstellung zu verringern. Dennoch treten auch in Modellen, die diese Richtlinien einhalten, noch Fehler auf. Um diesen Fehlern vorbeugen zu können, werden die verschiedenen Fehlerarten getrennt betrachtet, da sie unterschiedliche Ansätze benötigen. Während die richtige Beschriftung von Aktivitäten durch theoretische Workshops vermittelt werden kann, entwickelt ein Modellierer erst mit der Zeit ein Gefühl für eine gute Struktur eines Modells. Ebenso benötigt es praktische Vorerfahrung im Vorhinein einschätzen zu können, ob ein Modell mehr als 50 Elemente besitzt, ansonsten muss der Modellierer das Modell nach der Erstellung aufteilen. Um eine sinnvolle Aufteilung eines Prozessmodells vornehmen zu können, muss der Modellierer allerdings über gute Kenntnis des dargestellten Prozesses verfügen. Deswegen werden in dieser Arbeit Möglichkeiten aufgezeigt, den verschiedenen Fehlertypen vorzubeugen.

Anhand der Ergebnisse der Studien werden Trainingskonzepte entwickelt und untersucht, in wie fern eine Unterstützung der Modellierer durch eine Software möglich ist.

2. Theoretische und empirische Grundlagen

Im Folgenden werden die theoretischen und empirischen Grundlagen dargestellt, die bei der Betrachtung von globalen Produktionsnetzwerken, Geschäftsprozessmodellierung, dem Einfluss von Expertise und der Kultur betrachtet werden müssen.

2.1. Darstellung von wertschöpfenden Kooperationen

Die Wertschöpfung in Kooperationen wird heute zumeist durch globale Wertschöpfungsketten (vgl. (Porter, 1985)) dargestellt, während zur Beschreibung des Warenflusses zwischen Akteuren globale Warenketten (vgl. (Gereffi, 2001)) genutzt werden. Diese beiden Konzepte sind Kettenkonzepte, das heißt, sie beschreiben die zwischen den Akteuren bestehenden Beziehungen nur linear und betrachten dabei jeweils nur einen Aspekt dieser Beziehungen. So werden durch globale Wertschöpfungsketten die Aspekte betrachtet, die während der Wertschöpfung des Produktes stattfinden, alle anderen Aspekte aber außen vorgelassen. Im Gegensatz dazu beschreiben globale Warenketten den Warenaustausch zwischen Akteuren, ohne dabei die Wertschöpfung zu betrachten.

Die Darstellung von Kooperationsbeziehungen durch Produktionsnetzwerke ermöglicht es, noch weitere Aspekte zu betrachten. Zu diesen zählt die räumliche Nähe von Kooperationspartnern oder ob vorangegangene Kooperationen mit diesem Partner erfolgreich waren oder nicht. Ein Produktionsnetzwerk stellt zudem die Umwelt dar, in der die Produktion stattfindet. Zu dieser gehören neben anderen Unternehmen auch unterschiedliche Institutionen. So regeln Gesetze, was bei der Herstellung eines Produktes oder bei der Erbringung einer Serviceleistung legal ist und was nicht. Des Weiteren existieren Normen, die eingehalten, und Standards die berücksichtigt werden müssen. Auch die Arbeiter und Kunden beeinflussen ein Produktionsnetzwerk. Ein Produktionsnetzwerk ist die Verknüpfung von untereinander verbundenen Funktionen, Operationen und Transaktionen, mit deren Hilfe ein Produkt oder eine Dienstleistung hergestellt, verteilt und verbraucht wird.

Überschreitet ein solches Produktionsnetzwerk Länder- oder sogar Kontinentalgrenzen, wird es als globales Produktionsnetzwerk, im Folgenden abgekürzt als GPN, bezeichnet. Durch das Interagieren über Grenzen hinweg, werden regionale und nationale Territorien in das Netzwerk integriert, wodurch weitere Aspekte, wie die in den Ländern vorherrschende Kultur und Sprache, bei der Darstellung ebenfalls Beachtung finden müssen.

Für ein Unternehmen gibt es viele Gründe, einem globalen Produktionsnetzwerk beizutreten. Große Unternehmen zerlegen ihre Wertschöpfungskette in eine Menge von diskreten Funktionen. Diese werden dorthin verlegt, wo sie am effektivsten ausgeführt werden können, wo sie dem Unternehmen Zutritt zu Ressourcen und Möglichkeiten sichern, oder wo sie den Eintritt in einen wichtigen Wachstumsmarkt ermöglichen (UNESCAP, 2007). Diese Aufteilung von Funktionen auf einzelne kooperierende Unternehmen führt zu einem Zwang, Wissen über Unternehmensgrenzen hinweg zu teilen, um die Kundenwünsche auf eine schnelle und flexible Art zu erfüllen. Entsteht durch diese Zusammenarbeit eine unkonventionelle Kombination von Kompetenzen der kooperierenden Firmen, so ermöglicht diese laut Benz u. a. (1999) die Realisation von innovativen Produkten.

Bei einer Kooperation sind Unternehmen daran interessiert Transaktions- sowie Produktionskosten zu senken. Diese Kostenreduktion ist ein Effekt der Marktliberalisierung, der Kapitalflüsse, der Richtlinien für Direktinvestitionen im Ausland und der Privatisierung (Sturgeon u. a., 2008). Eine weitere Senkung von Transaktions- und Lagerkosten entsteht durch Agglomeration, also die Existenz von Ballungsgebieten, weshalb diese die Standortfindung von multinationalen Unternehmen beeinflusst (Bair, 2005). Durch die direkte Nachbarschaft zu ihren Zulieferern und Kunden sichern sich Unternehmen des Weiteren Produktionsvorteile und senken ihr Investitionsrisiko. Der Arbeitsmarkt in Ballungsgebieten bietet zudem gut ausgebildete Arbeitskräfte.

Globale Produktionsnetzwerke wirken „als ein Katalysator für internationale Wissensdiffusion“ (Ernst und Kim, 2002, S. 1418). Innerhalb dieser Netzwerke entsteht ein starker Wissensaustausch durch verschiedene informelle Mechanismen, wie Interaktionen von Mitarbeitern oder Arbeitsplatzwechsel von Angestellten von einem Unternehmen zum anderen. Unternehmen müssen die Fähigkeiten ihrer Zulieferer durch den Transfer von fachlichem und geschäftlichem Wissen verbessern, damit diese die von ihnen geforderten Spezifikationen erfüllen können. Diese Verbesserung der Fähigkeiten wirkt als Anreiz, den Zulieferern anspruchsvolleres Wissen die Technik, Produkt- und Prozessentwicklung betreffend zu vermitteln. Zusätzlich können Firmen durch die Lieferung von Technologie direkt miteinander interagieren, was ebenfalls zum Aus-

tausch von Wissen führt (Alfaro und Chen, 2009).

2.2. Grundlagen der Geschäftsprozessmodellierung

Unternehmen sehen sich heutzutage einem stetigen Wandel und ständig wechselnden Herausforderungen gegenüber. Dadurch sind sie gezwungen ihre betrieblichen Abläufe umfassend zu verstehen (Allweyer, 2005) und sich umfangreich mit den daraus resultierenden Geschäftsabläufen und -prozessen zu beschäftigen. Dabei stützt sich die Wertschöpfung eines Unternehmens zu einem wichtigen Teil auf die Geschäftsprozesse und deren Darstellung in der IT (Becker u. a., 2008). Somit nimmt das Geschäftsprozessmanagement eine zentrale Rolle in den Unternehmen ein.

Als Grundlage eines erfolgreichen Geschäftsprozessmanagements dient die Geschäftsprozessmodellierung, die die Instrumente, die zur Wissensdarstellung, Externalisierung, Formalisierung, Strukturierbarkeit und Wiederverwendung dienen, liefert (Kalpic und Bernus, 2002; Schmelzer und Sesselmann, 2008).

2.3. Stand der Forschung zum Thema kognitionsbedingte Unterschiede, Vorerfahrung, Modellierungsexpertise

Hollnagel (1993) entwickelte einen Ansatz für "die Modellierung von Kognition", um "die Begrenzung von informationsverarbeitenden Modellen zu überwinden und zu beschreiben, inwiefern Performanz vom Kontext abhängig ist". Der Autor beschreibt Kognition als "einen kontrollierten Gebrauch von vorhandener Kompetenz", wobei er Kompetenz mit Fertigkeiten, Prozeduren und Wissen gleichsetzt.

Hollnagel unterscheidet Effekte (was ist im gegebenen System beobachtbar) und Gründe (Kategorien die zu den Effekten führen können). Die Gründe werden in drei Hauptkategorien eingeteilt: individuelle Faktoren, technologische Faktoren und organisatorische bzw. Umweltfaktoren.

Hollnagel entwickelte folgendes Klassifizierungsschema:

- Fehlermodus: Manifestationen auf beobachteter Ebene
- Personen bezogene Genotypen:
 - Spezifische kognitive Funktionen: Funktionen, die mit sinnvollem menschlichem Handeln verbunden werden

- Generelle personenbezogene Funktionen (temporär): psychophysische, psychologische oder emotionale Zustände; diese wurden in den für diese Arbeit durchgeführten Studien nicht untersucht bzw. abgefragt
- Generelle personenbezogene Funktionen (permanent): Charakteristika eines Individuums; aus diesem Bereich wurde nur die Händigkeit der Probanden abgefragt
- Technologie-bezogene Genotypen:
 - Equipment: benutzte Komponenten; diese waren in den für diese Arbeit durchgeführten Studien für alle Probanden gleich
 - Prozeduren: Durchführungsvorgaben für eine Aufgabe; diese waren für alle Probanden gleich
 - Interface (temporär): temporäre Voraussetzungen während einer Aufgabe; diese wurden während der durchgeführten Studien gleichgehalten
 - Interface (permanent): permanente Voraussetzungen während einer Aufgabe (z.B. Designfehler, Aufsichten); während der Durchführung der Studien waren verschiedene Aufsichten anwesend, die allerdings alle dieselben Angaben zu ihrem Verhalten den Probanden gegenüber bekommen hatten.
- organisationsbezogene Genotypen:
 - Kommunikation sowohl zwischen Personen als auch zwischen einer Person und einem technischen Interface
 - Organisation: Organisationskultur
 - Training: Vorbereitung der Probanden auf ihre Aufgabe; in der ersten Studie wurden die Probanden nach diesem Genotypen getrennt untersucht, der hier als Modellierungsexpertise bezeichnet wird
 - Umgebungsbedingungen: z.B. Temperatur, Tageszeit, Lärm; es wurde versucht, diese während der Durchführung der Studien möglichst gleich zu halten, allerdings konnte dies nicht vollständig eingehalten werden, da z.B. verschiedene Probanden nur morgens oder nur abends Zeit hatten
 - Arbeitsbedingungen: z.B. Aufgabenbeschreibungen, Arbeitsplatzdesign etc.; diese wurden in den Studien gleich gehalten.

Mendling u. a. (2010) nennen "das niedrige Level an Modellierungskompetenz, das viele Modellierer in Prozessdokumentationsprojekten besitzen" als erstes Problem für eine gute Modellqualität.

2.4. Stand der Forschung zum Thema kulturelle Unterschiede

Der Begriff Kultur wird in der Literatur auf vielfältige Weise verwendet, so zählten bereits Kroeber und Kluckhohn (1952) insgesamt 164 verschiedene Definitionen des Begriffs Kultur. Heute werden im Rahmen der Informationssysteme betreffenden Forschung allerdings im wesentlichen zwei Arten von Kulturbegriffen unterschieden, zum einen solche, die Kultur als eine einer bestimmten Menschengruppe zugeordnete Wertemenge betrachten, zum anderen solche, die eine dynamische Kulturdefinition (z.B. (Straub, 2002)) untersuchen. Dabei unterstellen erstere, dass Kultur entlang verschiedener Werte ausgeprägt ist, deren Ausprägung sowohl bestimmte Menschengruppen unterscheiden, als auch Einfluss auf den Untersuchungsgegenstand haben. Ein solcher sehr prominenter, wenn auch teilweise kritizierter Kulturbegriff stammt von Hofstede (1980). Die im Rahmen der Erforschung von Informationssystemen verwendeten kulturellen Werte, insgesamt 46, wurden von Leidner und Kayworth (2006), untersucht, geordnet und in eine dreistufige Taxonomie eingeordnet. Diese Stufen sind Nationalkultur, Unternehmenskultur und Kulturen, die nur eine Untereinheit eines Unternehmens betreffen.

2.4.1. Nationalkultur

Modelle zur Nationalkultur, die im Bereich der Informationssystemforschung benutzt werden, wurden von Myers und Tan (2003) in drei Kategorien eingeteilt. Diese Kategorien sind eindimensionale Modelle, mehrdimensionale Modelle und historisch-soziale Modelle. Zu den bekanntesten eindimensionalen Modellen gehören das Modell in der GLOBE Study (Hall, 1976) und das von Lewis (1992). Das Modell von Hofstede (1980) ist wohl das bekannteste mehrdimensionale Modell, zu diesen Modellen gehört auch das von Hampton-Turner und Trompenaars (1993).

Hofstede (1980) untersuchte zwischen 1967 und 1972 durch eine weltweite Mitarbeiterbefragung bei IBM, anhand welcher Dimensionen Kulturen unterschieden werden. Dabei identifizierte er verschiedene kulturelle Stufen von verborgenen Ritualen und Helden hin zu oberflächlichen Symbolen. Dabei bezeichnen Rituale Tätigkeiten, die in einer Kultur als Standard im sozialen Miteinander gesehen werden, während Helden reale oder fiktive Personen sind, die über in der Kultur angesehene Eigenschaften verfügen, und als Vorbilder dienen. Symbole hingegen bezeichnen "Worte, Gesten, Bilder oder Objekte" mit einer nur den Personen der gleichen Kultur bekannten Bedeutung, allerdings sind sie leicht veränderbar (vgl. (Hofstede, 1980)). Während Nationalkultur sich auf Werte

bezieht, bezieht sich Unternehmenskultur auf Praktiken. Hofstede identifiziert einen Rahmen aus fünf Dimensionen:

- i) **Unsicherheitsvermeidung:** Charakterisiert die Bereitschaft, Risiken einzugehen. In Kulturen mit hoher Unsicherheitsvermeidung erwarten Personen explizite Regeln und strukturierte Prozesse, da unerwartete Situationen als Stress und Störungen angesehen werden. Im Gegensatz dazu werden unerwartete Situationen in Kulturen mit geringer Unsicherheitsvermeidung als „normal“ angesehen und auch als Chance auf etwas Neues betrachtet.
- ii) **Machtdistanz:** Beschreibt, in wie weit ungleiche Machtverteilung akzeptiert und sogar erwartet wird. Mitglieder von Kulturen mit geringer Machtdistanz erwarten, dass Entscheidungen demokratisch getroffen werden, während solche aus Kulturen mit großer Machtdistanz akzeptieren oder sogar erwarten, dass Entscheidungen für sie von Vorgesetzten getroffen werden.
- iii) **Individualismus und Kollektivismus:** Menschen aus individualistischen Kulturen definieren sich über ihre persönlichen Erfolge und Leistungen, während Menschen aus kollektivistischen Kulturen dies über ihre Gruppenzugehörigkeit tun, d. h. in kollektivistischen Kulturen steht der Erfolg der Gruppe über dem Erfolg des Einzelnen.
- iv) **Maskulinität und Femininität:** Diese Dimension beschreibt, in wie weit Werte, die in westlichen Kulturen als maskulin bzw. feminin betrachtet werden, in einer Kultur ausgeprägt sind. In maskulin geprägten Kulturen werden Werte wie Selbstbewusstsein, Streben nach Geld und Konkurrenzbereitschaft als erstrebenswert betrachtet, während in femininen Kulturen Werte wie Bescheidenheit, Kooperation und Familiensinn geschätzt werden.
- v) **Langzeit- und Kurzzeitorientierung:** Diese Dimension wurde erst später von Hofstede hinzugefügt und unterscheidet Kulturen danach, in wie weit sie in die Zukunft planen. Kulturen, die langzeitorientiert sind, weisen Beharrlichkeit und Sparsamkeit als geschätzte Werte auf, während kurzzeitorientierte Kulturen auf Flexibilität ausgerichtet sind.

An diesem Modell von Hofstede wurde zwar Kritik geübt, insofern dass die alleinige Untersuchung mit IBM-Mitarbeitern nicht repräsentativ sei, diese wurde aber inzwischen durch weitere Studien anderer Forscher (vgl. (El-Mafaalani, 2008)) entkräftet, deren Studienergebnisse Hofstedes Ergebnisse stützen.

Hampden-Turner und Trompenaars (1997) identifizieren basierend auf den Modelldimensionen von Hofstede sieben Kategorien von Gegensatzpaaren, bei denen sie als Grundannahme festlegen, dass sich Menschen verschiedener Kulturen durch die Art ihrer Selbstorganisation bei der Problemlösung unterscheiden:

- i) Universalismus / Partikularismus: Diese Dimension definiert, wie das Verhalten anderer in einer Kultur bewertet wird. In universalen Kulturen wird das Verhalten nach Regeln und Standards, die eingehalten werden, bewertet, während in partikulären Kulturen mehr Gewicht auf die aus Beziehungen und außergewöhnlichen Umständen entstehenden Verpflichtungen gelegt wird.
- ii) Neutralität / Emotionalität: In neutralen Kulturen werden Interaktionen möglichst objektiv und losgelöst von Gefühlen durchgeführt, Geschäftsbeziehungen sind instrumental und dienen dem Erreichen von Ergebnissen. In emotionalen Kulturen gehören zwischenmenschliche Interaktionen und Emotionen zu dem Abschließen von Geschäften dazu, um Beziehungen zu fördern und dem eigenen Standpunkt Ausdruck zu verleihen. Solche Kulturen werden auch als affektive Kulturen bezeichnet. Dabei variiert der Grad an Affektivität zwischen den Kulturen besonders darin, ob Emotionen zwar geäußert aber gesondert vom Entscheidungsprozess gehandhabt werden oder ob sie integraler Bestandteil dieses Prozesses sind.
- iii) Individualismus / Kollektivismus: Menschen aus individualistisch geprägten Kulturen nehmen sich hauptsächlich als Individuen wahr, die ihre eigenen Entscheidungen treffen und dadurch zum Leben in einer Gruppe beitragen. Dabei ist jeder Mensch eigenverantwortlich. Im Gegensatz dazu nehmen sich Menschen aus kollektivistisch geprägten Kulturen vorrangig als Teil der Gruppe wahr, die gemeinsam entscheidet und verantwortlich ist.
- iv) Spezifisch / Diffus: In spezifisch geprägten Kulturen wird viel Wert auf eine strikte Trennung von Arbeit und Privatleben gelegt während in diffusen Kulturen Arbeitsbeziehungen über die Arbeitsumgebung hinaus das Privatleben beeinflussen. Dies führt dazu, dass Menschen in spezifischen Gesellschaften im Allgemeinen präzise, direkt und von strikten Prinzipien getrieben sind, während Menschen in diffusen Gesellschaften eher taktvoll und ausweichend sind und einer kontextabhängigen Moral folgen.
- v) Leistung / Herkunft: Diese Dimension beschreibt, was in einer Gesellschaft als Grundlage zur Bewertung einer Person dient. In leistungsorientierten Gesellschaften werden Menschen nach dem, was

sie erreicht haben bewertet, in herkunftsorientierten nach ihrem Status. Dieser Status kann durch Geburt, Verwandtschaft, Geschlecht, Alter, soziale Beziehungen und Verbindungen oder Ausbildung definiert werden.

- vi) Serialität / Parallelität (bezüglich des Umgangs mit Zeit): In seriellen Kulturen wird Zeit als Serie aneinandergereihter Ereignisse betrachtet, während in parallelen Kulturen ein synchrones Zeitbild vorherrscht, in dem Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft verknüpft sind und sich gegenseitig beeinflussen.

- vii) Interne / externe Kontrolle (bezüglich des Umgangs mit der Umwelt): Diese Dimension beschreibt den Einfluss der Umwelt und des Umfeldes auf den Einzelnen. In intern geprägten Kulturen herrscht eine dominante Einstellung gegenüber der Umwelt, der Fokus liegt auf der eigenen Funktion, Gruppe oder Organisation. Gerät die Umwelt außer Kontrolle oder scheint unveränderbar, wird dies als unangenehm empfunden. In Kulturen, in denen externe Kontrolle vorherrscht, liegt der Fokus auf der Umwelt, also auf Kunden, Partnern und Kollegen, so dass eine flexible Einstellung gegenüber der Umwelt existiert. Veränderungen der Umwelt werden in extern kontrollierten Kulturen als normal empfunden.

2.4.2. Unternehmenskultur

Unternehmenskultur manifestiert sich im Alltag unter anderem in den Strukturen des Unternehmens, den überlieferten Idealen und Ritualen und im Sprachgebrauch. Dabei sind die verschiedenen Perspektiven von Unternehmenskultur nicht ohne weiteres miteinander vereinbar (vgl. (Martin, 2002)). Diese Tatsache wird noch dadurch verstärkt, dass jede real vorliegende Unternehmenskultur immer nur vor dem Hintergrund der sie einbettenden Nationalkultur geschehen kann und diese Phänomene schwer voneinander zu unterscheiden sind. Eine der meistgenutzten Definitionen der Unternehmenskultur stammt von Schein (2004): „a pattern of shared basic assumptions that was learned by a group as it solved its problems of external adaptation and internal integration, that has worked well enough to be considered valid and, therefore, to be taught to new members as the correct way to perceive, think, and feel in relation to those problems.“

Diese Muster entstehen aus grundlegenden Annahmen, werden zu Werten und Idealen des Unternehmens und manifestieren sich schließlich in dessen Praktiken.

Hurley und Hult (1998) definieren die Unternehmenskultur als die Arten des im jeweiligen Unternehmen erwünschten Verhaltens, dabei identifizieren sie fünf Dimensionen:

- i) Toleranz für Konflikte und Risiken,
- ii) Einbindung Angestellter in Entscheidungsprozesse,
- iii) Machtteilung, d.h. die Wichtigkeit von Status und Machterhalt,
- iv) Unterstützung und Zusammenarbeit,
- v) Lernen und Entwicklung, d.h. Wertschätzung von Weiterbildung des Einzelnen.

In einem anderen Modell für Unternehmenskultur von Cooper (1994) werden die Werte von Unternehmen, angelehnt an die Analyse archetypischen Gruppenverhaltens nach Jung (1923), gemäß der grundlegenden Konflikte Flexibilität gegen Ordnung und Intern gegen Extern gemessen.

2.5. Aufbau eines theoretischen Ordnungsrahmens

Soweit der Autorin bekannt, ist die Darstellung von globalen Produktionsnetzwerken und den darin stattfindenden Prozessen nur in Auszügen wissenschaftlich erforscht. Durch die vielen Einflussfaktoren, die sowohl aus den kooperierenden Firmen als auch aus anderen Faktoren wie Gesetzen, Entfernungen zu Zulieferern und Ähnlichem bestehen, ist die Umwelt dieser Produktionsnetzwerke hoch komplex. Aus diesem Grund wurde als Grundlage dieser Arbeit zunächst ein Ordnungsrahmen geschaffen. Dieser Ordnungsrahmen gibt die übergeordneten Zusammenhänge wider, wobei einheitliche Begriffe und Bezeichnungen eingeführt werden. Zu diesem Zweck wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Metamodell für globale Produktionsnetzwerke anhand einer eingehenden Analyse der aktuellen Literatur über globale Produktionsnetzwerke entworfen. Mit Hilfe dieser Literaturanalyse wurden die Anforderungen, die an die Modellierung globaler Produktionsnetzwerke gestellt werden, identifiziert. Dazu wurden die folgenden drei Felder betrachtet:

- Die Elemente, die zur grafischen Darstellung von Prozessen in globalen Produktionsnetzwerken benötigt werden, diese sind:
 - Akteure
 - Aktivitäten

- Informationen
 - Werkzeuge
 - Start- und Endknoten
 - Routingelemente (Split, Join, Merge) und
 - Verbindungen.
- Die Auswahl an Modellierungssprachen, die es dem Modellierer ermöglichen, die identifizierten Elemente darzustellen.
 - Bestimmung von Schwierigkeiten, die während der Modellierung von komplexen Strukturen auftreten. Diese Schwierigkeiten entstehen durch die Unterschiede zwischen dem mentalen Modell des Modellierers und den Möglichkeiten dieses Modell grafisch mit einer Modellierungssprache darzustellen.

Die während der Literaturanalyse identifizierten Anforderungen wurden während eines Expertenworkshops diskutiert, ausgewählt und erweitert, um abzusichern, dass das entwickelte Metamodell für globale Produktionsnetzwerke vollständig und allgemeingültig ist. Die Teilnehmer dieses Expertenworkshops waren sowohl aus dem Bereich der Wirtschaftsinformatik als auch des Arbeitsingenieurwesens. Die definierten Anforderungen betreffen

- die zwischenbetriebliche Arbeitsaufteilung, dies betrifft die quantitative Aufteilung sowie die Aufteilung nach Art,
- spezifische Charakteristika von Produktionsprozessen, Entwicklungsprozessen und Dienstleistungsprozessen,
- die Aufteilung von Unternehmensmacht,
- den Einfluss der Institutionen auf die Firmenstrategien in einem globalen Produktionsnetzwerk, zum Beispiel Behörden, Gewerkschaften, Berufsgenossenschaften und Nichtregierungsorganisationen, und
- den Zugang der teilnehmenden Firmen zu natürlichen und technischen Ressourcen und dem Arbeitsmarkt.

2.6. Metamodelle und ihr Nutzen

Ein Modell, das die Elemente beschreibt, die in einem Modell benutzt werden, wird als Metamodell bezeichnet. Ein Metamodell bildet folglich

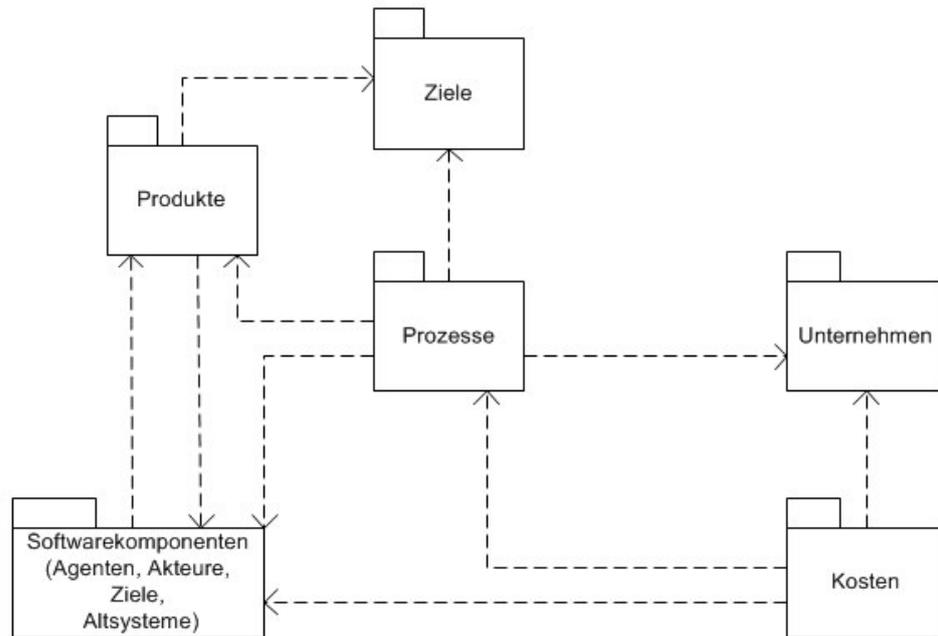


Abbildung 2.1.: Ein Verbund von Produkt- und Prozess-Metamodellen nach Breton und Bézivin (2001)

ein Rahmenwerk zur Beschreibung von Modellen; es definiert eine gemeinsame Sprache, um eine festgelegte Interessensdomäne zu beschreiben. Metamodelle existieren heute für vielfältige Verwendungszwecke.

Metamodelle finden im Umgang mit Referenzmodellen ein breites Einsatzgebiet. Dies liegt daran, dass Referenzmodelle in der Praxis meist nicht Eins-zu-Eins auf die Prozesssituation der Unternehmen abbildbar sind und individueller Anpassungsbedarf besteht. Metamodelle können ein unterstützendes Werkzeug bei dieser Anpassung sein, sie helfen, die vorgenommenen Erweiterungen konsistent zu den vorhandenen Strukturen zu halten (Goeken u. a., 2009). Ebenso helfen Metamodelle dabei verschiedene Modelle miteinander zu kombinieren, indem sie ein Rahmenwerk liefern, mit dessen Hilfe Modellstrukturen systematisch analysiert, verglichen und kombiniert werden können.

2.6.1. Metamodelle und ihr Nutzen für globale Produktionsnetzwerke

Da Metamodelle eine Handhabung von Prozessen hoher Komplexität ermöglichen, sind diese gerade auch für GPNs von hohem Nutzen.

Das im Folgenden beschriebene, im Laufe dieser Arbeit entwickelte Metamodell unterstützt somit die Entwicklung firmenübergreifender Prozes-

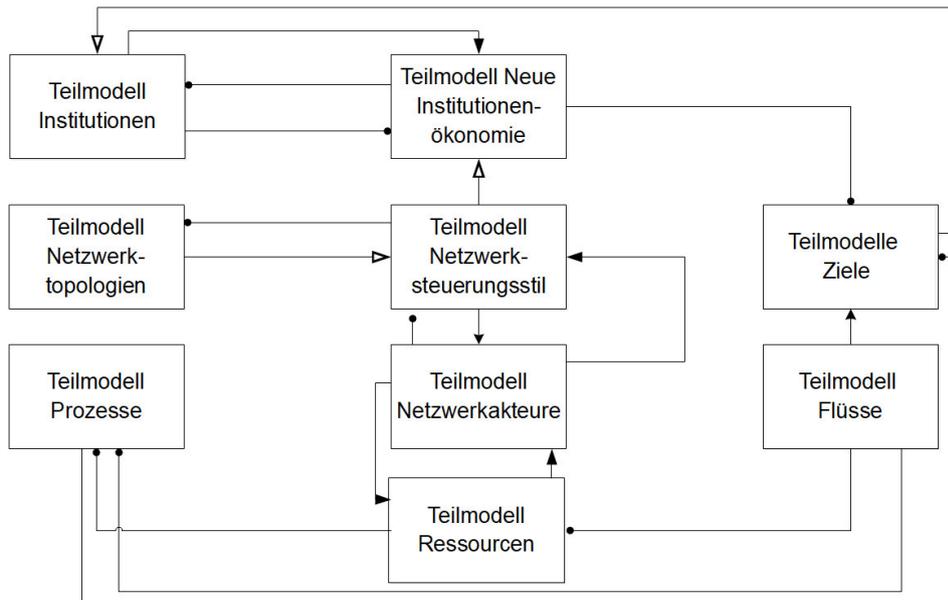


Abbildung 2.2.: Das entwickelte Metamodell

se insbesondere dadurch, dass es einen Ordnungsrahmen zur Darstellung der im Netzwerk stattfindenden Prozesse bietet. Dieser Ordnungsrahmen hilft dabei, alle Prozesse innerhalb einer Kooperation so darzustellen, dass sowohl die einzelnen Akteure, die einen Teilprozess durchführen, klar erkennbar sind, als auch die zur Durchführung der einzelnen Schritte benötigten Informationen und Werkzeuge. Des Weiteren hilft das entwickelte Metamodell beim Bilden von Schnittstellen zwischen Prozessteilen, die in unterschiedlichen Fachabteilungen oder Unternehmen stattfinden, so dass der Prozessablauf effektiver und störungsfreier ist.

Schon im Jahr 2001 betrachteten Breton und Bézin (2001) den Zusammenhang zwischen Metamodellen für Prozesse und solchen für Produkte. Sie beschreiben, dass ein Metamodell für Prozesse ebenfalls das Unternehmen, die Kosten, Produkte sowie Komponenten wie Akteure, Ziele und vorhandene Systeme einbeziehen muss (siehe Abbildung 2.1). Replizierend wurde im Rahmen dieser Arbeit anhand der beschriebenen Anforderungen ein Metamodell entwickelt (siehe Abbildung 2.2). Dabei wurden typische Netzwerkszenarien entsprechend der Arbeiten von Browning und Ramasesh (2007) und Fleischmann u. a. (2006) genutzt. Die Syntax und die Semantik dieses Modells basieren auf relevanten Arbeiten von Coe u. a. (2008b), Alfaro und Chen (2009) und Ernst und Kim (2002)).

Breton und Bézin identifizierten in ihrer Arbeit die in Abbildung 2.1 gezeigte Grobstruktur, die einen Verbund aus Produkt und Prozessme-

tamodell darstellt; im Rahmen dieser Arbeit wurde die in Abbildung 2.2 dargestellte Grobstruktur entwickelt.

Ein Vergleich beider Grobübersichten ermöglicht eine einfache Identifikation der Parallelen zwischen beiden Metamodellen:

- Prozesse und Ziele werden in beiden Metamodellen identifiziert.
- Kosten in Abbildung 2.1 fallen in Abbildung 2.2 in die Neue Institutionenökonomie.
- Produkte in Abbildung 2.1 werden in Abbildung 2.2 als Ressourcen bezeichnet.
- Die Organisation in Abbildung 2.1 fällt in Abbildung 2.2 unter Netzwerkakteure.
- Die Softwarekomponenten in Abbildung 2.1 werden in Abbildung 2.2 auf allgemeine Komponenten erweitert und fallen unter Netzwerkakteure bzw. Institutionen.
- Neu sind in Abbildung 2.2 die enthaltenen Informationen über Flüsse, Netzwerksteuerungsstile und Netzwerktopologien.

2.6.2. Teilmodelle des Metamodells

Das Metamodell ist in neun Teilmodelle unterteilt, in denen die Klassen eng miteinander zusammenhängen. Zwischen Klassen verschiedener Teilmodelle bestehen vereinzelt Beziehungen, während die Klassen innerhalb eines einzelnen Teilmodells in enger Beziehung zueinander stehen. Im Folgenden werden zunächst die Verknüpfungen zwischen den Teilmodellen und anschließend die einzelnen Teilmodelle des Metamodells genauer beschrieben. Eine Gesamtübersicht des Metamodells ist in Anhang A.1 zu finden.

2.6.2.1. Verbindungen zwischen den Teilmodellen

Zur besseren Übersicht wird zunächst die grobe Struktur des Metamodells beschrieben, indem ein kurzer Überblick über die vorhandenen Teilmodelle und die Abhängigkeiten zwischen ihnen gegeben wird (siehe Abbildung 2.3). Durch die Verbindungen zwischen den einzelnen Teilmodellen werden Zusammenhänge im Metamodell festgelegt, die verschiedene Bereiche der Beschreibung eines globalen Produktionsnetzwerkes verbinden. Diese Verbindungen werden in den folgenden Abschnitten über die Teilmodelle an den entsprechenden Stellen beschrieben.

2. Theoretische und empirische Grundlagen

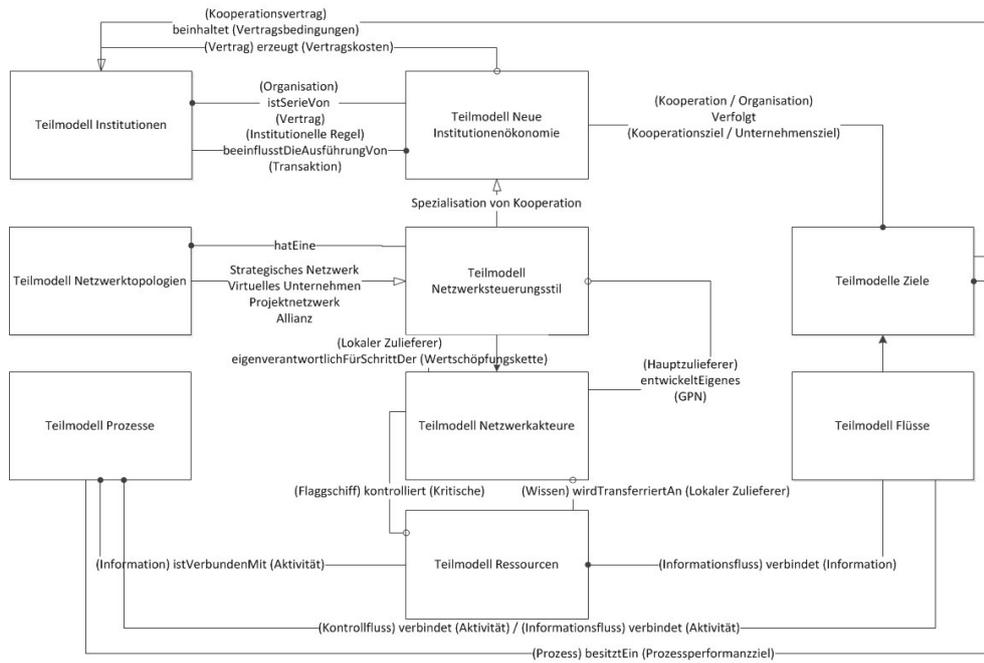


Abbildung 2.3.: Verbindungen zwischen den Teilmodellen

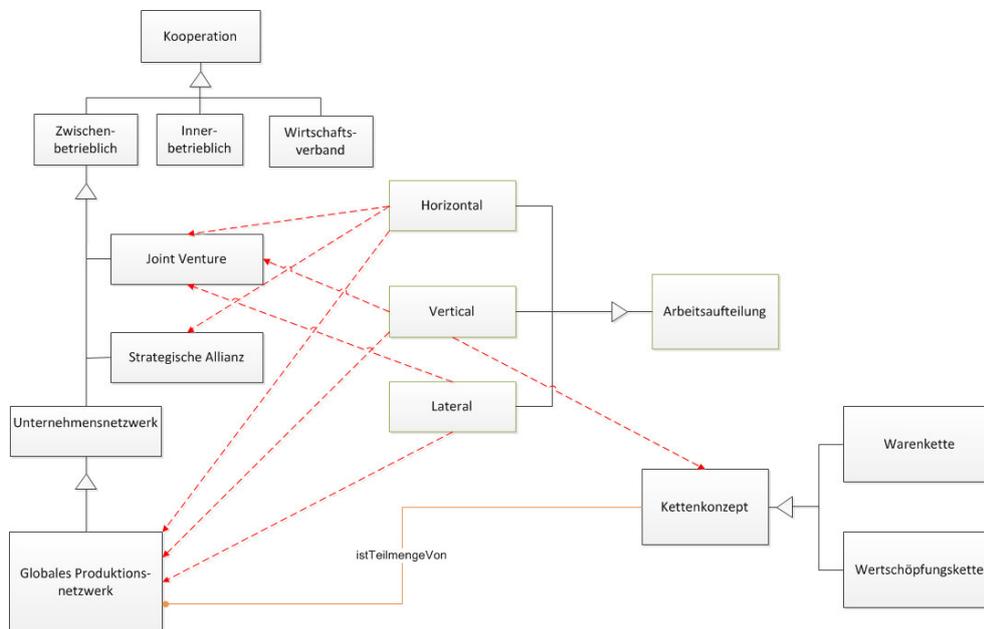


Abbildung 2.4.: Teilmodell Netzwerksteuerungsstil

2.6.2.2. Teilmodell 1: Netzwerksteuerungsstil

Das Teilmodell Netzwerksteuerungsstil (siehe Abbildung 2.4) unterscheidet zwischenbetriebliche und innerbetriebliche Kooperationen sowie Wirtschaftsverbände. Des Weiteren werden die Arten der Arbeitsaufteilung in firmenübergreifenden Kooperationen betrachtet, da ein Netzwerk eine Spezialisierung von Kooperation ist. Im Metamodell werden firmenübergreifende Kooperationen in Joint Ventures, strategische Allianzen und Unternehmensnetzwerke, zu denen globale Produktionsnetzwerke gezählt werden, eingeteilt.

Des Weiteren unterscheidet das Metamodell vertikale, horizontale und laterale Arbeitsaufteilung. Vertikale Arbeitsaufteilung beschreibt die Schritte der globalen Wertschöpfungskette, während horizontale Arbeitsteilung die Beziehungen zwischen den kooperierenden Firmen, die globale Warenkette, beschreibt. Laterale Arbeitsteilung bezeichnet den Austausch von Wissen und Markttransaktionen. In einem globalen Produktionsnetzwerk finden alle drei Arten der Arbeitsteilung zwischen den einzelnen Unternehmen statt. Ein globales Produktionsnetzwerk beinhaltet somit die linearen Kettenkonzepte globale Warenkette (global value chain, GVC) und globale Rohstoffkette (global commodity chain, GCC) als Teilmodelle. Das Teilmodell Netzwerksteuerungsstil beschreibt die Verbindungen der Akteure (siehe Kapitel 2.6.2.4), die das Netzwerk bilden. Jedes so beschriebene Netzwerk verfügt über eine Netzwerktopologie (siehe Kapitel 2.6.2.3).

2.6.2.3. Teilmodell 2: Netzwerktopologien

Die Netzwerktopologie (siehe Abbildung 2.5) beschreibt, welche Führungsstile und Netzwerkstrukturen das Netzwerk (siehe Kapitel 2.6.2.2) besitzt und wie es konfiguriert ist. Dabei werden fokale und polyzentrische Führungsstile unterschieden. Fokal bedeutet, dass ein Akteur im Netz die Führungsposition inne hat und somit die gemeinsamen Ziele des Netzwerkes vorgibt. In polyzentrischen Netzen bestimmen mehrere gleich oder ähnlich starke Akteure das Wesen und die Ziele der Kooperation.

Ein Netzwerk kann stabil oder instabil konfiguriert sein abhängig von seiner geplanten Dauer. Stabile Netzwerke sind solche, die auf lange Sicht geplant werden und über Jahre Bestand haben. Instabile Netzwerke existieren nur über eine kurze Zeitspanne hinweg und werden dann wieder aufgelöst.

Anhand der Netzwerktopologie kann die Art des Netzwerkes festgestellt werden. Zu den fokalen Netzwerken werden sowohl strategische Netzwerke als auch Projektnetzwerke gezählt. Dabei sind strategische Netzwerke stabil, während Projektnetzwerke instabil sind, da letztere nur für die Dauer des jeweiligen Projektes bestehen. Polyzentrische Netzwer-

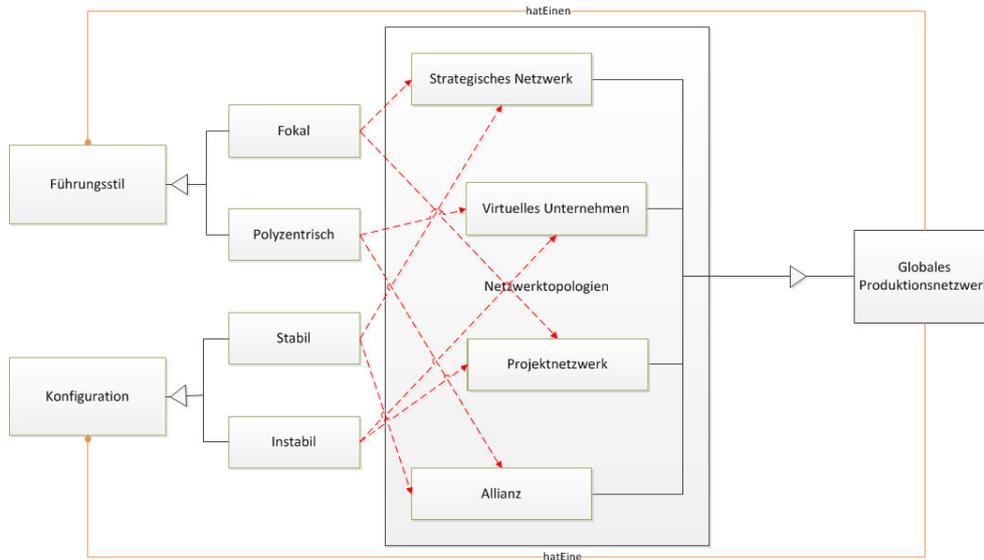


Abbildung 2.5.: Teilmodell Netzwerktopologien

ke sind sowohl Allianzen, die stabil sind, da eine Zusammenarbeit der Partnerunternehmen langfristig geplant ist, als auch virtuelle Unternehmen, die zu den instabilen Netzwerken zählen.

2.6.2.4. Teilmodell 3: Netzwerkekteure

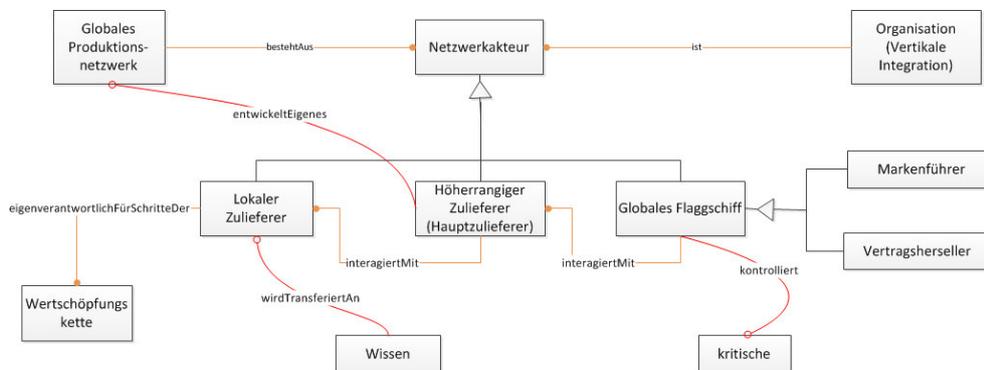


Abbildung 2.6.: Teilmodell Netzwerkekteure

Netzwerkekteure (siehe Abbildung 2.6) definieren ein Netzwerk (siehe Kapitel 2.6.2.2) durch ihre Kooperation. Dieses Teilmodell beinhaltet ausschließlich die kooperierenden Firmen, andere Akteure, die das Netzwerk beeinflussen, zählen zum Teilmodell Institutionen (siehe Kapitel 2.6.2.5) und werden dort beschrieben. Die das Netzwerk bildenden Akteure sind die kooperierenden Unternehmen. Diese werden in globale Flaggschiffe, Hauptzulieferer und lokale Zulieferer unterteilt. Globale

le Flaggschiffe, entweder Markenführer oder Vertragshersteller, sind die mächtigsten Akteure in einem globalen Produktionsnetzwerk. Als solche haben sie Zugriff auf kritische Ressourcen (siehe Kapitel 2.6.2.6). In einem globalen Produktionsnetzwerk interagieren die globalen Flaggschiffe untereinander und mit den Hauptzulieferern, die wiederum mit den lokalen Zulieferern interagieren. Die lokalen Zulieferer stehen nicht im Kontakt mit den Flaggschiffen, können aber mit weiteren lokalen Zulieferern kooperieren. Ein Hauptzulieferer kann über sein eigenes globales Produktionsnetzwerk (siehe Kapitel 2.6.2.2) verfügen, in dem er dann das globale Flaggschiff darstellt. Lokale Zulieferer müssen den Teil der Wertschöpfungskette (siehe Kapitel 2.6.2.2), für den sie verantwortlich sind, selbst organisieren und finanzieren, dafür erhalten sie Wissen (siehe Kapitel 2.6.2.6) von den Hauptzulieferern.

2.6.2.5. Teilmodell 4: Institutionen

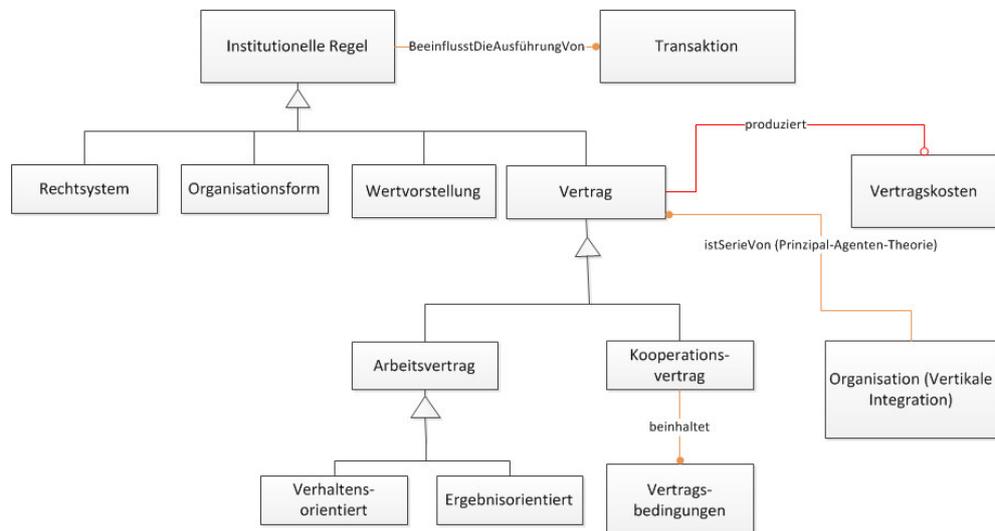


Abbildung 2.7.: Teilmodelle Institutionenperspektive

Institutionen (siehe Abbildung 2.7) sind ebenfalls Akteure in globalen Produktionsnetzwerken, denn sie beeinflussen die Ausführung von Transaktionen (siehe Kapitel 2.6.2.7) im Netzwerk durch Regulierungen, Standards und Gesetze. Coe u. a. (2008b) zählen sie zu den „nicht-Firmen“-Akteuren. Institutionen sind unter anderem Rechtssysteme, Wertvorstellungen und Regulationen die Organisationsform betreffend. Auch Verträge zählen zu diesem Teilmodell, wobei eine Organisation (siehe Kapitel 2.6.2.7) als eine Serie von Verträgen gesehen werden kann. Jeder Vertrag produziert Vertragskosten (siehe Kapitel 2.6.2.7). Dabei beeinflussen verschiedene Arten von Verträgen ein globales Produktionsnetzwerk,

- zum Einen der Kooperationsvertrag zwischen den das Netzwerk bildenden Unternehmen, der sämtliche Vertragsbedingungen, die die Kooperation (siehe Kapitel 2.6.2.9) betreffen beinhaltet,
- zum Anderen die Arbeitsverträge aller an der Kooperation beteiligten Unternehmen mit ihren Angestellten, dabei unterscheidet das Teilmodell zwischen Verhaltensabkommen und ergebnisorientierten Verträgen.

2.6.2.6. Teilmodell 5: Ressourcen

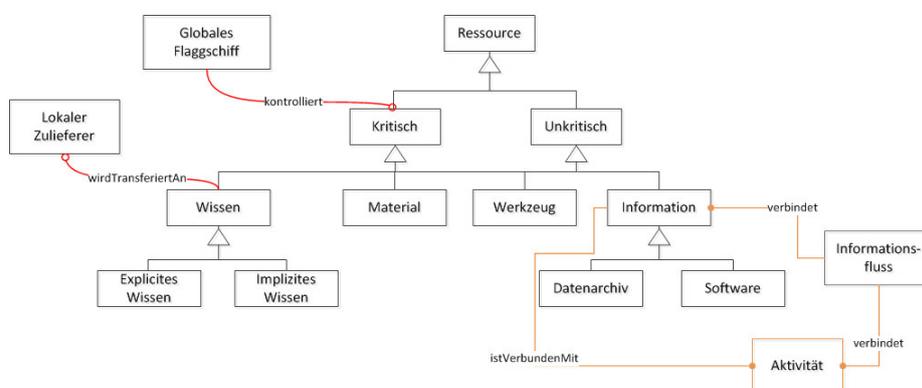


Abbildung 2.8.: Teilmodell Ressourcen

Das Metamodell unterscheidet kritische und unkritische Ressourcen (siehe Abbildung 2.8). Kritische Ressourcen sind solche, die unabdingbar zur Herstellung des Produktes sind. Auf diese haben oft nur die globalen Flaggschiffe (siehe Kapitel 2.6.2.4) direkten Zugriff und kontrollieren diese, wodurch sie ihre Machtposition im Netzwerk stabilisieren. Als Ressourcen werden im Metamodell neben Materialien und Werkzeugen auch Informationen und Wissen betrachtet. Dabei wird Wissen in explizites und implizites Wissen unterteilt. Explizites Wissen ist einfach zu transferieren, während implizites Wissen nur sehr schwer zu vermitteln ist. Wissen wird allgemein an die lokalen Zulieferer (siehe Kapitel 2.6.2.4) transferiert. Informationen können sowohl Datenarchive als auch Software sein. Jede Information ist durch einen Informationsfluss (siehe Kapitel 2.6.2.10) mit mindestens einer Aktivität (siehe Kapitel 2.6.2.8), die die Information erzeugt oder benötigt, um ausgeführt zu werden, verbunden.

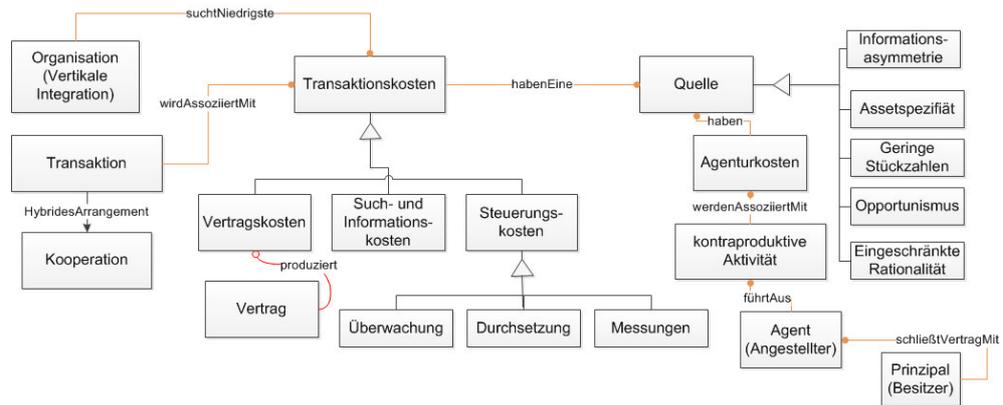


Abbildung 2.9.: Teilmodell Neue Institutionenökonomie

2.6.2.7. Teilmodell 6: Neue Institutionenökonomie

Jedes Netzwerk wird auf verschiedene Arten durch die Neue Institutionsökonomie (siehe Abbildung 2.9) beeinflusst, da ein Netzwerk eine Spezialisierung von Kooperation ist (siehe Kapitel 2.6.2.2). Zum Einen sind alle Transaktionen, die in einem globalen Produktionsnetzwerk durchgeführt werden, mit Transaktionskosten verbunden, zum Anderen kommt durch die vielen verschiedenen Akteure auch die Prinzipal/Agenten-Theorie zum Tragen. Je nachdem in welchem Bereich beziehungsweise zu welchem Zeitpunkt Transaktionskosten entstehen, werden diese in Vertragskosten, Such- und Informationskosten und Steuerungskosten aufgeteilt. Zu den Steuerungskosten zählen Kosten für Überwachung, Durchsetzung und Messungen. Alle Transaktionskosten haben einen Ursprung. Dieser ist entweder in der Informationsasymmetrie, Assetspezifität, in Small Numbers, Opportunismus oder eingeschränkter Rationalität begründet. Weiterhin ist zu beachten, dass jede Organisation die für sie günstigsten Transaktionskosten sucht. Des Weiteren existieren verschiedene Typen von Zielen (siehe Kapitel 2.6.2.9), die durch die gesamte Kooperation oder Teile von dieser verfolgt werden.

2.6.2.8. Teilmodell 7: Prozesse

Das Teilmodell Prozesse (siehe Abbildung 2.10) beschreibt die verschiedenen Prozesstypen, die in einem Netzwerk existieren. Alle diese Prozesstypen besitzen unterschiedliche Charakteristika und verschiedene relevanten Performanzziele (siehe Kapitel 2.6.2.9). Das Metamodell unterscheidet zwischen Managementprozessen, Kernprozessen und Unterstützungsprozessen. Kernprozesse beschreiben die Kernkompetenzen der einzelnen Akteure. Diese werden Beschaffungsprozesse, Produktionsprozesse, Lo-

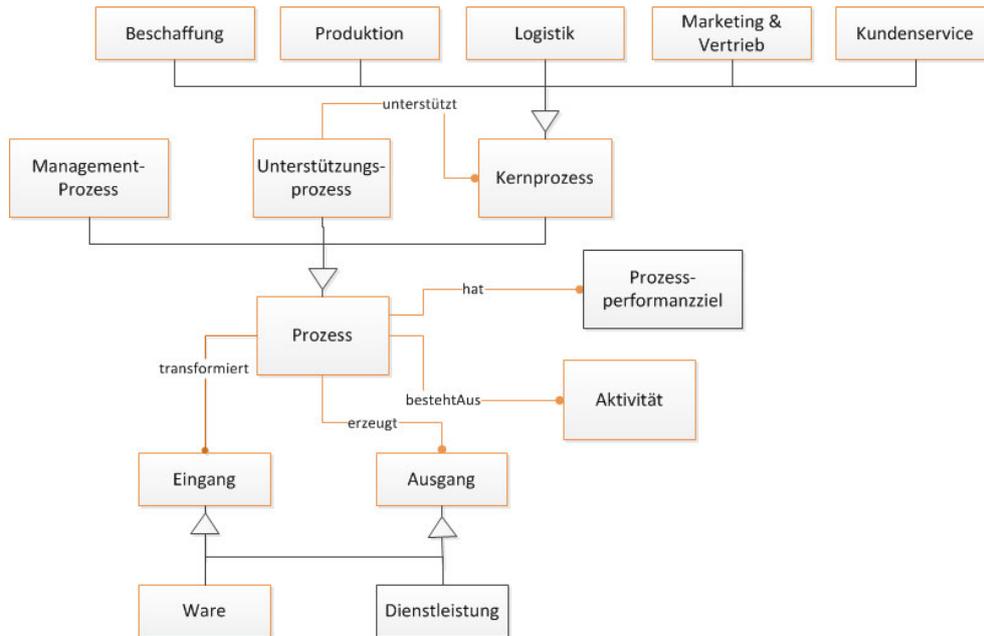


Abbildung 2.10.: Teilmodell Prozesse

gistikprozesse, Marketing-und-Vertriebsprozesse und Kundenserviceprozesse eingeteilt.

Dabei können zur Durchführung eines Kernprozesses zusätzlich Unterstützungsprozesse ausgeführt werden müssen. Jeder Prozess besteht aus einzelnen Aktivitäten, die von Akteuren ausgeführt werden, und besitzt ein Prozessperformanzziel (siehe Kapitel 2.6.2.9). Durch das Durchführen der einzelnen Aktivitäten wird ein Eingang in einen Ausgang transformiert, sowohl Eingang als auch Ausgang können eine Ware oder eine Dienstleistung sein.

2.6.2.9. Teilmodell 8: Ziele

Das übergeordnete Ziel (siehe Abbildung 2.11) in einem globalen Produktionsnetzwerk, das Kooperationsziel, wird in den Vertragsbedingungen des Kooperationsvertrags (siehe Kapitel 2.6.2.7) festgelegt. Zusätzlich werden in diesen die Einteilung der Risikoübernahme, die Profitaufteilung, die Gesellschaftsform und die Verteilung der Kompetenzen festgesetzt. Des Weiteren verfolgt jedes Unternehmen ein Unternehmensziel, das in der Risikominimierung, Gewinnmaximierung und Operationseffizienz liegt. Jeder einzelne Angestellte hat persönliche Ziele wie Aufwandsminimierung oder Gehaltsmaximierung (siehe Kapitel 2.6.2.7). Diese Ziele können miteinander konfliktieren. Alle Ziele, auch die in Kapitel 2.6.2.8 erwähnten Prozessziele, werden mit einem Performanzindikator gemes-

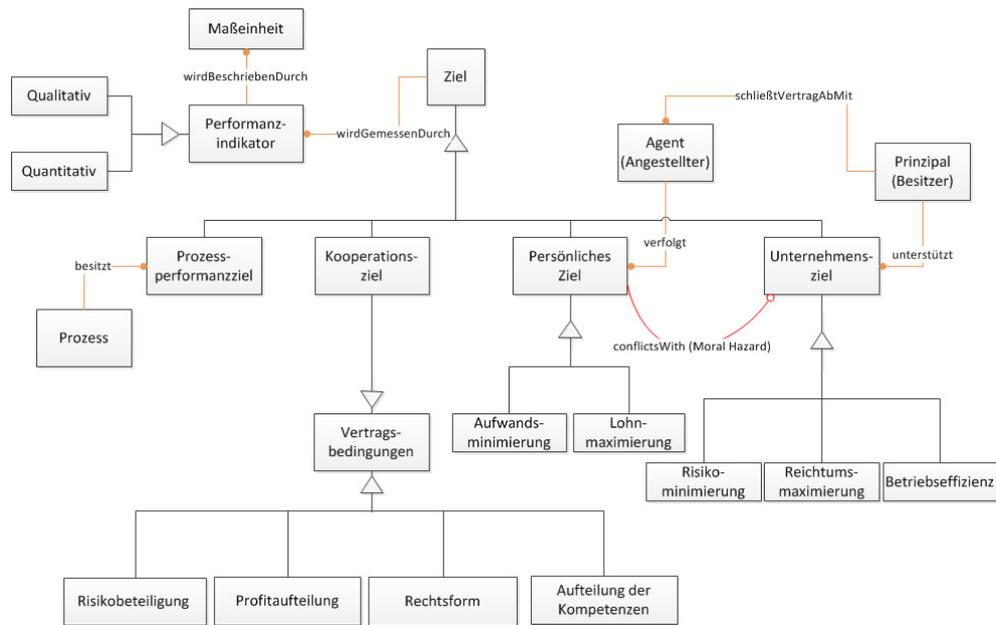


Abbildung 2.11.: Teilmodell Ziele

sen, der durch eine Maßeinheit beschrieben wird. Der Indikator kann dabei sowohl qualitativ als auch quantitativ sein.

2.6.2.10. Teilmodell 9: Flüsse

Zur übersichtlichen Darstellung von Prozessmodellen werden im Teilmodell Flüsse (siehe Abbildung 2.12) Kontrollfluss und Informationsfluss unterschieden und besitzen unterschiedliche grafische Darstellungen. Dabei ist zu beachten, dass Kontrollflüsse die einzelnen Aktivitäten (siehe Kapitel 2.6.2.8) miteinander beziehungsweise mit Knotenelementen verbinden. Solche Knotenelemente sind Start- und Endknoten, Splits und Joins. Dabei betrachtet das Metamodell verschiedene Split- und Join-Knoten:

- Wird ein Kontrollfluss durch einen AND-Split aufgeteilt, so müssen alle ausgehenden Kontrollflüsse durchgeführt werden, um das Prozessziel zu erfüllen. Wurden alle Abzweigungen abgearbeitet, werden die Kontrollflüsse mit Hilfe eines AND-Joins wieder vereint.
- Wird ein Kontrollfluss durch einen OR-Split aufgeteilt, so werden die Kontrollflüsse mit Hilfe eines OR-Joins wieder vereint. Die Abarbeitung eines Zweiges reicht aus, um einen Endpunkt zu erreichen, es können aber auch mehrere Zweige abgearbeitet werden.

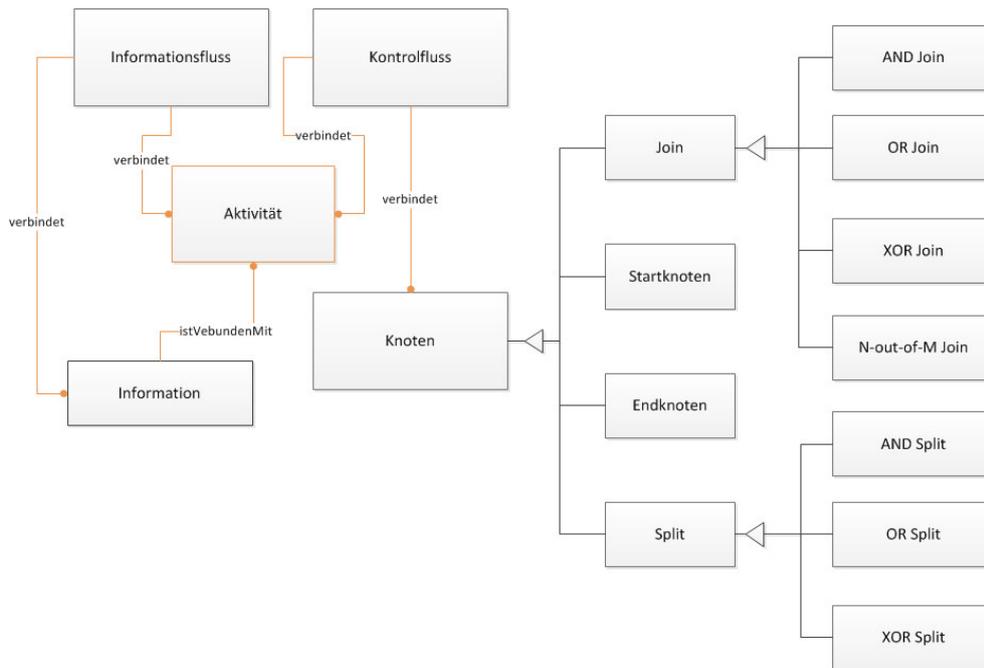


Abbildung 2.12.: Teilmodell Flüsse

- Wird ein Kontrollfluss durch einen XOR-Split aufgeteilt, so darf nur ein Zweig abgearbeitet werden, um einen Endpunkt zu erreichen. Die Kontrollflüsse werden mit Hilfe eines XOR-Joins vereint.
- Einen besonderen Fall stellt der N-out-of-M-Join dar, bei dem eine bestimmte Anzahl N von M Flüssen abgearbeitet werden muss, um einem Zielzustand zu erreichen.

Mit Hilfe von Informationsflüssen wird modelliert, welche Aktivität (siehe Kapitel 2.6.2.8) welche Information (siehe Kapitel 2.6.2.6) erzeugt bzw. zu ihrer Durchführung benötigt.

2.6.3. Validierung des Metamodelles

Das Metamodell wurde mit Hilfe eines Expertenworkshops und durch ein Fallbeispiel aus dem Bereich Elektromobilität validiert.

2.6.3.1. Ergebnisse des Expertenworkshops

Im Anschluss an die Erstellung des oben beschriebenen Metamodells wurde ein erneuter Expertenworkshop, allerdings mit anderen Experten als beim Ersten, durchgeführt. Zunächst wurde jedem Experten einzeln das Metamodell vorgestellt und anschließend mit diesem Experten ausgewertet. Insgesamt wurde so mit fünf verschiedenen Experten aus un-

terschiedlichen Branchen verfahren. Ein besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, ob die im ersten Expertenworkshop entworfenen Anforderungen erfüllt werden:

- Es zeigte sich, dass alle Elemente, die genannt wurden waren, dargestellt werden können und dass dies mit gängigen Modelliersprachen wie UML und BPMN durch leichte Abänderungen beziehungsweise Erweiterungen möglich ist.
- Des Weiteren ist es möglich die geforderten Arten der Arbeitsteilung darzustellen, da sowohl globale Wertschöpfungskette sowie globale Warenkette als auch Wissensaustausch berücksichtigt werden.
- Durch die Unterscheidung der verschiedenen Prozesstypen ist eine Darstellung von Produktionsprozessen, Entwicklungsprozessen und Dienstleistungsprozessen möglich.
- Durch die Darstellung der Beziehungen zwischen den Akteuren und deren Zugriff auf Ressourcen sowie die Einbeziehung der neuen Institutionsökonomie, ist es möglich zu erkennen, wie die Unternehmensmacht aufgeteilt wird.
- Durch die Berücksichtigung der Institutionen und der Neuen Institutionsökonomie kann der Einfluss von Institutionen auf die Firmenstrategien in einem GPN dargestellt werden.

2.6.3.2. Fallbeispiel SmartWheels

Die Validierung des Metamodelles anhand eines Fallbeispiels erfolgte anhand der kooperativen Arbeit Maibauer (2011), die sich im Projekt SmartWheels (Fluhr und Lutz, 2009) mit dem Bereich der Elektromobilität beschäftigte. In dieser Arbeit wurde ein Prozessmodell der Elektromobilität definiert, das eine effiziente und möglichst einfache Bereitstellung von profitablen Mobilitätskonzepten gewährleistet. Dabei wurde der Fokus auf unternehmensübergreifende Kernprozesse mit Bezug zu Informations- und Kommunikationstechnologien gelegt. Diese müssen die Geschäftsmodelle und -prozesse der Elektromobilität in erheblichem Maße unterstützen, um niedrige Kostenstrukturen, einen hohen Grad an Flexibilität und Servicequalität zu gewährleisten. Beispielfähig wurden Prozesse des E-Roamings, das als eines der Schlüsselemente gesehen wird modelliert. E-Roaming ermöglicht einen providerunabhängigen diskriminierungsfreien Zugang für den Endverbraucher zur gesamten öffentlichen Ladeinfrastruktur. Unter Zuhilfenahme des hier beschriebenen Metamodelles wurden die benötigten Elemente der Modelliersprache BPMN identifiziert, mit denen nach den Vorgaben des Ordnungsrahmens

drei Prozessmodelle erstellt wurden. Diese beschreiben unterschiedliche Zugangsarten, die zur Identifikation des Nutzers an einer Ladestation genutzt werden können. Als notwendig wurden dabei folgende Elemente identifiziert:

- Swimlanes / Pools zur Darstellung der Akteure (Elektrofahrzeug, Ladestationsnutzer, Ladestation, Ladestationsbetreiber, Ladestromanbieter),
- Verbindungen (Kontrollflüsse (Sequenzverbindungen innerhalb eines Pools, Nachrichtenflüsse poolübergreifend), Informationsflüsse),
- Start- und Endknoten,
- Kontrollknoten,
- Aktivitäten,
- Informationen und
- Werkzeuge.

Letztere wurden in Ermangelung eines entsprechenden Elementes in BPMN durch rot hinterlegte Informationen angezeigt. Die ersten Entwürfe der so entwickelten Modelle wurden mit Hilfe einer Expertenbefragung evaluiert und an die Anforderungen der Experten angepasst. Die Experten waren Personen aus den Branchen Informationstechnik, Telekommunikations- und Energiewirtschaft, die sich aufgrund ihrer beruflichen Aufgaben- und Einsatzgebiete umfassend mit dem Bereich der Elektromobilität auseinandergesetzt haben. Gleichzeitig haben die ausgewählten Experten verschiedene Sichtweisen auf die Thematik des E-Roaming. Die Expertenbefragung ergab, dass die mit Hilfe von BPMN unter Berücksichtigung des Metamodelles erstellten Prozessmodelle treffend sowie intuitiv und leicht nachvollziehbar modelliert wurden. Daraus schließt die Autorin, dass die durch das Metamodell identifizierten Elemente die verständliche Darstellung von Modellen ermöglichen.

2.7. Ontologie

Eine Ontologie beschreibt die Konzepte und Abhängigkeiten, die in einer gegebenen Domäne wichtig sind, indem ein Vokabular für diese Domäne ebenso wie eine computergestützte Spezifikation der Bedeutungen der in dem Vokabular benutzen Ausdrücke bereitgestellt wird. Ontologien können Taxonomien und Klassifikationen, Datenbankschemata bis hin

zu vollständig axiomatisierten Theorien sein. Heutzutage werden Ontologien genutzt, um Domänenwissen zu teilen, wiederzuverwenden und aufzuarbeiten (Busse u. a., 2012).

Zur Identifikation eventuell versteckter Abhängigkeiten wurde das Metamodell mit Hilfe der durch das Stanford Center for Biomedical Informatics Research der Stanford University School of Medicine entwickelten Software Protégé in eine Ontologie übertragen. Protégé ist eine freie OpenSource Plattform, die eine Toolsuite zum Konstruieren von Domänenmodellen und der Erstellung, Visualisierung und Manipulation von Ontologien in verschiedenen Formaten bietet (Gennari u. a., 2003; Noy u. a., 2000)).

2.7.1. Ontologieklassen

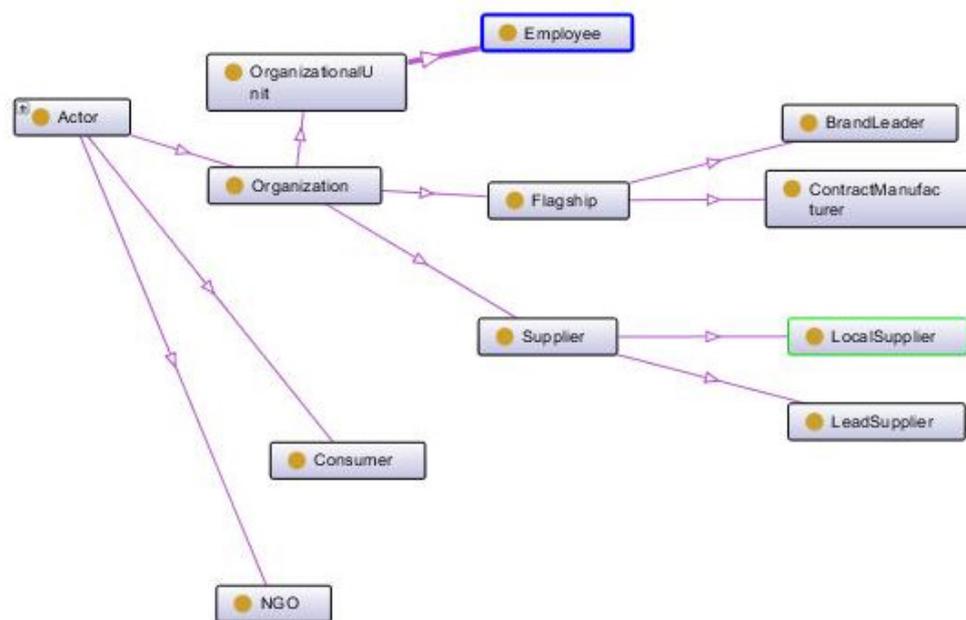


Abbildung 2.13.: Akteurklasse in der Ontologie

Die Ontologie besteht aus neunundzwanzig Klassen, die teilweise mehrere Unterklassen besitzen. Im Folgenden werden die Klassen alphabetisch erklärt und auf ihre Unterklassen eingegangen sowie die Abhängigkeiten zwischen den Klassen aufgezeigt. Beispielhaft wird die Akteurklasse in Abbildung 2.13 dargestellt, die Gesamtontologie wird in vier Teilen in den Abbildungen 2.14, 2.15, 2.16 und 2.17 gezeigt.

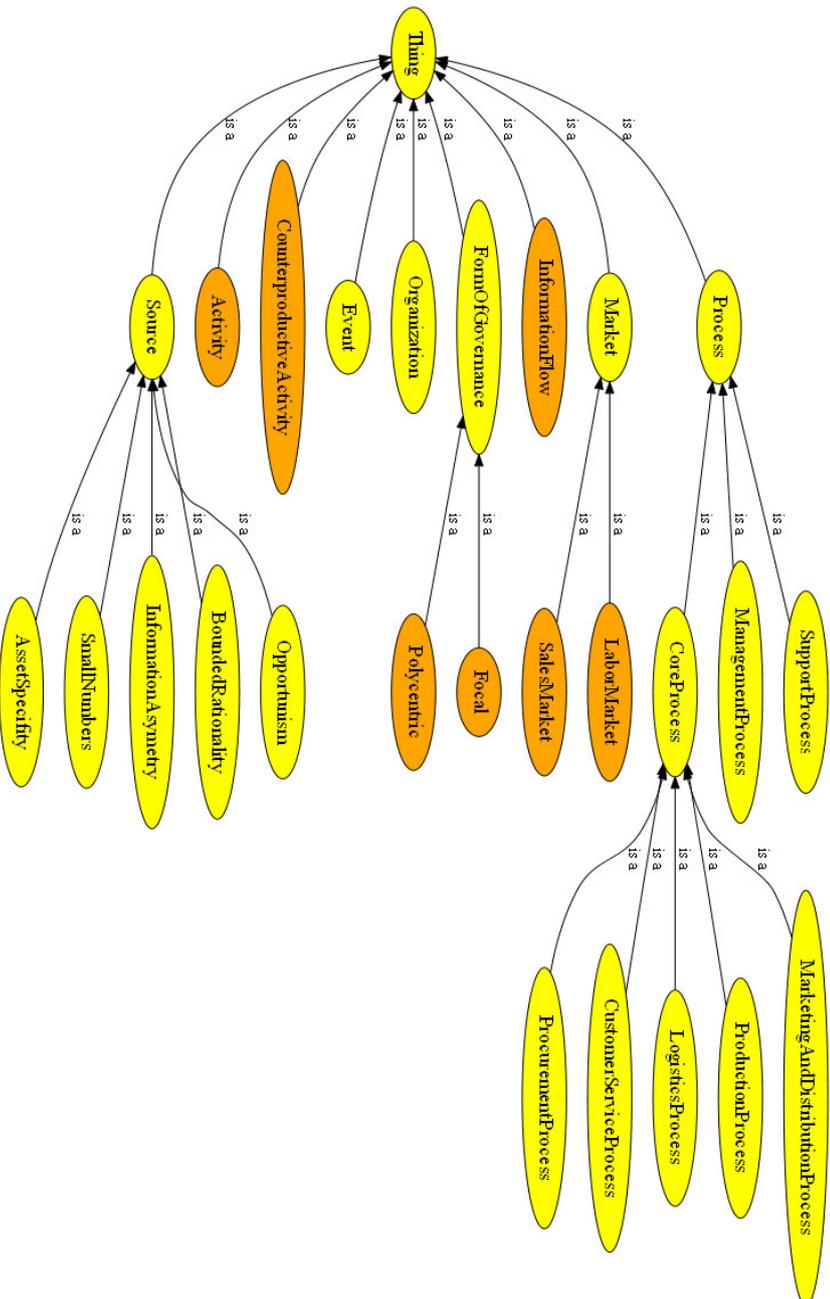


Abbildung 2.14.: Ontologie (1)

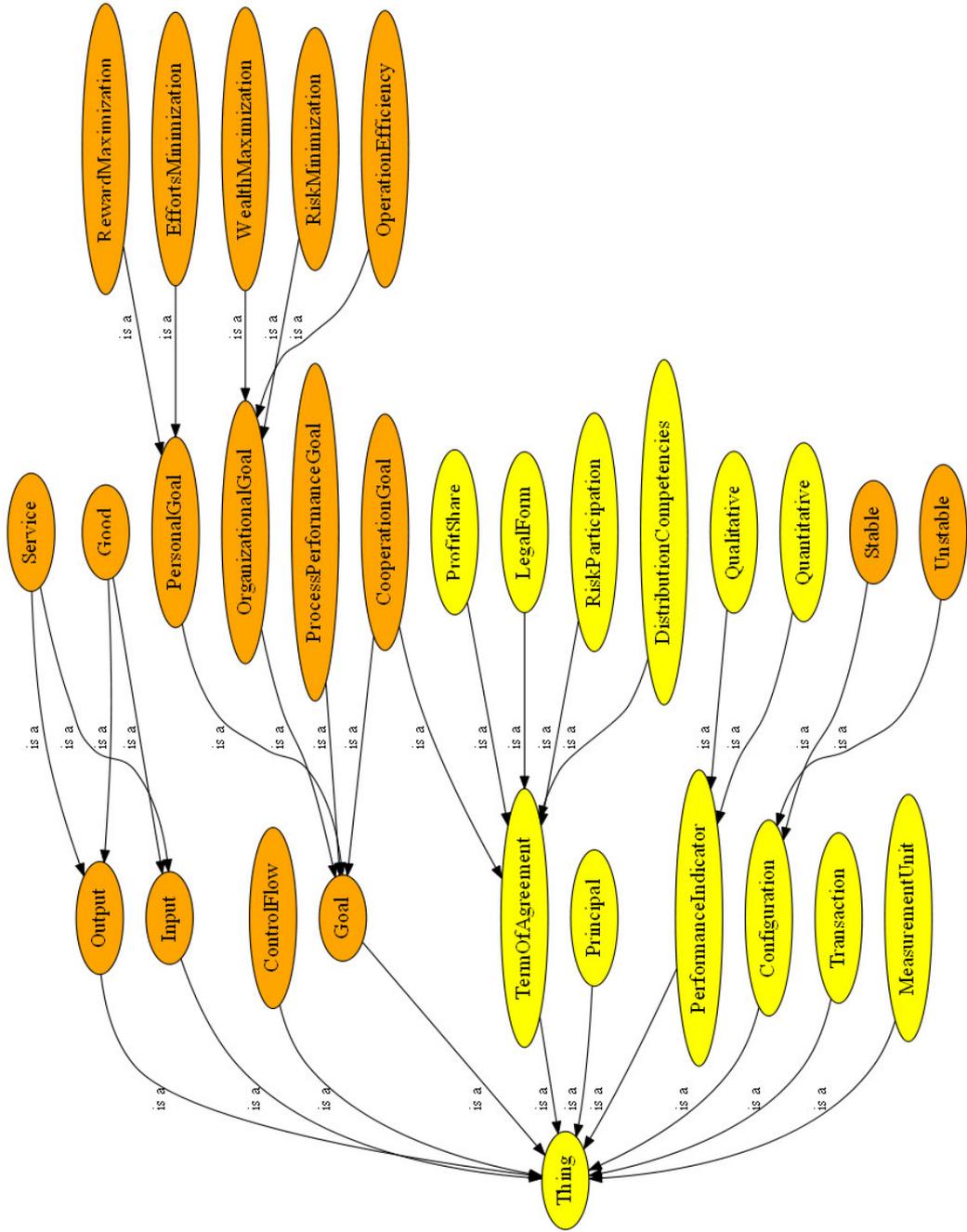


Abbildung 2.15.: Ontologie (2)

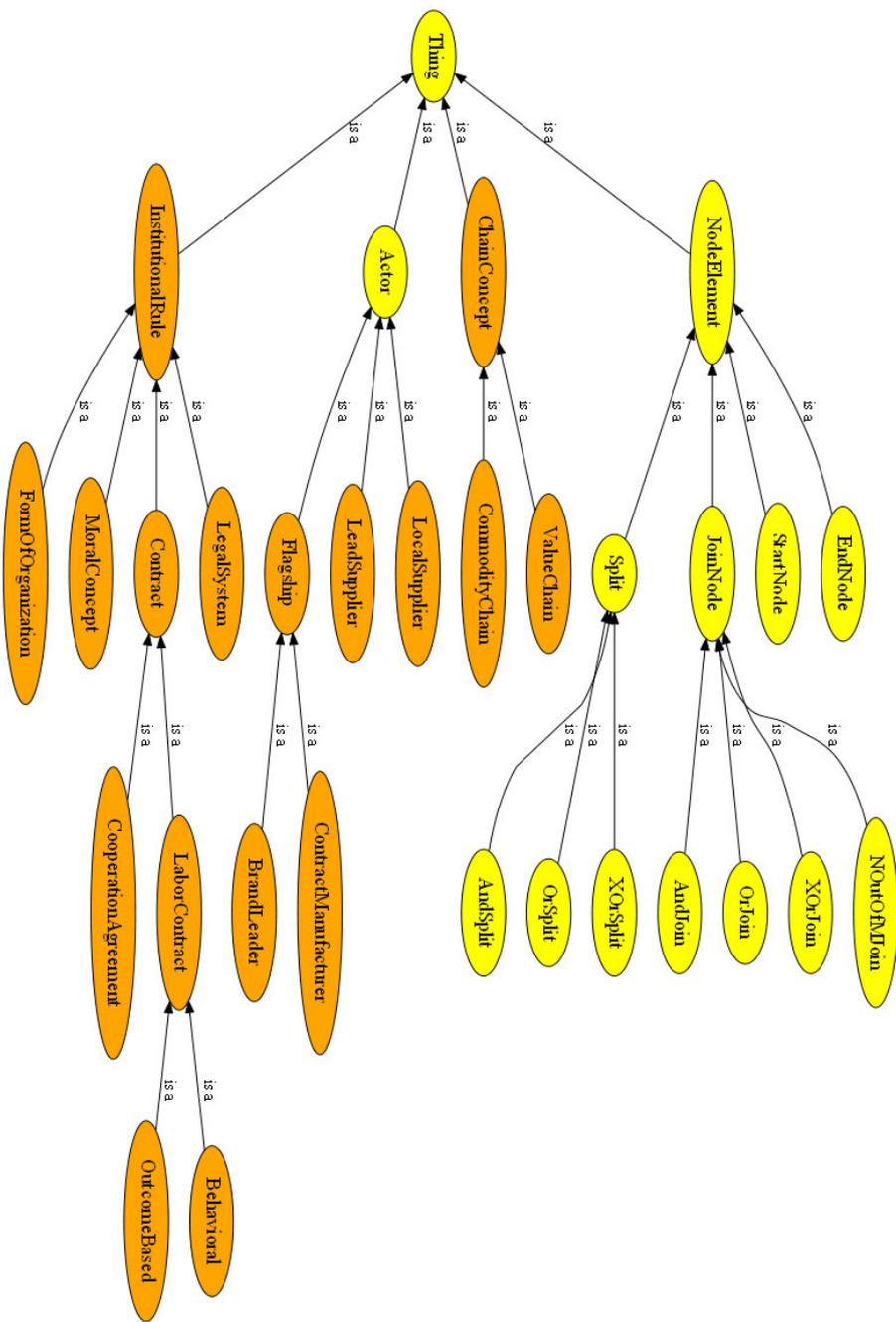


Abbildung 2.16.: Ontologie (3)

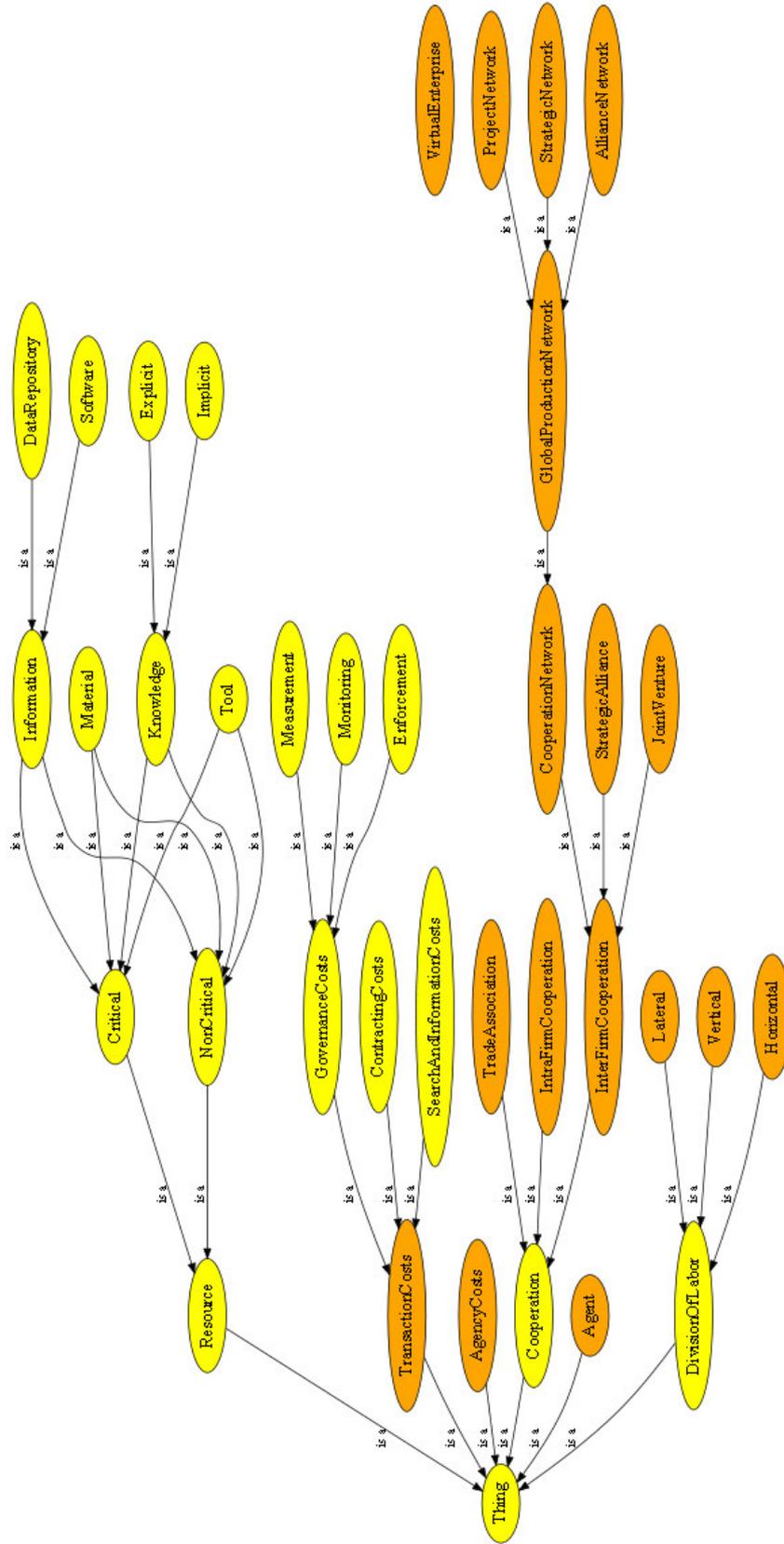


Abbildung 2.17.: Ontologie (4)

i) Activity:

Eine Aktivität wird immer durch ein Event, also ein Ereignis ausgelöst.

ii) Actor:

Ein Akteur kann ein Flaggschiff, also ein Markenführer oder ein Vertragshersteller sein, ein Hauptzulieferer oder ein lokaler Zulieferer. Dabei gelten folgende Regeln:

a) Flaggschiff:

Ein Flaggschiff ist ein Akteur mit Zugriff auf den Verkaufsmarkt, der mit Hauptzulieferern interagieren und Zugriff auf kritische Ressourcen haben kann. Dabei gibt es sogenannte Markenführer und Vertragshersteller, ein Flaggschiff kann nur eines von beidem sein.

b) Hauptzulieferer:

Ein Hauptzulieferer ist ein Akteur, der mit mindestens einem Flaggschiff und eventuell mehreren lokalen Zulieferern kooperiert.

c) Lokaler Zulieferer:

Ein lokaler Zulieferer ist ein Akteur, der mit mindestens einem Hauptzulieferer interagiert; er muss seinen Teil der Wertschöpfungskette eigenverantwortlich erfüllen

iii) Agent:

Ein Agent ist jemand, der Aktivitäten durchführt, die dem allgemeinen Ziel des Unternehmens beziehungsweise des Netzwerkes entgegenwirken, dabei verfolgt er ein persönliches Ziel.

iv) ChainConcept:

Ein Kettenkonzept stellt immer die vertikale oder horizontale Arbeitsteilung dar und ist Teil eines GPN:

a) CommodityChain:

Die Warenkette stellt die horizontalen Arbeitsteilung zwischen den Akteuren dar.

b) ValueChain:

Die Wertschöpfungskette stellt die vertikale Arbeitsteilung zwischen den Akteuren dar.

v) Configuration:

Eine Konfiguration beschreibt die Dauer eines Netzwerkes:

a) Stable:

ein dauerhaftes Netzwerk

- b) Unstable:
ein Netzwerk, das auf einen Zeitraum begrenzt ist

- vi) ControlFlow:
Der Kontrollfluss verbindet Aktivitäten und Routingelemente, dabei kann eine Aktivität sowohl mit Aktivitäten als auch mit Routingelementen verbunden sein und ein Routingelement mit Aktivitäten und Routingelementen

- vii) Cooperation:
Es werden verschiedene Arten von Kooperation unterschieden
 - a) Inter-firmCooperation:
Die zwischenbetriebliche Zusammenarbeit beschreibt Kooperationsarten, an denen mehrere Unternehmen beteiligt sind:
 - 1) CorporateNetwork:
Ein Firmennetzwerk beschreibt die Zusammenarbeit mehrerer Unternehmen, dabei werden verschiedene Typen unterschieden:
 - (i) Globales Produktionsnetzwerk (GPN):
Ein globales Produktionsnetzwerk beschreibt eine Zusammenarbeit von Unternehmen, die als Akteure bezeichnet werden. Jedes GPN besitzt eine Steuerungsform und eine Konfiguration. In einem GPN können alle drei Formen der Arbeitsteilung gleichzeitig stattfinden. Dabei werden verschiedene Typen unterschieden:
 - (a) AllianceNetwork:
Eine Allianz ist stabil und polyzentrisch.
 - (b) ProjectNetwork:
Ein Projektnetzwerk ist instabil und fokal.
 - (c) StrategicNetwork:
Ein strategisches Netzwerk ist stabil und fokal.
 - (d) VirtualEnterprise:
Ein virtuelles Unternehmen ist instabil und polyzentrisch.
 - (ii) JointVenture:
In einem Jointventure kann jede Form der Arbeitsteilung stattfinden, aber in jedem Jointventure kann nur horizontale, vertikale oder laterale Arbeitsteilung stattfinden.

- (iii) StrategicAlliance:
In einer strategischen Allianz findet nur horizontale Arbeitsteilung statt.
 - b) Intra-firmCooperation:
Unternehmensinterne Kooperation beschreibt Kooperationsarten zwischen den einzelnen Abteilungen eines Unternehmens.
 - c) TradeAssociation:
Ein Unternehmensverband beschreibt eine Kooperationsart zwischen Unternehmen, bei der weder ein Produkt noch eine Dienstleistung gemeinsam erstellt werden, sondern bei der es im Wesentlichen um Firmenabsprachen geht.
- viii) Cost:
- Es gibt verschiedene Arten von Kosten, alle haben eine Ursache:
- a) AgencyCosts:
Vermittlungskosten entstehen durch kontraproduktive Aktivitäten eines Akteurs
 - b) TransactionCosts:
Transaktionskosten entstehen durch das Ausführen einer Transaktion, dabei werden unterschiedliche Arten von Transaktionskosten berücksichtigt:
 - 1) ContractingCosts:
Vertragskosten kommen durch das Schließen oder Ändern einer Vertragsvereinbarung zustande
 - 2) GovernanceCosts:
Kontrollkosten kommen durch das Ausführen von verschiedenen Kontrollfunktionen zustande:
 - (i) Forcement:
Durchsetzungskosten
 - (ii) Measurement:
Messkosten
 - (iii) Monitoring:
Überwachungskosten
 - (iv) SeachAndInformationCosts:
Such- und Informationskosten kommen durch die Suche nach geeigneten Kooperationspartnern und die Übergabe beziehungsweise die Gewinnung von Information zustande.

- c) **ConterproductiveActivity:**
Eine kontraproduktive Aktivität wird durch einen Akteur durchgeführt, der sein eigenes, dem Unternehmens- beziehungsweise Kooperationsziel widersprüchliches Ziel verfolgt. Durch eine solche Aktivität entstehen Vermittlungskosten.
- ix) **DivisionOfLabor:**
Arbeitsteilung kann in drei Arten unterteilt werden:
 - a) **Horizontal:**
beschreibt die Beziehung zwischen den Akteuren
 - b) **Lateral:**
beschreibt den Wissens- und Informationsaustausch zwischen den Akteuren
 - c) **Vertical:**
beschreibt die Aufteilung der Wertschöpfungskette zwischen den Akteuren
- x) **Event:**
Ein Ereignis löst eine Aktivität aus, dabei kann ein Ereignis sowohl der Beginn eines Prozesses als auch das Eintreten einer bestimmten Voraussetzung sowie das Durchführen einer Vorgängeraktivität sein.
- xi) **FormOfGovernance:**
Die Steuerungsform eines GPN kann sowohl fokal als auch polyzentrisch sein:
 - a) **Focal:**
Ein Unternehmen bestimmt die Kooperation und die Ziele des GPNs.
 - b) **Polycentric:**
Mehrere Unternehmen bestimmen die Kooperation und die Ziele des GPNs.
- xii) **Goal:**
In einem GPN gibt es mehrere Arten von Zielen, die durch jeweils einen Performanzindikator gemessen werden:
 - a) **CooperationGoal:**
Das Kooperationsziel wird in den Kooperationsvereinbarungen festgelegt.
 - b) **OrganizationalGoal:**
Das Unternehmensziel kann unterschiedlich ausgeprägt sein, Mischformen sind möglich:

- 1) OperationEfficiency:
Dieses Ziel besteht darin, dass das Unternehmen möglichst effizient arbeitet.
 - 2) RiskMinimization:
Bei diesem Ziel soll das eingegangene Risiko für das Unternehmen minimiert werden.
 - 3) WealthMaximization:
Bei diesem Ziel soll der Gewinn des Unternehmens maximiert werden.
- c) PersonalGoal:
Jeder Mitarbeiter verfolgt ein persönliches Ziel, dass mit dem Unternehmensziel konfliktieren kann (Moral Hazard):
- 1) EffortsMinimization:
Der Mitarbeiter möchte seinen eigenen Aufwand zum Unternehmensziel beizutragen minimieren.
 - 2) RewardMaximization:
Der Mitarbeiter möchte seinen Lohn maximieren.
- d) ProcessPerformanceGoal:
Beschreibt, wie gut ein Prozess erfüllt werden soll.
- xiii) InformationFlow:
Der Informationsfluss verbindet eine Information mit den Aktivitäten, die diese erzeugen beziehungsweise benötigen.
- xiv) Input:
Ein Input kann eine Ware oder eine Dienstleistung sein, die in einen Prozess zur Verarbeitung eingeht.
- xv) InstitutionalRule:
Durch institutionelle Regeln nehmen Institutionen wie der Staat Einfluss auf die Durchführung von Transaktionen in der Unternehmenskooperation. Zu diesen institutionellen Regeln zählen:
- a) Contract:
Verträge, die sowohl zwischen den Unternehmen als auch innerhalb von Unternehmen geschlossen werden. Jede Art von Vertrag führt zu Vertragskosten:
 - 1) CooperationalAgreement:
Das Kooperationsabkommen beschreibt die Vereinbarungen zwischen den Firmen.

- 2) LaborContract:
Ein Arbeitsvertrag eines Unternehmens mit einem Mitarbeiter kann sowohl verhaltensbasiert als auch einkommensbasiert geschlossen werden:
 - (i) Behavioral
 - (ii) OutcomeBased
 - b) FormOfOrganization:
Die Organisationsform legt die Struktur eines Unternehmens beziehungsweise einer Kooperation fest und kann zu Vertragskosten führen.
 - c) LegalSystem:
Das Rechtssystem beschreibt, was bei einer Transaktion legal ist.
 - d) MoralConcept:
Das Moralkonzept beschreibt, welche Arten von Transaktionen als moralisch richtig gelten.
- xvi) Market:
Ein GPN steht in Kontakt mit verschiedenen Märkten:
- a) LaborMarket:
Die Unternehmen suchen ihre Angestellten auf dem Arbeitsmarkt.
 - b) SalesMarket:
Das GPN verkauft seine Produkte und Dienstleistungen auf dem Absatzmarkt.
- xvii) MeasurementUnit:
Jeder Performanzindikator wird mit Hilfe einer Maßeinheit beschrieben.
- xviii) Node:
In einem Modell zur Beschreibung von GPNs werden mehrere Arten von Knoten benötigt:
- a) End:
Zeigt das Ende eines Prozesses an.
 - b) Join:
Markiert Stellen im Prozesablauf, an denen mehrere Kontrollflüsse miteinander verschmelzen:
 - 1) ANDJoin:
Alle Kontrollflüsse müssen abgearbeitet werden, bevor der Prozess weiter abgearbeitet werden kann.

- 2) N-out-of-MJoin:
eine Anzahl N von insgesamt M Kontrollflüssen müssen mindestens abgearbeitet werden, bevor der Prozess weiter abgearbeitet werden kann.
 - 3) ORJoin:
Mindestens ein Kontrollfluss muss abgearbeitet werden, bevor der Prozess weiter bearbeitet werden kann.
 - 4) XORJoin:
Genau ein Kontrollfluss muss abgearbeitet werden, bevor der Prozess weiter bearbeitet werden kann.
- c) Split:
Markiert Stellen im Prozessablauf, an denen ein Kontrollfluss in mehrere Flüsse aufgeteilt wird:
- 1) AND-Split:
Alle Kontrollflüsse müssen von diesem Knoten ausgehend abgearbeitet werden.
 - 2) OR-Split:
Mindestens ein Kontrollfluss muss von diesem Knoten ausgehend abgearbeitet werden.
 - 3) XOR-Split:
Genau ein Kontrollfluss muss von diesem Knoten ausgehend abgearbeitet werden.
- d) Start:
Zeigt den Startpunkt eines Prozesses an.
- xix) Organisation:
Ein Unternehmen ist ein Akteur und kann durch eine Serie von Verträgen oder Transaktionen beschrieben werden. Ein Unternehmen verfolgt ein Unternehmensziel und versucht die Transaktionskosten zu minimieren.
- xx) Output:
Ein Output ist eine Ware oder eine Dienstleistung, die durch einen Prozess erzeugt wird.
- xxi) PerformanceIndikator:
Ein Performanzindikator wird durch eine Maßeinheit beschrieben und misst, in wie weit ein Ziel erreicht wurde. Es werden zwei Arten von Performanzindikatoren unterschieden:
- a) Qualitative:
Wie gut wird ein Ziel erfüllt?

- b) Quantitative:
Wie viel von einem Ziel wird erfüllt?

- xxii) Principal:
Der Prinzipal schließt Verträge mit Agenten ab und unterstützt mindestens ein Unternehmensziel.

- xxiii) Process:
Ein Prozess besteht aus Aktivitäten und besitzt ein Prozessperformanzziel. Durch einen Prozess wird ein Input in einen Output transformiert. Es werden verschiedene Prozessarten unterschieden:
 - a) CoreProzess:
Ein Kernprozess ist ein Hauptprozess eines Unternehmens, der im Unternehmen selber durchgeführt wird. Zu den Kernprozessen zählen folgende Prozessstypen:
 - 1) CustomerServiceProcess:
Prozess, der mit dem Kundendienst zu tun hat
 - 2) LogisticsProcess:
Prozess, der die Logistik im Unternehmen betrifft
 - 3) MarketingAndDistributionProcess:
Prozesse zur Vermarktung und zum Vertrieb des Produktes
 - 4) ProcurementProcess:
Prozess zur Beschaffung der benötigten Produkte
 - 5) ProductionProcess:
Prozess zur Herstellung des Produktes
 - b) ManagementProcess:
Prozess, der vom Management durchgeführt wird
 - c) SupportProcess:
Prozess, der zur Unterstützung eines Kernprozesses durchgeführt wird

- xxiv) Resource:
Ressourcen werden zur Durchführung von Aktivitäten benötigt.
 - a) Critical:
Das Fehlen kritischer Ressourcen verhindert die Durchführung einer Aktivität; nicht jeder Akteur hat Zugriff auf diese Ressourcen.
 - b) Non-critical:
Nicht-kritische Ressourcen können bei der Durchführung ei-

ner Aktivität helfen, sind aber nicht unbedingt nötig, um die Aktivität durchzuführen

- c) Sowohl kritische als auch nicht-kritische Ressourcen können verschiedener Art sein:
 - 1) Information:
Informationen werden durch eine Aktivität erzeugt oder zu deren Durchführung benötigt und können in Form von DataRepository (Datenspeicher) oder Software vorhanden sein
 - 2) Knowledge:
Wissen kann an lokale Zulieferer weitergegeben werden:
 - (i) ExplicitKnowledge:
Explizites Wissen kann einfach weitergegeben werden, da es aufgeschrieben werden kann
 - (ii) ImplicitKnowledge:
Implizites Wissen ist tiefer verwurzelt und kann wenn überhaupt nur durch praktische Schulungen weitergegeben werden
 - 3) Material:
Im Gegensatz zu Informationen, Wissen und Werkzeugen sind Materialressourcen Verbrauchsressourcen, die in den Prozess eingehen, verarbeitet werden und anschließend nicht mehr in der gleichen Menge wie vorher verfügbar sind
 - 4) Tool (Werkzeug):
Werkzeuge werden zum Abarbeiten der Prozessschritte benötigt, sie werden für die Dauer ihrer Nutzung belegt und können anschließend wieder verwendet werden.

xxv) Source:

Mögliche Ursprünge für Kosten sind:

- a) AssetSpecificity:
Die Investition ist für die Transaktion, für die sie ausgegeben wird, mehr oder weniger wert, als für andere Anwendungen
- b) BoundedRationality:
Entscheidungen sind immer durch die begrenzte Anzahl vorhandener Informationen begrenzt
- c) InformationAssymetry:
Ein an der Transaktion beteiligter Akteur verfügt über mehr Informationen als die anderen

- d) Opportunism:
Jeder, der an einer Transaktion beteiligt ist, versucht möglichst große Vorteile für sich zu gewinnen
 - e) SmallNumbers:
Für eine Transaktion werden oft sehr kleine Anzahlen im Vergleich zum täglichen Leben benötigt
- xxvi) TermOfAgreement:
Vertragsvereinbarungen betreffen verschiedene Punkte des Vertrags:
- a) CooperationalGoal (Kooperationsziel):
Das Kooperationsziel legt fest, welche Ziele die Unternehmen in der Kooperation gemeinsam verfolgen
 - b) DistributionCompetencies (Vertriebsfähigkeiten):
Legt fest, welche Güter und Dienstleistungen von welchem Kooperationspartner vertrieben werden.
 - c) LegalForm (Rechtsform):
Legt fest, welche Rechtsform die Kooperation darstellt.
 - d) ProfitShare (Profitaufteilung):
Legt die Aufteilung des Profits zwischen den Partnerunternehmen fest
 - e) RiskParticipation (Risikoaufteilung):
Legt die Aufteilung des Risikos auf die Unternehmen fest
- xxvii) Transaction:
Eine Transaktion wird innerhalb einer Kooperation, eines Unternehmens oder eines Marktes durchgeführt und ist stets mit Transaktionskosten verbunden.

3. Empirische Untersuchungen

Für Modelle, die die Prozesse innerhalb eines globalen Produktionsnetzwerkes darstellen, soll ein möglichst einheitliches Modellverständnis für alle Kooperationspartner vorliegen, unabhängig von ihrer Ausbildung und auch von ihrem kulturellen Hintergrund. Dafür eignen sich am ehesten anschauliche grafische Modelle, die unter Verwendung einer definierten Notation erstellt werden. Aber auch hierbei ist zu beachten, dass ein einheitliches Modellverständnis nicht einfach vorausgesetzt werden kann. Das Verständnis von Modellelementen und Modellverbindungen kann sich abhängig von der Ausbildung, der Modellierungserfahrung sowie des kulturellen Hintergrundes unterscheiden. Um zu testen, wie stark der Einfluss von Modellierungsvorerfahrung beziehungsweise kulturellem Hintergrund wirklich auf das Verständnis von Modellen ist, wurden im Rahmen dieser Arbeit zwei Studien durchgeführt.

In der ersten Studie wurde betrachtet, welche Modellierungsfehler bei der Erstellung von Modellen durch unterschiedlich erfahrene Modellierer auftreten. Dabei wurde untersucht, welche Elemente und Konnektoren die meisten Probleme und Fehler nach sich ziehen. Fehler in grafischen Darstellungen von Modellen können zu einem verminderten Informationsgehalt des Modells führen (Recker u. a., 2006). Die Auftretenshäufigkeiten dieser Fehler wurden zwischen den einzelnen Gruppen der Modellierer verglichen. Zur Vereinfachung der Fehleranalyse wurden die Modelle auf die einzelnen Aktivitäten herunter gebrochen betrachtet. Jede Aktivität stellt dabei ein wichtiges Stück Information dar, das zum Informationsgehalt des gesamten Prozessmodelles beiträgt. Wird eine Aktivität vergessen oder falsch ausgeführt, führt dies zu einem Informationsverlust im gesamten Modell.

In der zweiten Studie soll untersucht werden, ob Menschen verschiedener Kulturen, Modelle unterschiedlich verstehen. Dabei wird zusätzlich betrachtet, welchen Einfluss verschiedene Fehlertypen auf das Modellverständnis von Probanden aus unterschiedlichen kulturellen Clustern haben. Im Anschluss an die beiden Studien sollen Lösungen entwickelt werden, die die Fehlerwahrscheinlichkeit bei der Modellerstellung senken und das Modellverständnis bei allen Nutzern verbessern sollen.

Beispielsweise können Ergebnisse hinsichtlich des Erfahrungswissens der Modellierer Aufschluss darüber geben, an welchen Punkten ein Trainingskonzept ansetzen muss und was dieses Training bewirken kann. Bei

Schwierigkeiten, die auch bei erfahrenen Modellierern bestehen, kann ergänzend betrachtet werden, inwiefern sich diese durch Softwareunterstützung innerhalb der Modellierungssoftware beheben lassen. Diese Software sollte möglichst viele Fehlerarten erkennen und diese über Hinweise oder direktes Verbessern verhindern. Eine dritte Alternative ergibt sich aus der Verbesserung der verwendeten Modellierungsnotationselemente.

3.1. Empirische Untersuchung der Einflussfaktoren insbesondere der Modellierungsexpertise auf die Modellqualität

Der erste Versuch diente dazu, den Einfluss der Modellierungsexpertise und eventueller anderer Einflussfaktoren auf die Modellqualität zu analysieren. Dabei wurde betrachtet, ob durch einen unterschiedlichen Grad der Vorerfahrung qualitative Unterschiede im Informationsgehalt der Modelle entstehen. Dazu wurde die Art und Häufigkeit der verschiedenen Modellierungsfehlerarten betrachtet. Fehler im Modell können sowohl die Auslassung von Aktivitäten oder die fehlerhafte Ausführung dieser Aktivitäten sein. Durch das Auslassen von Aktivitäten werden Prozessschritte im Modell nicht dargestellt und somit bei der Abarbeitung des Prozesses ausgelassen. Dies kann zu fehlenden Informationen führen. Werden diese im weiteren Prozessverlauf benötigt, bedeutet deren Beschaffung dann wiederum Zeit- und Arbeitsaufwand; ihr Fehlen kann aber auch zu inkompatiblen Zuständen führen. Die fehlerhafte Ausführung einer Aktivität kann ebenfalls zu fehlenden Informationen führen. Wird eine Aktivität fehlerhaft in dem Sinne ausgeführt, dass sie im falschen Modus ausgeführt wird, so kann dies dazu führen, dass Schritte im Prozess mehr Zeit beanspruchen als geplant. Dies bedeutet einen ineffizienten Prozessablauf. Es ist möglich, dass ein Prozessschritt wiederholt, nur unter bestimmten Bedingungen oder von mehreren Personen gleichzeitig durchgeführt werden muss, um eine korrekte und effiziente Abarbeitung des Prozesses zu ermöglichen.

Overhage u. a. (2012) identifizieren "Syntax, Semantik und Pragmatik als grundlegende Qualitätsmerkmale von Geschäftsprozessmodellen". Diese Kategorien werden in Unterkategorien eingeteilt (siehe Abbildung 3.1).

In der Studie wurden bis auf die Fehler, die die Beschriftung der Elemente betrafen, ausschließlich Fehler betrachtet, die das Qualitätsmerkmal Semantik beeinträchtigen. Fehler, die die Beschriftung der Elemente

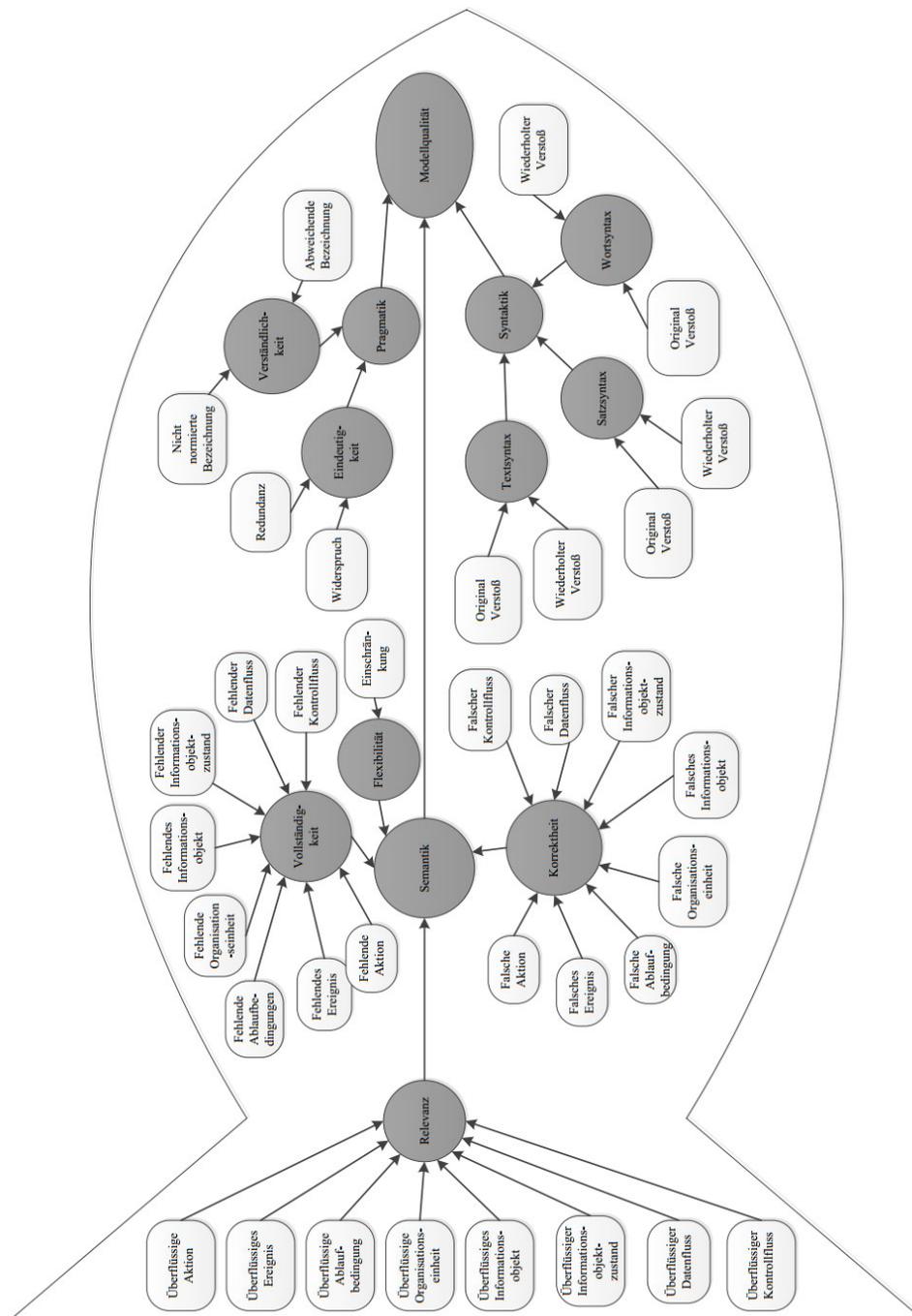


Abbildung 3.1.: Qualitätsmodell des 3QM-Framework mit Qualitätsmerkmalen (grau) und -metriken (weiß) nach Overhage u. a. (2012)

betreffen, beeinflussen die Syntaktik. Fehler, die die Pragmatik beeinträchtigen, wurden in der hier beschriebenen Studie nicht betrachtet.

3.1.1. Probanden

Um den Einfluss der Modellierungsexpertise auf die Modellqualität zu untersuchen, erstellten insgesamt 64 Probanden Modelle zu je drei Modellierungsaufgaben. Alle Probanden waren zwischen 20 und 36 Jahren alt und entweder Angestellte oder Studenten der RWTH Aachen University; alle hatten eine allgemeine Hochschulzulassung. Zur statistischen Analyse des Versuchs wurden die Probanden in drei Gruppen entsprechend ihrer Modellierungsexpertise eingeteilt:

- i) Erfahrene Modellierer (E): Diese Gruppe bestand aus 19 wissenschaftlichen Mitarbeitern aus den Bereichen Wirtschaftsinformatik, Wirtschaftsingenieurwesen, Maschinenbau und Operations Research. Alle besaßen einen akademischen Abschluss in ihrem Fachbereich, drei einen Dokortitel. Dieser Gruppe wurde Vorerfahrung im Bereich Prozessmodellierung zugesprochen, da Modellierung und Optimierung von Geschäftsprozessen beziehungsweise Arbeitsabläufen in den Vorlesungen oder Forschungs- und Industrieprojekten der teilnehmenden Forschungsinstitute integriert ist.
- ii) Intermediates (I): Diese Gruppe bestand aus 25 Studenten der Wirtschaftswissenschaften, des Maschinenbaus und des Wirtschaftsingenieurwesens. Dieser Gruppe wurde theoretisches Wissen zugesprochen, da sie Vorlesungen besucht hatten, die sich mit Prozessmodellierung beschäftigten.
- iii) Novizen (N): Diese Gruppe bestand aus 20 Studenten der Psychologie, Soziologie und der Medizin. Sie hatten kein Vorwissen in der Prozessmodellierung.

Für den Versuch wurde im Vorfeld angenommen, dass die Probanden mit steigender Modellierungsexpertise bessere Modelle mit höherem Informationsgehalt darstellen. Diese Annahme wird bei der Wahl der Nullhypothesen und der Auswertung berücksichtigt.

3.1.2. Notation

Für den Versuch wurden Elemente des Metamodelles verwendet, wobei die Notation eine auf der Unified Modeling Language (UML) basierende Modellierungssprache war. Die verwendeten Elemente ermöglichten die Darstellung von Aktivitäten, Informationen, Werkzeugen, Schwachstellen, Startpunkt und Endpunkten. Die verwendeten Konnektoren waren

Kontrollflüsse und Informationsflüsse. Außerdem gab es Konstrukte, die die Darstellung von Parallelitäten, Entscheidungen, synchroner Zusammenarbeit und Wiederholungen ermöglichen.

Vor Beginn des Versuchs wurde jedem Teilnehmer anhand einer Legende (s. Anh. A.4.2) die benutzte Modellierungssprache erläutert.

3.1.3. Versuchsablauf

Der Versuch war in drei Phasen unterteilt: Pretest, Haupttest und Posttest.

Der Pretest wurde durchgeführt, um die Ergebnisse einordnen zu können. Dazu füllte jeder Proband einen Fragebogen zur Erfassung der Probandendaten und fachspezifischer Vorerfahrung aus.

Im Haupttest entschied zunächst jeder Proband, ob er den Ablauf der Modelle vertikal oder horizontal darstellen wollte. Dazu wurde jedem Probanden kurz ein Modellbeispiel sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Darstellung gezeigt. Dieses Modellbeispiel wurde unter Berücksichtigung der Seven Process Modelling Guidelines (7PMG) von Mendling u. a. (2010) erstellt, ohne dass die Richtlinien explizit benannt wurden. Anhand des gewählten Beispiels wurden dem Probanden die verwendeten Elemente erläutert und eventuelle Fragen zu diesen beantwortet. Im Anschluss hieran bekamen die Probanden jeweils drei Modellierungsaufgaben, die hypothetische Arbeitsabläufe darstellten. Diese wurden mit Hilfe der Elemente des Metamodells entwickelt. Die Aufgaben deckten drei verschiedene Anwendungskontexte ab:

- i) den Kaffeehandel (K),
- ii) die Diamantenwarenkette (D) und
- iii) ein Simulationsprojekt (S).

Werden im Folgenden alle drei Aufgaben gemeinsam untersucht, wird dies mit G gekennzeichnet.

Es existierte keinerlei zeitliche Begrenzung zur Bearbeitung der Aufgaben, die Probanden wurden lediglich darauf hingewiesen, die Aufgaben so zügig wie möglich zu bearbeiten. Zur Vorbeugung eines Bias durch Einfluss der Bearbeitungsreihenfolge wurde die Reihenfolge der Aufgaben jeweils randomisiert. Die eigentliche Modellierung fand auf einem liegenden Whiteboard statt und wurde mit Hilfe von Magnetplatten in den Formen der Elemente der Modellierungssprache und einem Boardmarker zum Einzeichnen der Flüsse durchgeführt. Während der Bearbeitung der Aufgaben wurden die Probanden von oben gefilmt.

Als Posttest nach der Bearbeitung der Aufgaben füllte jeder Proband einen kurzen Fragebogen zur Auswertung durch. Jeder Teilnehmer bewertete den jeweiligen Schwierigkeitsgrad der Aufgaben und erläuterte eventuell Gründe für seine Entscheidung für die jeweilige Modellierungsrichtung.

3.1.4. Auswertungsschema

Zunächst wird untersucht, welche der beschriebenen unabhängigen Variablen mit der Modellierungsexpertise in Korrelation stehen, da für diese angenommen werden kann, dass sie einen Teil der Modellierungsexpertise ausmachen. Sollte sich für Fehlertypen nicht die Modellierungsexpertise sondern eine dieser Variablen als Variable mit dem höchsten signifikanten Einfluss erweisen, wird angenommen, dass für diesen Fehlertypen dieser Teilaspekt der Modellierungsexpertise den höchsten Einfluss auf die Modellqualität bezogen auf diesen Fehlertypen hat.

Zur Auswertung der Ergebnisse dieser Studie, werden die auf Seite 52 beschriebenen Fehlertypen untersucht, indem die folgenden Hypothesen betrachtet werden. Dabei wird von der Rangfolge 1) erfahrene Modellierer, 2) Intermediates und 3) Novizen ausgegangen.

Für jedes betrachtete Merkmal M werden folgende Nullhypothesen analysiert:

- i) Die Verteilung von M ist über die Kategorien von Modellierungsexpertise für alle Aufgaben gemeinsam gleich.
- ii) Die Verteilung von M ist über die Kategorien von Modellierungsexpertise für die Kaffeeaufgabe gleich.
- iii) Die Verteilung von M ist über die Kategorien von Modellierungsexpertise für die Diamantaufgabe gleich.
- iv) Die Verteilung von M ist über die Kategorien von Modellierungsexpertise für die Simulationsaufgabe gleich.

Zunächst werden die Boxplots der Häufigkeitsverteilungen von M betrachtet, um einen ersten Eindruck davon zu bekommen, ob M für die Gruppen getrennt variiert. Die Reihenfolge der Darstellungen entspricht dabei immer der in Tabelle 3.1 gezeigten.

Für die einzelnen Bilder gilt immer, dass links die Ergebnisse der erfahrenen Modellierer, in der Mitte die der Intermediates und rechts die der Novizen dargestellt werden. Variieren die Boxplots getrennt, so kann von einer Abhängigkeit von M von der Modellierungsexpertise ausgegangen werden. Aufgrund der Rangfolgeannahme werden die Nullhypothesen in diesem Fall mit einem Jockheere-Trepstra-Test nach geordneten

Tabelle 3.1.: Darstellungsreihenfolge

Fehler für alle Aufgaben gemeinsam (G)	Fehler für die Kaffeeaufgabe (K)
Fehler für die Diamantenaufgabe (D)	Fehler für die Simulationsaufgabe S

Alternativen bei unabhängigen Stichproben überprüft, dabei wird ein Signifikanzniveau von 0,05 angenommen. Auch hier werden die Ergebnisse in der Reihenfolge G, K, D, S in einer Tabelle dargestellt. Im Fall eines signifikanten Unterschiedes, also des Verwerfens der Nullhypothese, werden paarweise Post-hoc-Tests durchgeführt, die die signifikanten Gruppenunterschiede aufzeigen. Diese testen jeweils die Nullhypothese, dass die Verteilung von Stichprobe 1 und Stichprobe 2 gleich sind. Stichproben sind in diesem Fall die drei Modellierungsexpertisegruppen E, I und N. Es werden asymptotische Signifikanzen einseitiger Tests betrachtet, wobei das Signifikanzniveau ebenfalls 0,05 ist. Hierbei wird ebenfalls die Reihenfolge G, K, D, S eingehalten, allerdings werden die Aufgaben übersprungen, für die kein signifikanter Unterschied festgestellt werden kann.

Zusätzlich wird geprüft, in welchem Zusammenhang die Modellierungsexpertise und die abgefragten unabhängigen Variablen (Alter, Geschlecht, Händigkeit, akademischer / beruflicher Ausbildung, Fachrichtung, Kenntnis einer Modellierungssprache oder Wahl der Modellierungsrichtung) stehen.

3.1.5. Zusammensetzung des Merkmals Modellierungsexpertise

Das Merkmal Modellierungsexpertise beschreibt die Erfahrung der Probanden bei der Erstellung von Prozessmodellen. Im Pretest wurden noch einige andere Merkmale abgefragt, die einen Einfluss auf die Modellierungsexpertise besitzen könnten, so dass zunächst analysiert wird, mit welchen dieser Merkmale die Modellierungsexpertise korreliert. Im Folgenden werden für die betrachteten Merkmale ersatzweise auch diese Bezeichnungen verwendet:

- Modellierungsexpertise: M,
- Altersgruppe: A,
- Ausbildung (Fachrichtung): AF,

- Ausbildung (akademisch / beruflich): AAB,
- Geschlecht: G,
- Bekannteste Modellierungssprache: MS,
- Gewählte Modellierungsrichtung: MR und
- Händigkeit: H.

Diese Merkmale werden als mit dieser in Beziehung stehend betrachtet. Dazu wird eine Korrelationsmatrix für diese Merkmale aufgestellt (siehe Tabelle 3.2).

Tabelle 3.2.: Signifikante Korrelationen zwischen den unabhängigen Variablen

	M	A	AF	AAB	G	MS	MR	H
M								
A	,000							
AF	,000	,210		,118	,263			,341
AAB	,000	,000			,007			,280
G	,157	,001						
MS	,000	,032	,000	,082	,214		,017	
MR	,057	,171	,423	,440	1,000	,298		,643
H	,071	,282			1,000			

Aus dieser Tabelle lassen sich die folgenden Zusammenhänge ableiten:

- Alter, Fachrichtung, akademische Ausbildung und die Kenntnis einer Modellierungssprache korrelieren mit der Modellierungsexpertise.
- Akademische Ausbildung, Geschlecht und Kenntnis einer Modellierungssprache korrelieren mit der Altersgruppe.
- Kenntnis einer Modellierungssprache korreliert mit der Fachrichtung und der gewählten Modellierungsrichtung.
- Akademische Ausbildung korreliert mit dem Geschlecht.

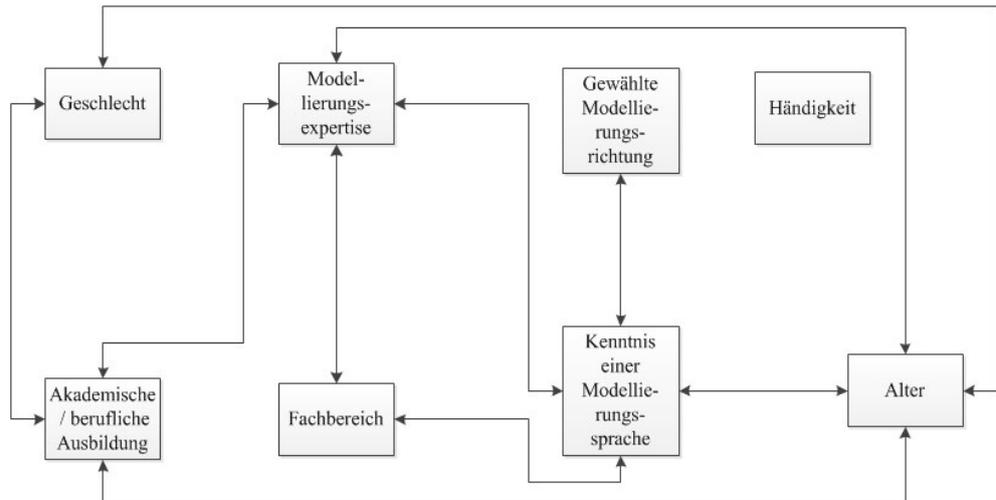


Abbildung 3.2.: Korrelationen zwischen den unabhängigen Variablen

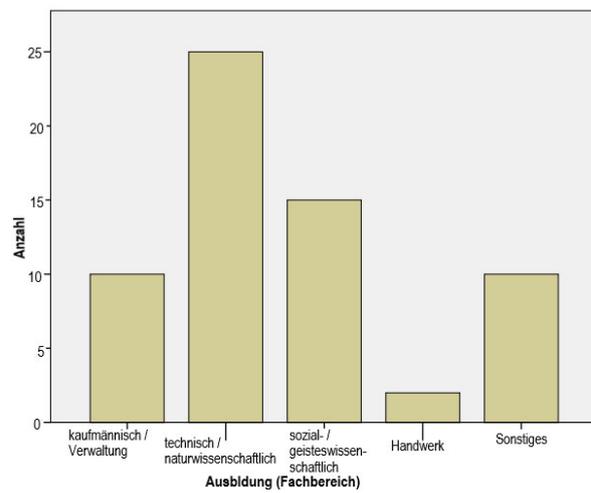


Abbildung 3.3.: Zugehörigkeit der Probanden zu einzelnen Fachbereichen

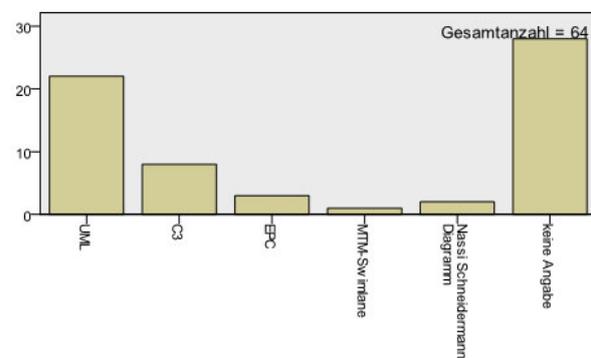


Abbildung 3.4.: Kenntnis der Probanden von Modellierungssprachen

Diese Zusammenhänge sind in Abbildung 3.2 dargestellt.

Im Folgenden werden diese Zusammenhänge genauer betrachtet und analysiert, welche Variable in Abhängigkeit von der anderen steht. Die Modellierungsexpertise korreliert mit der akademischen / beruflichen Ausbildung, dem Fachbereich, der Kenntnis einer Modellierungssprache und dem Alter. Der Zusammenhang zwischen Modellierungsexpertise und der Kenntnis einer Modellierungssprache besteht, da die Modellierungsexpertise im Vorfeld darüber festgelegt wurde, ob der Proband praktische, theoretische oder gar keine Kenntnis mit mindestens einer Modellierungssprache besaß. Somit ist die Modellierungsexpertise abhängig von der Kenntnis einer Modellierungssprache. Da Modellierungssprachen in bestimmten Fachbereichen stärker benutzt werden als in anderen, verfügen diese Fachbereiche über eine höhere Modellierungsexpertise, so dass diese vom Fachbereich der Probanden abhängig ist. Zehn Probanden gehörten dem kaufmännischen Bereich oder der Verwaltung an, fünfundzwanzig dem technischen oder naturwissenschaftlichen, fünfzehn dem sozial- oder geisteswissenschaftlichen, zwei dem Handwerk und zehn gaben an einem nicht genannten Fachbereich anzugehören, diese werden unter Sonstige zusammengefasst (siehe Abbildung 3.3).

Je weiter der Proband in seiner akademische oder berufliche Ausbildung ist, umso mehr Modellierungskennntnis hat er in bestimmten Fachbereichen erworben. Somit ist die Modellierungsexpertise abhängig von der akademischen beziehungsweise beruflichen Ausbildung des Probanden. Je älter ein Proband ist, umso mehr Modellierungserfahrung hat er gesammelt, wenn er damit Kontakt hat, so dass die Modellierungsexpertise abhängig vom Alter des Probanden ist. Auch die akademische / berufliche Ausbildung des Probanden ist abhängig vom Alter des Probanden, denn je älter der Proband ist, umso weiter ist er normalerweise in seiner beruflichen Laufbahn. Das Alter beeinflusst zusätzlich die Kenntnis einer Modellierungssprache, da mit steigendem Alter die Wahrscheinlichkeit steigt, eine Modellierungssprache erlernt zu haben, wenn der Proband einem bestimmten Fachbereich zugeordnet werden kann. Auch von diesem ist somit die Kenntnis einer Modellierungssprache abhängig. Die Kenntnis einer Modellierungssprache beeinflusst neben der Modellierungsexpertise auch die gewählte Modellierungsrichtung, da bevorzugt die bekannte Richtung gewählt wird. Achtundzwanzig Probanden gaben an, keine Modellierungssprache zu kennen, zweiundzwanzig kannten UML, zusammen mit den acht, die C3 kannten, das auf UML beruht, kannten dreißig Probanden eine UML-basierte Sprache, EPC, MTM-Swimlane und NassiSchneidermann-Diagramme waren hingegen nur sehr wenigen Probanden (3, 1 bzw. 2) bekannt, so dass für diese als einzelnes wohl keine Aussage getroffen werden kann (siehe Abbildung 3.4).

Das Geschlecht der Probanden korreliert mit dem Alter und somit

auch mit der akademischen / beruflichen Ausbildung. Dies liegt daran, dass die weiblichen Probanden zumeist jünger waren, als die männlichen und daran, dass die Mitarbeiter der RWTH Aachen University vermehrt männlich sind, so dass die Gruppe der Probanden mit abgeschlossenem Studium von diesen dominiert wurde. Dies weist allerdings, da bedingt durch die Umgebung der technischen Hochschule, nicht auf einen allgemeingültigen Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und dem Alter beziehungsweise der akademischen / beruflichen Bildung hin. Die Betrachtung von Unterschieden auf Grund des Geschlechts fallen eher in die Sozialwissenschaften und würden den Rahmen dieser Arbeit sprengen, deswegen werden im Folgenden Unterschiede, die durch das Geschlecht der Probanden gegeben sind, als Unterschiede auf Grund von Alter oder akademischer / beruflicher Bildung betrachtet (siehe Abbildung 3.5). Die

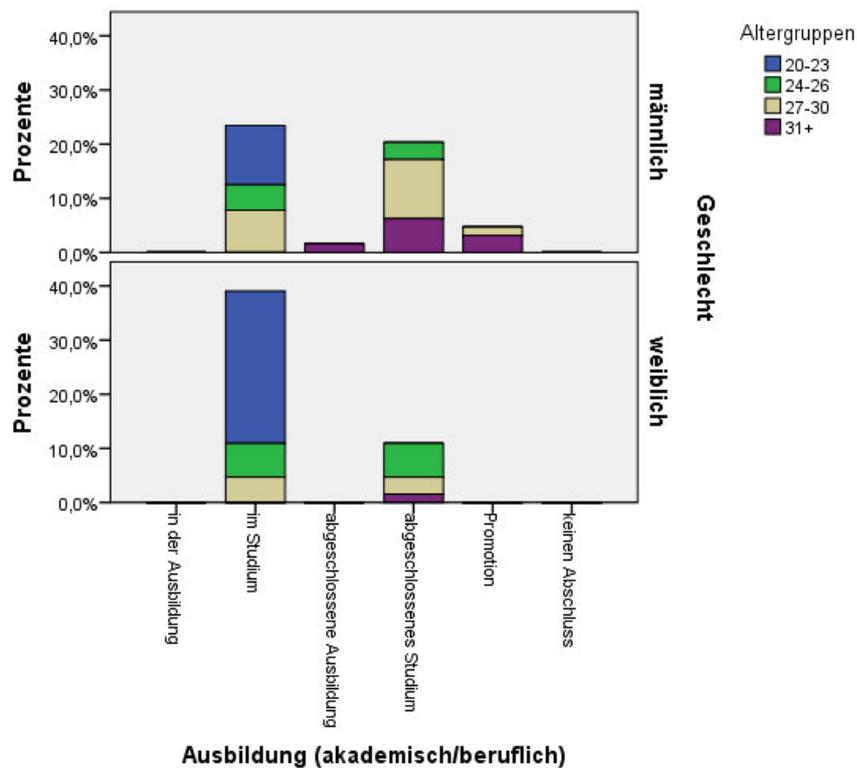


Abbildung 3.5.: Verteilung der Altersgruppen und der akademischen / beruflichen Bildung auf das Geschlecht

Händigkeit korreliert mit keiner der anderen unabhängigen Variablen. Sollten signifikante Werte für die abhängigen Variablen, also die Fehler vorhanden sein, käme diese allein von der Händigkeit. Zunächst wird hier aber untersucht, ob die Anzahl der Linkshänder statistisch gesehen hoch genug ist, damit eine solche Aussage keinem Zufall unterworfen ist.

Studien geben einen Anteil von 10 bis 15% von Linkshändern an der Bevölkerung in Deutschland an. Dieser müsste in der Stichprobe vorliegen, um auf die Grundgesamtheit übertragbare Ergebnisse zu liefern. Abbildung 3.6 zeigt allerdings, dass der Prozentsatz der Probanden, die Linkshänder waren, bei ca. 3 bis 4 Prozent liegt. Dies ist zu gering, als dass die Händigkeit im Folgenden als mögliche Ursache für signifikante Unterschiede in der Modellqualität untersucht werden könnte. Somit er-

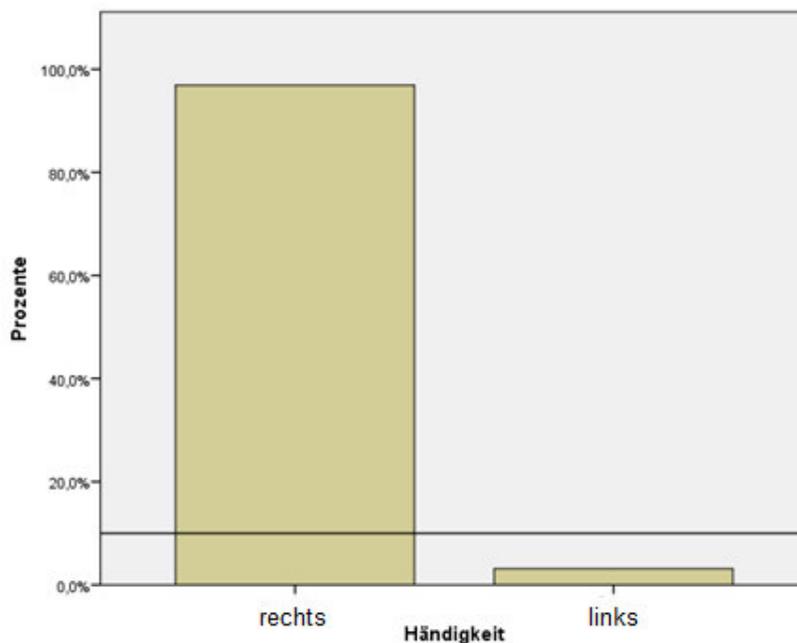


Abbildung 3.6.: Prozentsatz der Linkshänder an der Probandengruppe

geben sich die in Abbildung 3.7 dargestellten Abhängigkeiten zwischen den abgefragten unabhängigen Variablen, wobei sowohl die Händigkeit als auch das Geschlecht ganz aus der weiteren Analyse heraus fällt. Im Folgenden werden Streuverteilungen der Variablen in Bezug auf die sie beeinflussenden Variablen betrachtet.

3.1.6. Hypothesen

Es werden folgende Hypothesen aufgestellt, die den Zusammenhang der Modellqualität beziehungsweise des Informationsgehaltes von Modellen und der Modellierungsexpertisestufe des Modellierers betrachten. Da die Modellqualität mit steigender Fehleranzahl sinkt, beziehen sich die Hypothesen auf verschiedene Fehlertypen, die in Modellen auftreten können.

- i) Die Anzahl eines Fehlertypen sinkt für G mit steigender Modellierungsexpertise.

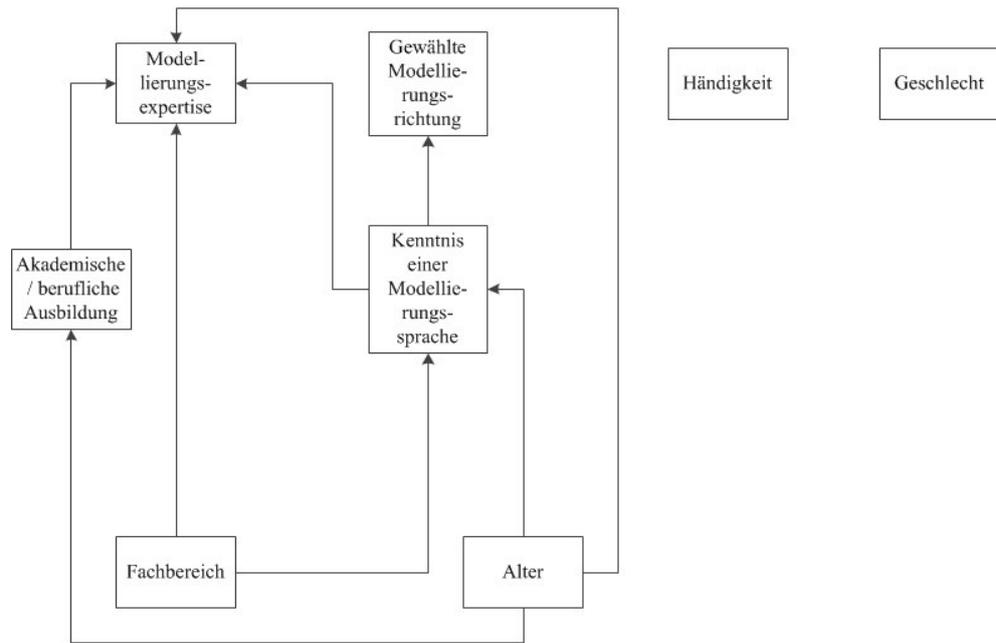


Abbildung 3.7.: Abhängigkeiten zwischen den abgefragten unabhängigen Variablen

- ii) Die Anzahl eines Fehlertypen sinkt für K mit steigender Modellierungsexpertise.
- iii) Die Anzahl eines Fehlertypen sinkt für D mit steigender Modellierungsexpertise.
- iv) Die Anzahl eines Fehlertypen sinkt für S mit steigender Modellierungsexpertise.

Da die gewählte Modellierungsrichtung als einzige Variable nicht mit der Modellierungsexpertise korreliert, wird zusätzlich geprüft, ob diese zu signifikanten Ergebnissen für den betrachteten Fehlertypen führt. Für die anderen Variablen, die mit der Modellierungsexpertise korrelieren, wird geprüft, ob diese zu einer höheren Signifikanz als die Modellierungsexpertise führen, da sie dann für den betrachteten Fehlertypen von gesteigertem Einfluss sind.

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die Modellierungsexpertise immer dargestellt und bewertet. Die Modellierungsrichtung wird nur im Falle einer Signifikanz aufgeführt, mit der Modellierungsexpertise korrelierende Variablen nur im Falle einer höheren Signifikanz als die der Modellierungsexpertise.

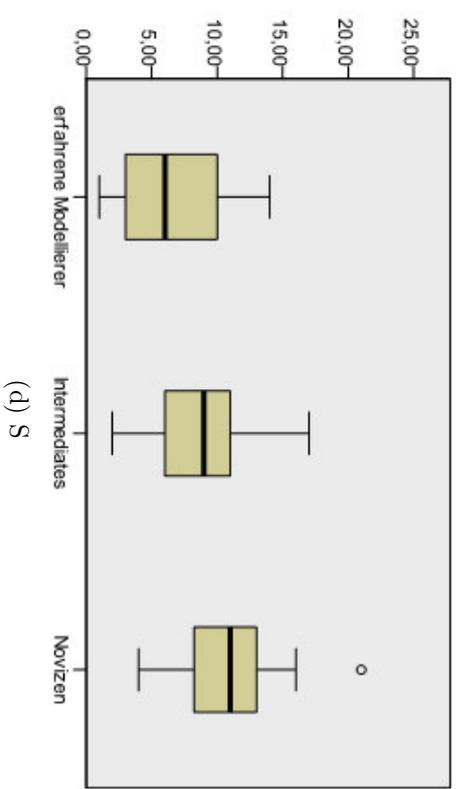
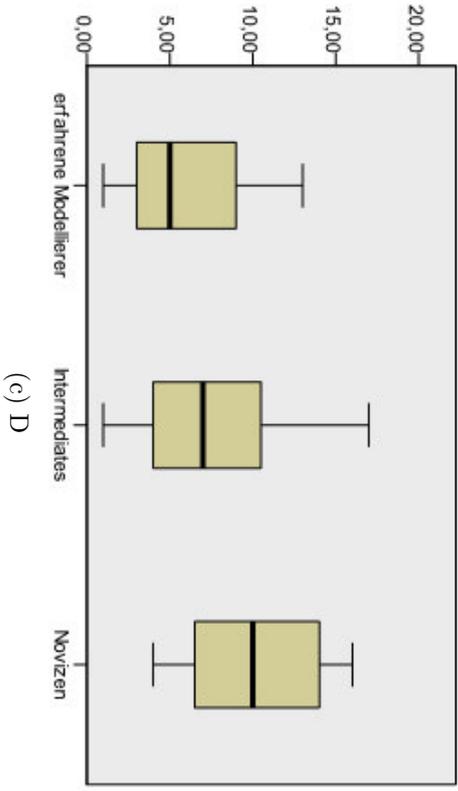
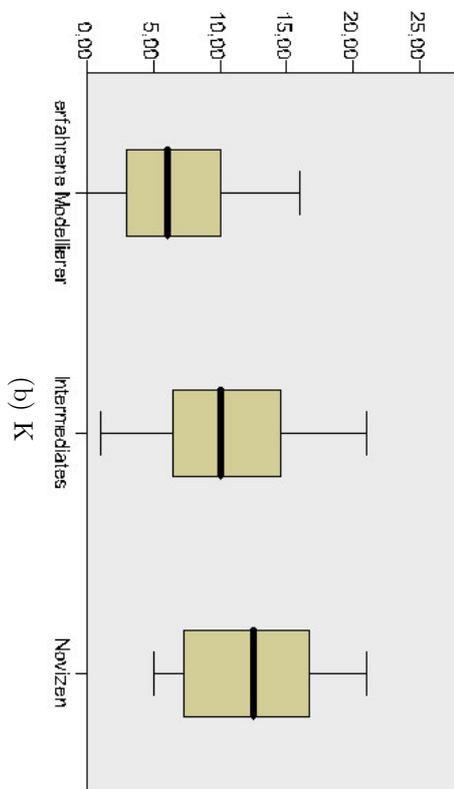
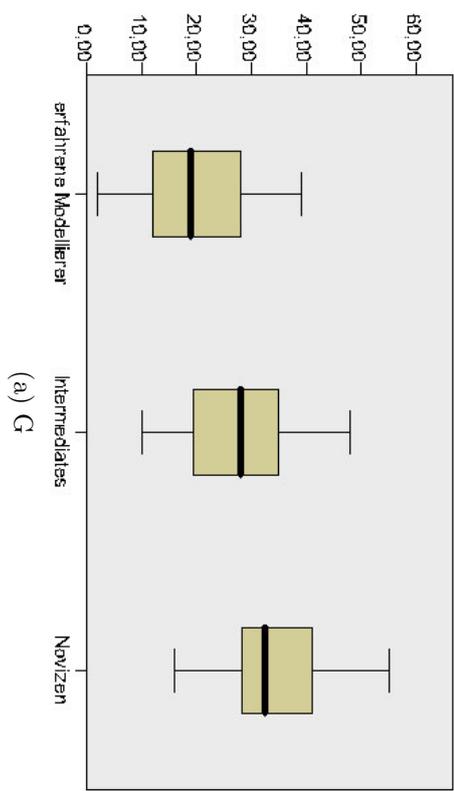


Abbildung 3.8.: Boxplots für die Verteilung der Gesamtfehlerzahl

3.1.7. Gesamtfehlerzahl

Zuerst wird überprüft, ob die Gesamtzahl der Fehler abhängig von der Expertisestufe des Modellierers ist. Hierzu werden zunächst die Fehler aller Aufgaben und je einzelner Aufgabe der einzelnen Probanden aufsummiert und die Verteilung der Gesamtfehlerzahl für alle Aufgaben gemeinsam und für jede einzelne Aufgabe der Modellierungsexpertisegruppen miteinander verglichen. Die Merkmale für die Gruppen variieren nicht zusammen (siehe Abbildung 3.8), so dass ein Zusammenhang zwischen der Gesamtfehleranzahl und der Modellierungsexpertise zu bestehen scheint. Für jede der Aufgaben fällt auf, dass die erfahrenen Modellierer und Intermediates weniger Fehler machen als die Novizen und die erfahrenen Modellierer weniger als die Intermediates. Dies entspricht der angenommenen Rangfolgebeziehung. Somit scheint die Gesamtfehlerzahl für alle Aufgaben gemeinsam und für jede einzelne Aufgabe abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Mit Hilfe des Jonckheere-Treppstra-Tests wird geprüft, ob die Nullhypothesen für G und für die einzelnen Aufgaben verworfen werden können. Tabelle 3.3 zeigt, dass dies der Fall ist, somit ist die Gesamtfehlerzahl nicht über die Kategorien von Modellierungsexpertise gleich. Die Abhängigkeit der Gesamtfehlerzahl von der Modellierungsexpertise ist sogar hochsignifikant für K, D und S zu betrachten, für G als höchstsignifikant. Für die Gesamtfehlerzahl erweist sich die Modellierungsexpertise als signifikanteste Einflussvariable, so dass die anderen Variablen hier nicht weiter betrachtet werden.

Tabelle 3.3.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Gesamtfehlerzahl

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Gesamtfehlerzahl ist über Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Gesamtfehlerzahl ist über Kategorien von M gleich.	,002	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von Gesamtfehlerzahl ist über Kategorien von M gleich.	,001	Nullhypothese ablehnen.
S: Die Verteilung von Gesamtfehlerzahl ist über Kategorien von M gleich.	,002	Nullhypothese ablehnen.

Die Ergebnisse der paarweisen Post-Hoc-Tests zeigen für die unterschiedlichen Aufgaben und für alle Aufgaben gemeinsam die signifikanten Gruppenunterschiede. Für G unterscheiden sich die Gesamtfehleranzahlen der drei Gruppen signifikant voneinander (siehe Abbildung 3.9).

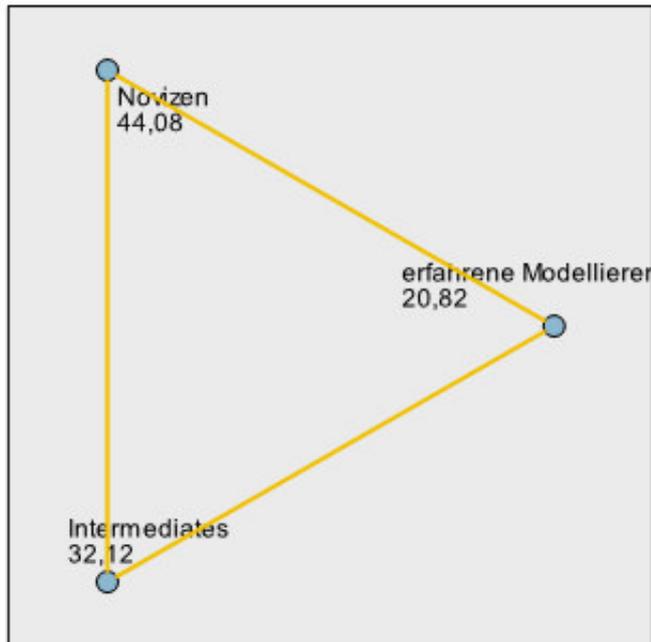


Abbildung 3.9.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Gesamtfehlerzahl (G)

Erfahrene Modellierer machten sogar hoch signifikant weniger Fehler als Novizen. Daraus folgt, dass die Gesamtfehleranzahl für G abhängig von der Modellierungsexpertise ist.

Die paarweisen Post-hoc-Tests für die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.10) zeigen ebenfalls, dass für diese Aufgabe die erfahrenen Modellierer signifikant weniger Fehler machten als die Intermediates sowie hoch signifikant weniger als die Novizen. Allerdings machten die Intermediates nicht signifikant weniger Fehler als die Novizen. Diese Beobachtung stimmt mit dem Ergebnis der Boxplot-Betrachtung überein. Somit kann für die Kaffeeaufgabe nur geschlossen werden, dass praktische Modellierungsexpertise zu einem signifikanten Abfall der Fehler auch gegenüber theoretischer Modellierungsexpertise führt. Es bleibt zu klären, warum bei dieser Aufgabe kein signifikanter Unterschied zwischen den Intermediates und den Novizen besteht.

Dem gegenüber liefern die paarweisen Post-hoc-Tests für die Verteilung der Gesamtfehlerzahlen für die Diamantenaufgabe eher den Eindruck, dass die Intermediates und die erfahrenen Modellierer ähnlich sind, da sie sich nicht signifikant unterscheiden (siehe Abbildung 3.11). Auch dies stimmt mit der Beobachtung aus der Boxplot-Betrachtung überein. Beide unterscheiden sich aber signifikant von den Novizen, die erfahrenen Modellierer sogar hoch signifikant.

Die paarweisen Post-hoc-Tests für die Verteilung der Gesamtfehlerzahl der Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.12) zeigen nur einen hoch si-

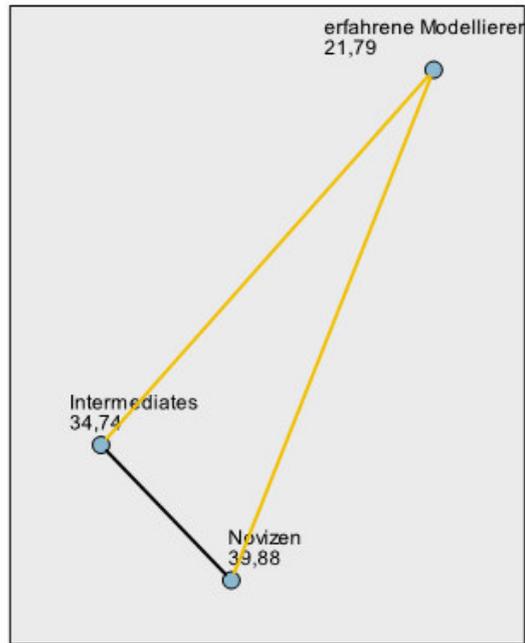


Abbildung 3.10.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Gesamtfehlerzahl (K)

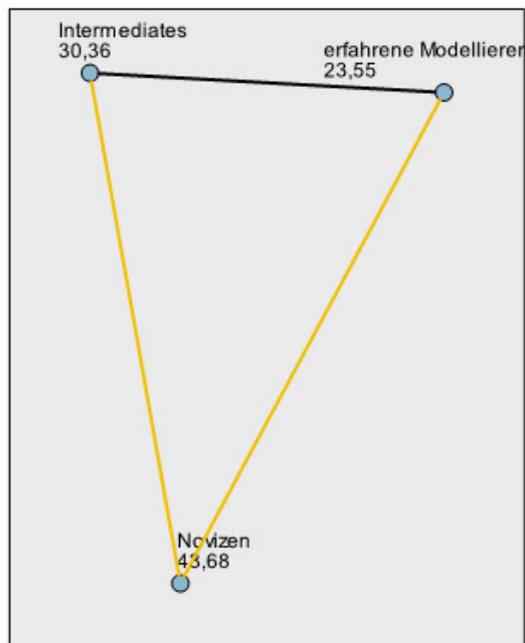


Abbildung 3.11.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Gesamtfehlerzahl (D)

gnifikanten Unterschied zwischen den erfahrenen Modellierern und den Novizen, während die Ergebnisse der Intermediates so zwischen denen der beiden anderen Gruppen liegen, dass sie sich von keiner signifikant unterscheiden. Dies entspricht ebenfalls den Ergebnissen aus der Betrachtung der Boxplots.

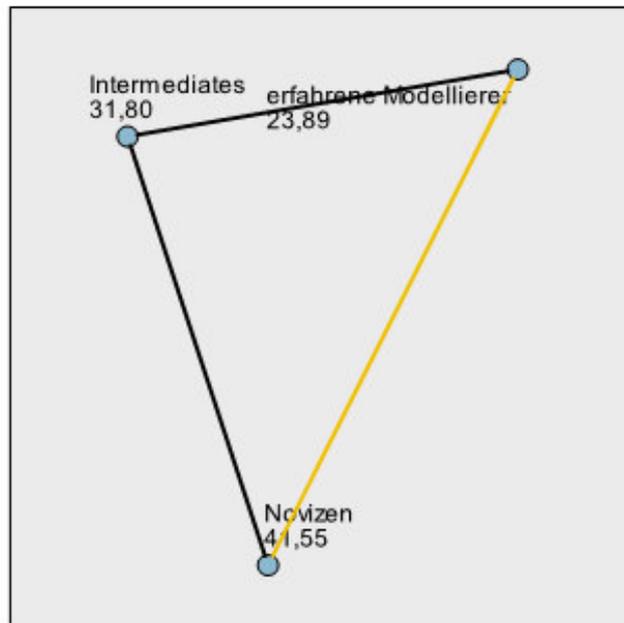


Abbildung 3.12.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Gesamtfehlerzahl (S)

Aus diesen Ergebnissen lässt sich schließen, dass Hypothese 1 gilt. Somit ist die Gesamtzahl der Modellierungsfehler sowohl in allen Modellen zusammen als auch in jedem einzelnen Modell in irgendeiner Weise abhängig von der Modellierungsexpertise. Nur für alle Modelle gemeinsam nimmt sie mit steigender Modellierungsexpertise stetig ab. Die einzelnen Modelle liefern allerdings unterschiedliche Ergebnisse bei der Signifikanzanalyse, so dass die Modellierungsexpertise nicht als einziger Einfluss auf die Ergebnisse gesehen werden kann. Für jedes der Modelle kann aber gesagt werden, dass ein erfahrener Modellierer insgesamt weniger Fehler macht als jemand ohne jegliche Vorerfahrung, da sie hoch signifikant bessere Ergebnisse lieferten als die Novizen. Die Ergebnisse der Intermediates sind allerdings aufgabenabhängig, so dass ein weiterer Einfluss gesucht werden sollte.

Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die Gesamtfehlerzahl zwar abhängig von der Modellierungsexpertise ist, aber zusätzlich noch mindestens ein weiterer Faktor existiert, der die Auftretenshäufigkeit von Fehlern in Modellen beeinflusst. Dieser Einflussfaktor betrifft allerdings

ausschließlich die Intermediates. Im Folgenden wird untersucht, welchen Einfluss die Modellierungsexpertise auf die verschiedenen Fehlertypen hat. Dadurch kann identifiziert werden, ob Fehlertypen existieren, die rein von der Modellierungsexpertise abhängig sind. Dies hilft auch bei der Identifizierung der möglichen weiteren Einflussfaktoren, da nach Ausschluss der Fehlertypen, die nur abhängig von der Modellierungsexpertise sind, die anderen Fehlertypen auf Gemeinsamkeiten untersucht werden können.

3.1.8. Statistische Analyse der Auslassungsfehler

Im Folgenden wird der Einfluss der Expertisestufe auf die Gesamtzahl der Auslassungsfehler und die jeweiligen Auslassungsfehlertypen überprüft. Als Auslassungsfehler werden zwei Fehlerarten bezeichnet, zum Einen die Auslassung von Aktivitäten zum Anderen das Auslassen von Parametern an einer Aktivität. Solche Parameter sind Informationen, Werkzeuge und Schwachstellen. Zunächst wird betrachtet, ob die Gesamtzahl der Auslassungsfehler abhängig von der Modellierungsexpertise ist.

Die Boxplots der Häufigkeitsverteilung (s. Abbildung 3.13) zeigen, dass die Gesamtzahl der Auslassungsfehler sowohl für alle drei Aufgaben gemeinsam als auch für jede einzelne Aufgabe getrennt variiert. Somit scheint die Gesamtzahl der Auslassungsfehler abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein. Allerdings variieren die Werte für die Diamantaufgabe eher gering voneinander, so dass hier zwar ein Zusammenhang zu bestehen scheint, dieser aber einen schwächeren Einfluss auf die Anzahl der Auslassungsfehler hat als bei den anderen Aufgaben. Die Verteilungen der Anzahl der Auslassungsfehler für die Simulationsaufgabe sind sehr flach und weisen teilweise Lücken auf, so dass die Werte hier stark für die einzelnen Probanden zu variieren scheinen.

Die Boxplotz für die Gesamtzahl der Auslassungsfehler in allen Modellen (siehe Abbildung 3.13a) zeigen, dass die erfahrenen Modellierer zwischen zwei und neun Auslassungsfehler machten, die Intermediates zwischen zwei und zwölf und die Novizen zwischen drei und siebzehn. Drei Viertel der erfahrenen Modellierer machte zudem maximal sechs Auslassungsfehler, dies gilt für circa ein Drittel der Intermediates und für ungefähr ein Zehntel der Novizen. Die Anzahl der Auslassungsfehler insgesamt sinkt also bei steigender Modellierungsexpertise. Dies legt den Schluss nahe, dass die Anzahl der Auslassungsfehler für G abhängig von der Modellierungsexpertise ist.

Die Boxplots der Gesamtzahl der Auslassungsfehler für die Kaffeeaufgabe machen deutlich (siehe Abbildung ??), dass für alle Gruppen der unterste Wert null ist. Ansonsten unterscheiden sich die Verteilungen allerdings. Die Werte der erfahrenen Modellierer gehen bis drei (ein Ausrei-

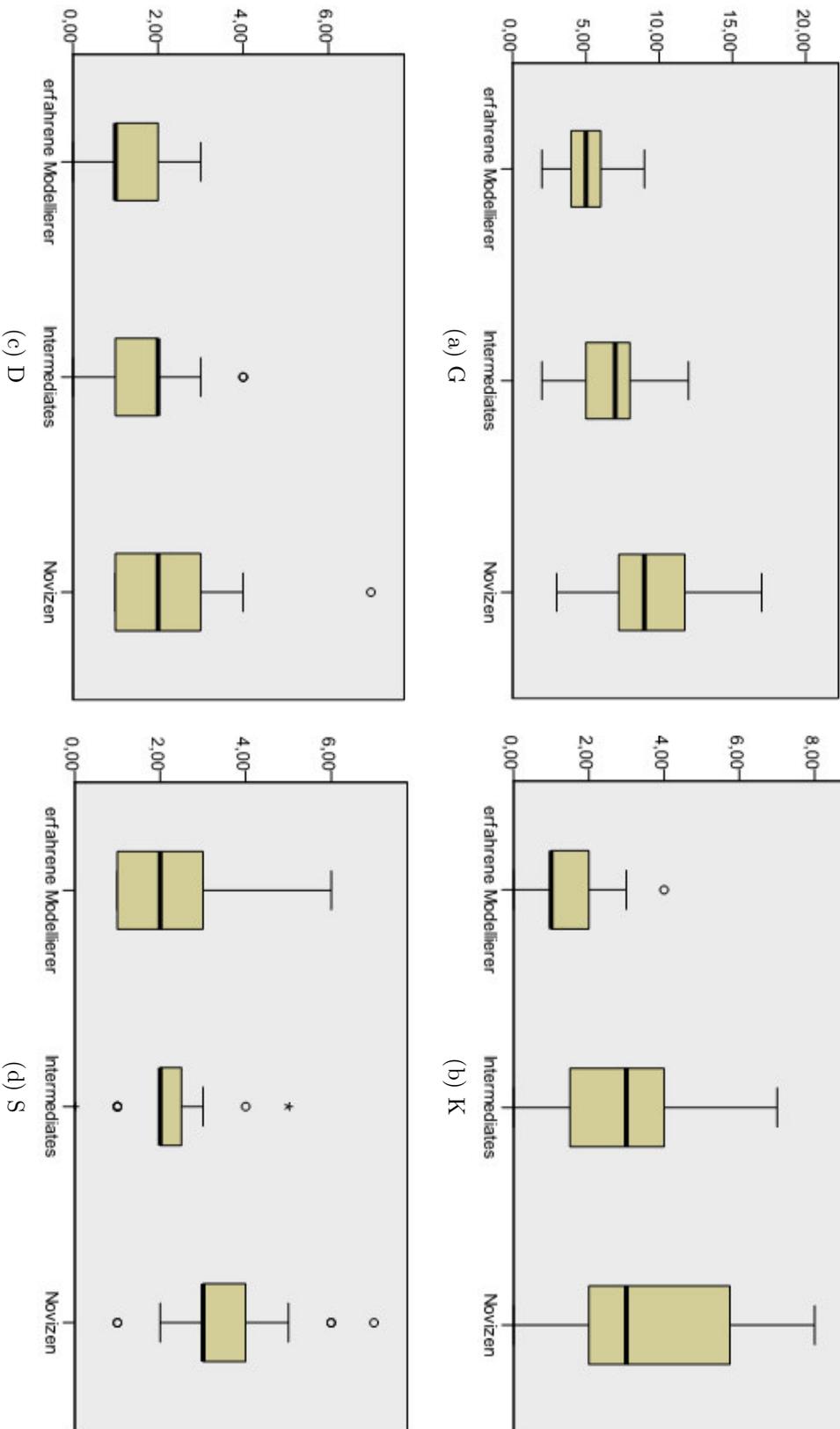


Abbildung 3.13: Boxplots für die Verteilung der Anzahlen der Auslassungsfehler

ßer liegt bei vier), die der Intermediates bis sieben und die der Novizen bis acht. Während bis auf einen Ausreißer alle erfahrenen Modellierer maximal drei Auslassungsfehler in dieser Aufgabe machten, gilt dies nur für jeweils die Hälfte der Intermediates und der Novizen. Somit scheint die Anzahl der Auslassungsfehler in der Kaffeeaufgabe abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein, insbesondere von praktischer Modellierungsexpertise.

Die Boxplots der Gesamtzahl der Auslassungsfehler für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.13c) zeigen, dass die Werte für die erfahrenen Modellierer und die Intermediates im selben Bereich, null bis drei liegen, wobei für die Intermediates noch ein Ausreißer bei vier verzeichnet wird. Die Werte der Novizen liegen zwischen eins und vier, mit einem Ausreißer bei sieben. Allerdings unterscheiden sich erfahrene Modellierer und Intermediates in so fern, dass bei den erfahrenen Modellierern die Hälfte maximal einen Fehler machten, während dies für nur ein Viertel der Intermediates gilt; ein Viertel der Novizen machte genau einen Auslassungsfehler. Für beide Gruppen gilt, dass jeweils drei Viertel maximal zwei Fehler machten; dies gilt auch für die Hälfte der Novizen. Daraus scheint für die Diamantenaufgabe eine Abhängigkeit der Anzahl der Gesamtauslassungsfehler von der Modellierungsexpertise zu bestehen. Da die Werte der erfahrenen Modellierer und der Intermediates den gleichen Bereich abdecken, scheint diese Abhängigkeit besonders von theoretischer Modellierungsexpertise beeinflusst zu sein.

Im Gegensatz zu den sehr ähnlichen Verteilungen der Diamantenaufgabe, liegen die Werte der Boxplots der Anzahlen der Auslassungsfehler für die Simulationsaufgabe gestreuter (siehe Abbildung 3.13d). Besonders auffällig sind die vielen Ausreißer, fünf insgesamt, und die ansonsten sehr dicht beieinander liegenden Werte der Intermediates (zwei bis drei). Keine Ausreißer gibt es für die erfahrenen Modellierer, deren Werte zwischen eins und sechs liegen. Die Werte der Novizen liegen zwischen zwei und fünf, auch für diese Gruppe gibt es fünf Ausreißer. Ein Viertel der erfahrenen Modellierer machte maximal einen Auslassungsfehler in der Simulationsaufgabe, was den Ausreißern nach unten der beiden anderen Gruppen entspricht. Die Hälfte der erfahrenen Modellierer machte maximal zwei Fehler, ebenso die Hälfte der Intermediates. Drei Viertel der Novizen machten mindestens drei Auslassungsfehler, drei Viertel der erfahrenen Modellierer und fast alle Intermediates maximal. Diese Werte lassen auf eine Abhängigkeit der Anzahl der Auslassungsfehler in der Simulationsaufgabe von der Modellierungsexpertise schließen, allerdings sind die Werte der erfahrenen Modellierer für die Simulationsaufgabe weiter gestreut als die der Intermediates und der Novizen.

Diese Werte lassen auf eine Abhängigkeit der Anzahl der Auslassungsfehler in der Simulationsaufgabe von der Modellierungsexpertise schlie-

ßen, allerdings sind die Werte der erfahrenen Modellierer für die Simulationsaufgabe weiter gestreut als die der Intermediates und der Novizen.

Die Werte weisen zwar auf einen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Auslassungsfehler und der Modellierungsexpertise hin, allerdings scheinen die erfahrenen Modellierer nur für die Kaffeeaufgabe und für alle Aufgaben gemeinsam besser abgeschnitten zu haben als die Intermediates. Die Variation der Werte weist auf einen weiteren Einfluss zusätzlich zur Modellierungsexpertise hin. Dieser Einfluss könnte zum Beispiel sein, dass die in der Studie gegebenen Aufgaben so gestellt waren, dass Auslassungsfehler minimiert wurden.

Die Ergebnisse der Jonckheere-Terpstra-Tests führen zum Verwerfen der Nullhypothesen (siehe Tabelle 3.4). Somit ist die Anzahl der Auslassungsfehler signifikant abhängig von der Modellierungsexpertise, für G, K und S sogar hoch signifikant abhängig. Die Auslassungsfehler weisen die höchste signifikante Abhängigkeit von der Modellierungsexpertise auf, so dass die anderen Variablen im Folgenden nicht genauer betrachtet werden.

Tabelle 3.4.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Gesamtzahl der Auslassungsfehler

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Auslassungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Auslassungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von Auslassungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,015	Nullhypothese ablehnen.
S: Die Verteilung von Auslassungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,005	Nullhypothese ablehnen.

Zur Untersuchung, welche der Expertisegruppen sich signifikant voneinander unterscheiden, wurden paarweise Post-hoc-Tests für die Werte des Jonckheere-Terpstra-Tests durchgeführt.

Die paarweisen Vergleiche für die Gesamtheit der Auslassungsfehler in allen Aufgaben (siehe Abbildung 3.14) zeigen, dass hoch signifikante Unterschiede sowohl zwischen den erfahrenen Modellierern als auch den Intermediates und den Novizen vorliegen. Allerdings unterscheiden sich die erfahrenen Modellierer und die Intermediates nicht signifikant voneinander. Dies lässt auf einen Zusammenhang der Modellierungsexpertise und der Anzahl der Auslassungsfehler schließen, wobei schon theore-

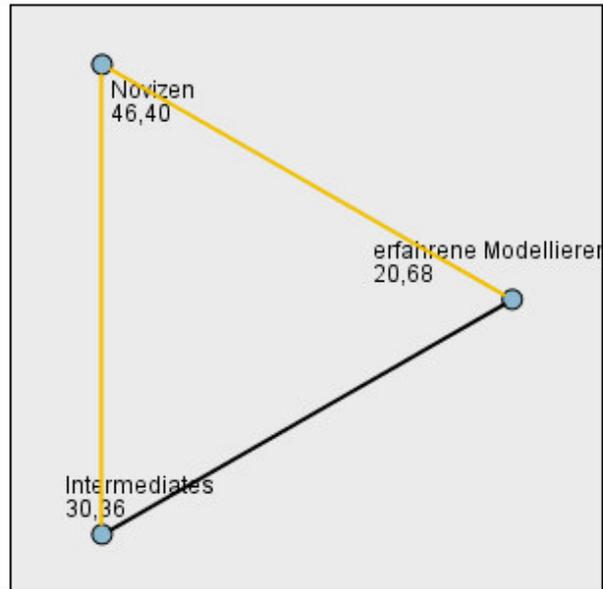


Abbildung 3.14.: Paarweise Vergleiche für die Gesamtzahl der Auslassungsfehler (G)

tisches Hintergrundwissen zu einer Reduktion der Auslassungsfehlerzahl führt.

Die paarweisen Vergleiche für die Gesamtheit der Auslassungsfehler in der Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.15) zeigen im Gegensatz dazu, dass sich für diese Aufgabe die erfahrenen Modellierer sowohl signifikant von den Intermediates als auch hoch signifikant von den Novizen unterscheiden. Die Intermediates und die Novizen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander, wobei die Intermediates etwas näher an den erfahrenen Modellierern liegen als die Novizen. Die Ergebnisse der Tests lassen für die Kaffeeaufgabe auf einen Zusammenhang der Modellierungsexpertise und der Anzahl der Auslassungsfehler schließen, der erst dann deutlich wird, wenn der Modellierer über praktische Vorkenntnisse verfügt.

Die paarweisen Post-hoc-Tests für D zeigen nur einen signifikanten Unterschied zwischen erfahrenen Modellierern und Novizen, während sich die Intermediates von keiner der beiden Gruppen signifikant unterscheiden (siehe Abbildung 3.16). Die Werte der Intermediates liegen genau zwischen denen der erfahrenen Modellierer und der Novizen. Für die Diamantaufgabe existiert somit ein Zusammenhang zwischen Modellierungsexpertise und Anzahl der Auslassungsfehler, aber nur Modellierer mit praktischer Vorerfahrung machen signifikant weniger Fehler als Novizen. Dies entspricht auch der Betrachtung der Boxplots, denn hier fällt auf, dass die Werte der Intermediates denen der erfahrenen Modellierer

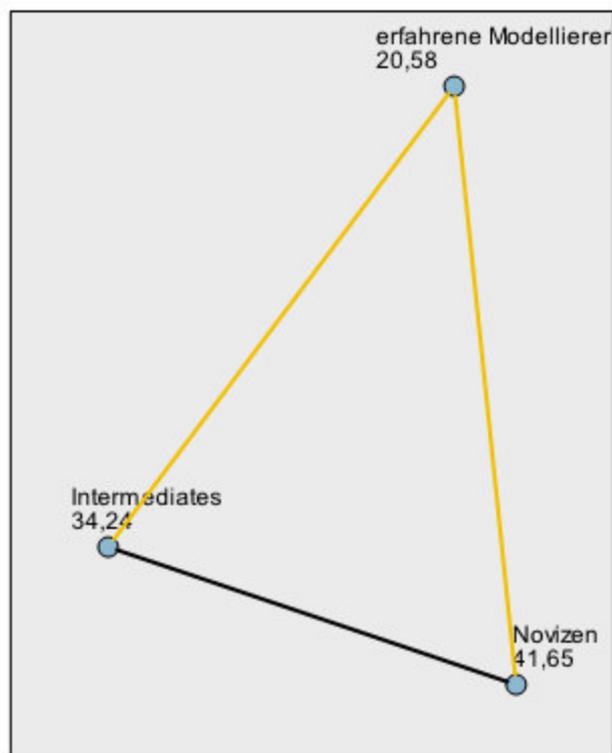


Abbildung 3.15.: Paarweise Vergleiche für die Gesamtzahl der Auslassungsfehler (K)

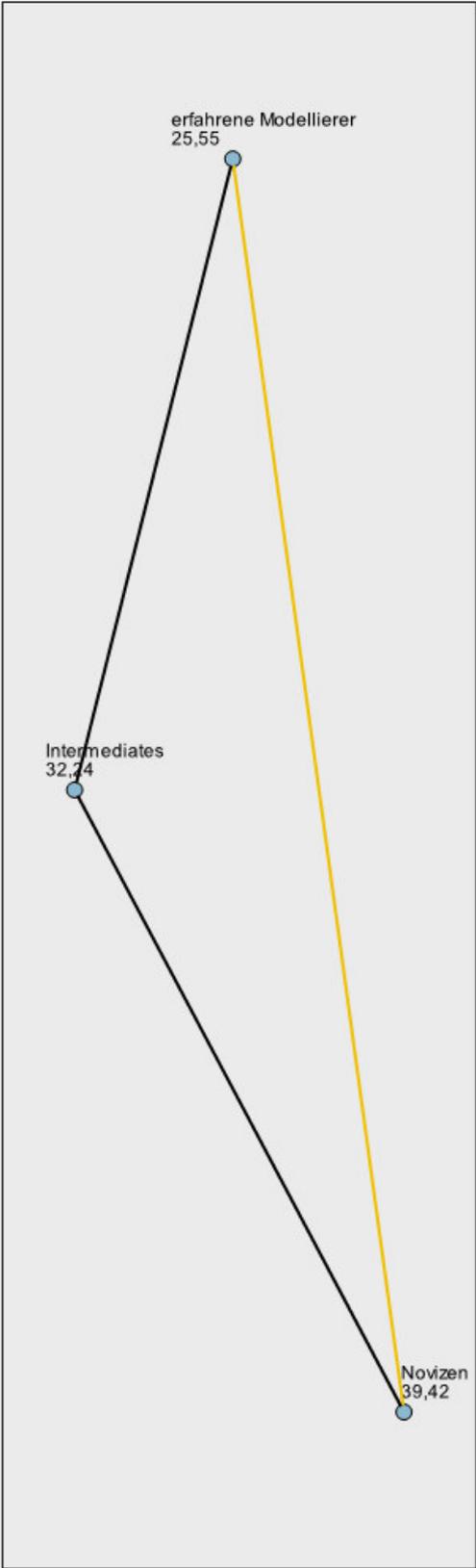


Abbildung 3.16.: Paarweise Vergleiche für die Gesamtzahl der Auslassungsfehler (D)

entsprechen und auch denen von der Hälfte der Novizen.

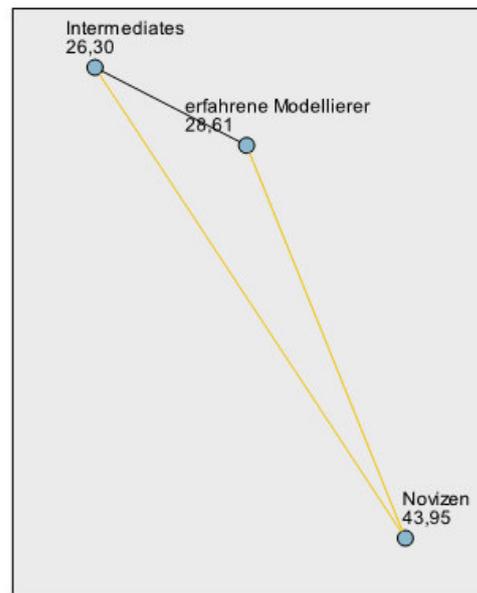


Abbildung 3.17.: Paarweise Vergleiche für die Gesamtzahl der Auslassungsfehler (S)

Für die Simulationsaufgabe unterscheiden sich die Intermediates hoch signifikant und die erfahrenen Modellierer signifikant von den Novizen (siehe Abbildung 3.17). Die beiden Gruppen selber liegen allerdings sehr nahe beieinander, so dass sich erfahrene Modellierer und Intermediates nicht signifikant voneinander unterscheiden. Somit ist die Anzahl der Auslassungsfehler für die Simulationsaufgabe abhängig von der Modellierungsexpertise, allerdings reichen theoretische Vorkenntnisse aus, um die Auftretenswahrscheinlichkeit von Auslassungsfehlern signifikant zu senken, während zusätzliche praktische Vorkenntnisse keinen signifikanten Unterschied mehr erbringen.

Die Ergebnisse der Tests zeigen somit, dass die Expertisestufe zwar einen Einfluss auf die Gesamtzahl der Auslassungsfehler besitzt, allerdings sind die Ergebnisse für die verschiedenen Aufgaben unterschiedlich. Da die Ergebnisse der Jonckheere-Terspstra-Tests zeigen, dass die Intermediates mal eher den Novizen (K), mal den erfahrenen Modellierern (S) gleichen aber auch einmal genau dazwischen liegen (D), scheint ein weiterer Einfluss auf die Anzahl der Auslassungsfehler zu wirken, wie auch schon auf die Gesamtfehlerzahl. Dieser scheint wiederum besonders die Intermediates zu betreffen.

Auch wenn der Einfluss der Expertisestufe nicht der alleinige Grund für die Gesamtzahl der Auslassungsfehler zu sein scheint, so macht es doch Sinn, im Folgenden die verschiedenen Arten der Auslassungsfehler

getrennt voneinander zu betrachten. Sollte eine dieser Arten signifikant abhängig von der Modellierungsexpertise sein und mit steigender Modellierungsexpertise abnehmen, lässt dies darauf schließen, dass der zusätzliche Einfluss die anderen Auslassungsfehlertypen betrifft. Dies kann eine Hilfe bei der Identifikation des zusätzlichen Einflusses sein. Um eine Aussage darüber treffen zu können, wie künftig der Informationsgehalt in Modellen möglichst wenig durch Auslassungsfehler beeinflusst wird, werden die kompletten Auslassungen getrennt von falschen Parametrisierungen betrachtet.

3.1.8.1. Komplette Auslassungen

Im Folgenden wird betrachtet, ob die Anzahl der kompletten Auslassungen, also der vergessenen Aktivitäten, abhängig von der Modellierungsexpertise ist. Zuerst wird untersucht, ob aufgrund der Verteilung des Merkmals „Anzahl vergessener Aktivitäten“ eine Abhängigkeit von der Modellierungsexpertisestufe angenommen werden kann. Abbildung 3.18 zeigt, dass die Gesamtanzahlen der kompletten Auslassungen getrennt variieren. Somit scheint ein Zusammenhang zwischen Modellierungsexpertise und der Anzahl der kompletten Auslassungen zu bestehen.

Für alle Aufgaben gemeinsam musste jeder Proband vierundvierzig Aktivitäten darstellen. Es fällt auf, dass die Verteilung der Anzahl der kompletten Auslassungen sowohl für die erfahrenen Modellierer als auch für die Intermediates wesentlich geringer gestreut ist, als für die Novizen (siehe Abbildung 3.18a) (E: null bis drei mit Ausreißer bei vier, I: null bis vier, N: eins bis zehn, mit einem Ausreißer bei zwölf). Somit vergaßen die erfahrenen Modellierer maximal jede fünfzehnte Aktivität, die Intermediates maximal jede elfte und die Novizen mindestens eine und maximal jede fünfte Aktivität. Dies zeigt, dass die Novizen ungefähr dreimal so viele Aktivitäten vergaßen wie die erfahrenen Modellierer und doppelt so viele wie die Intermediates. Jeweils die Hälfte der erfahrenen Modellierer als auch der Intermediates vergaß maximal eine Aktivität in allen drei Modellen insgesamt, jeweils drei Viertel maximal zwei. Allerdings machte ein Viertel der Intermediates keinen Auslassungsfehler in allen drei Aufgaben. Die Mehrheit der Novizen, drei Viertel, machte mindestens als zwei Fehler. Die Verteilung lässt auf eine Abhängigkeit der Anzahl der kompletten Auslassungen von der Modellierungsexpertise für alle Aufgaben schließen. Allerdings scheinen sich die erfahrenen Modellierer und die Intermediates kaum zu unterscheiden, so dass schon eine Abhängigkeit von theoretischer Modellierungsexpertise vorhanden zu sein scheint.

Für die Kaffeeaufgabe musste jeder Proband sechzehn Aktivitäten darstellen. Die Boxplots für die Anzahl der kompletten Auslassungen für die Kaffeeaufgabe zeigen, dass sehr viele Probanden keine Aktivität in

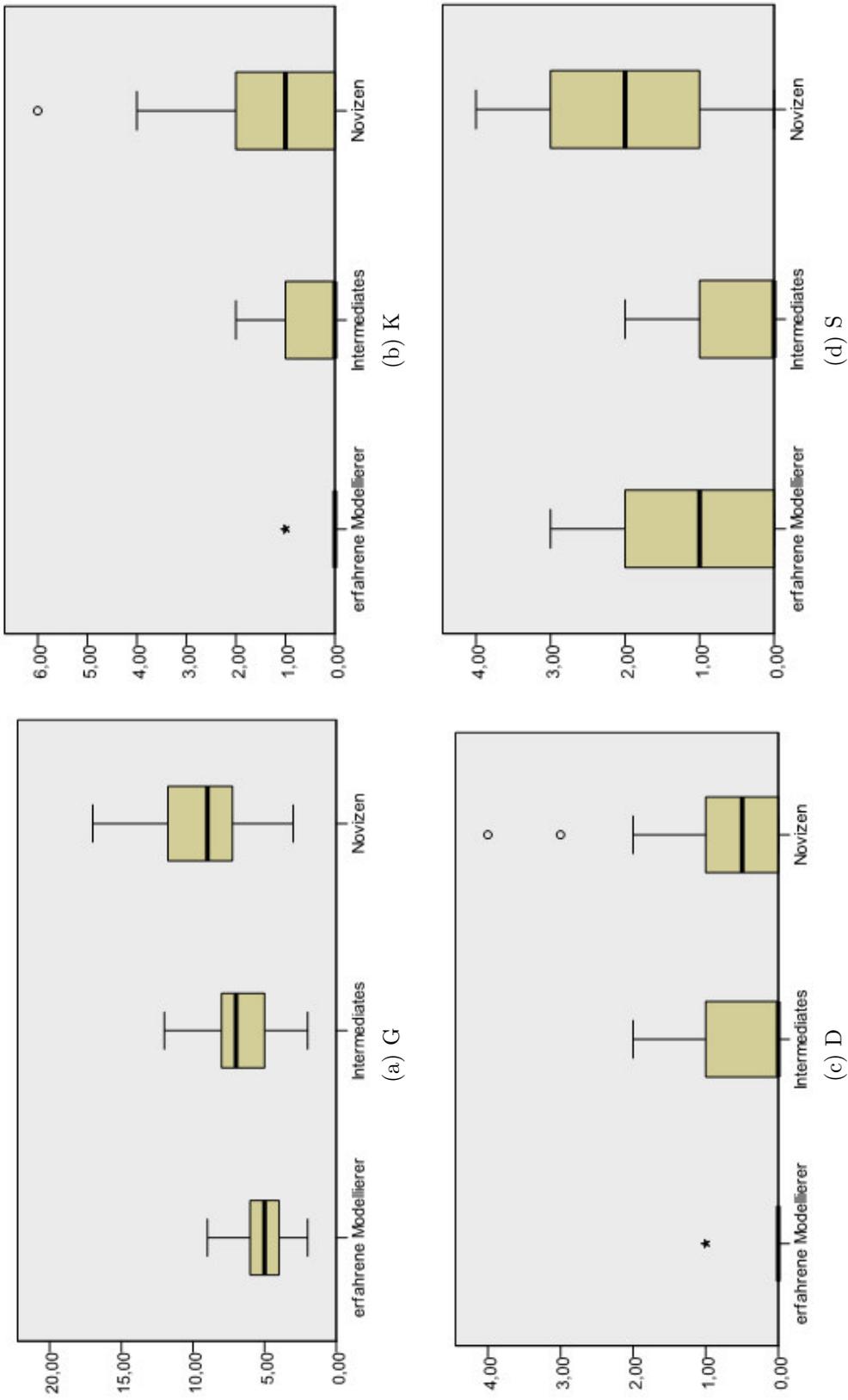


Abbildung 3.18.: Boxplots für die Verteilung der Anzahlen der kompletten Auslassungen

diesem Modell vergessen haben (siehe Abbildung 3.18b). Die meisten erfahrenen Modellierer vergaßen für die Kaffeeaufgabe keine Aktivität, die Intermediates maximal ein Achtel und die Novizen maximal ein Sechstel. Die Hälfte der Intermediates und ein Viertel der Novizen vergaßen keine Aktivität. Die andere Hälfte der Intermediates machte maximal zwei Fehler. Von den Novizen machte die Hälfte weniger als einen Fehler und drei Viertel weniger als zwei. Allerdings machten ein Viertel bis zu vier Fehler und ein Ausreißer sogar sechs. Diese Beobachtung scheint zu zeigen, dass die Anzahl der kompletten Auslassungen für die Kaffeeaufgabe abhängig von der Modellierungsexpertise ist und mit steigender Expertise zu sinkt.

Für die Diamantenaufgabe musste jeder Proband zwölf Aktivitäten darstellen. Die erfahrenen Modellierer vergaßen bis auf drei extreme Ausreißer keine Aktivität, die Intermediates vergaßen maximal ein Sechstel und die Novizen maximal ein Drittel, ein Ausreißer vergaß die Hälfte der Aktivitäten (siehe Abbildung 3.18c). Allerdings machte hier ein Viertel der Intermediates mehr als einen und weniger als zwei Fehler, was auch für ein Viertel der Novizen gilt, für die noch zwei extreme Ausreißer bei drei und vier vorliegen. Somit scheint kaum ein Unterschied zwischen den Intermediates und den Novizen zu bestehen. Dennoch zeigt die Verteilung, dass sich die erfahrenen Modellierer stark von den anderen beiden Gruppen unterscheiden, so dass eine Abhängigkeit der Anzahl der kompletten Auslassungen von der Modellierungsexpertise vorzuliegen scheint.

Für die Simulationsaufgabe waren von jedem Probanden sechzehn Aktivitäten darzustellen. Die Werte für diese Aufgabe sind für alle Expertisegruppen breiter gestreut (siehe Abbildung 3.18d). Die erfahrenen Modellierer vergaßen für diese Aufgabe maximal ein Sechstel der Aktivitäten, die Intermediates maximal ein Achtel und die Novizen maximal ein Viertel. Somit machten die Intermediates für diese Aufgabe die wenigsten Fehler. Ein Viertel der erfahrenen Modellierer und die Hälfte der Intermediates stellte das Modell für die Simulationsaufgabe fehlerfrei dar (N: unterster Wert). Die Hälfte der erfahrenen Modellierer, drei Viertel der Intermediates und ein Viertel der Novizen machte maximal einen Fehler. Drei Viertel der erfahrenen Modellierer und die Hälfte der Novizen vergaßen maximal zwei Aktivitäten. Ein Viertel der Novizen machte mehr als drei Fehler. Die Simulationsaufgaben scheint somit eine Abhängigkeit der Anzahl der vergessenen Aktivitäten und theoretischer Modellierungsexpertise zu zeigen. Es bleibt allerdings zu untersuchen, warum hier die Intermediates weniger komplette Auslassungen begingen als die erfahrenen Modellierer.

Die Ergebnisse der Hypothesentests zeigen, dass alle Nullhypothesen verworfen werden können. Somit ist die Anzahl der kompletten Auslassungen signifikant (D und S) beziehungsweise hochsignifikant (G und K) von der Modellierungsexpertise abhängig (siehe Tabelle 3.5).

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Post-hoc-Tests genauer betrachtet, um festzustellen, welche Gruppen sich signifikant voneinander unterscheiden.

Tabelle 3.5.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der kompletten Auslassungen

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Anzahl der vergessenen Aktivitäten ist über Kategorien von M gleich.	,001	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Anzahl der vergessenen Aktivitäten ist über Kategorien von M gleich.	,003	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von Anzahl der vergessenen Aktivitäten ist über Kategorien von M gleich.	,014	Nullhypothese ablehnen.
S: Die Verteilung von Anzahl der vergessenen Aktivitäten ist über Kategorien von M gleich.	,015	Nullhypothese ablehnen.

Diese zeigen für alle drei Aufgaben gemeinsam, dass sich sowohl die erfahrenen Modellierer als auch die Intermediates hoch signifikant von den Novizen unterscheiden, aber nicht signifikant voneinander (siehe Abbildung 3.19). Somit ist die Anzahl der kompletten Auslassungen für alle drei Aufgaben aufsummiert abhängig von der Modellierungsexpertise, allerdings reichen schon theoretische Vorkenntnisse aus, um signifikant weniger Aktivitäten auszulassen als die Probanden ohne Vorerfahrung. Warum den Intermediates weniger komplette Auslassungen unterlaufen als den erfahrenen Modellierern, bleibt allerdings noch zu untersuchen.

Für die Diamantenaufgabe zeigen die paarweisen Post-hoc-Tests, dass die erfahrenen Modellierer signifikant weniger Aktivitäten auslassen als die Novizen. Die Werte der Intermediates unterscheiden sich zwar nicht signifikant von denen der beiden anderen Gruppen, liegen aber näher an denen der erfahrenen Modellierer. Somit zeigen die Ergebnisse für die Diamantenaufgabe wie auch schon für die Kaffeeaufgabe, dass die Anzahl der kompletten Auslassungen abhängig von praktischer Modellierungsexpertise ist (siehe Abbildung 3.20 und Abbildung 3.21).

Die Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests für die Simulationsaufgabe zeigen, dass die erfahrenen Modellierer signifikant weniger Aktivitäten ausließen als die Intermediates und hoch signifikant weniger als die Novizen. Die Werte der Intermediates und der Novizen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Somit zeigen die Ergebnisse für die Simulationsaufgabe, dass die Anzahl der kompletten Auslassungen abhängig von der Modellierungsexpertise ist (siehe Abbildung 3.22).

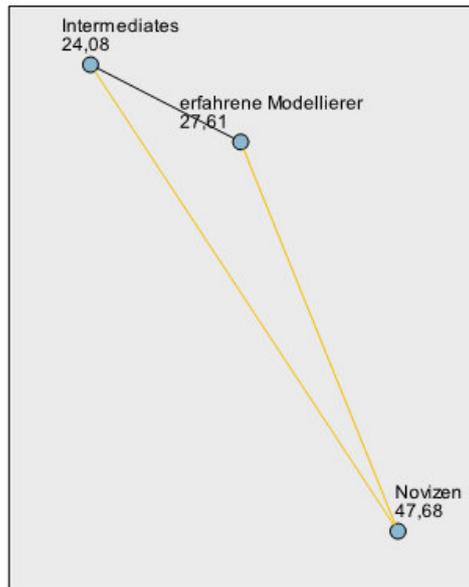


Abbildung 3.19.: Paarweise Vergleiche für die Gesamtheit der kompletten Auslassungen (G)

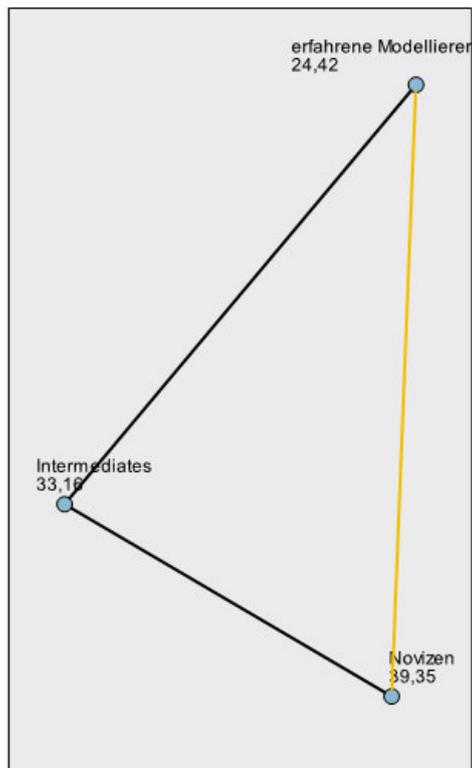


Abbildung 3.20.: Paarweise Vergleiche für die Gesamtheit der kompletten Auslassungen (K)

Insgesamt zeigen die Untersuchungen, dass die Anzahl der kompletten Auslassungen abhängig von der Modellierungsexpertise ist. Dabei ist es allerdings abhängig von der Aufgabe, ob theoretische Vorkenntnisse für eine signifikante Verbesserung der Modellqualität hinsichtlich dieses Fehlers ausreichen oder ob der Modellierer praktische Vorkenntnisse dazu benötigt. Da die Intermediates für die einzelnen Aufgaben stark unterschiedliche Ergebnisse aufweisen, scheint wiederum ein zusätzlicher Einfluss besonders diese Gruppe stark zu beeinflussen.

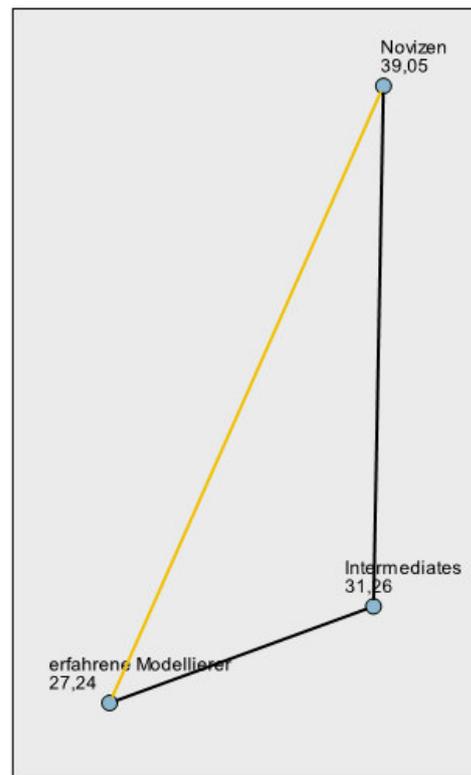


Abbildung 3.21.: Paarweise Vergleiche für die Gesamtheit der kompletten Auslassungen (D)

Werden die Teilaspekte der Modellierungsexpertise betrachtet, fällt auf, dass die Anzahl der kompletten Auslassungen nur für die Kaffeeaufgabe die höchste signifikante Abhängigkeit von der Modellierungsexpertise aufweist, für die anderen Aufgaben und für alle Aufgaben gemeinsam, weist sie höhere Signifikanzen von der Kenntnis einer Modellierungssprache (D: 0,002; S: 0,001; G: 0,00) und der Fachrichtung auf (D: 0,008; S: 0,002; G: 0,00).

Während Probanden, die eine Modellierungssprache kennen, kaum Aktivitäten ausließen, ließen die Probanden, die keine Angabe machten, etliche aus. Für die Kaffeeaufgabe ließ die Mehrzahl der Probanden, die

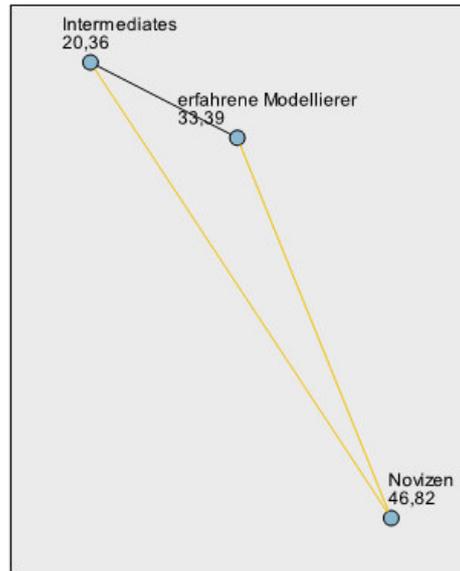
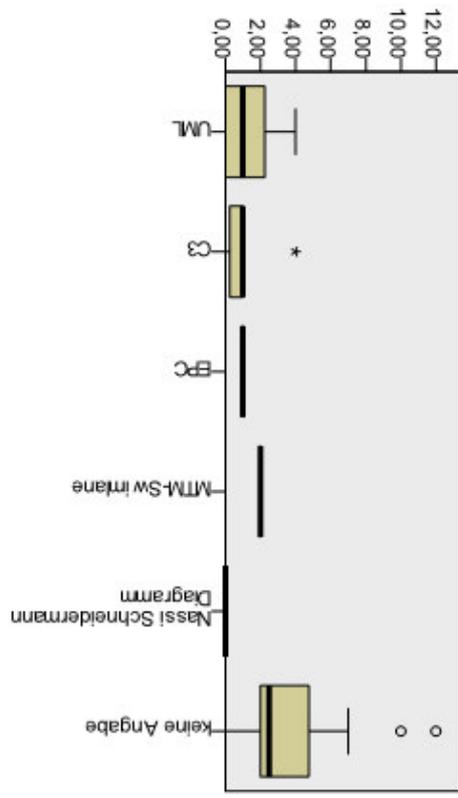


Abbildung 3.22.: Paarweise Vergleiche für die Gesamtheit der kompletten Auslassungen (S)

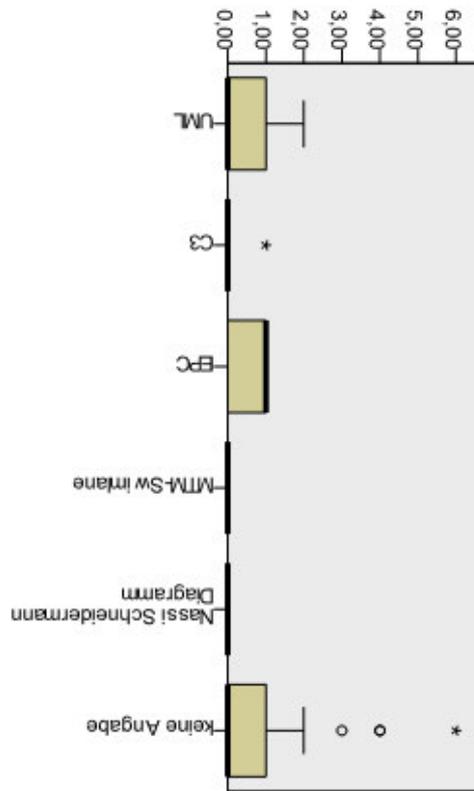
keine Angabe machten, sehr wenige Aktivitäten aus, so dass hier für das Merkmal „Kenntnis einer Modellierungssprache“ kein signifikanter Unterschied zwischen Probanden besteht, die über diese Kenntnis verfügen oder eben nicht. Für die Diamantenaufgabe ließen kaum Probanden, die eine UML-basierte Modellierungssprache kannten, eine Aktivität aus, Probanden, die keine Angabe machten, bis zu vier. Für die Simulationsaufgabe machten Probanden, die eine Modellierungssprache kannten zwei, ein Ausreißer drei komplette Auslassungen, Probanden, die keine Angabe machten zu drei Viertel einen bis vier. (siehe Abbildung 3.23)

Auffällig ist, dass die Probanden aus den technischen und naturwissenschaftlichen sowie den kaufmännischen Fachrichtungen und dem Handwerk die wenigsten Fehler machten (s. Abbildung 3.24). Somit scheint ein fachlicher Hintergrund einer dieser Richtungen es den Probanden eher zu ermöglichen, die benötigten Aktivitäten in Texten zu identifizieren als den Probanden der anderen Fachrichtungen. Allerdings waren nur zwei der Probanden aus dem Fachbereich "Handwerk", so dass für diesen Bereich keine valide Aussage getroffen werden kann, da auch nicht genauer spezifiziert wurde, welchem Teilbereich des Handwerks diese Probanden zuzuordnen sind.

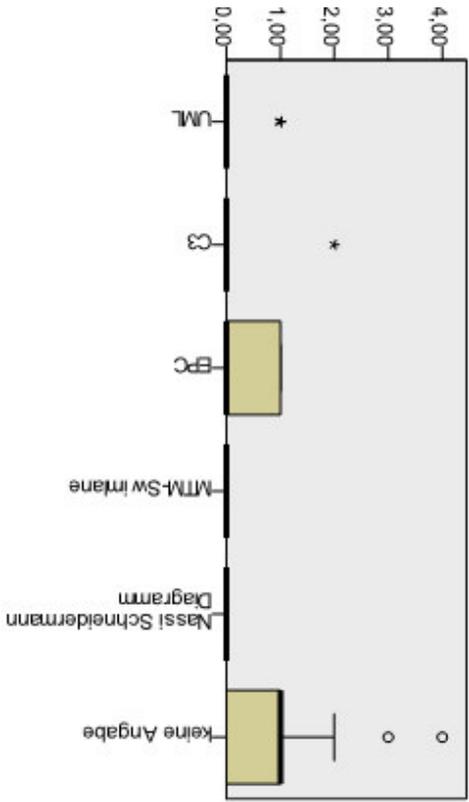
Für komplette Auslassungen beeinflussen somit besonders die Kenntnis einer Modellierungssprache und Kenntnisse, die in den technischen und naturwissenschaftlichen Fachrichtungen sowie den Wirtschaftswissenschaften erworben werden, die Anzahl dieser Auslassungsfehler, und



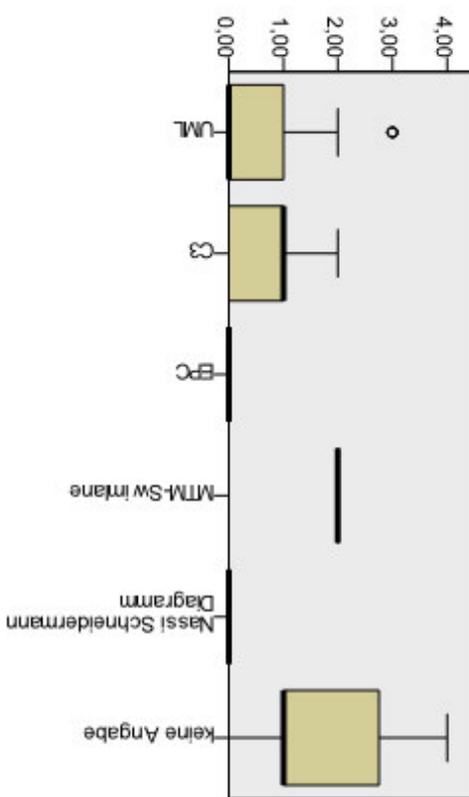
(a) G



(b) K



(c) D



(d) S

Abbildung 3.23.: Anzahl der vergessenen Aktivitäten bezogen auf die am besten beherrschte Modellierungssprache

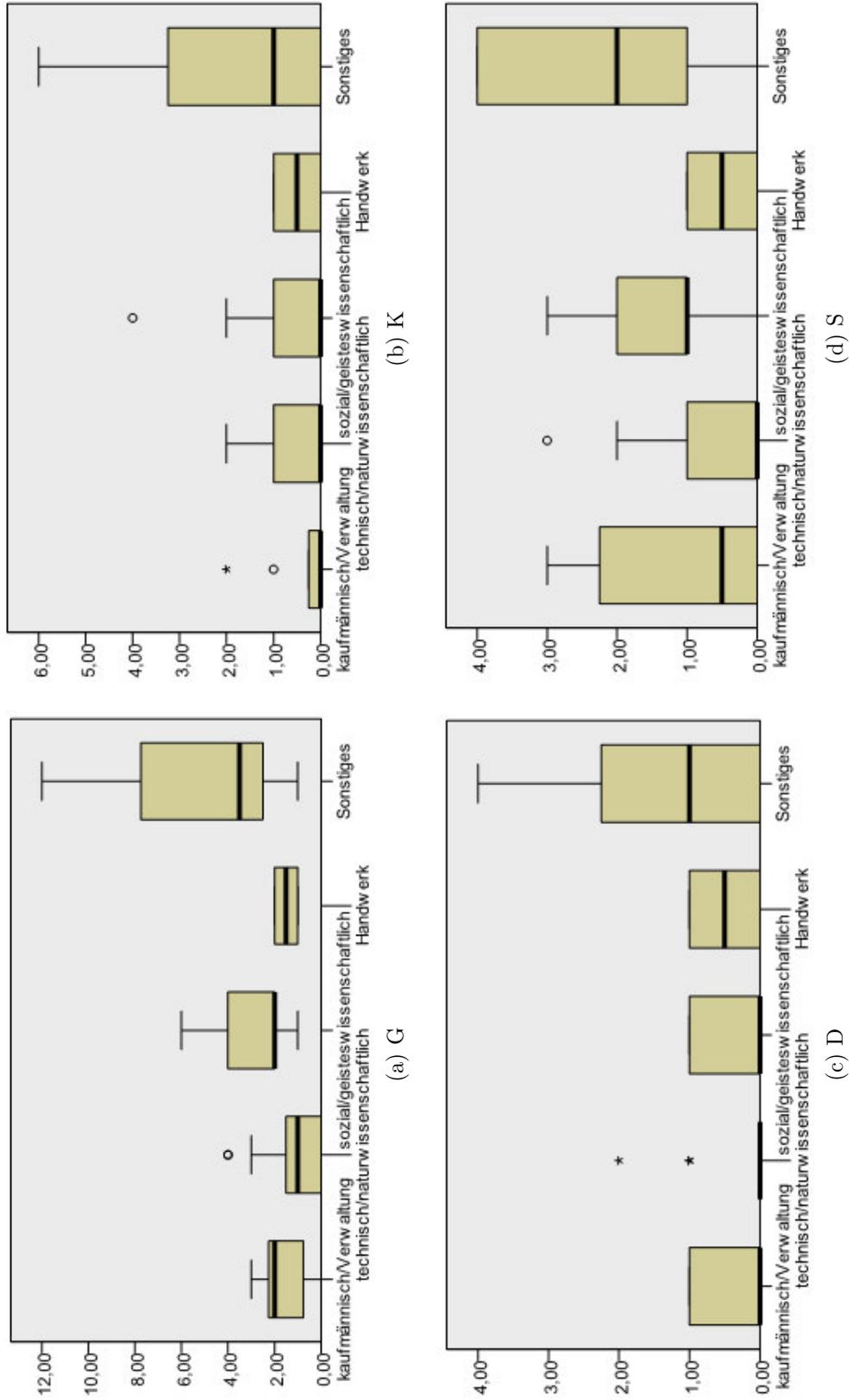


Abbildung 3.24.: Anzahl der vergessenen Aktivitäten anhängig von der Fachrichtung

sind somit hier die wichtigsten Faktoren der Modellierungsexpertise.

3.1.8.2. Konfigurationsfehler

Im Folgenden wird betrachtet, ob die Anzahl der Konfigurationsfehler abhängig von der Modellierungsexpertise ist. Ein Konfigurationsfehler bezeichnet das Auslassen einer Information, eines Werkzeuges oder einer Schwachstelle. Durch einen solchen Fehler wird der Informationsgehalt der abgebildeten Aktivität und somit des Gesamtmodells gemindert. Im Folgenden wird überprüft, ob Modellierer mit praktischen oder theoretischen Vorkenntnissen weniger Konfigurationsfehler begehen als solche ohne Vorkenntnisse.

Die Probanden mussten für die Kaffeeaufgabe sieben Parameter darstellen, bei der Diamantaufgabe fünf und bei der Simulationsaufgabe neun. Somit mussten insgesamt von jedem Probanden einundzwanzig Parameter dargestellt werden. Zunächst wird betrachtet, ob die Merkmale getrennt variieren (siehe Abbildung 3.25). Dies ist nur für alle Aufgaben gemeinsam und die Kaffeeaufgabe der Fall.

Die Verteilungen für G (siehe Abbildung 3.25a) zeigen, dass die erfahrenen Modellierer weniger Konfigurationsfehler machten als die Intermediates und die Novize. Zudem sind die Verteilungen der Intermediates und der Novizen breiter gestreut und sehr ähnlich. Die erfahrenen Modellierer vergaßen zwischen einem und sechs Parameter, also mindestens fünf Prozent bis maximal achtundzwanzig Prozent, die Intermediates zwischen zwei und elf, also mindestens zehn Prozent bis maximal zweiundfünfzig Prozent der Parameter, und die Novizen zwischen einem und neun, also mindestens fünf bis maximal zweiundvierzig Prozent der Parameter. Drei Viertel der erfahrenen Modellierer vergaß maximal fünf Parameter, dies gilt für jeweils die Hälfte der anderen Gruppen. Somit scheint die Anzahl der Konfigurationsfehler abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein, allerdings nur, wenn praktische Vorkenntnisse vorhanden sind.

Die Verteilungen der Konfigurationsfehler für die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.25b) für die Gruppen sind noch ähnlicher. Die Werte der Intermediates und der Novizen stimmen vollständig überein. Der unterste Wert liegt für alle Gruppen bei null. Die Hälfte der erfahrenen Modellierer und jeweils ein Viertel der Intermediates und der Novizen vergaßen maximal einen von den sieben Parametern. Drei Viertel von E und jeweils die Hälfte von I und N vergaßen maximal zwei Parameter. Nur ein erfahrener Modellierer vergaß mehr als drei Parameter (Ausreißer bei vier), während jeweils ein Viertel der Intermediates und der Novizen mindestens drei und höchstens sechs Fehler machten. Somit vergaß nur ein erfahrener Modellierer mehr als dreiundvierzig Prozent der Parameter, aber es gab Intermediates und Novizen, die bis zu sechsundachtzig

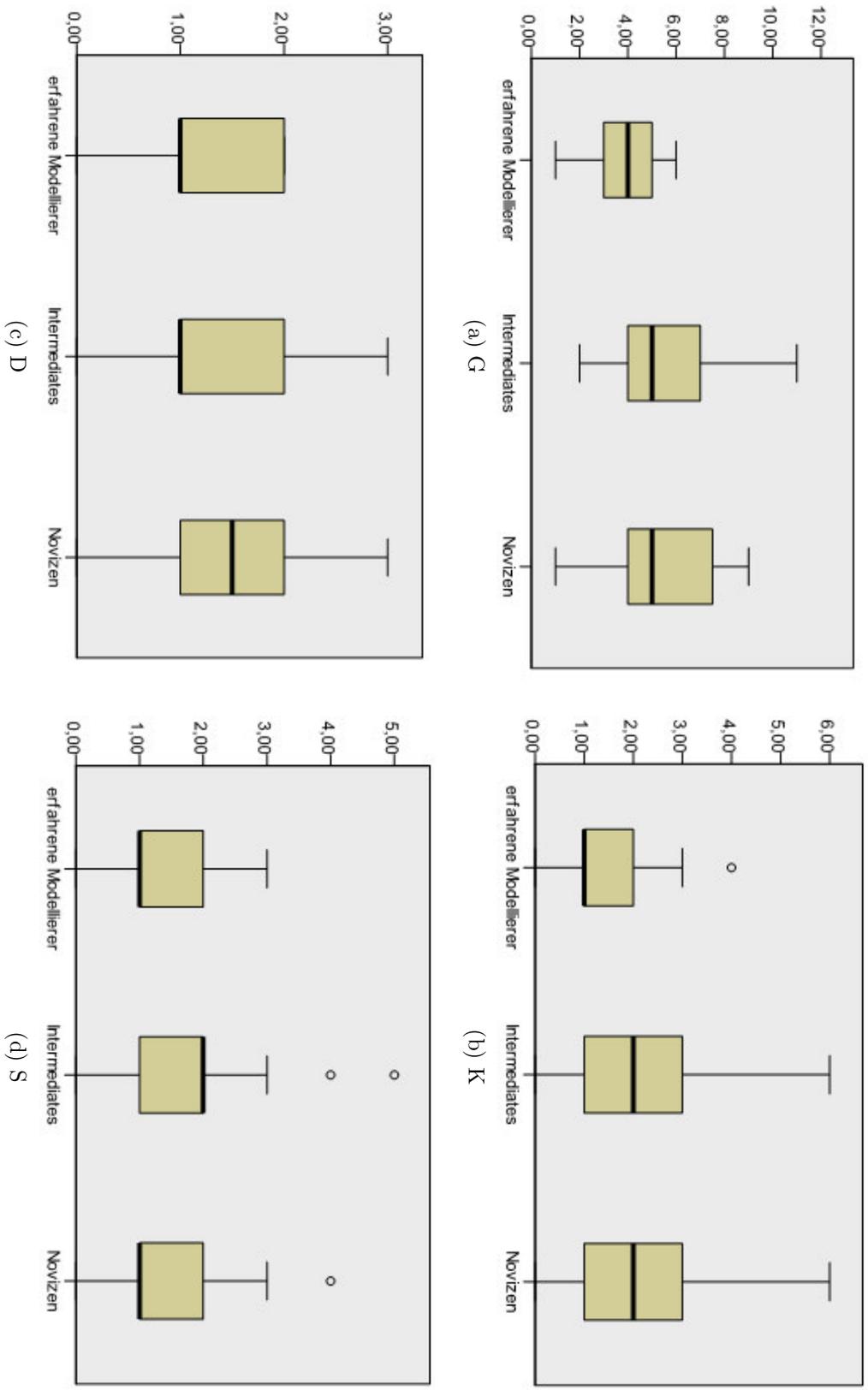


Abbildung 3.25.: Boxplots für die Verteilung der Anzahlen der Fehler mit Parametrisierungen

Prozent der Parameter vergaßen. Somit scheint die Anzahl der Konfigurationsfehler in K abhängig von einer Modellierungsexpertise zu sein, die auf praktischen Vorkenntnissen beruht.

Die Verteilungen der Anzahl der Konfigurationsfehler für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.25c) und die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.25d) variieren gemeinsam für die Expertisegruppen, so dass für diese keine Abhängigkeit der Anzahl der Konfigurationsfehler von der Modellierungsexpertise angenommen werden kann. Für beide Aufgaben vergaßen Probanden aus allen Gruppen zwischen null und drei Parameter, für die Simulationsaufgabe gibt es Ausreißer mit bis zu fünf Konfigurationsfehlern. Die Probanden vergaßen somit bis zu sechzig Prozent der Parameter bei der Diamantenaufgabe und bis zu einem Drittel bei der Simulationsaufgabe. Da nur für die Kaffeeaufgabe und die Gesamtheit der Aufgaben eine Abhängigkeit der Anzahl der Konfigurationsfehler von der Modellierungsexpertise angenommen werden kann, werden nur für die G und K Jonckheere-Trepstra-Tests durchgeführt. Tabelle 3.6 zeigt, dass die Nullhypothese für G und K abgelehnt wird.

Tabelle 3.6.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Konfigurationsfehler

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Anzahl der falschen Parametrisierungen Gesamt ist über Kategorien von M gleich.	,023	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Anzahl der falschen Parametrisierungen Kaffee ist über Kategorien von M gleich.	,030	Nullhypothese ablehnen.

Um zu überprüfen, ob dieser Eindruck stimmt, wird mit paarweisen Post-hoc-Tests überprüft, welche Gruppen sich wirklich signifikant unterscheiden.

Für G ließen die erfahrenen Modellierer signifikant weniger Parameter aus als die beiden anderen Gruppen, deren Werte sich nicht signifikant unterscheiden (siehe Abbildung 3.26a). Für K ließen die erfahrenen Modellierer allerdings nur signifikant weniger Parameter aus als die Intermediates (Abbildung 3.26b). Allerdings ist der Unterschied zwischen den erfahrenen Modellierern und den Novizen nur knapp über dem Signifikanzniveau von 0.050 bei 0.052, während die Werte der Intermediates und der Novizen auch für die K als nicht signifikant unterschiedlich gesehen werden können.

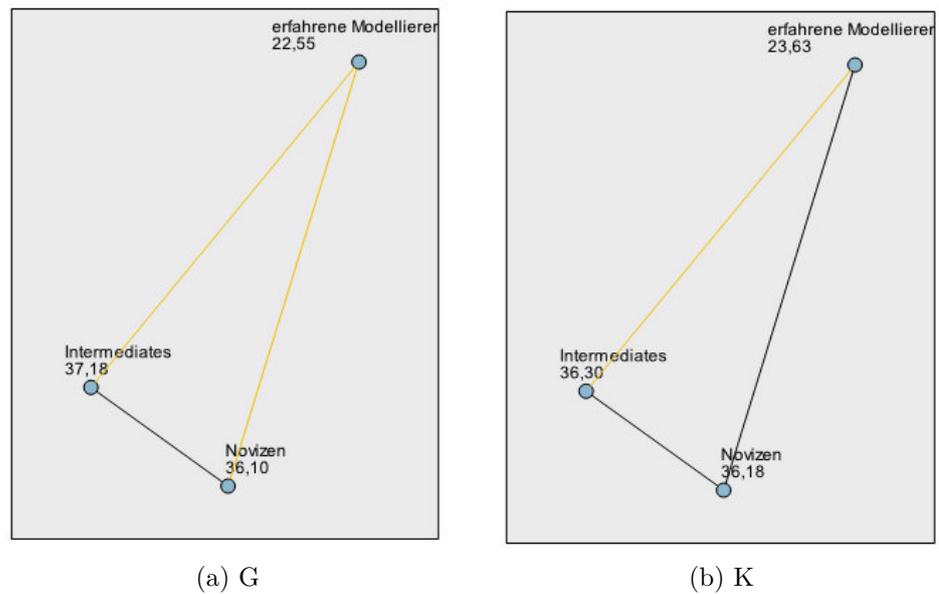


Abbildung 3.26.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Konfigurationsfehler

Die Anzahl der Parametrisierungsfehler ist allerdings mit einer höheren Signifikanz abhängig vom Alter des Probanden für die Kaffeeaufgabe (0,028) (siehe Abbildung 3.27b), die Simulationsaufgabe (0,046) (siehe Abbildung 3.27d) und alle Aufgaben gemeinsam (siehe Abbildung 3.27a) (0,008), nur für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.27c) weist dieser Fehlertyp keine signifikante Abhängigkeit von einem der Merkmale auf. Für alle Aufgaben gemeinsam sinkt die Zahl der falschen Parametrisierungen mit steigendem Alter, bei der Kaffeeaufgabe machten die über 30-jährigen auffällig weniger Fehler als die anderen Gruppen und für die Simulationsaufgabe die 27- bis 30-jährigen (siehe Abbildung 3.27).

Somit ist das Alter bei zwei von drei Aufgaben und auch bei gemeinsamer Betrachtung der Aufgaben der wichtigste Faktor der Modellierungsexpertise, wenn die Anzahl der falschen Parameter betrachtet wird. Allerdings scheint es dennoch aufgabenabhängig zu sein, welche Altersgruppe die wenigsten Fehler macht, es zeichnet sich jedoch ab, dass Probanden über 26 Jahren besser abschneiden als solche bis 26.

Für die einzelnen Parametertypen fällt auf, dass fast alle Probanden die Schwachstellen darstellen, während Informationen und Werkzeuge gehäuft ausgelassen wurden. Daraus folgt, dass die Probanden Punkte, an denen Warnungen im textuell beschriebenen Modell waren, einfacher ausmachen konnten, als Informationen und Werkzeuge, was daran liegen kann, dass die Texte zu den Schwachstellen im Text durch Anführungszeichen hervorgehoben wurden, da hier der Text angegeben wurde, der im

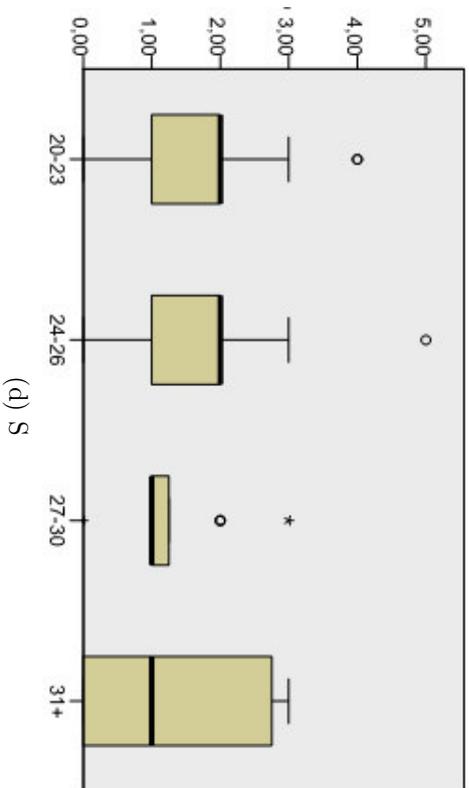
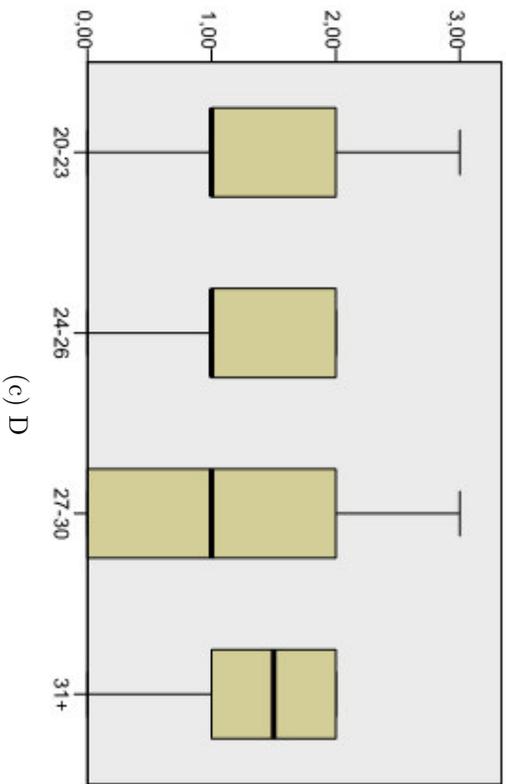
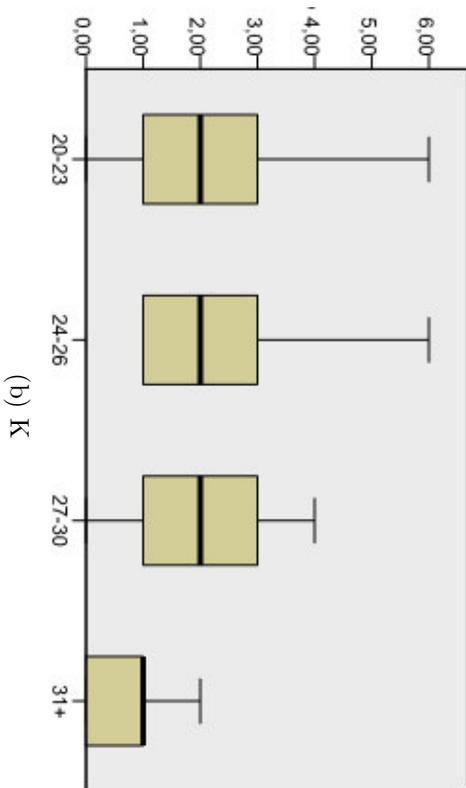
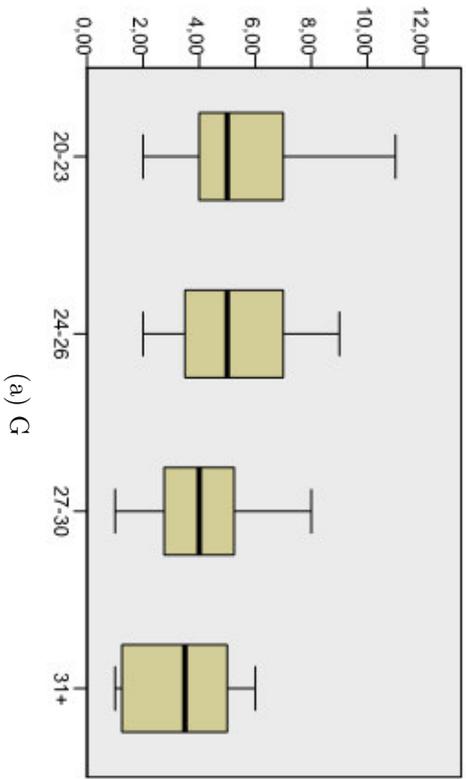


Abbildung 3.27.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Konfigurationsfehler bezogen auf das Alter der Probanden

Modell zusätzlich zur Markierung der Schwachstelle stehen sollte, während die Namen von Informationen und Werkzeugen einfach im Text standen.

3.1.9. Statistische Analyse der Ausführungsfehler

Im Folgenden werden die statistischen Analysen der Ausführungsfehler betrachtet. Allerdings muss dabei bedacht werden, dass hier nur die tatsächlich dargestellten Elemente für die Auswertung in Betracht gezogen werden können. Die Auswertung ist somit unter dem Vorbehalt zu sehen, dass ausgelassene Elemente nur zu den Auslassungsfehlern gezählt werden. Eine Verschiebung der Ergebnisse zu Gunsten der Gruppen mit der geringeren Modellierungsexpertise kann demnach daraus erfolgen, dass diese die Elemente, für die bei den anderen Gruppen Ausführungsfehler gemacht wurden, gar nicht erst dargestellt haben. Es werden wiederum die Hypothesen für die Gesamtheit der Ausführungsfehler und die einzelnen Ausführungsfehlertypen betrachtet. Nullhypothesen:

- i) Die Verteilung der Anzahl der Ausführungsfehler für alle Aufgaben gemeinsam ist über die Kategorien von Modellierungsexpertise gleich.
- ii) Die Verteilung der Anzahl der Ausführungsfehler für jede einzelne Aufgabe ist über die Kategorien von Modellierungsexpertise gleich.

Die Verteilungen der Anzahl der Ausführungsfehler zeigt, dass diese getrennt variieren, sowohl für alle Aufgaben gemeinsam als auch für die einzelnen Aufgaben (siehe Abbildung 3.28).

Die Gesamtzahl der Ausführungsfehler (siehe Abbildung 3.28a) in allen Aufgaben gemeinsam liegt für erfahrene Modellierer zwischen 2 und 36, für Intermediates zwischen 10 und 43 und für Novizen zwischen 8 und 48. Also machten 25% der erfahrenen Modellierer maximal 10 Ausführungsfehler, dies ist der unterste Wert für I, der unterste Wert für N liegt bei 8. 50% der erfahrenen Modellierer machten maximal 15 Ausführungsfehler, während 25% der Intermediates maximal 16,5 und der Novizen maximal 19,75 machten. Das 75%-Quartil der erfahrenen Modellierer ist 25, während der Median der Intermediates 23 und der der Novizen 26 ist. Kein erfahrener Modellierer machte mehr als 36 Fehler, während noch 25% der Intermediates mehr als 29 und 25% der Novizen mehr als 33,5 Fehler machten. Somit scheint die Anzahl der Ausführungsfehler für G abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein, allerdings scheinen besonders praktische Vorkenntnisse einen Einfluss auf die Anzahl der Ausführungsfehler zu haben.

Auch für die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.28b) machten die erfahrenen Modellierer weniger Fehler als die anderen beiden Gruppen (E: 0

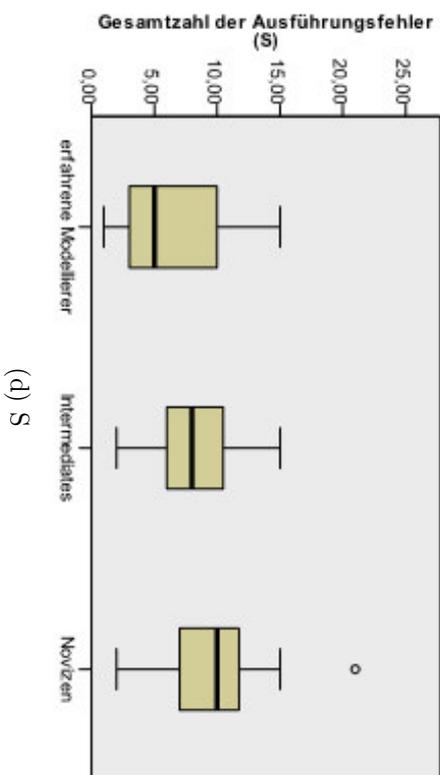
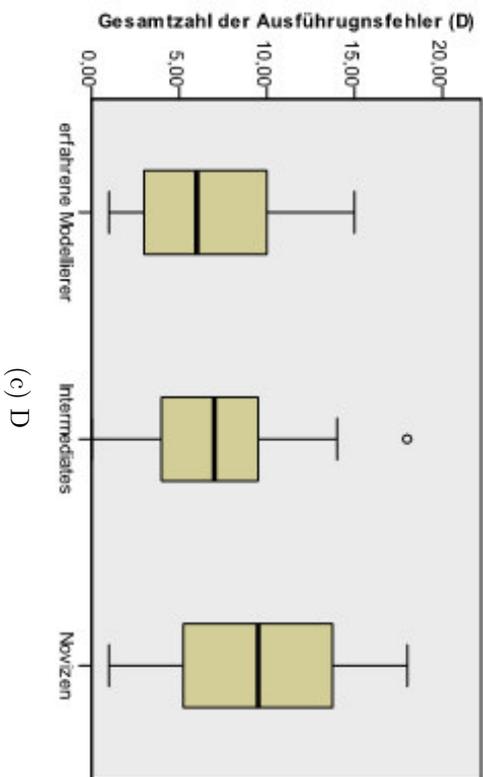
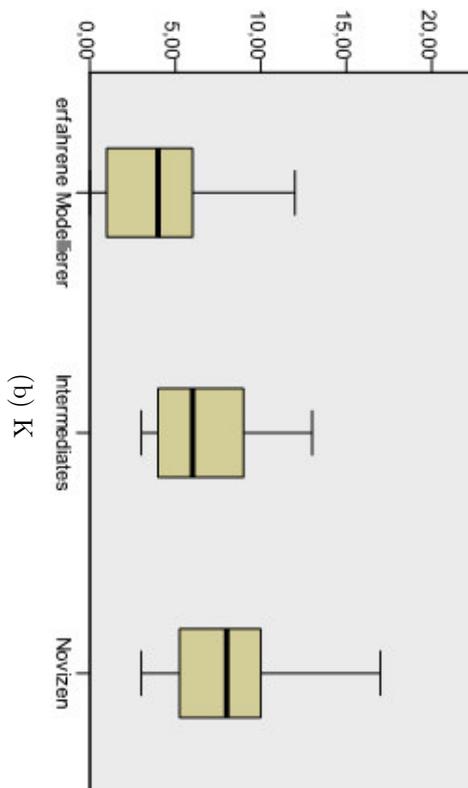
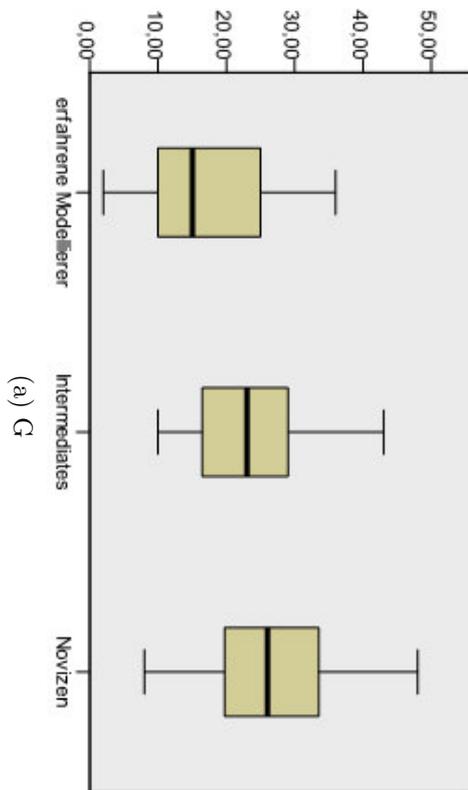


Abbildung 3.28.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Ausführungsfehler

bis 11 Fehler, I: 3 bis 13 Fehler, N: 3 bis 17 Fehler). Für K machten 25% der erfahrenen Modellierer maximal einen Fehler, 50% maximal 4 und 75% maximal 6. Im Gegensatz dazu machten 25% der Intermediates zwischen 3 und 4 Fehler und 25% der Novizen 3 bis 5,25 Fehler. Der Median der Intermediates liegt bei 6, der der Novizen bei 8. 75% der Intermediates machten maximal 9 Fehler, 75% der Novizen maximal 10. Auch für K scheint die Anzahl der Ausführungsfehler abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein, wiederum allerdings scheint dies besonders für praktische Expertise zu gelten.

Für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.28c) hingegen liegen eher die Werte der erfahrenen Modellierer und der Intermediates näher beieinander. Probanden der Gruppe E machten zwischen einem und 15 Fehlern, die der Gruppe I zwischen 0 und 14, ein Ausreißer machte 18. Probanden der Gruppe N machten zwischen einem und 18 Fehler. Das 25%-Quartil der erfahrenen Modellierer liegt bei 3, das der Intermediates bei 4 und das der Novizen bei 5,25. Die Mediane liegen bei 6 (E), 7 (I) und 9,5 (N), die 75%-Quartile bei 10 (E), 9,5 (I) und 13,75 (N). Somit scheint auch für die Diamantenaufgabe die Anzahl der Ausführungsfehler abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein, allerdings scheinen diesmal schon theoretische Vorkenntnisse zu einer geringeren Fehlerzahl zu führen.

Für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.28d) machten erfahrene Modellierer zwischen einem und 15 Fehler, Intermediates zwischen 2 und 15 und Novizen zwischen 2 und 15 mit einem Ausreißer bei 21. Das 25%-Quartil der erfahrenen Modellierer liegt bei 3, der Median bei 5 und somit noch unterhalb der 25%-Quartile der Intermediates (6) und Novizen (7). Das 75%-Quartil von E ist 10 und entspricht damit dem Median der Novizen. Median der Intermediates ist 8. Das 75%-Quartil der Intermediates ist 10,5 und damit fast gleich mit dem Median (10) und dem 75%-Quartil (11,75) der Novizen, die sehr dicht beieinander liegen. Auch für die Diamantenaufgabe scheint die Anzahl der Ausführungsfehler abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein, auffällig ist jedoch, dass die Werte der erfahrenen Modellierer am breitesten gestreut sind und die der Intermediates und der Novizen wesentlich geringer.

Der Jonckheere-Treppstra-Test zeigt, dass die Nullhypothesen für die Kaffee- und die Simulationsaufgabe verworfen werden können, ebenso die für die Gesamtheit der Aufgaben. Die Nullhypothese für die Diamantenaufgabe wird nicht verworfen, da die Signifikanz mit 0,059 knapp über dem Signifikanzniveau von 0,05 liegt. Die Anzahl der Ausführungsfehler ist somit signifikant abhängig von der Modellierungsexpertise für G, K und S, für G und K sogar hoch signifikant abhängig (siehe Tabelle 3.7). Da die Nullhypothese für die Diamantenaufgabe nicht verworfen wird, scheint die Anzahl der Ausführungsfehler zusätzlich unter einem

aufgabenabhängigen Einfluss zu stehen.

Tabelle 3.7.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Gesamtzahl der Ausführungsfehler

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Gesamtzahl der Ausführungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,003	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Gesamtzahl der Ausführungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,001	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von Gesamtzahl der Ausführungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,059	Nullhypothese behalten.
S: Die Verteilung von Gesamtzahl der Ausführungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,024	Nullhypothese ablehnen.

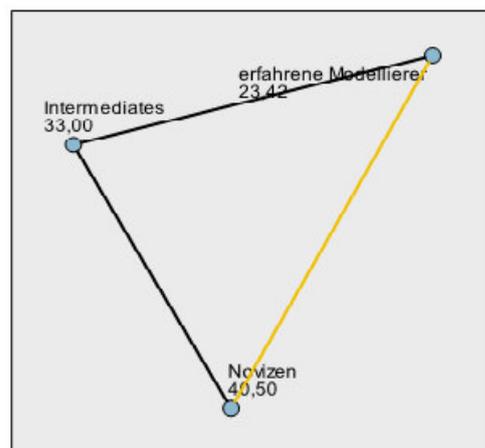


Abbildung 3.29.: Paarweise Post-hoc-Test für die Anzahl der Ausführungsfehler (G)

Mit Hilfe von paarweisen Post-hoc-Tests wird untersucht, welche Gruppen sich signifikant voneinander unterscheiden. Für die Anzahl der Ausführungsfehler in allen Aufgaben gemeinsam (siehe Abbildung 3.29) und in der Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.30) unterscheiden sich die erfahrenen Modellierer signifikant von den Novizen, während sich weder erfahrene Modellierer und Intermediates noch Novizen und Intermediates signifikant voneinander unterscheiden. Allerdings liegen die Werte der Intermediates näher an denen der Novizen. Für die Kaffeeaufgabe unterscheiden sich die erfahrenen Modellierer signifikant von den Intermediates und hochsignifikant von den Novizen (siehe Abbildung 3.31). Die anderen

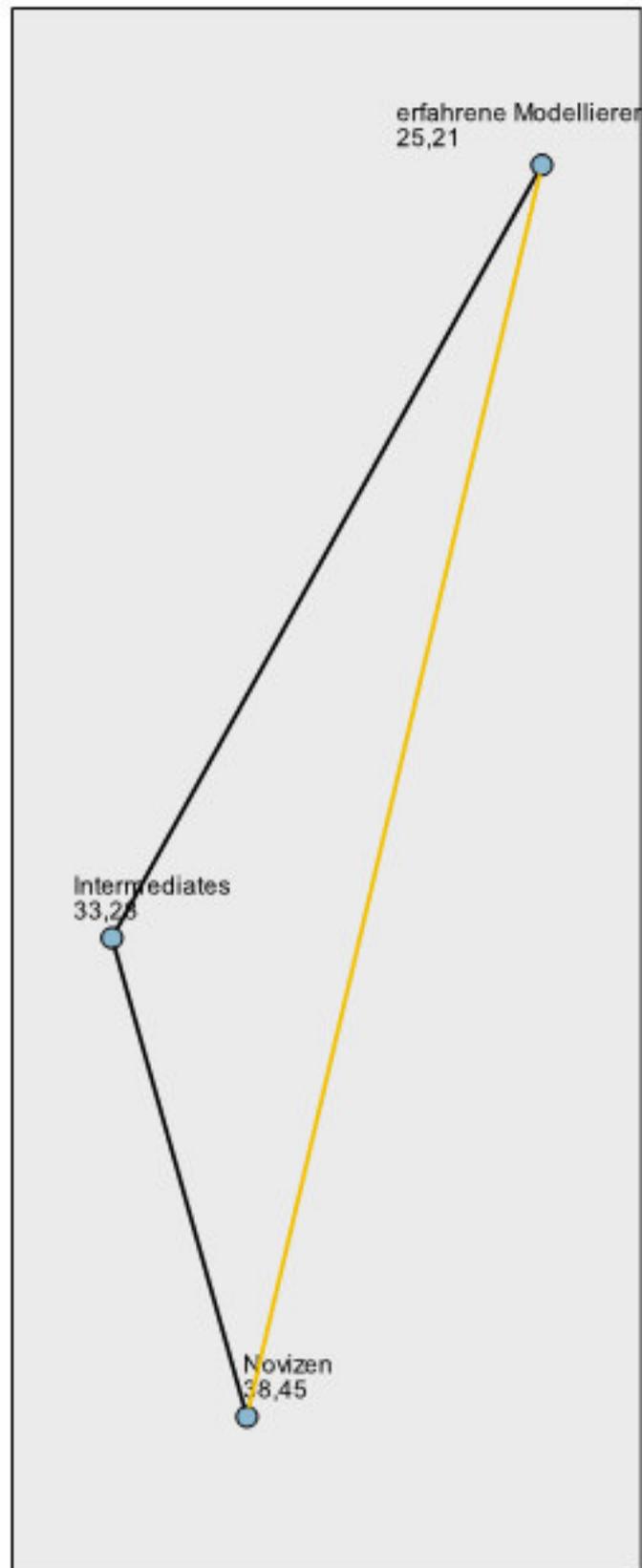


Abbildung 3.30.: Paarweise Post-hoc-Test für die Anzahl der Ausführungsfehler (S)

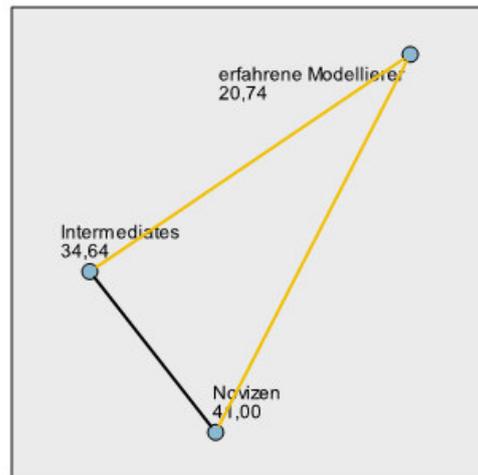


Abbildung 3.31.: Paarweise Post-hoc-Test für die Anzahl der Ausführungsfehler (K)

beiden Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Somit ist die Anzahl der Ausführungsfehler signifikant abhängig von der Modellierungsexpertise, aber nur, wenn auch praktische Vorkenntnisse vorhanden sind. Theoretische Vorkenntnisse führen zu keiner signifikanten Verbesserung der Modelle, die Anzahl der Ausführungsfehler betreffend.

Die Gesamtzahl der Ausführungsfehler ist für G, K und S signifikant abhängig von der Modellierungsexpertise, keines der anderen untersuchten Merkmale weist eine höhere Signifikanz auf, allerdings scheint diese Abhängigkeit vor allem von der praktischen Modellierungsexpertise zu bestehen. Da die Ergebnisse der einzelnen Aufgaben besonders für die Intermediates stark unterschiedlich sind und die Nullhypothese für D nicht verworfen wird, werden im Folgenden die einzelnen Ausführungsfehlertypen betrachtet. Dies ermöglicht die Identifizierung von Fehlertypen, die von praktischer beziehungsweise theoretischer Modellierungsexpertise abhängig sind und solcher, auf die noch ein weiterer Einfluss zu wirken scheint.

3.1.9.1. Statistische Analyse der Vertauschungsfehler

Die Anzahl der Vertauschungsfehler gibt an, wie oft ein Proband eine Aktivität einer falschen Swimlane zugeordnet hat, aber auch, wie oft statt einer Information ein Werkzeug modelliert wurde und umgekehrt.

3.1.9.1.1. Gesamtheit der Vertauschungsfehler Die Verteilungen für die Anzahl der Vertauschungsfehler variieren sowohl für die einzelnen Aufgaben als auch für alle Aufgaben gemeinsam getrennt voneinander. Im

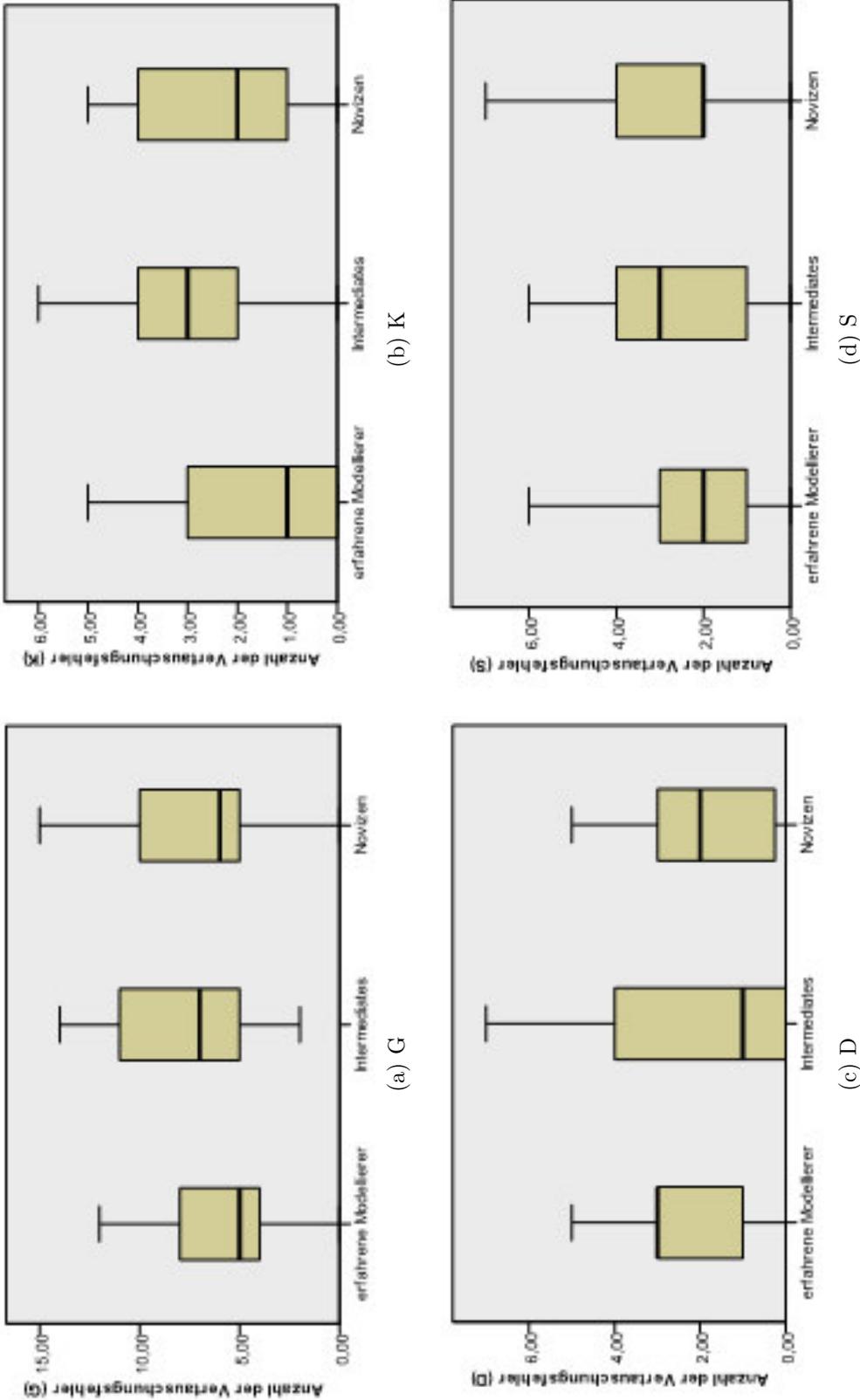


Abbildung 3.32.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Vertauschungsfehler

Vergleich zu der Anzahl der Ausführungsfehler insgesamt ist die Anzahl der Vertauschungsfehler allerdings eher gering (siehe Abbildung 3.32).

Für alle Aufgaben gemeinsam (siehe Abbildung 3.32a) liegen die Werte für die erfahrenen Modellierer zwischen null und zwölf wurden, die der Intermediates zwischen zwei und vierzehn und die der Novizen zwischen null und fünfzehn. Es gab also Probanden in den Gruppen E und N, die in keiner der Aufgaben einen Vertauschungsfehler begingen. Ein Viertel der erfahrenen Modellierer machte maximal vier Fehler, die Hälfte der erfahrenen Modellierer und je ein Viertel der Intermediates und Novizen maximal fünf. Auffällig ist, dass sowohl der Median als auch das 75-Prozent-Quartil der Intermediates jeweils einen Fehler höher liegt als die der Novizen. Die Quartile der erfahrenen Modellierer liegen immer unterhalb von denen der Intermediates und Novizen. Der Einfluss der Modellierungsexpertise auf die Anzahl der Vertauschungsfehler scheint für G eher gering zu sein, da die Werte der erfahrenen Modellierer und der Novizen nicht weit voneinander entfernt liegen.

Für die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.32b) machte ein Viertel der erfahrenen Modellierer keinen Vertauschungsfehler, die Hälfte von ihnen und ein Viertel der Novizen maximal einen. Die Hälfte der Novizen und ein Viertel der Intermediates machte maximal zwei Vertauschungsfehler und drei Viertel der erfahrenen Modellierer und die Hälfte der Intermediates höchstens drei. Je drei Vierteln der Novizen und der Intermediates unterliefen maximal vier Fehler. Wieder fällt auf, dass die Werte zwar für die Gruppen verschieden verteilt sind, aber dicht beieinander liegen, so dass auch für die Kaffeeaufgabe der Einfluss der Modellierungsexpertise eher gering erscheint.

Für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.32c) unterscheiden sich die Verteilungen zwar, aber die Werte liegen erneut dicht beieinander. Für jede Gruppe gab es Probanden, die in der Diamantenaufgabe keinen Fehler machten, dies gilt sogar für ein Viertel der Intermediates. Ein Viertel der erfahrenen Modellierer und die Hälfte der Intermediates machten maximal einen Fehler, die Hälfte der Novizen maximal zwei. Je drei Viertel der erfahrenen Modellierer und der Novizen machten maximal drei Fehler, drei Viertel der Intermediates maximal vier. Kein erfahrener Modellierer und kein Novize machte mehr als fünf Fehler, kein Intermediate mehr als sieben. Erneut fällt auf, dass die Novizen ebenso wie die erfahrenen Modellierer weniger Vertauschungsfehler begehen als die Intermediates, so dass der Einfluss der Modellierungsexpertise auf die Anzahl der Vertauschungsfehler eher schwach zu sein scheint.

Für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.32d) gab es ebenfalls in allen Expertisegruppen Probanden, denen kein Vertauschungsfehler unterlief. Je ein Viertel der erfahrenen Modellierer und der Intermediates machten maximal einen Fehler, je die Hälfte der erfahrenen Modellierer

und der Novizen maximal zwei. Drei Viertel der erfahrenen Modellierer und die Hälfte der Intermediates machten maximal drei Fehler, je drei Viertel der Intermediates und der Novizen maximal vier. Kein erfahrener Modellierer und kein Intermediate machte mehr als sechs Fehler, kein Novize mehr als sieben. Hier schneiden allerdings die Intermediates besser ab als die Novizen. Erneut unterscheiden sich die Gruppen allerdings nur schwach, so dass auch für die Simulationsaufgabe die Abhängigkeit der Anzahl der Vertauschungsfehler von der Modellierungsexpertise eher schwach zu sein scheint.

Zur Überprüfung dieser Annahmen werden die Nullhypothesen mit dem Jonckheere-Treppstra-Test überprüft. Dieser verwirft keine der Nullhypothesen (siehe Tabelle 3.8).

Tabelle 3.8.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Vertauschungsfehler

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Anzahl der Vertauschungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,243	Nullhypothese behalten.
K: Die Verteilung von Anzahl der Vertauschungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,101	Nullhypothese behalten.
D: Die Verteilung von Anzahl der Vertauschungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,772	Nullhypothese behalten.
S: Die Verteilung von Anzahl der Vertauschungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,302	Nullhypothese behalten.

Auch von den andern überprüften Merkmalen ist die Anzahl der Vertauschungsfehler nicht signifikant abhängig. Zur Prüfung, ob für jede Art von Vertauschungsfehler keine Abhängigkeit von der Modellierungsexpertise besteht, oder ob sich die Gruppen der falsch zugeordneten Aktivitäten oder die Vertauschung von Informationen und Werkzeugen doch signifikant unterscheiden, werden im Folgenden die einzelnen Typen betrachtet.

3.1.9.1.2. Statistische Auswertung der Anzahl der falsch zugeordneten Aktivitäten

Die Anzahl der Aktivitäten, die der falschen Swimlane zugeordnet wurden, ist für alle Gruppen eher gering, für alle Aufgaben gemeinsam machte nur ein Ausreißer mehr als sechs solche Fehler (siehe Abbildung 3.33). Jeweils drei Viertel jeder Gruppe ordnete maximal 3 Aktivitäten der falschen Swimlane für alle Aufgaben gemeinsam zu, für die Kaffeeaufgabe begingen nur Ausreißer einen oder zwei Vertau-

schungsfehler. Für die Diamantenaufgabe modellierten je drei Viertel jeder Modellierungsexpertisegruppe maximal eine Aktivität in der falschen Swimlane, für die Simualtionsaufgabe machten drei Viertel der erfahrenen Modellierer und der Novizen maximal einen Vertauschungsfehler, der Intermediates maximal zwei. Die Verteilungen variieren nur schwach getrennt voneinander. Dieser Fehlertyp scheint somit eher nicht von der Modellierungsexpertise abhängig zu sein.

Die Jonckheere-Terpstra-Test bestätigen diesen Eindruck, denn keine der Nullhypothesen wird verworfen (siehe Tabelle 3.9). Somit ist die Anzahl der in der falschen Swimlane dargestellten Aktivitäten nicht signifikant abhängig von der Modellierungsexpertise.

Tabelle 3.9.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der falsch zugeordneten Aktivitäten

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Anzahl der falsch zugeordneten Aktivitäten ist über Kategorien von M gleich.	,391	Nullhypothese behalten.
K: Die Verteilung von Anzahl der falsch zugeordneten Aktivitäten ist über Kategorien von M gleich.	,555	Nullhypothese behalten.
D: Die Verteilung von Anzahl der falsch zugeordneten Aktivitäten ist über Kategorien von M gleich.	,206	Nullhypothese behalten.
S: Die Verteilung von Anzahl der falsch zugeordneten Aktivitäten ist über Kategorien von M gleich.	,899	Nullhypothese behalten.

Einzig für die Diamantenaufgabe ist die Anzahl der falsch zugeordneten Aktivitäten signifikant abhängig von einem der untersuchten Merkmale. Die Probanden aus dem kaufmännischem, technischem, naturwissenschaftlichen oder sozial-/geisteswissenschaftlichem Fachbereich stellten maximal eine Aktivität in der falschen Swimlane dar (siehe Abbildung 3.34).

3.1.9.1.3. Statistische Auswertung der Anzahl der durch eine Information dargestellten Werkzeuge Im Folgenden wird betrachtet, ob die Anzahl der fälschlicherweise als Informationen dargestellten Werkzeuge eine stochastische Abhängigkeit von der Modellierungsexpertise aufweist. Die Verteilungen variieren nur für G, D und S getrennt von-

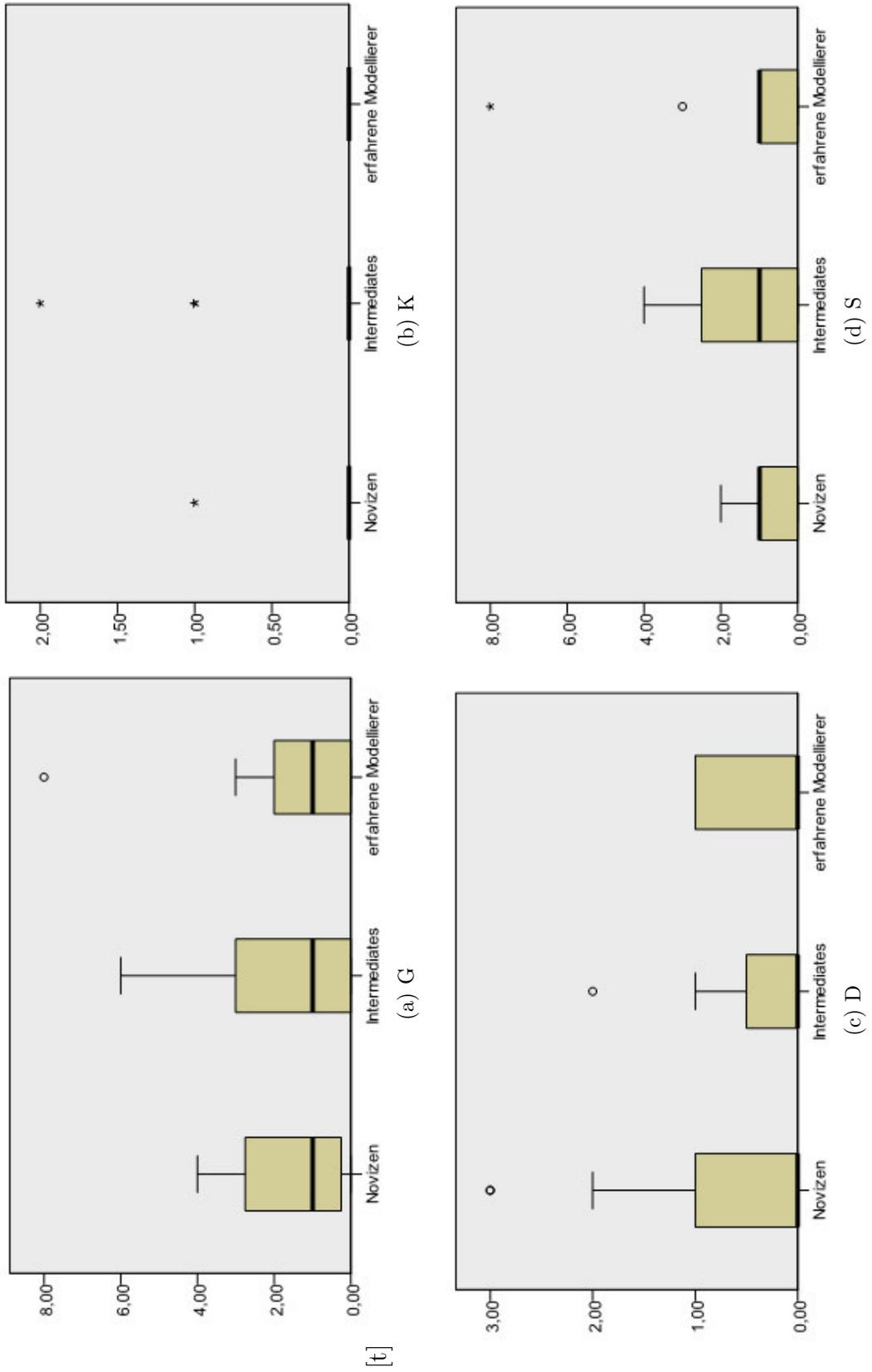


Abbildung 3.33.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der falsch zugeordneten Aktivitäten abhängig von der Modellierungsexpertise

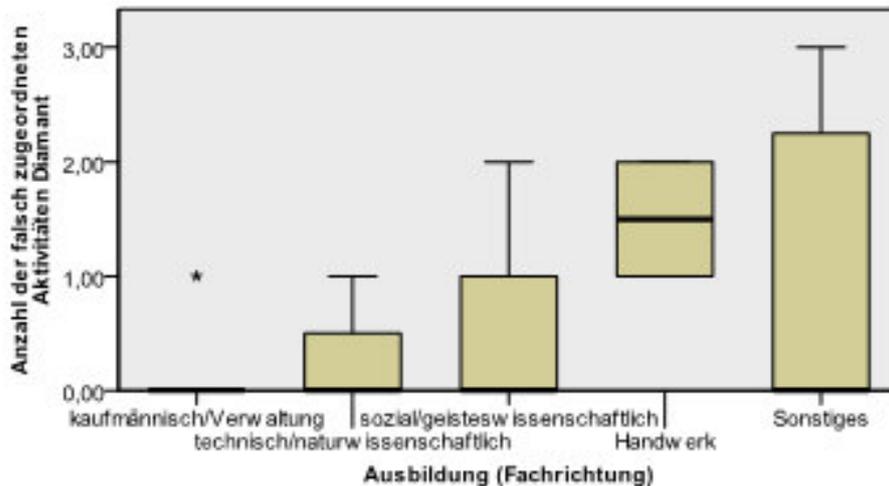


Abbildung 3.34.: Verteilung der Anzahl der falsch zugeordneten Aktivitäten abhängig von der Fachrichtung (D)

einander, so dass für K nicht von einer stochastischen Abhängigkeit der Anzahl der fälschlicherweise als Informationen dargestellten Werkzeuge ausgegangen werden kann. Des Weiteren ist für alle Aufgaben ersichtlich, dass die erfahrenen Modellierer häufiger Werkzeuge als Informationen darstellen als die anderen beiden Gruppen, dies kann allerdings darin begründet sein, dass die Werkzeuge von den Probanden der anderen Gruppen ausgelassen wurden (siehe Abbildung 3.35).

Jonckheere-Terpstra-Tests werden für G, D und S durchgeführt und zeigen, dass die Nullhypothese für die drei übrigen Aufgaben verworfen werden kann (siehe Tabelle 3.10).

Tabelle 3.10.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der fälschlicherweise als Informationen dargestellten Werkzeuge

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Info statt Werkzeug ist über Kategorien von M gleich.	,021	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von Info statt Werkzeug ist über Kategorien von M gleich.	,001	Nullhypothese ablehnen.
S: Die Verteilung von Info statt Werkzeug ist über Kategorien von M gleich.	,001	Nullhypothese ablehnen.

Die paarweisen Post-hoc-Tests zeigen, dass sich die erfahrenen Modellierer signifikant häufiger Werkzeuge als Informationen darstellen als Intermediates und Novizen für G, D und S. Intermediates und Novizen

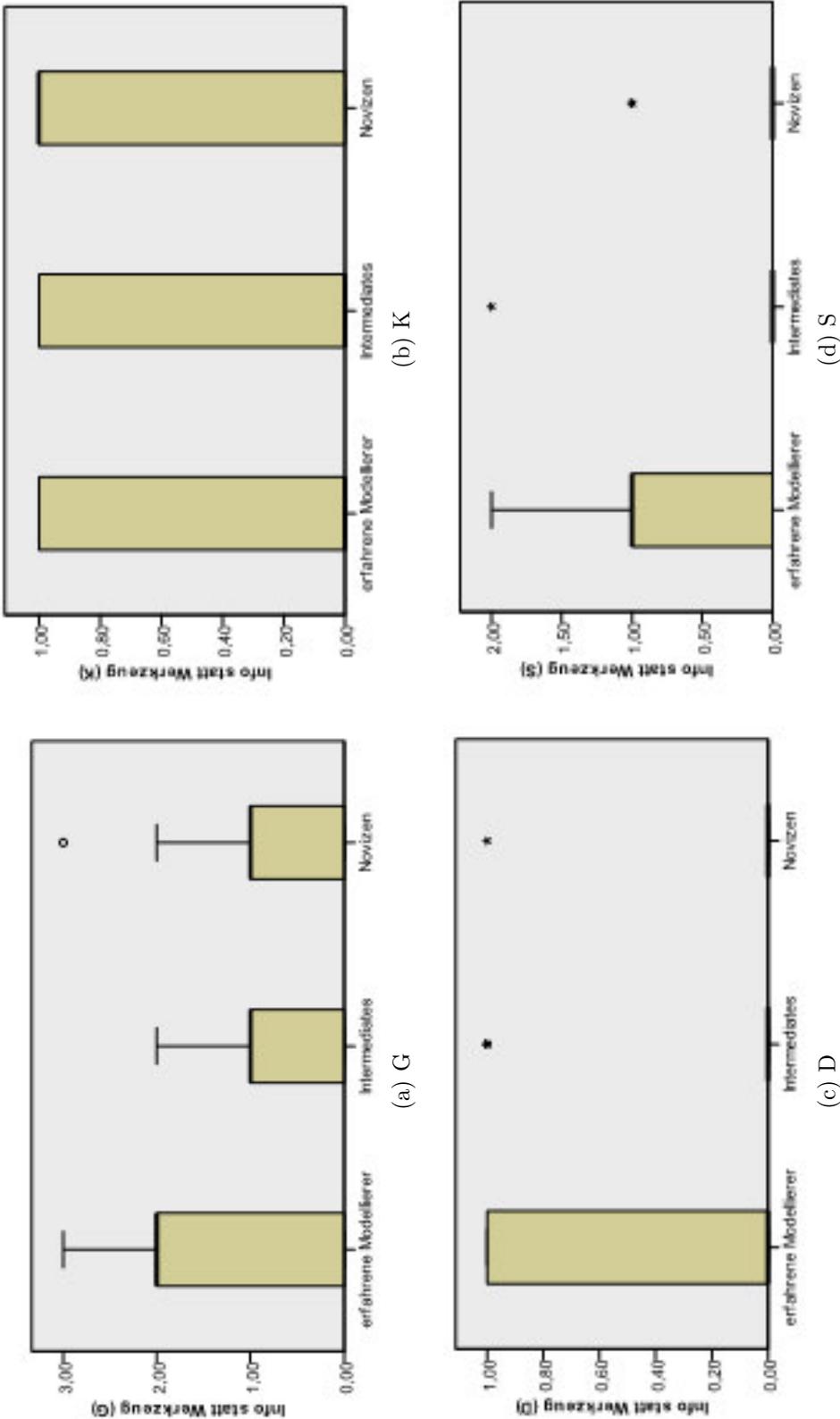


Abbildung 3.35.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der als Information dargestellten Werkzeuge

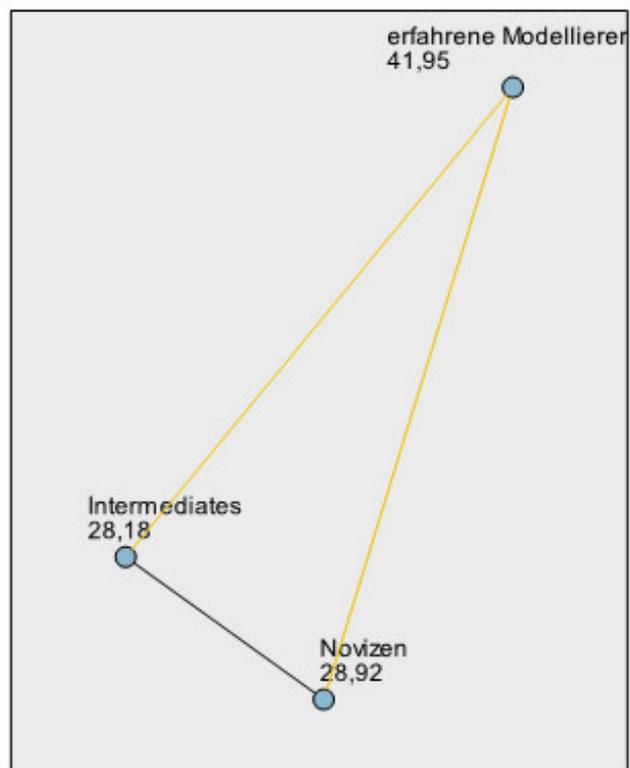


Abbildung 3.36.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der fälschlicher Weise als Informationen dargestellten Werkzeuge (G)

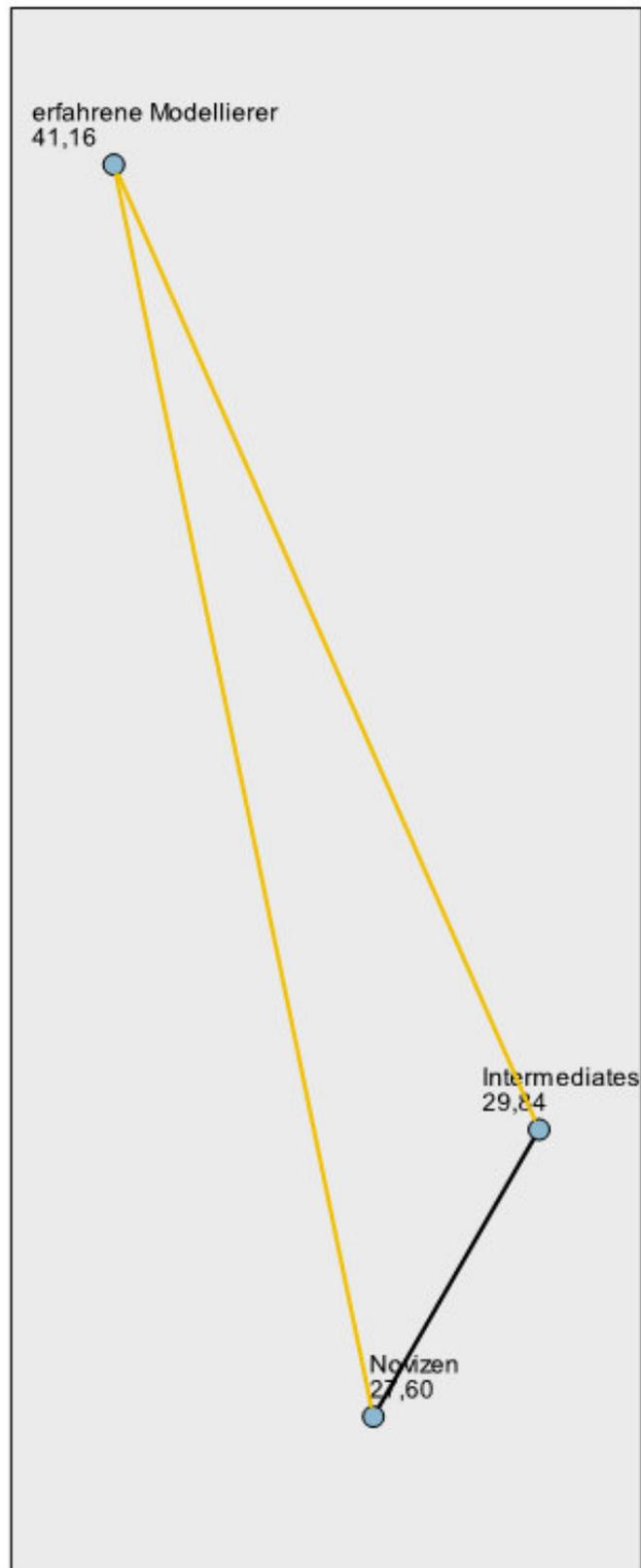


Abbildung 3.37.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der fälschlicher Weise als Informationen dargestellten Werkzeuge (D)

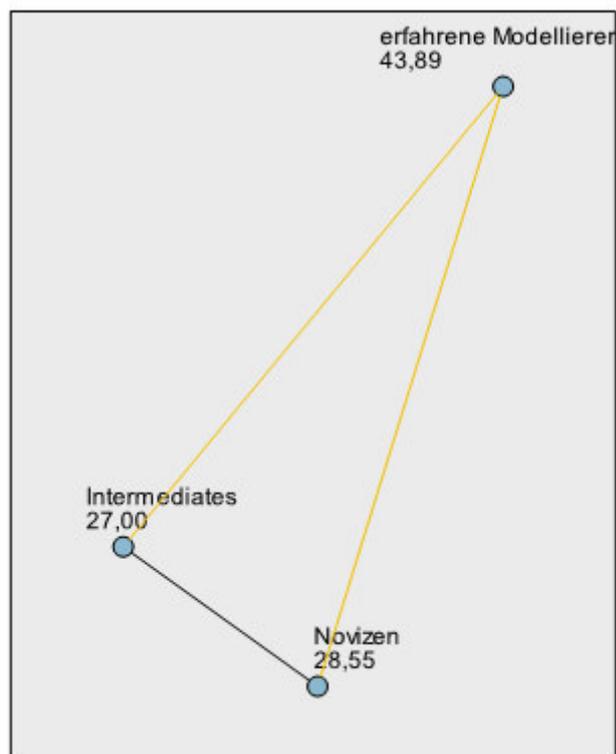


Abbildung 3.38.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der fälschlicher Weise als Informationen dargestellten Werkzeuge (S)

unterscheiden sich nicht signifikant und sind für S und G durch eine Fehlerwahrscheinlichkeit von 100% nicht zu unterscheiden (siehe Abbildung 3.36, 3.37, 3.38). Somit ist die Anzahl der fälschlicherweise als Informationen modellierten Werkzeuge signifikant abhängig von der Modellierungsexpertise, allerdings nur von der praktischen. Allerdings fällt auf, dass die erfahrenen Modellierer hier signifikant mehr Fehler dieses Typen gemacht haben, als die anderen beiden Gruppen.

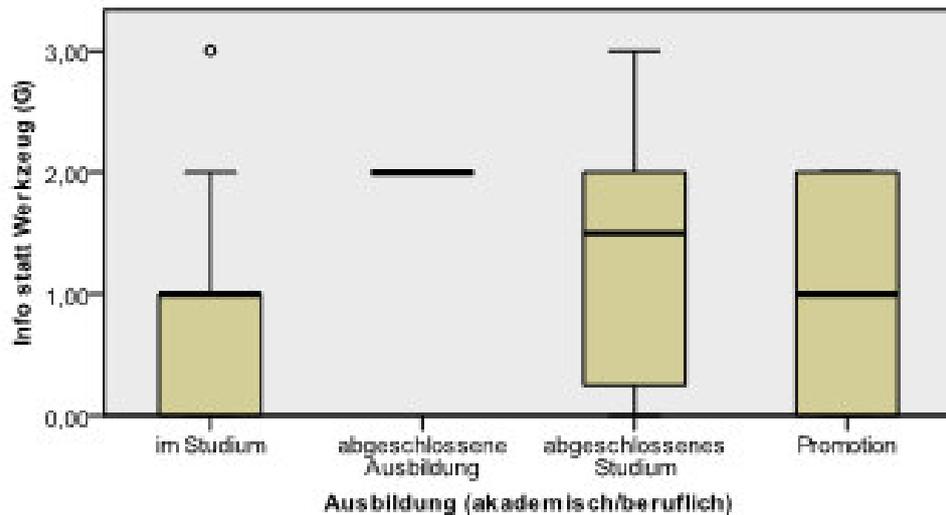


Abbildung 3.39.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der fälschlicher Weise als Informationen dargestellten Werkzeuge (G) abhängig von der akademischen und beruflichen Ausbildung

Für alle Aufgaben gemeinsam liegt zudem eine höhere signifikante Abhängigkeit (0,008) von der akademischen und beruflichen Ausbildung vor als von der Modellierungsexpertise. Auffällig ist, dass ungefähr die Hälfte der Probanden mit abgeschlossenem Studium oder mit Promotion zwei Werkzeuge als Information darstellte, während dies nur wenige der Studierenden, aber alle mit abgeschlossener Ausbildung taten (siehe Abbildung 3.39).

Die Häufigkeit mit der Werkzeuge als Informationen dargestellt werden steigt somit sowohl mit der Modellierungsvorerfahrung als auch mit der Ausbildungsstufe an. Dies könnte darin begründet sein, dass in den Modellierungssprachen, die die Probanden kannten, Werkzeuge und Informationen nicht unterschieden werden.

3.1.9.1.4. Statistische Auswertung der Anzahl der durch ein Werkzeug dargestellten Informationen Die Verteilungen der Anzahl der fälschlicherweise als Werkzeuge modellierten Informationen variieren getrennt voneinander sowohl für alle Aufgaben gemeinsam, als auch für

S. Für K fand diese Art von Vertauschungsfehler nicht statt und für D unterlief sie nur einem einzigen Intermediate, der als extremer Ausreißer gewertet wird. Generell fällt auch hier auf, dass die Anzahl dieser Fehler mit steigender Modellierungsexpertise ansteigt. Der Grund hierfür dürfte derselbe sein, wie auch für die als Informationen dargestellten Werkzeuge, nämlich dass die Werkzeuge von den Probanden gar nicht dargestellt wurden (siehe Abbildung 3.40).

Für die Gesamtheit der Aufgaben (siehe Abbildung 3.40a) stellte je die Hälfte der erfahrenen Modellierer und der Intermediates keine Information als Werkzeug dar. Drei Viertel der Intermediates stellten maximal eine Information als Werkzeug dar, drei Viertel der erfahrenen Modellierer zwei. Kein erfahrener Modellierer und nur ein Intermediate, der als Ausreißer gewertet wird, stellten mehr als zwei Informationen als Werkzeug dar. Von den Novizen stellten nur vier Probanden Informationen als Werkzeug dar und diese wurden als extreme Ausreißer gewertet, zwei von ihnen stellten eine Information als Werkzeug dar, einer zwei und einer vier.

Für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.40d) entsprechen die Werte der erfahrenen Modellierer und der Novizen denen von G, da diese nur hier Informationen als Werkzeuge modellierten. Die Werte der Intermediates wurden allerdings durch den Ausreißer in der Diamantenaufgabe verändert, da dieser in G mit eingerechnet wurde und in S natürlich nicht berücksichtigt wird. Die Hälfte der Intermediates modellierte keine Information als Werkzeug. Bis auf vier Ausreißer, die zwei Informationen als Werkzeuge darstellten, stellte kein Intermediate mehr als eine Information als Werkzeug dar.

Jonckheere-Terpstra-Tests werden nur für G und S durchgeführt und zeigen, dass die Nullhypothesen nicht verworfen werden können. Die Anzahl der als Werkzeuge modellierten Informationen ist demnach nicht stochastisch abhängig von der Modellierungsexpertise (siehe Tabelle 3.11).

Tabelle 3.11.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der als Werkzeuge modellierten Informationen

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Werkzeug statt Info ist über Kategorien von M gleich.	,358	Nullhypothese behalten.
S: Die Verteilung von Werkzeug statt Info ist über Kategorien von M gleich.	,369	Nullhypothese behalten.

Die Anzahl der als Werkzeuge dargestellten Informationen ist auch von keinem der anderen Merkmale signifikant abhängig.

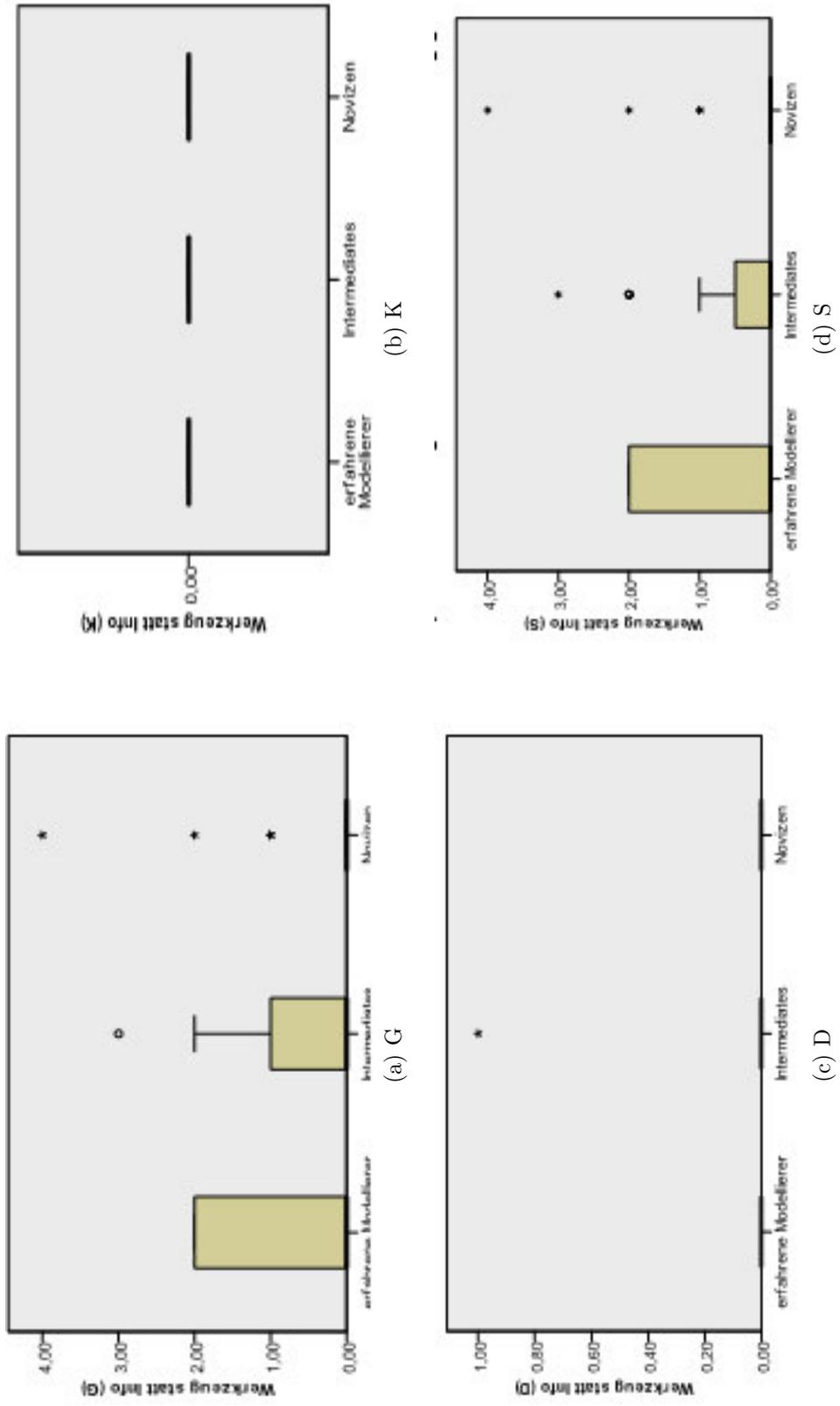


Abbildung 3.40.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der als Werkzeuge dargestellten Informationen

3.1.9.2. Statistische Analyse der Labelingfehler und Labelingtypen

Im Folgenden wird überprüft, ob die Art, eine Aktivität zu beschriften, abhängig von der Modellierungsexpertise ist. Von besonderem Interesse ist natürlich, ob die Anzahl der Labelingfehler abhängig von der Modellierungsexpertise ist.

3.1.9.2.1. Labelingfehler Die Verteilungen der Labelingfehler (siehe Abbildung 3.41) variieren getrennt voneinander für die verschiedenen Expertisegruppen sowohl für alle Aufgaben gemeinsam als auch für die einzelnen Aufgaben.

Ein Viertel der erfahrenen Modellierer machten in allen drei Modellen keinen Labelingfehler (siehe Abbildung 3.41a), solche Probanden gab es auch in den Gruppen I und N, allerdings machte hier ein Viertel maximal vier beziehungsweise fünf Fehler. Maximal fünf Fehler beging die Hälfte der erfahrenen Modellierer, die der Intermediates beging maximal sechs, während der Median für die Novizen bei 9,5 liegt. Drei Viertel der Intermediates begingen maximal elf Labelingfehler (E: 13, N: 15). Kein erfahrener Modellierer machte mehr als neunzehn Labelingfehler in allen Aufgaben gemeinsam, kein Novize mehr als zweiundzwanzig. Ein Intermediate, der als Ausreißer angesehen wird, machte fünfundzwanzig Labelingfehler, während die anderen Probanden dieser Gruppe maximal achtzehn machten. Somit scheint die Anzahl der Labelingsfehler für alle Aufgaben gemeinsam von der Modellierungsexpertise abzuhängen.

Für die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.41b) machte ein Viertel der erfahrenen Modellierer keinen Labelingfehler, null ist auch der unterste Wert für die anderen beiden Gruppen. Während die Hälfte der erfahrenen Modellierer maximal einen Labelingfehler machten, gilt dies nur für je ein Viertel der Intermediates und der Novizen (25-Prozent-Quartil: 1,25). Die Hälfte der Intermediates machte maximal zwei Fehler, während die der Novizen maximal drei machte (75-Prozent-Quartil von E). Kein erfahrener Modellierer und kein Intermediate machte mehr als sieben Fehler, kein Novize mehr als acht. Auch für die Kaffeeaufgabe scheint die Anzahl der Labelingfehler von der Modellierungsexpertise abzuhängen.

Für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.41c) machte ein Viertel der erfahrenen Modellierer keinen Fehler, null ist auch der unterste Wert für die Intermediates und die Novizen. Die 25-Prozent-Quartile der Intermediates und der Novizen liegen bei eins beziehungsweise 1,25. Von den erfahrenen Modellierern machte die Hälfte maximal zwei Fehler, die der Intermediates maximal drei und die der Novizen maximal vier. Kein erfahrener Modellierer machte mehr als neun Fehler, von den anderen beiden Gruppen machte kein Proband mehr als zehn Fehler. Eine Abhängigkeit der Labelingfehler von der Modellierungsexpertise scheint auch hier

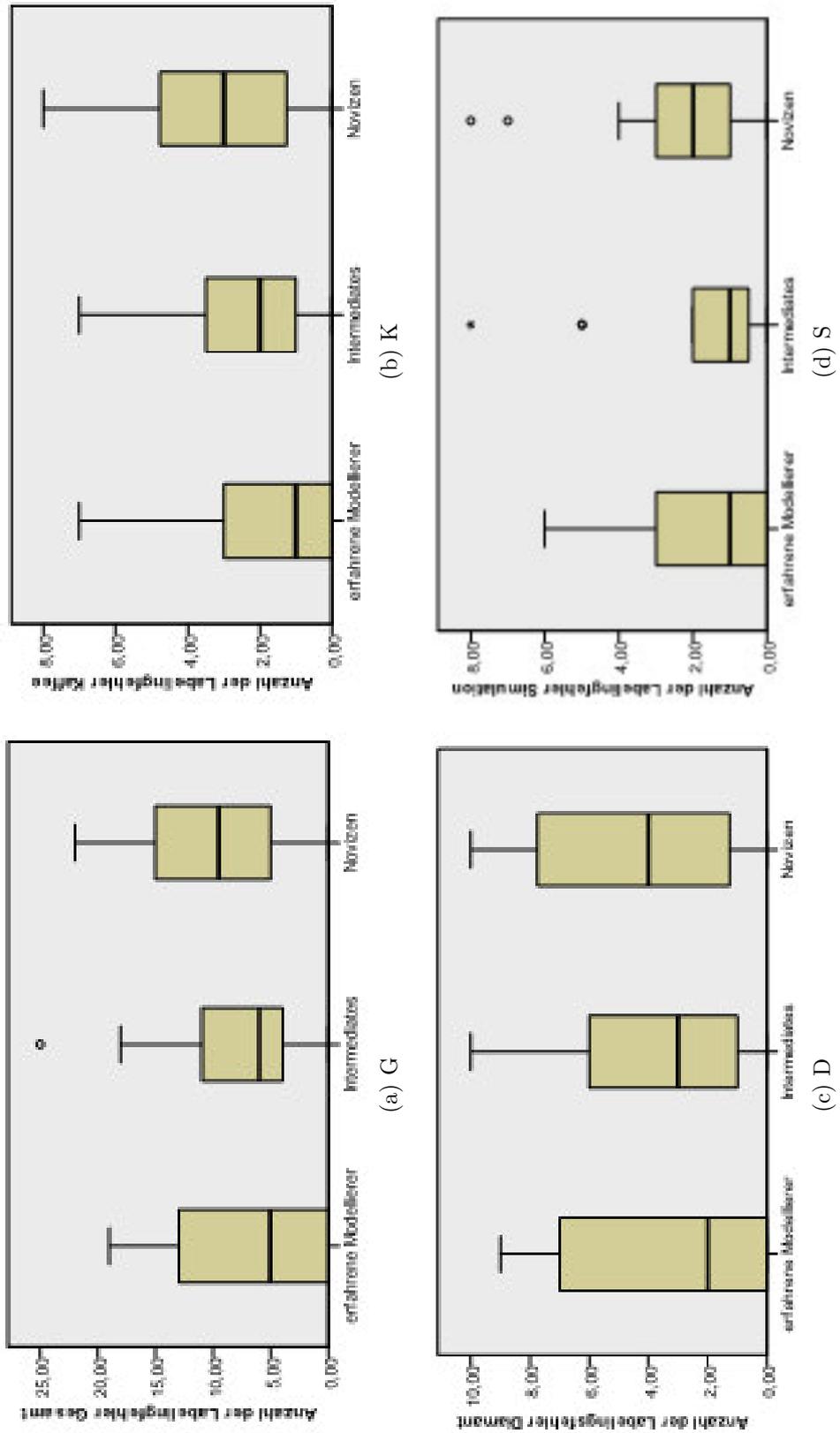


Abbildung 3.41.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl Labelingfehler

gegeben zu sein, allerdings scheint der Einfluss der Modellierungsexpertise auf die Labelingfehlerzahl geringer zu sein als für die Kaffeeaufgabe.

Für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.41d) gab es Probanden, die keinen Labelingfehler machten, unter anderem ein Viertel der erfahrenen Modellierer. Das 25-Prozent-Quartil der Intermediates liegt mit 0,5 nur knapp darüber. Das der Novizen liegt bei eins, ebenso die Mediane von E und I. Drei Viertel der Intermediates und die Hälfte der Novizen machten maximal zwei Labelingfehler. Drei Viertel der erfahrenen Modellierer und der Novizen machten maximal drei Fehler. Kein erfahrener Modellierer machte mehr als sechs Fehler, von den Novizen machten nur zwei Ausreißer mehr als vier. Die Anzahl der Labelingfehler ist für die Modellierungsexpertisegruppen verschieden, aber es ist auffällig, dass hier die Gruppe der erfahrenen Modellierer häufiger Labelingfehler begeht als die anderen beiden Gruppen.

Jonckheere-Terpstra-Tests (siehe Tabelle 3.12) zeigen, dass die Nullhypothese für die Kaffeeaufgabe und für alle Aufgaben gemeinsam verworfen werden kann.

Tabelle 3.12.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Labelingfehler

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Anzahl der Labelingfehler ist über Kategorien von M gleich.	,022	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Anzahl der Labelingfehler ist über Kategorien von M gleich.	,003	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von Anzahl der Labelingsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,138	Nullhypothese behalten.
S: Die Verteilung von Anzahl der Labelingfehler ist über Kategorien von M gleich.	,134	Nullhypothese behalten.

Die paarweisen Post-hoc-Tests für G (siehe Abbildung 3.42) zeigen, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen gibt. Es ist zu erkennen, dass sich erfahrene Modellierer und Novizen unterscheiden und die Intermediates genau zwischen den beiden anderen Gruppen liegen.

Die paarweisen Post-hoc-Tests für K (siehe Abbildung 3.43) zeigen einen signifikanten Unterschied in der Anzahl der Labelingfehler zwischen den erfahrenen Modellierern und den Novizen. Die Intermediates liegen für K ebenfalls zwischen den erfahrenen Modellierern und den Novizen, so dass sie sich nicht signifikant von einer der beiden Gruppen unterscheiden.

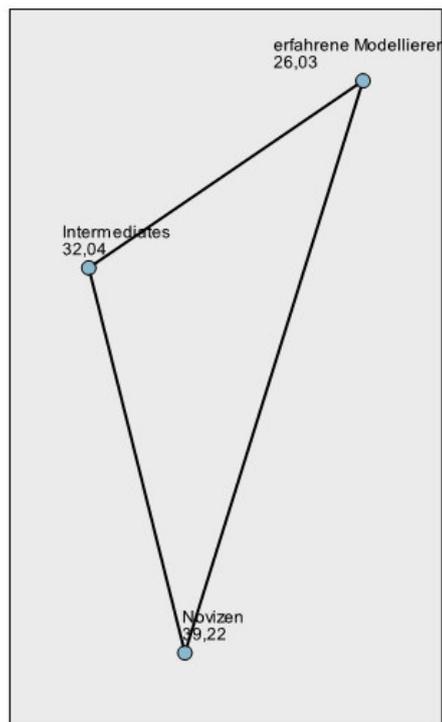


Abbildung 3.42.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl Labelingfehler (G)

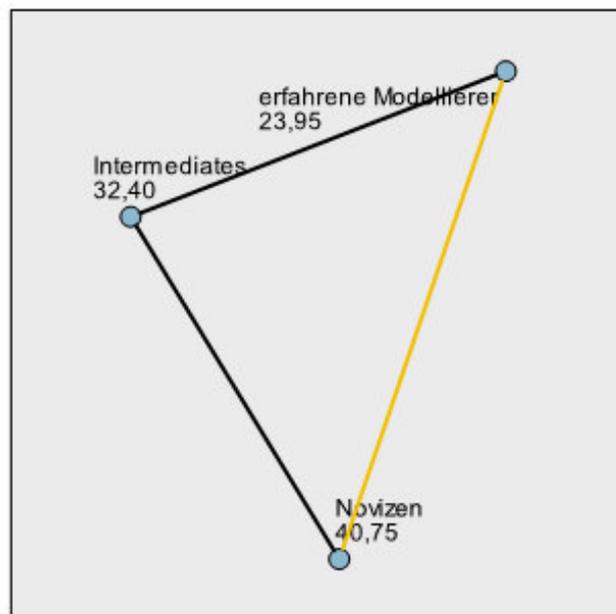


Abbildung 3.43.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Labelingfehler (K)

Die Anzahl der Labelingfehler für die Diamanten und die Simulationsaufgabe ist von keinem der untersuchten Merkmale signifikant abhängig. Für die Diamantenaufgabe machten Probanden aus allen Gruppen eher mehr Labelingfehler, während für die Simulationsaufgabe die Probanden aus allen Gruppen eher wenige Labelingfehler machten.

3.1.9.2.2. Labelingtypen Im Folgenden werden zwei verschiedenen Typen des Labeling untersucht, die als verständlich gelten. Das Labeling durch Substantivierung bezeichnet die Beschriftung von Elementen mit einem Substantiv, das die durchzuführende Tätigkeit bezeichnet („Kaffeexport“). Diesem Labelingtypen wird eine relativ gute Verständlichkeit zugesprochen, auch wenn es nicht dem eigentlichen Standard entspricht. Die verständlichste Art, Elemente zu beschriften, ist das Objekt-Verb-Labeling, bei dem die Aktivitäten mit einer Kombination aus einem Objekt und einem Verb beschriftet werden („Kaffee exportieren“).

3.1.9.2.2.1. Labeling durch Substantivierung Die Verteilungen der Anzahl der Elemente, die durch eine Substantivierung beschriftet wurden, variieren in allen Fällen getrennt. Somit scheint die Anzahl der Beschriftungen durch Substantivierung abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Für alle Aufgaben gemeinsam (siehe Abbildung 3.44a) nutzten ein Viertel der erfahrenen Modellierer und auch einige Intermediates nie die Substantivierung zur Beschriftung einer Aktivität. Die Hälfte der erfahrenen Modellierer nutzte diese Art der Beschriftung in maximal zwei Fällen, während jeder Novize mindestens zwei Substantivierungen benutzte. Ein Viertel der Intermediates nutzte in maximal vier Fällen Substantivierungen als Labels, ein Viertel der Novizen in maximal sieben. Dreiviertel der erfahrenen Modellierer benutzten für maximal elf Aktivitäten eine Substantivierung zur Beschreibung, die Hälfte der Intermediates für maximal zehn. Dreiviertel der Intermediates beschrifteten maximal vierzehn Aktivitäten durch eine Substantivierung, dies ist noch unterhalb des Medians der Novizen (15,5). Dreiviertel der Novizen nutzten für maximal zwanzig Aktivitäten eine Substantivierung als Label. Bis auf einen Ausreißer (dreißig) beschriftete kein Intermediate mehr als einundzwanzig Aktivitäten durch Substantivierungen und kein erfahrener Modellierer und kein Novize mehr als siebenundzwanzig. Somit scheint die Anzahl der durch eine Substantivierung beschrifteten Aktivitäten abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Für die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.44b) nutzte ebenfalls ein Viertel der erfahrenen Modellierer keine Substantivierung als Label und auch Probanden aus den beiden anderen Gruppen taten dies nicht. Die Hälfte der erfahrenen Modellierer und ein Viertel der Intermediates be-

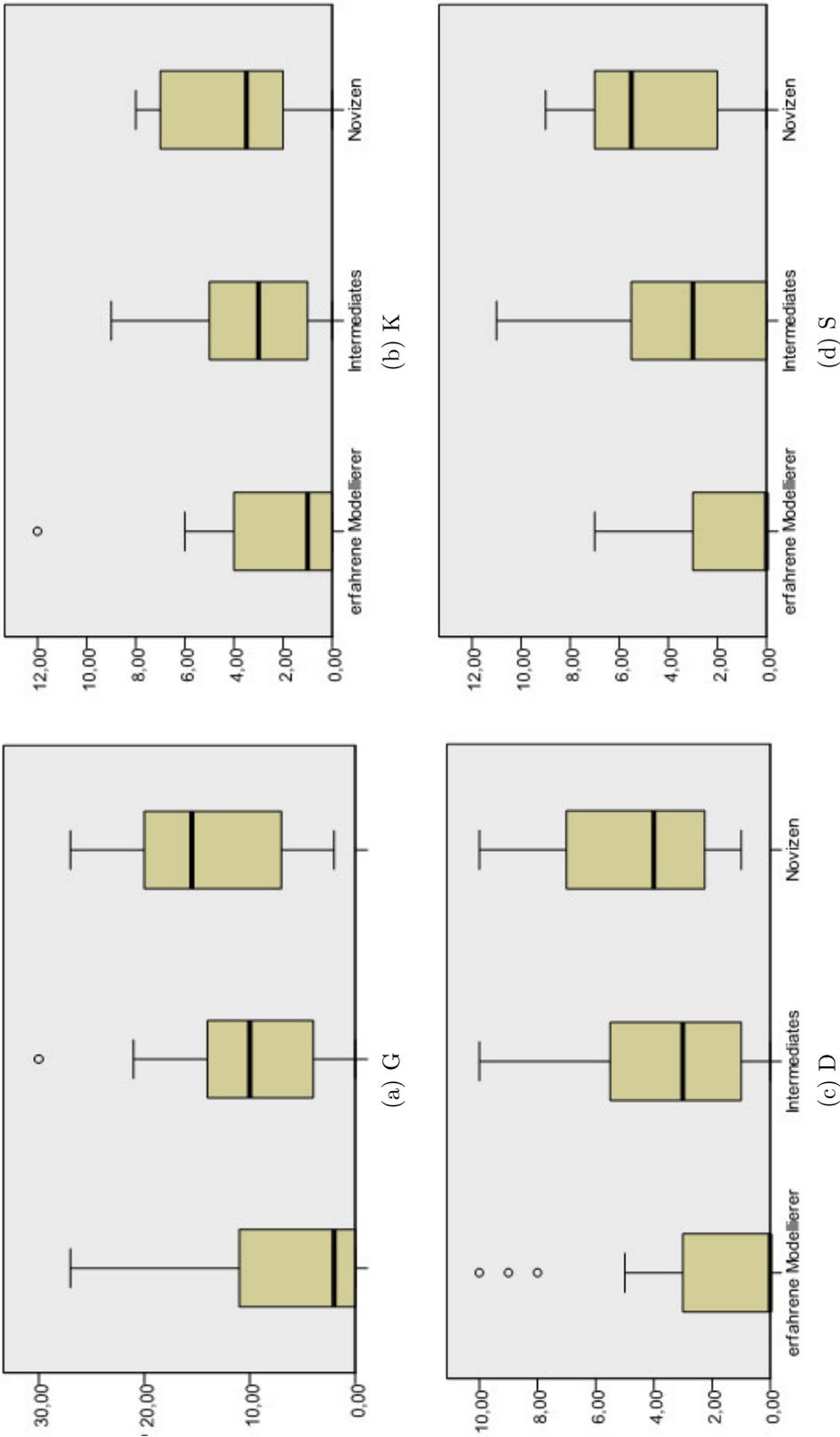


Abbildung 3.44.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Substantivierungen

schriftete maximal eine Aktivität durch eine Substantivierung. Ein Viertel der Novizen nutzten Substantivierungen für maximal zwei Labels. Die Mediane der Intermediates (3) und der Novizen (3,5) und das 75-Prozent-Quartil der erfahrenen Modellierer (4) liegen dicht beieinander. Drei Viertel der Intermediates nutzen in fünf Fällen Substantivierung und drei Viertel der Novizen in sieben. Bis auf einen extremen Ausreißer (zwölf) beschriftete kein erfahrener Modellierer mehr als sechs Aktivitäten durch Substantivierungen, kein Intermediate mehr als neun und kein Novize mehr als acht. Somit scheint auch für die Kaffeeaufgabe die Anzahl der durch eine Substantivierung beschrifteten Aktivitäten abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.44c) nutzte die Hälfte der erfahrenen Modellierer nie eine Substantivierung zur Beschriftung einer Aktivität, dies gilt auch für einige Intermediates und Novizen. Ein Viertel der Intermediates beschriftete maximal eine Aktivität durch eine Substantivierung, dies ist der unterste Wert der Novizen. Drei Viertel der erfahrenen Modellierer beschrifteten maximal drei Aktivitäten durch eine Substantivierung, dies gilt ebenfalls für die Hälfte der Intermediates, während das 25-Prozent-Quartil für die Novizen bei 2,25 liegt. Das 75-Prozent-Quartil der Intermediates liegt bei 5,5, das der Novizen bei sieben. Bis auf drei Ausreißer (8, 9 und 10) nutzte kein erfahrener Modellierer Substantivierungen für mehr als fünf Aktivitäten, kein Intermediate und kein Novize für mehr als zehn. Somit scheint die Anzahl der Beschriftungen durch Substantivierung für die Diamantenaufgabe abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.44d) nutzte wiederum die Hälfte der erfahrenen Modellierer keine Substantivierung als Label für eine Aktivität und auch einige Intermediates, aber jeder Novize für mindestens eine Aktivität. Ein Viertel der Intermediates nutzen für maximal eine Aktivität eine Substantivierung als Label. Drei Viertel der erfahrenen Modellierer und die Hälfte der Intermediates nutzten für maximal drei Aktivitäten Substantivierungen als Label. Das 75-Prozent-Quartil der Intermediates und der Median der Novizen liegen bei 5,5. Drei Viertel der Novizen beschrifteten maximal sieben Aktivitäten durch Substantivierungen, dies ist der oberste Wert der erfahrenen Modellierer. Kein Intermediate nutzte für mehr als elf Aktivitäten Substantivierungen als Label und kein Novize für mehr als sieben. Somit scheint auch für die Simulationsaufgabe die Anzahl der Aktivitäten, die durch eine Substantivierung beschriftet wurden, abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Die Jonckheere-Terpstra-Tests verwerfen in allen Fällen die Nullhypothese mit einer sehr hohen Signifikanz. Somit ist die Anzahl der durch Substantivierungen gelabelten Aktivitäten hoch signifikant abhängig von

der Modellierungsexpertise (siehe Tabelle 3.13).

Tabelle 3.13.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Labelings durch Substantivierung

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Anzahl der Labelings durch Substantivierung ist über Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Anzahl der Labelings durch Substantivierung ist über Kategorien von M gleich.	,002	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von Anzahl der Labelings durch Substantivierung ist über Kategorien von M gleich.	,001	Nullhypothese ablehnen.
S: Die Verteilung von Anzahl der Labelings durch Substantivierung ist über Kategorien von M gleich.	,001	Nullhypothese ablehnen.

Die paarweisen Post-hoc-Tests für G zeigen, dass sich die erfahrenen Modellierer sowohl hoch signifikant von den Intermediates und von den Novizen unterscheiden, während diese beiden Gruppen sich nicht signifikant unterscheiden (siehe Abbildung 3.45). Für alle Aufgaben gemeinsam sind somit praktische Modellierungsvorkenntnisse nötig, um signifikant seltener Substantivierungen für Labels zu nutzen.

Die paarweisen Post-hoc-Tests der Kaffeeaufgabe zeigen, dass sich für diese Aufgabe die erfahrenen Modellierer signifikant von den Intermediates und hoch signifikant von den Novizen unterscheiden. Intermediates und Novizen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (siehe Abbildung 3.46). Somit sinkt auch für die Kaffeeaufgabe die Anzahl der verwendeten Substantivierungen erst signifikant durch praktische Modellierungsexpertise.

Die paarweisen Post-hoc-Tests für die Diamantaufgabe (siehe Abbildung 3.47) zeigen wiederum, dass die erfahrenen Modellierer sich signifikant von den Intermediates und hoch signifikant von den Novizen unterscheiden, während sich diese beiden Gruppen nicht signifikant voneinander unterscheiden. Somit beeinflusst auch für die Diamantaufgabe erst praktische Modellierungsexpertise die Anzahl der verwendeten Substantivierungen als Labels signifikant.

Die paarweisen Post-hoc-Tests für die Simulationsaufgabe zeigen nur einen hoch signifikanten Unterschied zwischen den erfahrenen Modellierern und den Novizen. Die Intermediates unterscheiden sich weder

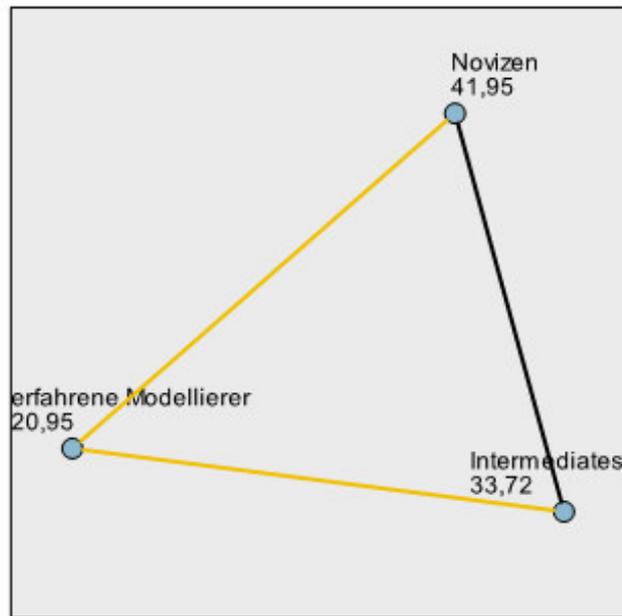


Abbildung 3.45.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Substantivierungen (G)

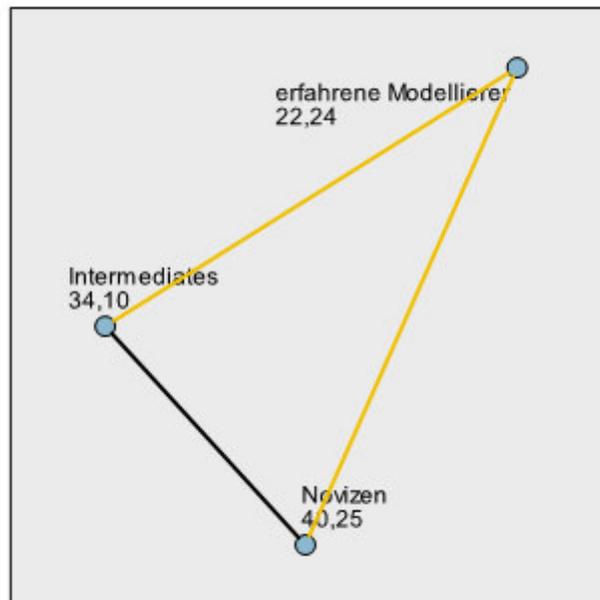


Abbildung 3.46.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Substantivierungen (K)

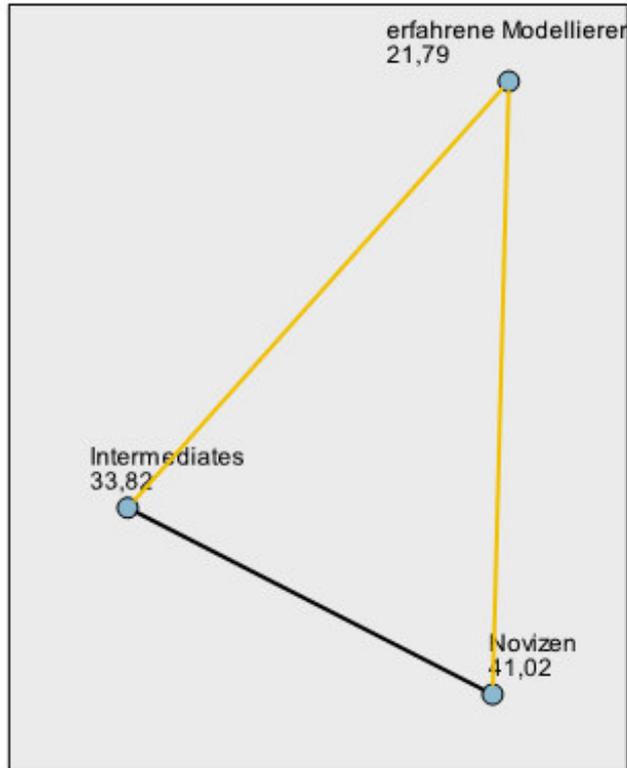


Abbildung 3.47.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Substantivierungen (D)

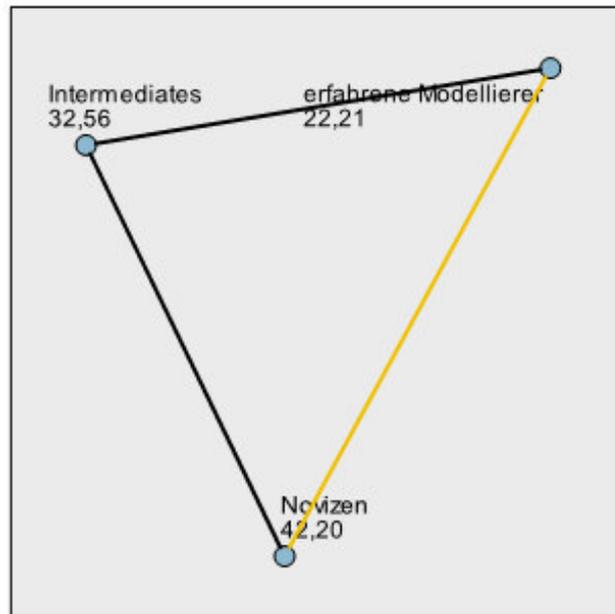


Abbildung 3.48.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Substantivierungen (S)

von den erfahrenen Modellierern noch von den Novizen signifikant (siehe Abbildung 3.48). Somit beeinflusst praktische Modellierungsexpertise die Anzahl der mit Substantivierungen beschrifteten Aktivitäten für dieses Modell nur signifikant, wenn sie mit der Anzahl von Probanden ohne Modellierungsvorkenntnisse verglichen wird.

Die Anzahl der mit Substantivierungen beschrifteten Aktivitäten ist somit abhängig von der Modellierungsexpertise, wird aber erst signifikant verringert, wenn der Modellierer über praktische Vorkenntnisse verfügt. Warum sich die Ergebnisse der Simulationsaufgabe von denen der anderen Aufgaben unterscheiden, muss weiter untersucht werden.

3.1.9.2.2.2. Labeling durch Objekt-Verb-Kombinationen Die Verteilungen der Anzahl der durch eine Objekt-Verb-Kombination beschrifteten Aktivitäten variieren getrennt voneinander für die verschiedenen Modellierungsexpertisegruppen. Somit scheint eine Abhängigkeit dieser Anzahl von der Modellierungsexpertise zu bestehen. Es ist zu erkennen, dass die Anzahl der durch eine Objekt-Verb-Kombination beschrifteten Aktivitäten mit steigender Modellierungsexpertise zunimmt (siehe Abbildung 3.49).

Für die Gesamtheit der Aufgaben (siehe Abbildung 3.49a) ist zu erkennen, dass ein Viertel der erfahrenen Modellierer 33 bis 34 Aktivitäten mit einer Objekt-Verb-Kombination beschrifteten, die Hälfte von ihnen immerhin mindestens 24. Dies ist das 75-Prozent-Quartil der Intermediates. Nur ein Viertel der erfahrenen Modellierer beschriftete maximal zehn Aktivitäten durch eine Objekt-Verb-Kombination, es gab allerdings auch erfahrenen Modellierer, wie auch Probanden aus den anderen Gruppen, die keine Aktivität mit diesem Labeltypen beschrifteten. Von den Intermediates beschriftete ein Viertel zwischen 24 und 31 Aktivitäten und ihr Median liegt bei dreizehn. Das 25-Prozent-Quartil der Intermediates liegt bei 5,5. Das 25-Prozent-Quartil der Novizen liegt hingegen bei 1,25, ihr Median bei 4 und ihr 75-Prozent-Quartil bei 10,75. Der oberste Wert für die Novizen liegt bei 20. Somit beschrifteten die Novizen wesentlich weniger Aktivitäten durch eine Objekt-Verb-Kombination als die anderen beiden Gruppen. Für G scheint die Anzahl der durch eine Objekt-Verb-Kombination beschrifteten Aktivitäten abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Für die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.49b) beschriftete ein Viertel der erfahrenen Modellierer dreizehn Aktivitäten mit einer Objekt-Verb-Kombination, die Hälfte zwischen sieben und dreizehn. Ein Viertel der erfahrenen Modellierer beschriftete maximal zwei Aktivitäten mit diesen Labeltypen (unterster Wert von E: 0). Auch der oberste Wert der Intermediates ist dreizehn, allerdings beschriftete die Hälfte zwischen fünf und dreizehn. Ein Viertel der Intermediates beschrifteten maximal eine

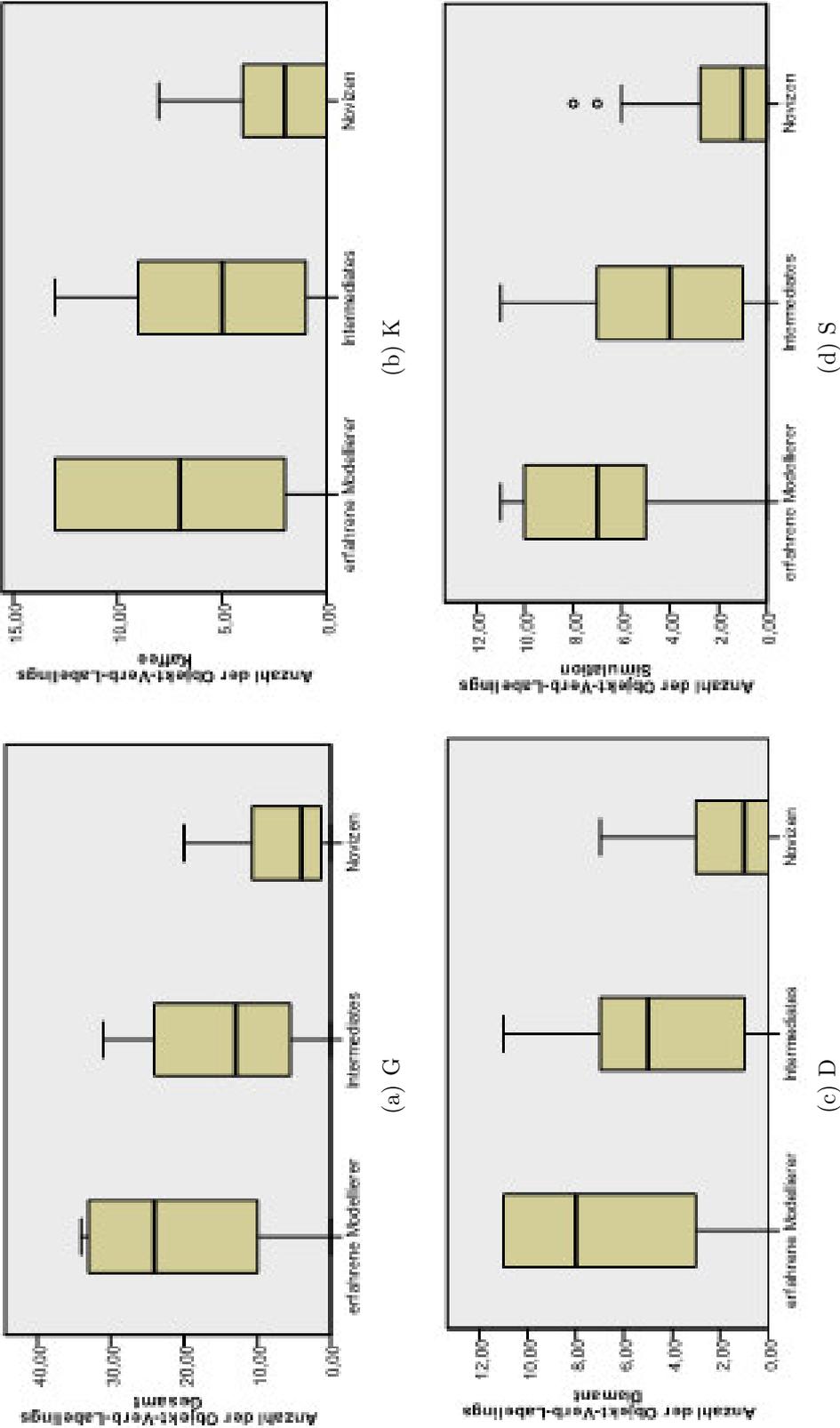


Abbildung 3.49.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Objekt-Verb-Kombinationen

Aktivität mit einem Objekt-Verb-Label (unterster Wert von I: 0). Ein Viertel der Novizen beschriftete zwischen vier und acht Aktivitäten mit diesem Labeltypen, die Hälfte zwischen zwei und acht. Allerdings nutzte ein Viertel der Novizen für keine Aktivität eine Beschriftung durch eine Objekt-Verb-Kombination. Die Anzahl der durch eine Objekt-Verb-Kombination beschrifteten Aktivitäten scheint somit für die Kaffeeaufgabe abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.49c) beschriftete ein Viertel der erfahrenen Modellierer jeweils elf Aktivitäten durch ein Objekt-Verb-Label, die Hälfte immerhin zwischen acht und elf. Allerdings beschriftete ein Viertel maximal drei Aktivitäten mit einem Objekt-Verb-Label und einige gar keine. Ein Viertel der Intermediates beschriftete zwischen sieben und elf Aktivitäten durch eine Objekt-Verb-Kombination, die Hälfte zwischen fünf und elf. Ein Viertel der Intermediates nutzte diesen Labeltypen allerdings nur für maximal eine Aktivität (unterster Wert von I: 0). Ein Viertel der Novizen nutzte den Labeltypen für keine Aktivität und die Hälfte für maximal eine. Ein Viertel der Novizen beschrifteten zwischen drei und sieben Aktivitäten durch eine Objekt-Verb-Kombination. Die Anzahl der durch eine Objekt-Verb-Kombination beschrifteten Aktivitäten scheint somit abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.49d) beschriftete die Hälfte der erfahrenen Modellierer mindestens sieben Aktivitäten durch ein Objekt-Verb-Label, ein Viertel mindestens zehn. Der oberste Wert der erfahrenen Modellierer liegt bei elf. Maximal fünf Aktivitäten beschriftete ein Viertel der erfahrenen Modellierer mit diesem Labeltypen, der unterste Wert für die Gruppe E ist null. Ein Viertel der Intermediates beschrifteten zwischen sieben und elf Aktivitäten durch ein Objekt-Verb-Label, die Hälfte zwischen vier und elf. Ein Viertel der Intermediates beschriftete maximal eine Aktivität mit diesem Labeltypen, der unterste Wert der Gruppe I beträgt ebenfalls null. Ein Viertel der Novizen nutzte das Objekt-Verb-Label für keine Aktivität, die Hälfte maximal für eine. Das 75-Prozent-Quartil der Novizen liegt bei 2,75 und ihr oberster Wert bei sechs. Die Anzahl der durch eine Objekt-Verb-Kombination beschrifteten Aktivitäten scheint somit abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Die Jonckheere-Terpstra-Tests verwerfen für alle Nullhypothesen, die sich auf die Anzahl der Objekt-Verb-Labelings beziehen (siehe Tabelle 3.14). Somit ist die Anzahl der durch eine Objekt-Verb-Kombination beschrifteten Aktivitäten signifikant abhängig von der Modellierungsexpertise.

Die paarweisen Post-hoc-Tests zeigen, dass sich sowohl die erfahrenen Modellierer als auch die Intermediates für alle Aufgaben gemeinsam hoch

Tabelle 3.14.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der durch eine Objekt-Verb-Kombination beschrifteten Aktivitäten

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Anzahl der Objekt-Verb-Labelings ist über Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Anzahl der Objekt-Verb-Labelings ist über Kategorien von M gleich.	,001	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von Anzahl der Objekt-Verb-Labelings ist über Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.
S: Die Verteilung von Anzahl der Objekt-Verb-Labelings ist über Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.

signifikant von den Novizen unterscheiden (siehe Abbildung 3.50a). Allerdings unterscheiden sich die erfahrenen Modellierer und die Intermediates nicht signifikant voneinander, da 0,057 knapp über dem Signifikanzniveau liegt. Somit steigt die Anzahl der durch eine Objekt-Verb-Kombination beschrifteten Aktivitäten schon durch theoretische Modellierungsexpertise signifikant an.

Für die Kaffeeaufgabe unterscheiden sich nur die erfahrenen Modellierer und die Novizen hoch signifikant (siehe Abbildung 3.50b). Der Unterschied von 0,055 zwischen Intermediates und Novizen liegt knapp über dem Signifikanzniveau. Auch die erfahrenen Modellierer und die Intermediates unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Die Werte der Intermediates liegen etwas näher an denen der erfahrenen Modellierer als an denen der Novizen. Somit ist der Einfluss der praktischen Modellierungsexpertise für die Simulationsaufgabe auf die Anzahl der durch eine Objekt-Verb-Kombination beschrifteten Aktivitäten nur im Vergleich zu der Anzahl der Novizen signifikant höher.

Für die Diamantenaufgabe unterscheiden sich alle Gruppen signifikant voneinander, erfahrene Modellierer und Novizen unterscheiden sich sogar hoch signifikant (siehe Abbildung 3.50c). Somit ist die Anzahl der durch ein Objekt-Verb-Label beschrifteten Aktivitäten für die Diamantenaufgabe signifikant abhängig von der Modellierungsexpertise und steigt hoch signifikant durch theoretische Vorkenntnisse und noch einmal signifikant durch praktische Vorkenntnisse an.

Für die Simulationsaufgabe unterscheiden sich die Intermediates signifikant, die erfahrenen Modellierer hoch signifikant von den Novizen. Die erfahrenen Modellierer und die Intermediates unterscheiden sich nicht signifikant (siehe Abbildung 3.50d). Somit ist der Einfluss der Modellierungsexpertise durch theoretische Vorkenntnisse schon signifikant wird

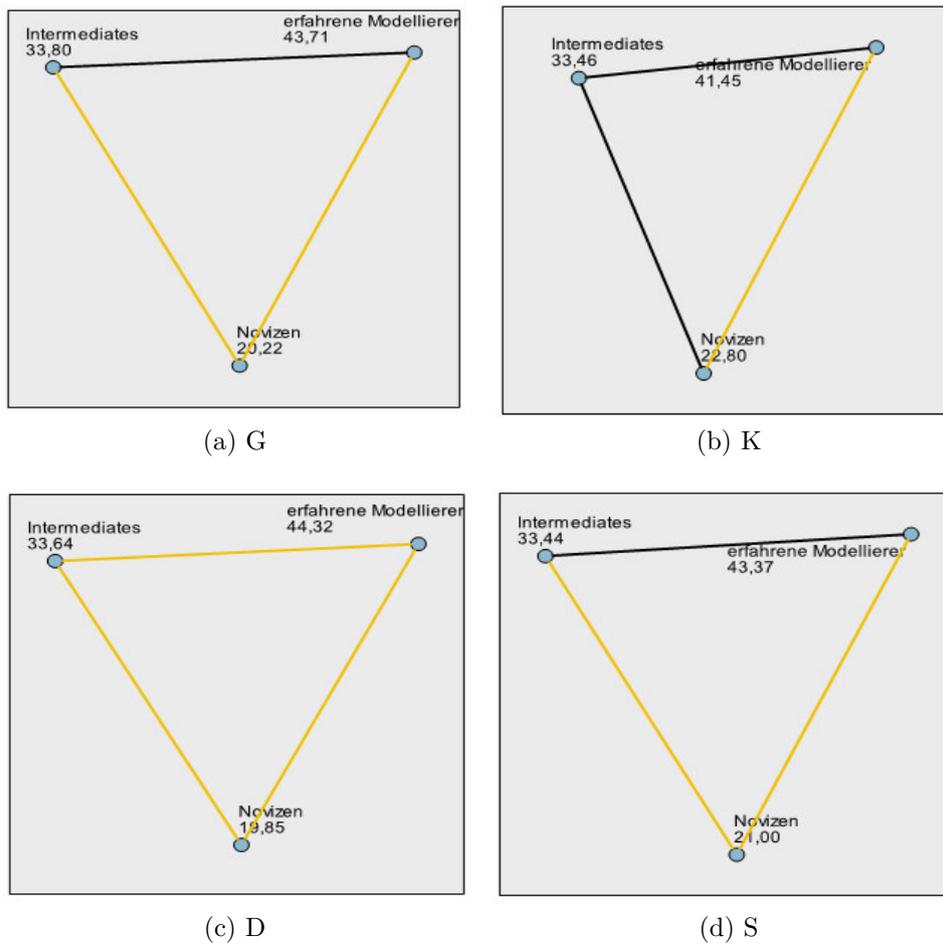


Abbildung 3.50.: Paarweise Post-hoc-Tests für Anzahl der Objekt-Verb-Kombinationen

allerdings durch praktische Vorkenntnisse noch etwas ausgeweitet.

Die Anzahl der durch eine Objekt-Verb-Kombination beschrifteten Aktivitäten ist abhängig von der Modellierungsexpertise. Allerdings ist die Signifikanz des Einflusses der theoretischen und der praktischen Vorkenntnisse aufgabenabhängig. Somit ist der Grund für die Unterschiede zwischen den Aufgaben später noch Gegenstand einer Untersuchung.

3.1.9.3. Einordnungsfehler

Als Einordnungsfehler wird die falsche Einordnung einer Aktivität in ein Modell bezeichnet. Dabei zählen sowohl Fehler in der Aktivitätenreihenfolge als auch Routingfehler zu diesem Fehlertypen. Zuerst wurden die Einordnungsfehler pro Proband aufsummiert und die Verteilungen der Gruppen miteinander verglichen. Die Boxplots zeigen, dass die Anzahl der Einordnungsfehler mit steigender Modellierungsexpertise sinkt (siehe Abbildung 3.51).

Für alle Aufgaben gemeinsam, machte jeder Proband mindestens einen Einordnungsfehler (siehe Abbildung 3.51a) (unterster Wert von E) und maximal 34 (oberster Wert von N). Es fällt auf, dass jeder Intermediate mindestens drei Fehler machte und jeder Novize mindestens fünf, während erfahrene Modellierer maximal neunzehn Fehler machten und Intermediates maximal fünfundzwanzig. Ein Viertel der erfahrenen Modellierer machte maximal vier Fehler, die Hälfte maximal sieben und drei Viertel maximal zwölf. Von den Intermediates machte ein Viertel maximal neun Fehler, die Hälfte maximal fünfzehn und drei Viertel maximal achtzehn. Das 25-Prozent-Quartil der Novizen liegt bei 13,25, der Median bei 17,5 und das 75-Prozent-Quartil bei 21,75. Somit scheint die Anzahl der Einordnungsfehler für alle Aufgaben gemeinsam abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Für die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.51b) gab es sowohl erfahrene Modellierer als auch Intermediates, die keinen Einordnungsfehler machte, aber jeder Novize machte mindestens einen. Die Verteilung der erfahrenen Modellierer ist sehr eng, ein Viertel dieser Gruppe machte maximal einen Fehler, drei Viertel maximal zwei. Nur zwei erfahrene Modellierer machten mehr als drei Fehler, diese werden als Ausreißer (5 Fehler) und extremer Ausreißer (12 Fehler) gewertet. Die Hälfte der Intermediates machte maximal drei Einordnungsfehler, drei Viertel maximal sechs. Nur ein Intermediate machte mehr als neun Fehler, dieser wird als Ausreißer gewertet (13 Fehler). Ein Viertel der Novizen machte maximal zwei Fehler, die Hälfte maximal vier und drei Viertel maximal sechs. Kein Novize machte mehr als zwölf Einordnungsfehler. Somit scheint die Anzahl der Einordnungsfehler für die Kaffeeaufgabe insbesondere abhängig von praktischer Modellierungsexpertise zu sein.

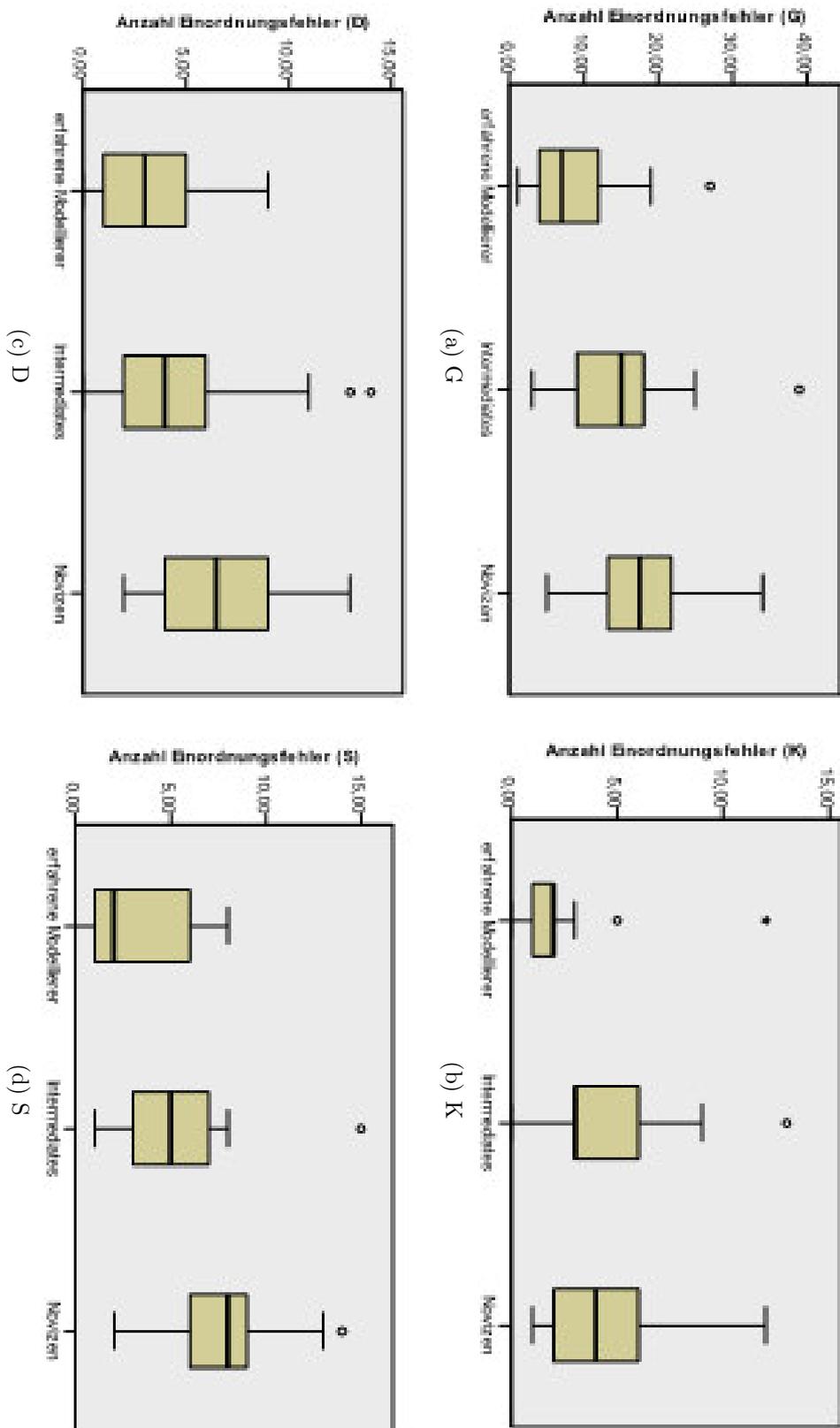


Abbildung 3.51.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Einordnungsfehler

Für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.51c) gab es Probanden aus den Gruppen E und I, die keinen Einordnungsfehler machten, während jeder Proband der Gruppe N mindestens zwei machte. Kein erfahrener Modellierer machte mehr als neun Einordnungsfehler, kein Intermediate mehr als elf und kein Novize mehr als dreizehn. Ein Viertel der Probanden der Gruppe E, machte maximal einen Fehler, der Gruppe I maximal zwei und der Gruppe N maximal vier. Die Mediane liegen bei drei (E), vier (I) und 6,5 (N). Drei Viertel der Probanden der Gruppe E machten maximal fünf Fehler, der Gruppe I sechs und der Gruppe N neun. Somit scheint die Anzahl der Einordnungsfehler abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.51d) steigt schon der unterste Wert mit sinkender Expertisestufe (E: 0, I: 1, N: 2). Ein Viertel der erfahrenen Modellierer machte maximal einen Einordnungsfehler, die Hälfte maximal zwei und drei Viertel maximal sechs, dies gilt für ein Viertel der Novizen. Kein erfahrener Modellierer machte mehr als acht Fehler, dies gilt für die Hälfte der Novizen. Ein Viertel der Intermediates machte maximal drei Einordnungsfehler, die Hälfte maximal fünf und drei Viertel maximal sieben. Bis auf einen Ausreißer mit fünfzehn Einordnungsfehlern machte kein Intermediate mehr als acht. Drei Viertel der Novizen machten maximal neun Fehler und nur ein Ausreißer (14) mehr als dreizehn. Somit scheint für die Simulationsaufgabe die Anzahl der Einordnungsfehler abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Tabelle 3.15 zeigt, dass die Anzahl der Einordnungsfehler hoch signifikant abhängig von der Modellierungsexpertise ist, sowohl für die Gesamtheit der Aufgaben als auch für jede einzelne Aufgabe, für G und S ist sie sogar höchst signifikant abhängig.

Tabelle 3.15.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Einordnungsfehler

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Anzahl Einordnungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Anzahl Einordnungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,003	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von Anzahl Einordnungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,002	Nullhypothese ablehnen.
S: Die Verteilung von Anzahl Einordnungsfehler ist über Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.

Die paarweisen Post-hoc-Tests zeigen, dass sich die erfahrenen Model-

lierer für alle Aufgaben gemeinsam und für jede einzelne Aufgabe hoch signifikant von den Novizen unterscheiden. Für G (siehe Abbildung 3.52) und K (siehe Abbildung 3.53) unterscheiden sie sich auch signifikant beziehungsweise hochsignifikant von den Intermediates, die sich für G und K nicht signifikant von den Novizen unterscheiden, für K sind die Ergebnisse dieser beiden Gruppen sogar fast gleich. Für D (siehe Abbildung 3.54) unterscheiden sich die Intermediates weder von den erfahrenen Modellierern noch von den Novizen signifikant, liegen aber näher an den Novizen. Im Gegensatz dazu unterscheiden die Intermediates sich für S (siehe Abbildung 3.55) hoch signifikant von den Novizen und kaum von den erfahrenen Modellierern. Somit ist die Anzahl der Einordnungsfehler signifikant abhängig von der Modellierungsexpertise. Ob dabei theoretische Vorkenntnisse zu einer signifikanten Verringerung der Einordnungsfehler führen oder erst praktische ist allerdings aufgabenabhängig. Der Grund hierfür ist Gegenstand weiterer Untersuchungen.

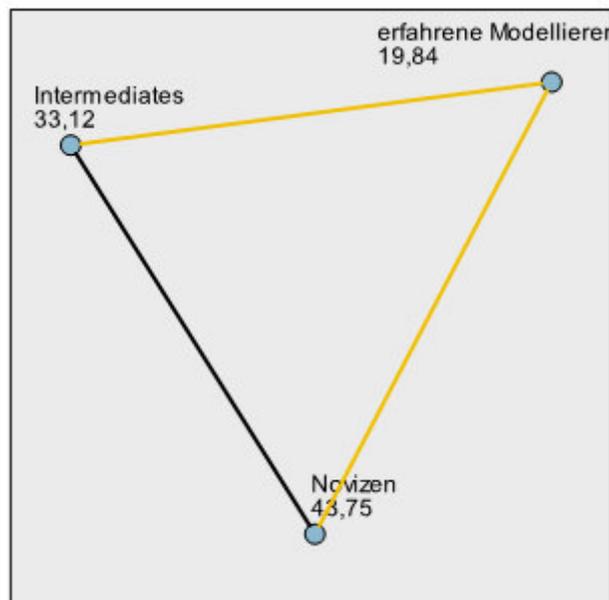


Abbildung 3.52.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Einordnungsfehler (G)

Für die Kaffee- und die Diamantenaufgabe ist allerdings nicht die Modellierungsexpertise im Allgemeinen das Merkmal, von dem Einordnungsfehler am signifikantesten abhängig sind. Für die Kaffeeaufgabe ist dies die akademische / berufliche Ausbildung (0,01) des Probanden, für die Diamantenaufgabe die Kenntnis einer Modellierungssprache (0,00). Abbildung 3.56 zeigt, dass die Anzahl der der Einordnungsfehler mit steigender Ausbildungsstufe beziehungsweise Berufsdauer sinkt.

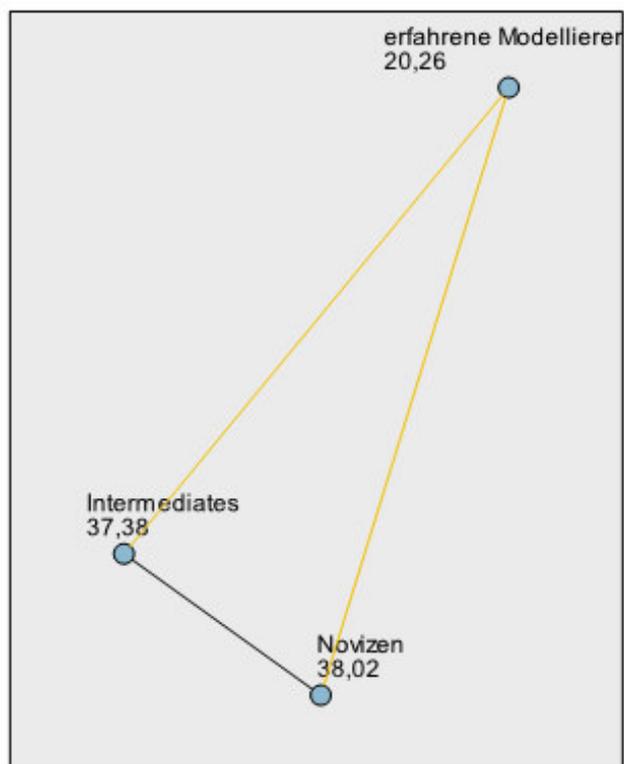


Abbildung 3.53.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Einordnungsfehler (K)

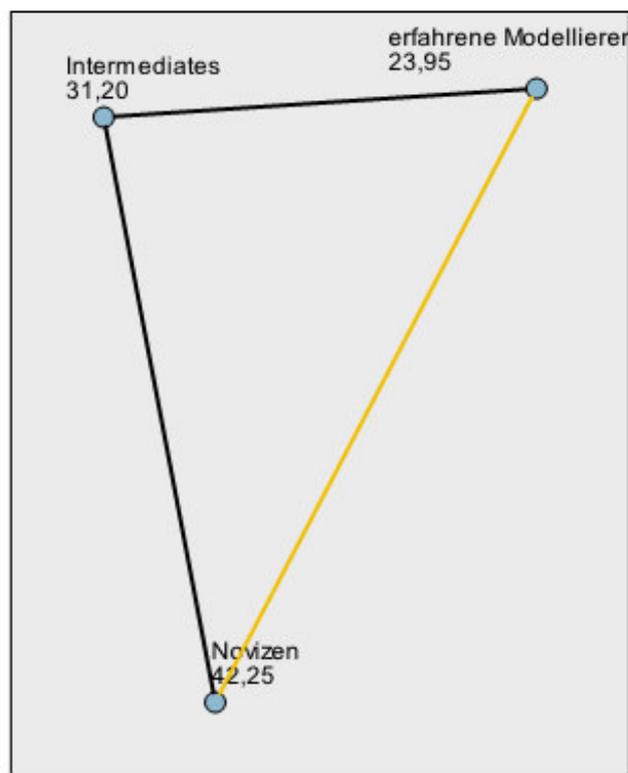


Abbildung 3.54.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Einordnungsfehler (D)

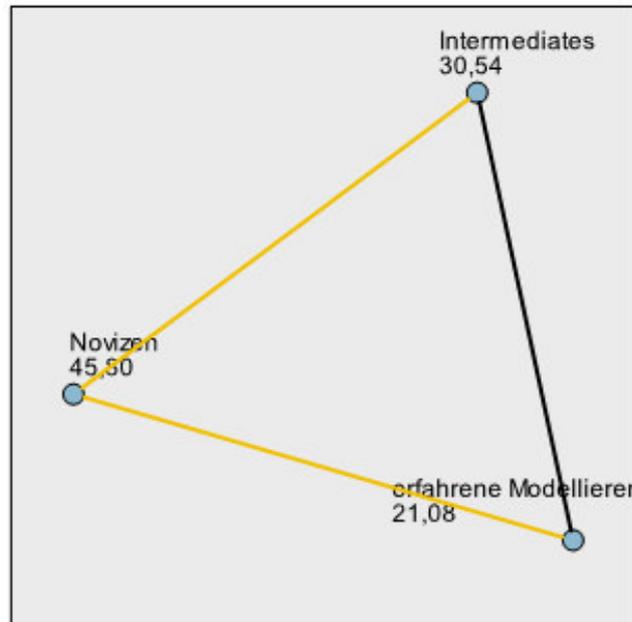


Abbildung 3.55.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Einordnungsfehler (S)

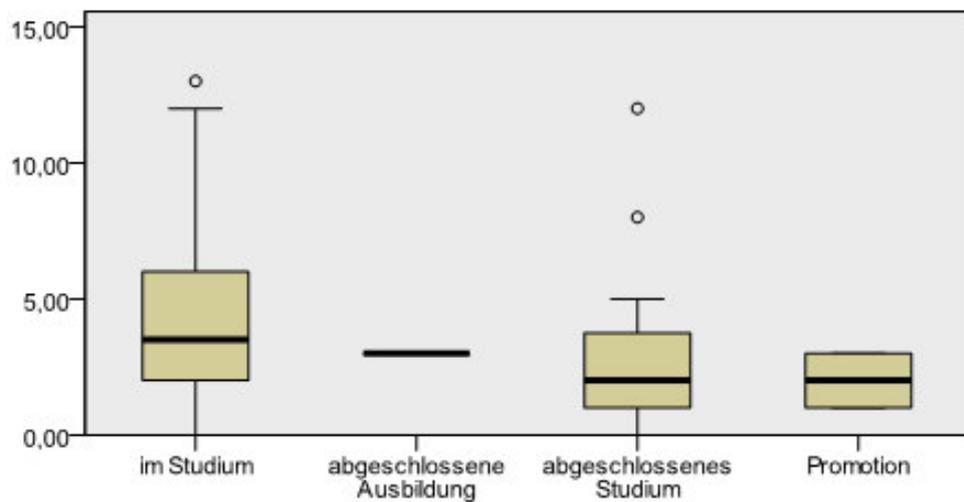


Abbildung 3.56.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Einordnungsfehler (K) bezogen auf die akademische/berufliche Ausbildung der Probanden

Für die Diamantenaufgabe machten Probanden, die über Kenntnis einer UML-basierten Modellierungssprache, EPC oder MTM-Swimlane verfügten, weniger Einordnungsfehler als die Probanden, die keine Angabe machten (siehe Abbildung 3.57).

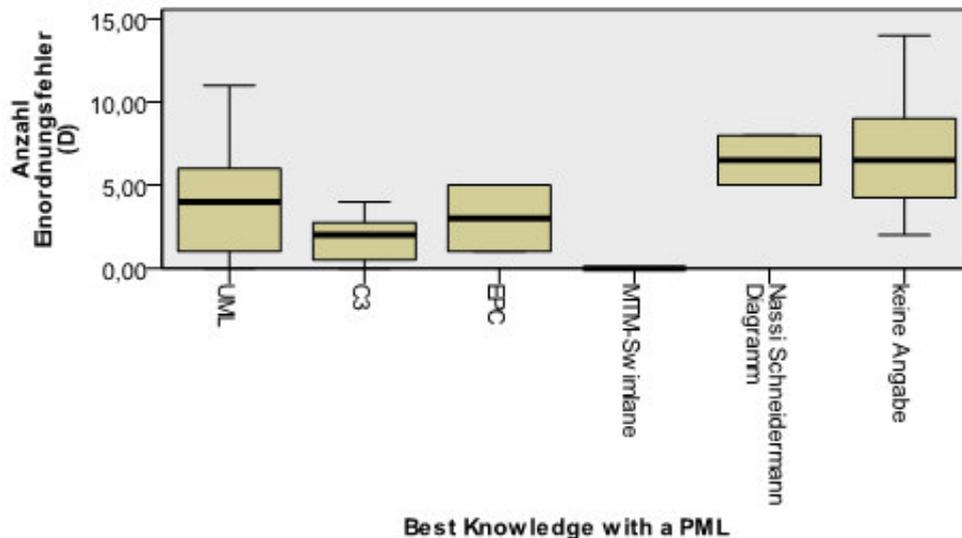


Abbildung 3.57.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Einordnungsfehler (D) bezogen auf die Kenntnis einer bestimmten Modellierungssprache

3.1.9.3.1. Falsche Reihenfolge Im Folgenden wird betrachtet, ob die Anzahl der Reihenfolgefehler abhängig von der Modellierungsexpertise ist. Dazu wird die Anzahl der Fehler, bei denen einer Aktivität ein falscher Vorgänger zugeordnet wurde getrennt von denen betrachtet, bei denen ein falscher Nachfolger zugeordnet wurde. Dies wird gemacht, da bei Aufsummieren beider Fehlerarten Vertauschungen in der Aktivitätenreihenfolge doppelt als Fehler gewertet würden, wenn zwei Aktivitäten einfach vertauscht wurden.

3.1.9.3.1.1. Vorgängerfehler Vorgängerfehler sind Einordnungsfehler, bei denen Aktivitäten auf eine falsche Aktivität folgen, dies kann sowohl durch das Vergessen oder Vertauschen von Aktivitäten als auch durch einen falschen Kontrollfluss geschehen. Die Boxplots zeigen, dass die Verteilungen getrennt variieren, somit scheint die Anzahl der Vorgängerfehler abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein (siehe Abbildung 3.58). Allerdings ist für G und D zu sehen, dass hier die Verteilungen für je zwei Gruppen nur schwach getrennt variieren. Für G scheinen die

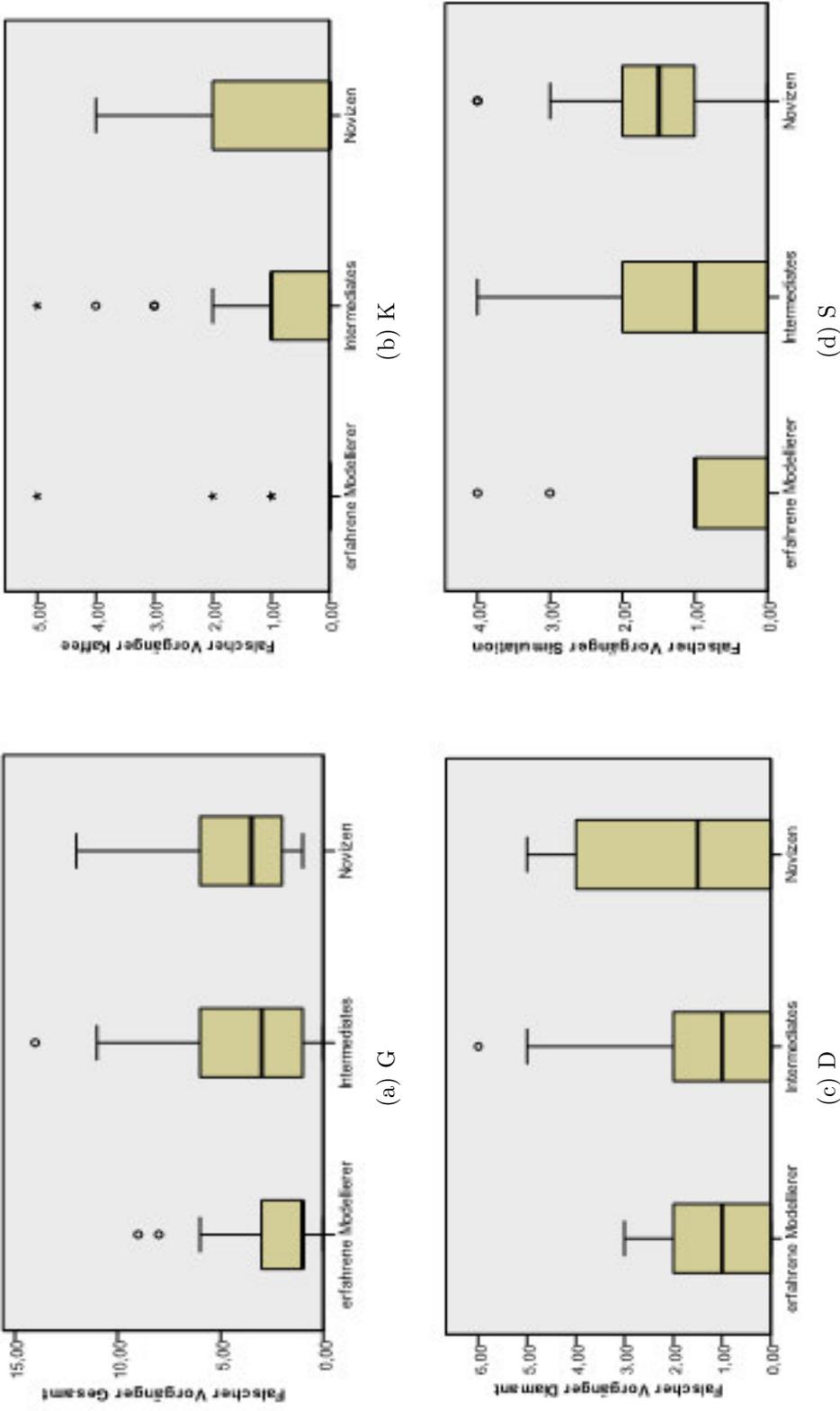


Abbildung 3.58.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Vorgängerfehler

Intermediates und die Novizen eine ähnliche Anzahl an Vorgängerfehlern begangen zu haben und für D die erfahrenen Modellierer und die Intermediates. Dies scheint auf einen aufgabenabhängigen Einfluss auf die Anzahl der Modellierungsfehler zusätzlich zur Modellierungsexpertise hinzuweisen.

Für alle Aufgaben gemeinsam (siehe Abbildung 3.58a) ist zu erkennen, dass es sowohl erfahrene Modellierer als auch Intermediates gab, die in keiner Aufgabe einen Vorgängerfehler machten. Jeder Novize machte mindestens einen Fehler in einer der Aufgaben, ein Viertel maximal zwei. Die Hälfte der erfahrenen Modellierer und ein Viertel der Intermediates machte maximal einen Vorgängerfehler in allen Aufgaben insgesamt und drei Viertel der erfahrenen Modellierer und die Hälfte der Intermediates drei. Bis auf zwei Ausreißer (8 und 9) machte kein erfahrener Modellierer mehr als sechs Vorgängerfehler insgesamt, dies gilt für je drei Viertel der Intermediates und der Novizen. Ein Intermediate machte vierzehn Fehler, er wird als Ausreißer gewertet. Ansonsten machte kein Intermediate mehr als elf und kein Novize mehr als zwölf Vorgängerfehler insgesamt. Für alle Aufgaben gemeinsam scheint somit die Anzahl der Vorgängerfehler abhängig von praktischer Modellierungsexpertise zu sein.

Für die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.58b) machten nur vier erfahrene Modellierer Vorgängerfehler, diese werden als extreme Ausreißer gewertet (1 zweifach, 2 und 5). Ein Viertel der Intermediates und die Hälfte der Novizen machten ebenfalls keine Vorgängerfehler bei der Kaffeeaufgabe. Drei Viertel der Intermediates machten maximal einen Fehler. Bis auf vier Ausreißer (3 dreifach und 4) und einen extremen Ausreißer (5) machte kein Intermediate mehr als zwei Vorgängerfehler in der Kaffeeaufgabe, dies gilt auch für drei Viertel der Novizen. Kein Novize machte mehr als vier Vorgängerfehler in der Kaffeeaufgabe. Somit scheint die Anzahl der Vorgängerfehler auch für die Kaffeeaufgabe abhängig von praktischer Modellierungsexpertise zu sein.

Für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.58c) machte jeweils ein Viertel jeder Expertisegruppe keinen Vorgängerfehler und die Mediane liegen dicht beieinander (E und I: 1, N: 1,5). Drei Viertel der erfahrenen Modellierer und der Intermediates machte maximal zwei Vorgängerfehler in der Diamantenaufgabe. Kein erfahrener Modellierer machte mehr als drei Vorgängerfehler. Die Hälfte der Novizen machte vier bis fünf Vorgängerfehler. Nur ein Intermediate machte mehr (6) als fünf Vorgängerfehler und wird als Ausreißer gewertet. Somit scheint die Anzahl der Vorgängerfehler von der Modellierungsexpertise abhängig zu sein, wobei für diese Aufgabe auch theoretische Vorkenntnisse bereits einen starken Einfluss zu haben scheinen.

Für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.58d) machten nur zwei erfahrene Modellierer, die als Ausreißer (3 und 4) gewertet werden, mehr

als einen Vorgängerfehler. Dabei ist zu beachten, dass ein Viertel keinen Vorgängerfehler macht und drei Viertel einen. Ebenfalls ein Viertel der Intermediates machte in dieser Aufgabe keinen Vorgängerfehler, es gab auch Novizen, für die dies gilt. Die Hälfte der Intermediates und ein Viertel der Novizen machten maximal einen Vorgängerfehler in der Simulationsaufgabe, der Median der Novizen (1,5) ist nur unwesentlich höher. Je drei Viertel der Intermediates und der Novizen begingen maximal zwei Vorgängerfehler. Nur zwei Novizen (doppelter Ausreißer bei 4) begingen mehr als drei Vorgängerfehler, kein Intermediate beging mehr als vier. Somit scheint auch für die Simulationsaufgabe die Anzahl der Vorgängerfehler abhängig von praktischer Modellierungsexpertise zu sein.

Sollte sich dieser Anschein durch die paarweisen Post-hoc-Tests bestätigen, so muss insbesondere die Diamantenaufgabe auf einen Einfluss auf die Beschreibung der Reihenfolge der Aktivitäten untersucht werden.

Die Jonckheere-Terpstra-Tests verwerfen allerdings nur die Nullhypothesen für die Simulationsaufgabe und für alle Aufgaben gemeinsam (siehe Tabelle 3.16). Dies lässt im Gegensatz zur oben geäußerten Vermutung eher darauf schließen, dass die Beschreibung der Reihenfolgebeziehungen in der Aufgabenstellung der Simulationsaufgabe einen Einfluss auf die Vorgängerfehler zusätzlich zur Modellierungsexpertise ausübt. Dies soll später genauer betrachtet werden.

Tabelle 3.16.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Vorgängerfehler

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Falscher Vorgänger ist über Kategorien von M gleich.	,017	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Falscher Vorgänger ist über Kategorien von M gleich.	,203	Nullhypothese behalten.
D: Die Verteilung von Falscher Vorgänger ist über Kategorien von M gleich.	,195	Nullhypothese behalten.
S: Die Verteilung von Falscher Vorgänger ist über Kategorien von M gleich.	,010	Nullhypothese ablehnen.

Somit werden nur für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.60) und für alle Aufgaben gemeinsam (siehe Abbildung 3.59) paarweise Post-hoc-Tests durchgeführt. Diese zeigen beide, dass sich nur die Anzahl der Vorgängerfehler, die die erfahrenen Modellierer und die Novizen machen, signifikant voneinander unterscheiden. Die Anzahl der Vorgängerfehler durch Intermediates liegt für die Simulationsaufgabe näher an der der

erfahrenen Modellierer, insgesamt aber näher an der der Novizen. Somit sinkt die Anzahl der Vorgängerfehler erst signifikant ab, wenn der Modellierer über praktische Modellierungsvorerfahrung verfügt.

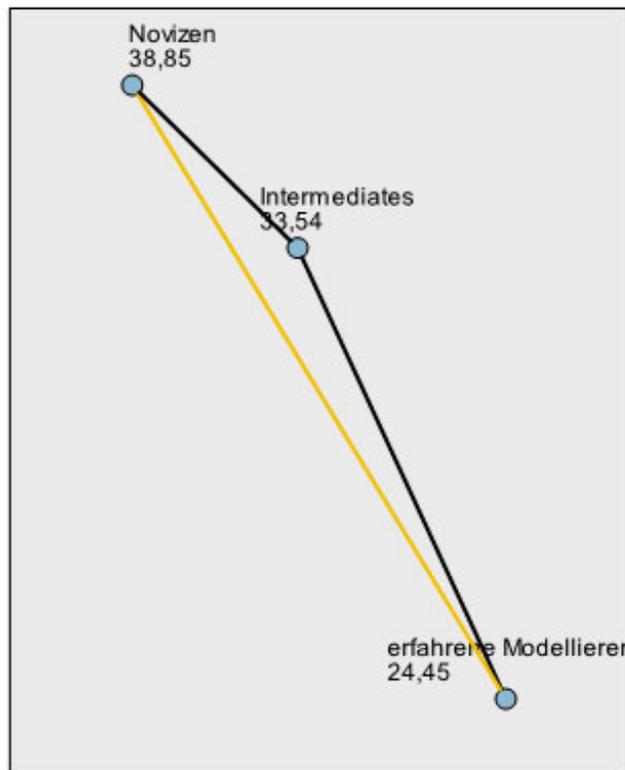


Abbildung 3.59.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Vorgängerfehler (G)

Die Anzahl der Vorgängerfehler für die Kaffeeaufgabe ist signifikant abhängig von der akademischen / beruflichen Bildung (0,043), die bei der Diamantenaufgabe von der Kenntnis einer Modellierungssprache (0,047). Für die Kaffeeaufgabe sinkt die Zahl der Vorgängerfehler für Probanden, die über ein abgeschlossenes Studium oder eine Promotion verfügen verglichen mit denen, die sich noch im Studium befinden ab (siehe Abbildung 3.61).

Für die Diamantenaufgabe machten Probanden, die über Kenntnis einer Modellierungssprache verfügten weniger Fehler als die, die keine Angabe machten, also keine Sprache kannten (siehe Abbildung 3.62).

3.1.9.3.1.2. Nachfolgerfehler Als Nachfolgerfehler werden Reihenfolgefehler bezeichnet, bei denen Aktivitäten ein falscher Nachfolger zugeordnet wurde, dies kann wie auch die Vorgängerfehler dadurch entstehen, dass eine Aktivität ausgelassen wurde, Aktivitäten vertauscht

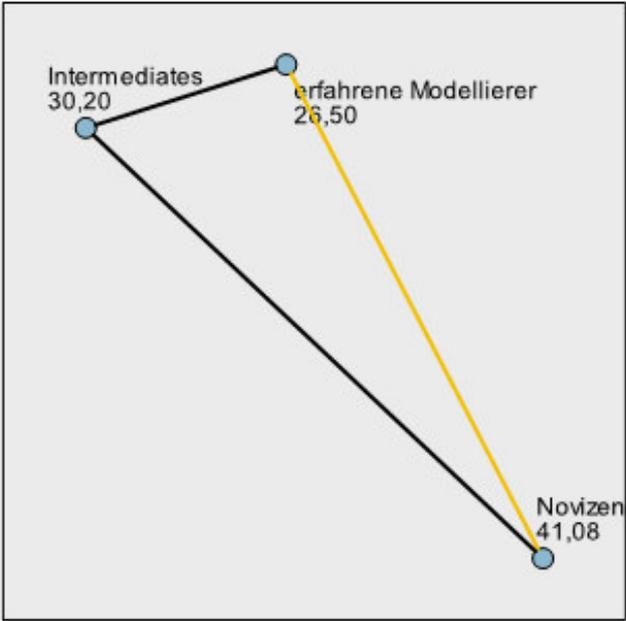


Abbildung 3.60.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Vorgängerfehler (S)

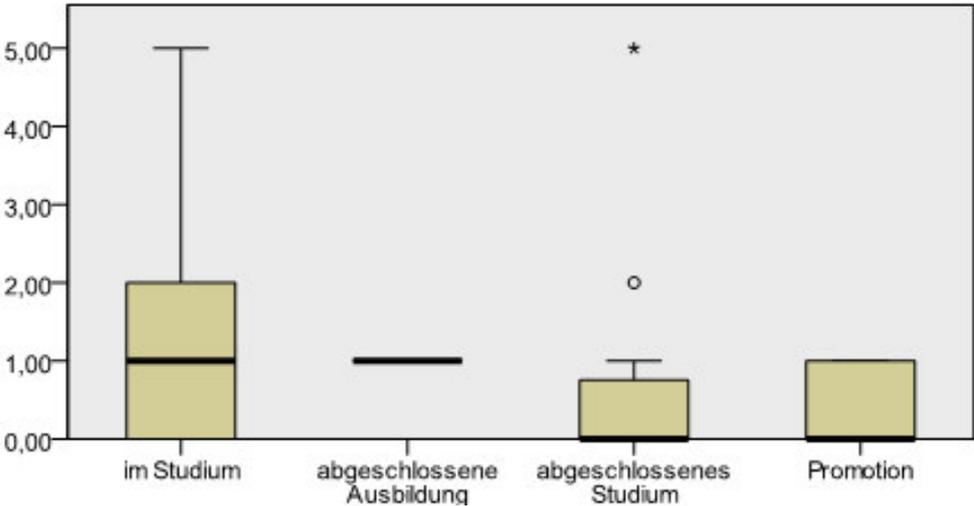


Abbildung 3.61.: Boxplots für die Anzahl der Vorgängerfehler (K) bezogen auf die akademische/berufliche Ausbildung der Probanden

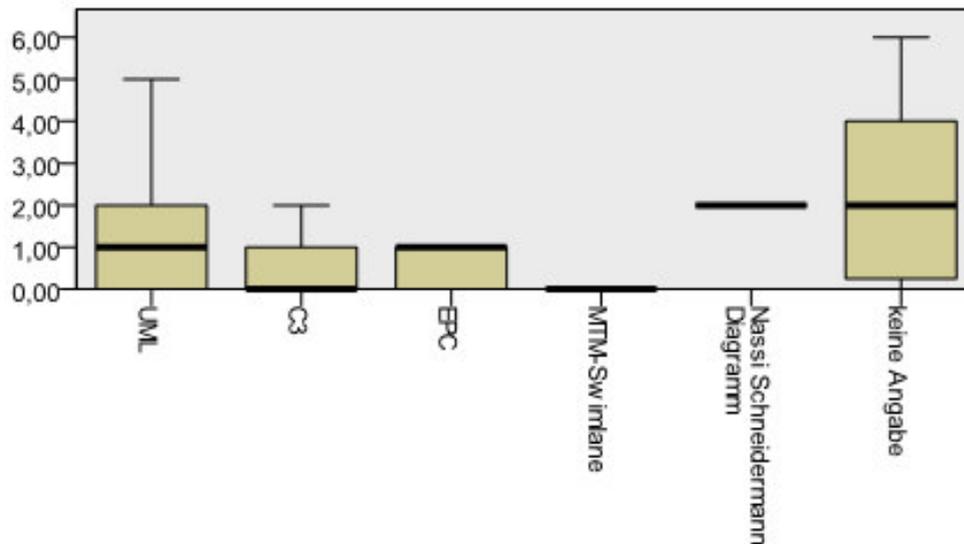


Abbildung 3.62.: Boxplots für die Anzahl der Vorgängerfehler (D) bezogen auf die Kenntnis einer Modellierungssprache

wurden oder ein Kontrollfluss falsch verläuft. Die Boxplots (siehe Abbildung 3.63) zeigen, dass die Verteilungen getrennt variieren. Es ist zu erkennen, dass die Anzahl der Nachfolgefehler, die die Intermediates begingen, stark zwischen denen der erfahrenen Modellierer und der Novizen schwankt.

Es gab sowohl erfahrene Modellierer als auch Intermediates, die insgesamt keinen Nachfolgefehler machten (siehe Abbildung 3.63a). Die Hälfte der erfahrenen Modellierer machte maximal einen Nachfolgefehler, während jeder Novize mindestens einen machte. Bis auf zwei Ausreißer (9 und 11) machte kein erfahrener Modellierer mehr als vier Nachfolgefehler, dies gilt für die Hälfte der Intermediates. Je ein Viertel der Intermediates und der Novizen machten maximal drei Nachfolgefehler insgesamt. Die Hälfte der Novizen machte maximal sechs solche Reihenfolgefehler. Drei Viertel der Intermediates begingen sieben, drei Viertel der Novizen acht Nachfolgefehler. Nur ein Intermediate (Ausreißer bei 15) machte mehr als zehn Nachfolgefehler, kein Novize mehr als vierzehn. Somit scheint die Anzahl der Nachfolgefehler insgesamt von praktischer Modellierungsexpertise abhängig zu sein.

Für die Kaffeaufgabe (siehe Abbildung 3.63b) fällt auf, dass die Intermediates häufiger einen falschen Nachfolger darstellten, als die erfahrenen Modellierer aber auch als die Novizen. So machte die Hälfte der erfahrenen Modellierer und ein Viertel der Novizen keinen Nachfolgefehler, während null für die Intermediates nur der unterste Wert ist. Drei Viertel der erfahrenen Modellierer und je die Hälfte der Intermediates

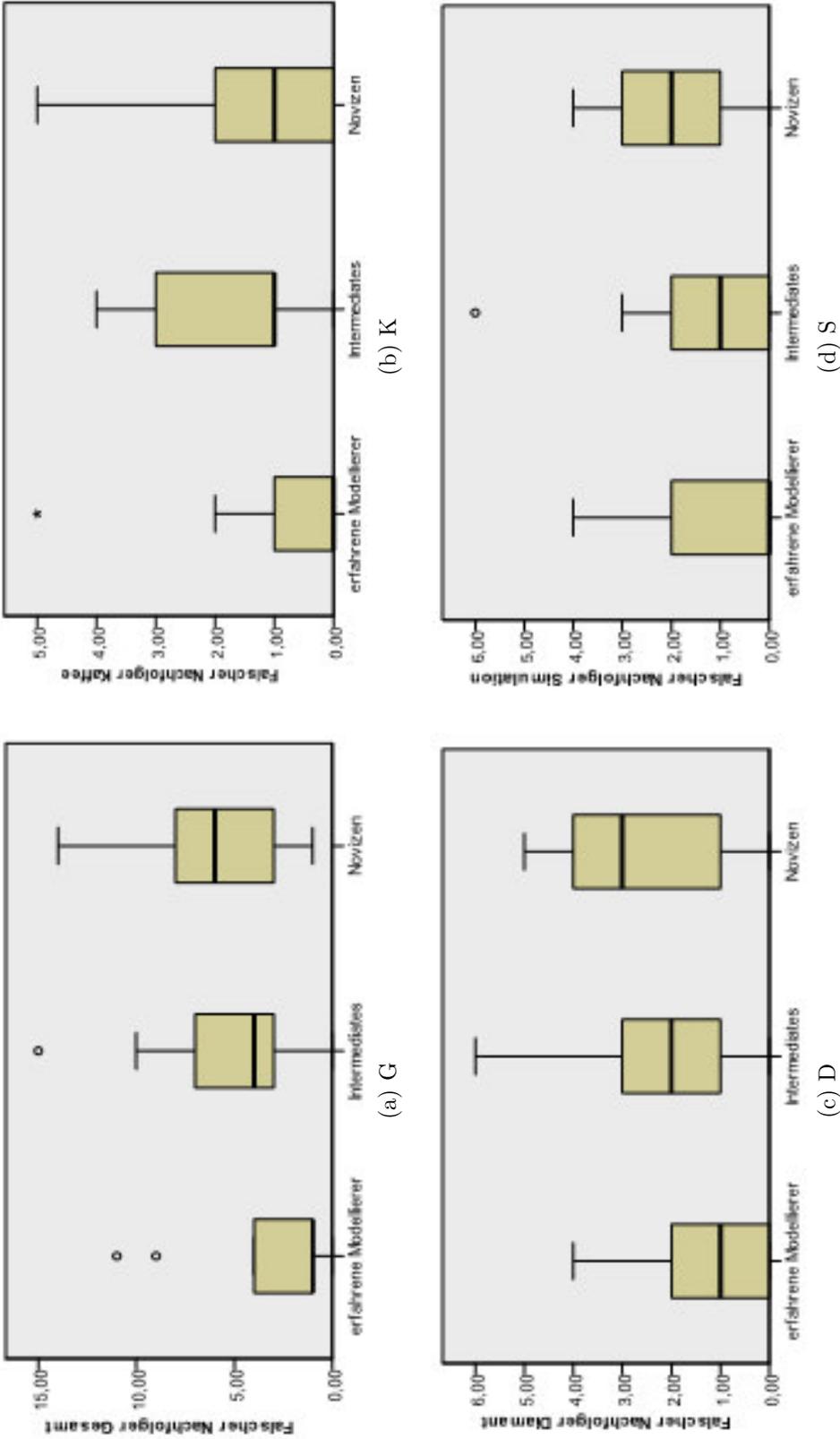


Abbildung 3.63.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Nachfolgerfehler

und der Novizen machten maximal einen Nachfolgerfehler. Nur ein erfahrener Modellierer ordnete mehr als zwei Aktivitäten einen falschen Nachfolger zu (extremer Ausreißer bei 5). Dies gilt für ein Viertel der Novizen, während ein Viertel der Intermediates mindestens drei Aktivitäten einen falschen Nachfolger zuordneten. Kein Intermediate machte mehr als vier Nachfolgerfehler, kein Novize mehr als fünf. Somit scheint die Anzahl der Nachfolgerfehler für die Kaffeeaufgabe, wenn überhaupt, von praktischer Modellierungsexpertise abhängig zu sein.

Für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.63c) scheinen die Verteilungswerte der Nachfolgefeler mit sinkender Modellierungsexpertise zu steigen, allerdings liegt der oberste Wert der Novizen unter dem der Intermediates. So machte ein Viertel der erfahrenen Modellierer keinen Nachfolgefeler in dieser Aufgabe, während null nur der unterste Wert für die Intermediates und die Novizen ist. Die Hälfte der erfahrenen Modellierer machte maximal einen Nachfolgefeler, dies gilt für je ein Viertel der Intermediates und der Novizen. Drei Viertel der erfahrenen Modellierer und die Hälfte der Intermediates ordneten maximal zwei Aktivitäten falsche Nachfolger zu. Kein erfahrener Modellierer beging mehr als vier Nachfolgefeler, dies gilt ebenfalls für drei Viertel der Novizen. Drei Viertel der Intermediates und die Hälfte der Novizen ordneten maximal drei Aktivitäten einen falschen Nachfolger zu. Kein Intermediate machte mehr als sechs, kein Novize mehr als fünf Nachfolgefeler. Somit scheint für die Diamantenaufgabe die Anzahl der Nachfolgefeler abhängig von praktischer Modellierungsexpertise zu sein.

Für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.63d) liegen die Werte der erfahrenen Modellierer und der Intermediates nahe bei einander. Die Hälfte der erfahrenen Modellierer und ein Viertel der Intermediates machten keine Nachfolgefeler in der Simulationsaufgabe, während null nur der unterste Wert der Novizen ist. Die Hälfte der Intermediates und ein Viertel der Novizen machte maximal einen Nachfolgefeler in dieser Aufgabe. Jeweils drei Viertel der Gruppen E und I und die Hälfte der Probanden von N ordneten maximal zwei Aktivitäten falsche Nachfolger zu. Nur ein Intermediate (Ausreißer bei 6) machte mehr als drei Nachfolgefeler, dies gilt für ein Viertel der Novizen. Die obersten Werte der erfahrenen Modellierer und der Novizen machten maximal vier Nachfolgefeler. Somit liegen die Verteilungswerte für die Simulationsaufgabe so dicht beieinander, dass für diese Aufgabe alleine durch die Verteilungen keine Aussage über die Abhängigkeit der Anzahl der Nachfolgefeler von der Modellierungsexpertise getroffen werden kann.

Die Ergebnisse der Jonckheere-Terpstra-Tests zeigen, dass die Nullhypothesen für die Diamantenaufgabe und für die Simulationsaufgabe aber auch für die Gesamtheit der Aufgaben hoch signifikant verworfen werden. Nur die Nullhypothese für die Kaffeeaufgabe wird behalten. So-

mit kann für die Kaffeeaufgabe nicht von einer Abhängigkeit der Anzahl der Nachfolgefehler von der Modellierungsexpertise ausgegangen werden (siehe Tabelle 3.17).

Tabelle 3.17.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Nachfolgefehler

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Falscher Nachfolger ist über Kategorien von M gleich.	,001	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Falscher Nachfolger ist über Kategorien von M gleich.	,067	Nullhypothese behalten.
D: Die Verteilung von Falscher Nachfolger ist über Kategorien von M gleich.	,006	Nullhypothese ablehnen.
S: Die Verteilung von Falscher Nachfolger ist über Kategorien von M gleich.	,003	Nullhypothese ablehnen.

Die Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests insgesamt (siehe Abbildung 3.64) zeigen, dass sich die Anzahl der Nachfolgefehler der erfahrenen Modellierer hochsignifikant sowohl von der der Novizen als auch von der der Intermediates unterscheidet. Die anderen beiden Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Für die Diamantenaufgabe unterscheiden sich nur Anzahlen der Nachfolgefehler der erfahrenen Modellierer und der Novizen hochsignifikant, während sich die der Intermediates von keiner der der beiden Gruppen signifikant unterscheiden, sondern dazwischen liegen (siehe Abbildung 3.65).

Für die Simulationsaufgabe unterscheiden sich die erfahrenen Modellierer hoch signifikant von den Novizen, darin wie vielen Aktivitäten sie falsche Nachfolger zugeordnet haben, die Intermediates unterscheiden sich darin signifikant von den Novizen. Kein signifikanter Unterschied ist für die Nachfolgefehler zwischen den erfahrenen Modellierern und den Novizen festzustellen (siehe Abbildung 3.66).

Die Anzahl der Nachfolgefehler ist somit signifikant abhängig von praktischer Modellierungsexpertise für die Diamanten- und die Simulationsaufgabe und damit auch für alle Aufgaben gemeinsam. Ob schon theoretische Vorkenntnisse zu einer signifikanten Reduktion der Nachfolgefehler führen, ist allerdings aufgabenabhängig.

Für die Kaffeeaufgabe ist die Anzahl der Nachfolgefehler signifikant abhängig von der akademischen / beruflichen Bildung der Probanden (0,008), für die Diamantenaufgabe besteht eine höhere Signifikanz für

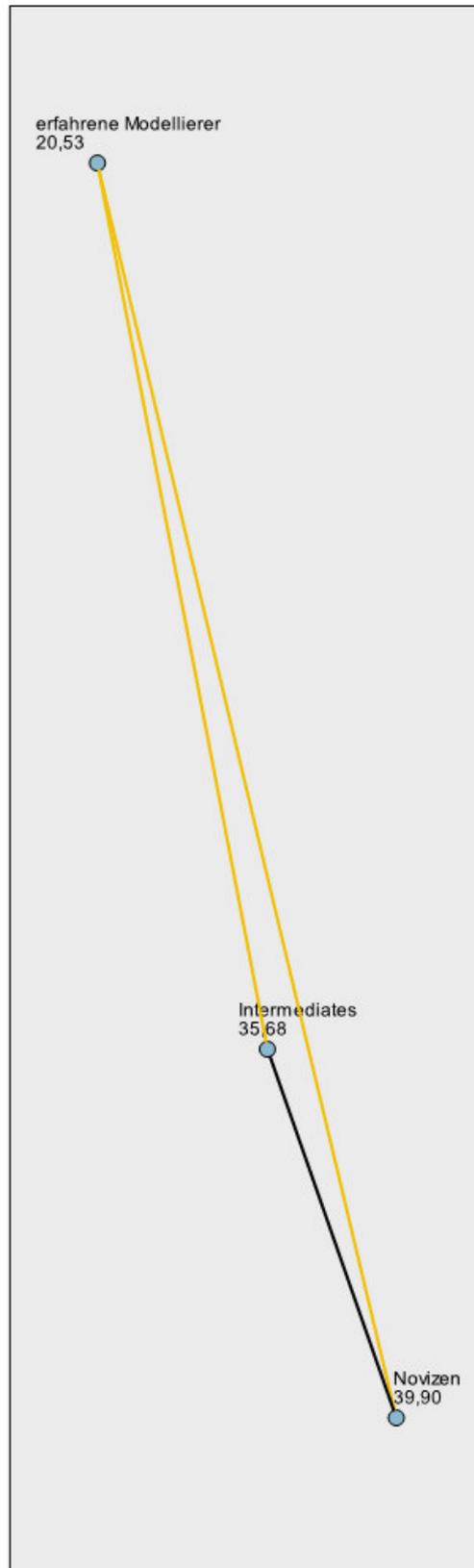


Abbildung 3.64.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Nachfolgerfehler (G)

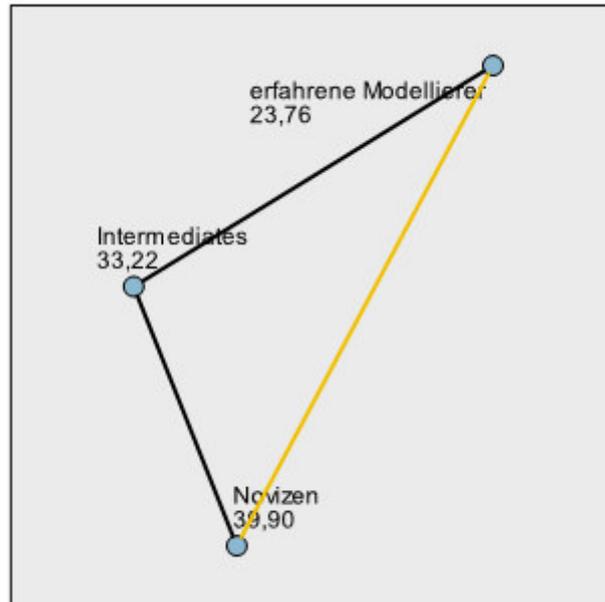


Abbildung 3.65.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Nachfolgerfehler (D)

den Einfluss der Kenntnis einer Modellierungssprache (0,002) als für die Modellierungsexpertise insgesamt. Für die Kaffeeaufgabe machten die Probanden mit abgeschlossenem Studium oder mit Promotion weniger Nachfolgerfehler als die Probanden, die sich noch im Studium befanden (siehe Abbildung 3.67).

Für die Diamantenaufgabe machten Probanden, die über die Kenntnis einer Modellierungssprache verfügten weniger Fehler als solche, die dies nicht taten, eine Ausnahme bilden hier die Probanden, die über die Kenntnis von Nassi-Schneidermann-Diagrammen verfügten (siehe Abbildung 3.68).

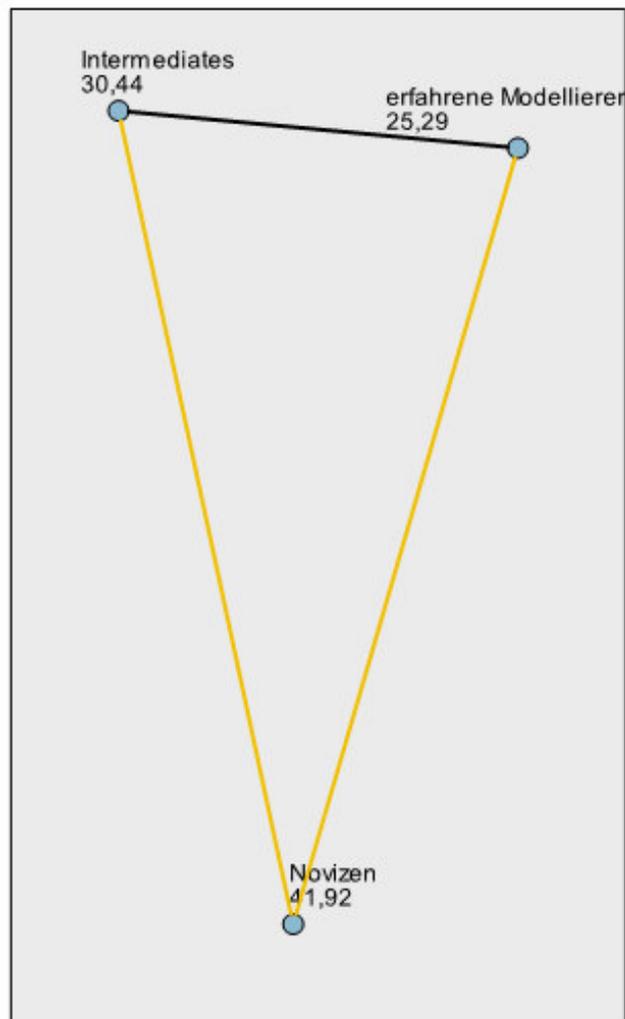


Abbildung 3.66.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Nachfolgerfehler (S)

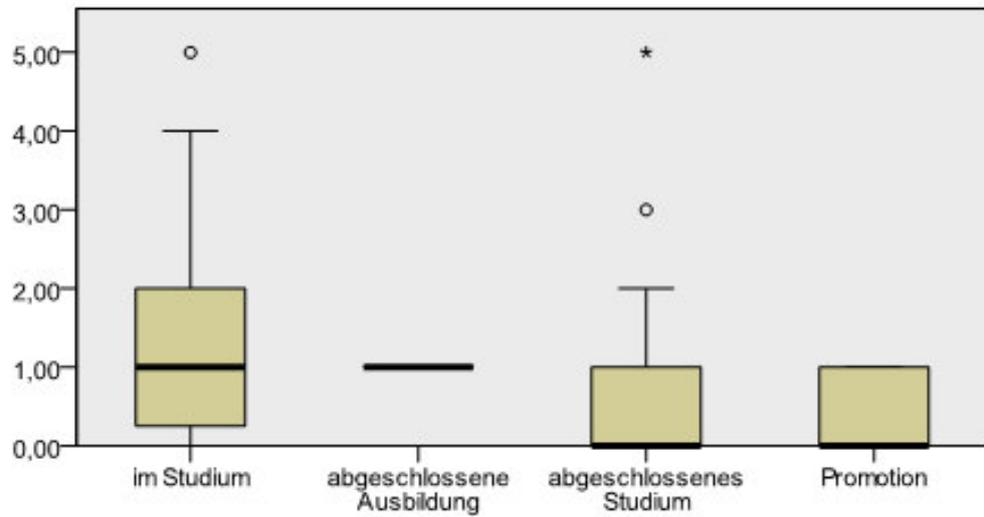


Abbildung 3.67.: Boxplots für die Anzahl der Nachfolgerfehler (K) bezogen auf die akademische/berufliche Ausbildung der Probanden

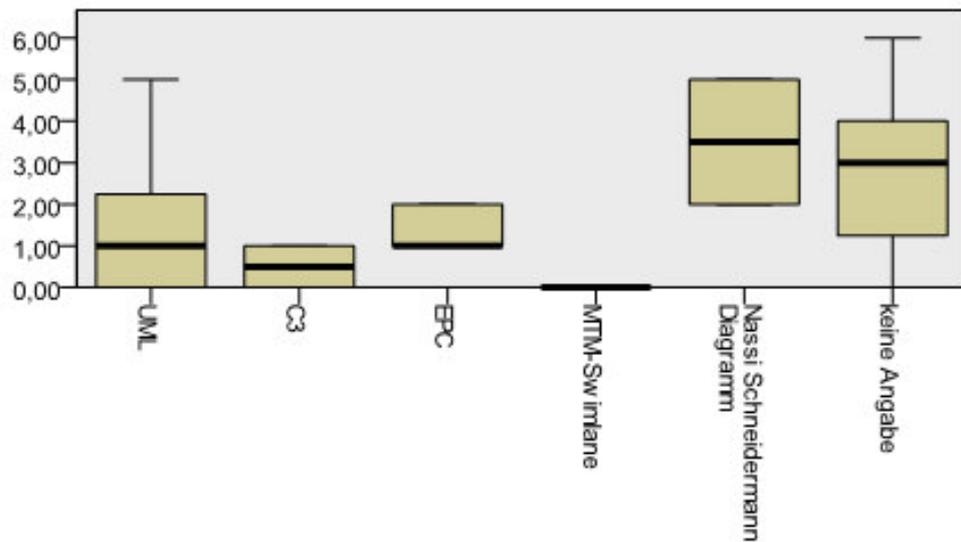


Abbildung 3.68.: Boxplots für die Anzahl der Nachfolgerfehler (D) bezogen auf die Kenntnis einer Modellierungssprache

3.1.9.4. Modusfehler

Die Verteilungen der Modusfehler variieren für G, K und S getrennt voneinander, für D gemeinsam (siehe Abbildung 3.69). Es gab sowohl erfahrene Modellierer als auch Novizen, die in keiner der drei Aufgaben einen Modusfehler machten, jeder Intermediate machte in mindestens einer Aufgabe mindestens einen Modusfehler (siehe Abbildung 3.69a). Ein Viertel der erfahrenen Modellierer stellten nur eine Aktivität in allen Aufgaben gesamt im falschen Modus dar. Je ein Viertel der Intermediates und der Novizen beging vier Modusfehler, dies gilt für die Hälfte der erfahrenen Modellierer. Die Hälfte der Novizen stellte fünf Aktivitäten im falschen Modus dar, die Hälfte der Intermediates und drei Viertel der erfahrenen Modellierer sechs. Kein erfahrener Modellierer beging mehr als acht Modusfehler, kein Intermediate mehr als zwölf Fehler und kein Novize mehr als dreizehn. Es ist zu erkennen, dass die erfahrenen Modellierer ungefähr halb sooft eine Aktivität im falschen Modus darstellen wie die anderen beiden Gruppen, die Intermediates und die Novizen aber sehr ähnlich abschneiden. Dies lässt auf eine Abhängigkeit der Anzahl der Modusfehler von praktischer Modellierungsexpertise schließen, aber nicht von theoretischer.

Für die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.69b) sind die Ergebnisse der Intermediates am schlechtesten, somit kann die Anzahl der Modusfehler in dieser Aufgabe nicht signifikant von theoretischer Vorerfahrung beeinflusst werden. Des Weiteren stellte die Hälfte der erfahrenen Modellierer und ein Viertel der Novizen keine Aktivität der Kaffeeaufgabe im falschen Modus dar. Ein Viertel der Intermediates machte höchstens einen Modusfehler, drei Viertel der erfahrenen Modellierer maximal zwei und drei Viertel der Novizen höchstens drei. Kein Novize machte mehr als vier Modusfehler und kein erfahrener Modellierer und kein Intermediate mehr als fünf. Die Anzahl der Modusfehler scheint von der praktischen Modellierungsexpertise abzuhängen.

Die Verteilungen der Anzahl der Modusfehler für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.69c) variieren gemeinsam, in jeder Gruppe gab es Probanden, die für diese Aufgabe keinen Modusfehler begingen. Drei Viertel der Probanden jeder Gruppe machte maximal drei Modusfehler. Kein erfahrener Modellierer machte mehr als vier Fehler, kein Intermediate mehr als sieben und kein Novize mehr als fünf.

Für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.69d) variiert die Verteilung der erfahrenen Modellierer stark getrennt von denen der anderen Gruppen, die dichter beieinander liegen. Wieder gab es in allen Gruppen Probanden, die keine Aktivität im falschen Modus darstellten, für die erfahrenen Modellierer ein Viertel der Probanden. Bis auf zwei erfahrene Modellierer stellten alle Probanden von Gruppe E maximal eine

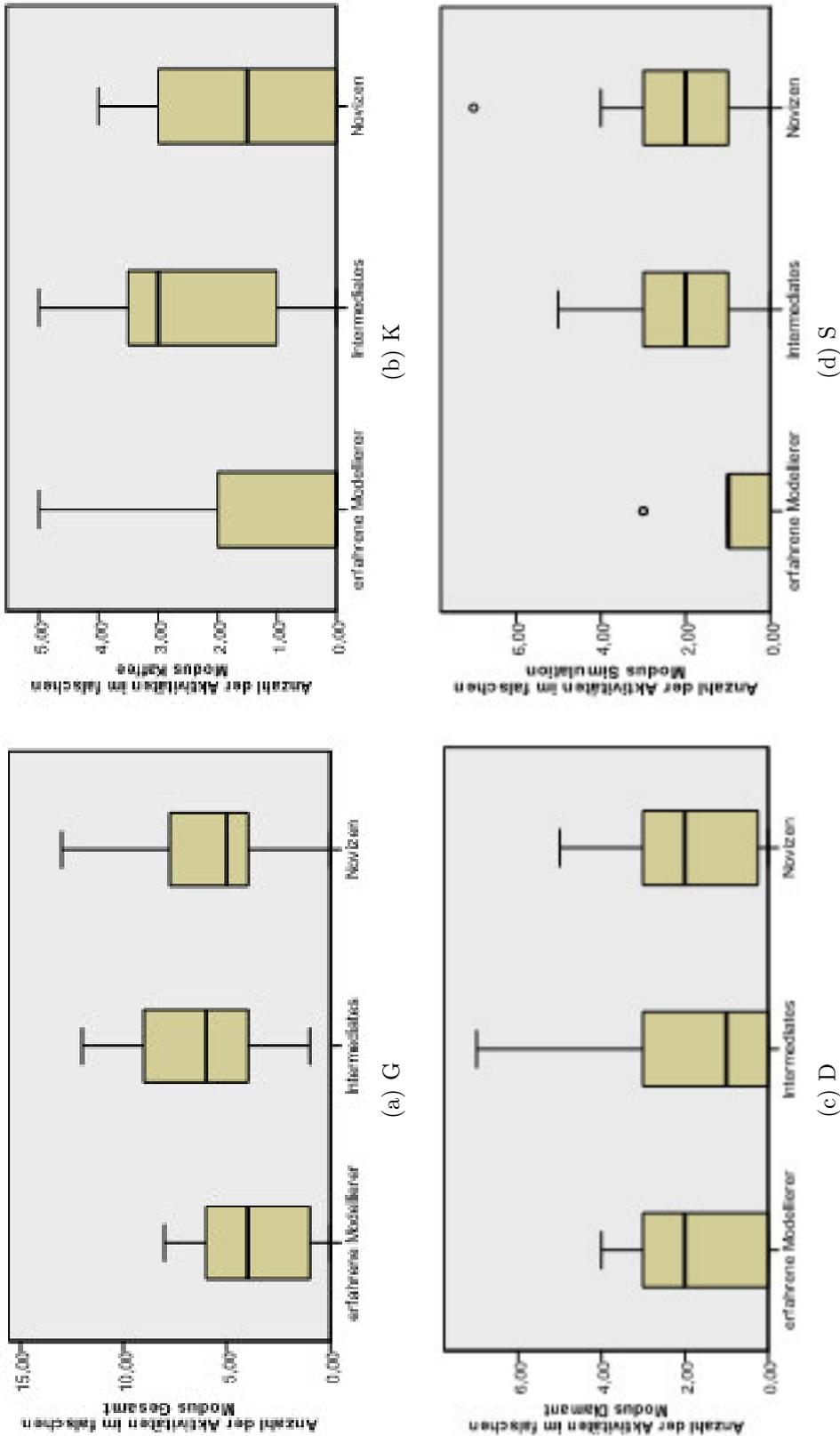


Abbildung 3.69.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Modusfehler

Aktivität im falschen Modus dar, dies gilt für die Hälfte von I und ein Viertel von N. Nur zwei erfahrene Modellierer stellten drei Aktivitäten im falschen Modus dar, diese werden als Ausreißer gewertet, aber je drei Viertel der Novizen und Intermediates. Kein Intermediate machte mehr als fünf Fehler und nur ein Novize, der als Ausreißer betrachtet wird, machte mehr als vier Fehler.

Der Jonckheere-Terpstra-Test wird für die Gesamtheit der Aufgaben, für die Kaffeeaufgabe und für die Simulationsaufgabe durchgeführt. Die Verteilungen bei der Diamantenaufgabe variieren zusammen, somit kann kein stochastischer Zusammenhang zwischen der Modellierungsexpertise und der Anzahl der Modusfehler angenommen werden. Der Jonckheere-Terpstra-Test zeigt, dass für die Simulationsaufgabe und für alle Aufgaben gemeinsam die Nullhypothese verworfen wird (siehe Tabelle 3.18). Die Nullhypothese für die Kaffeeaufgabe wird behalten. Die Simulationsaufgabe zeigt eine hohe Signifikanz für den Einfluss der Modellierungsexpertise auf die Anzahl der Aktivitäten im falschen Modus. Zusätzlich scheint ein weiterer Einfluss auf die Anzahl der Modusfehler zu bestehen, der in den Aufgaben begründet ist.

Tabelle 3.18.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Modusfehler

G: Die Verteilung von Anzahl der Aktivitäten im falschen Modus ist über Kategorien von M gleich.	,026	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Anzahl der Aktivitäten im falschen Modus ist über Kategorien von M gleich.	,209	Nullhypothese behalten.
S: Die Verteilung von Anzahl der Aktivitäten im falschen Modus ist über Kategorien von M gleich.	,001	Nullhypothese ablehnen.

Aufgrund dieser Ergebnisse werden paarweise Post-hoc-Tests für die Simulationsaufgabe und die Gesamtheit der Aufgaben durchgeführt. Dabei wird deutlich, ob und wie stark die nicht signifikanten Ergebnisse der Diamantenaufgabe und der Kaffeeaufgabe die Unterschiede zwischen den Gruppen beeinflussen. Sowohl für die Simulationsaufgabe als auch für die Gesamtheit der Aufgaben zeigt sich, dass sich die erfahrenen Modellierer signifikant von den anderen beiden Gruppen unterscheiden. Bei der Simulationsaufgabe liegen sogar hoch signifikante Unterschiede vor (siehe Abbildung 3.70a und 3.70b). Die Intermediates und die Novizen unterscheiden sich nur minimal und die Tests weisen dabei eine Feh-

lerwahrscheinlichkeit von 100% auf. Daraus folgt, dass die Anzahl der Modusfehler signifikant von praktischer Modellierungsexpertise abhängig ist, während theoretische Vorerfahrungen keinen Vorteil erbringen.

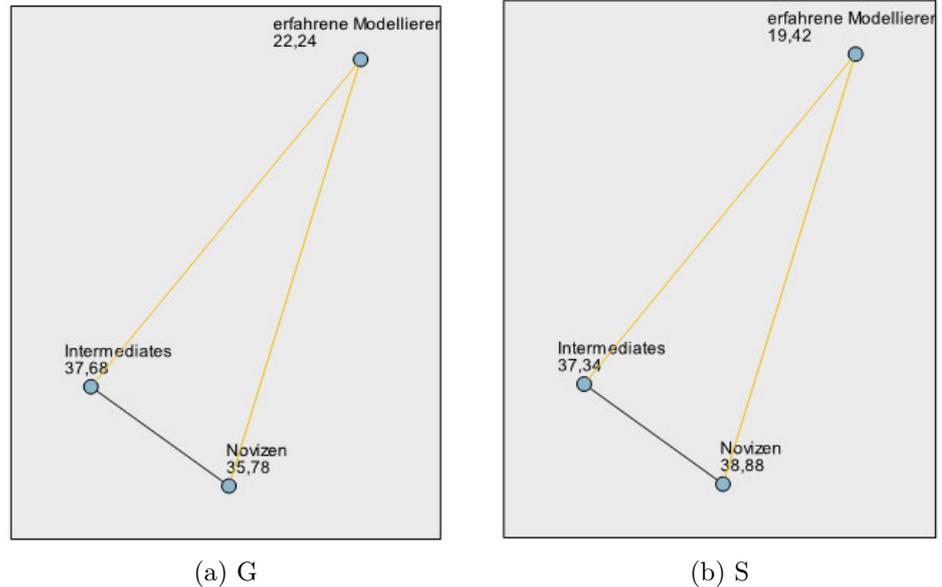


Abbildung 3.70.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Modusfehler

Für die Diamantenaufgabe ist die Anzahl der Modusfehler von keinem der betrachteten Merkmale signifikant abhängig. Für die Kaffeeaufgabe besteht eine signifikante Abhängigkeit von der akademischen / beruflichen Ausbildung (0,038). Allerdings ist die Anzahl der Modusfehler einzig für Probanden mit einer abgeschlossenen Ausbildung geringer als für die anderen Gruppen (siehe Abbildung 3.71). Da dies nur ein Proband war, kann dieses Ergebnis nicht als aussagekräftig gewertet werden, so dass die Anzahl der Modusfehler auch für die Kaffeeaufgabe nicht als signifikant abhängig von einem der betrachteten Merkmale gesehen werden kann.

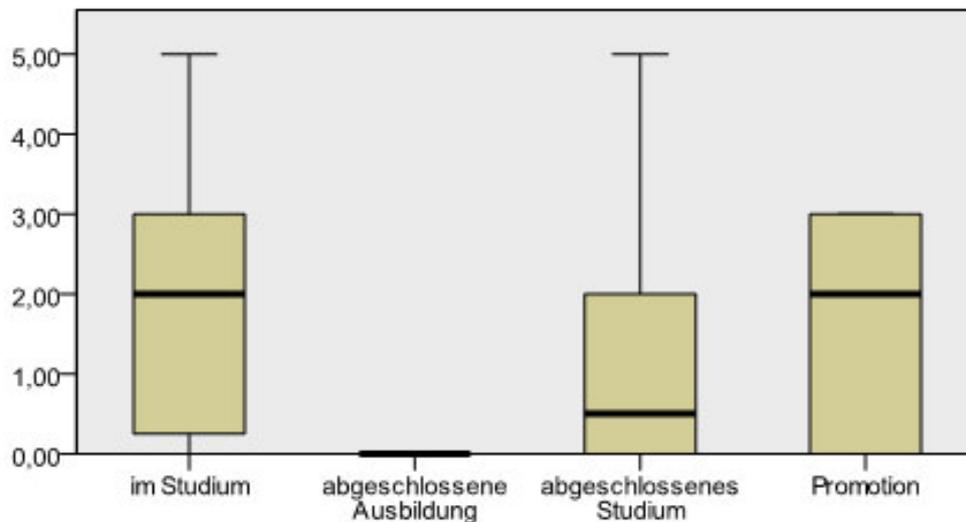


Abbildung 3.71.: Boxplots für die Anzahl der Modusfehler (K) bezogen auf die akademische/berufliche Ausbildung der Probanden

3.1.9.4.1. Fehler mit Iterationen Im Folgenden wird analysiert, ob sich die Anzahl der Fehler, die Probanden machen, wenn sie eine Iteration darstellen sollen, für die einzelnen Modellierungsexpertisegruppen unterscheidet. In jeder Aufgabe musste nur eine Iteration dargestellt werden. Abbildung 3.72 zeigt, dass die Anzahl der Fehler innerhalb von Iterationen insgesamt und auch für die einzelnen Aufgaben getrennt variieren, wenn die Novizen und die anderen beiden Gruppen betrachtet werden. Allerdings variieren die Verteilungen für die erfahrenen Modellierer und die Intermediates gemeinsam.

Für alle drei Aufgaben gemeinsam (siehe Abbildung 3.72a) machte ein Viertel der erfahrenen Modellierer keinen Fehler, der eine Iteration betraf, in einer der Aufgaben und kein Proband dieser Gruppe machte mehr als drei solcher Fehler. Die Werte der Intermediates liegen zwischen null und vier, zwei Ausreißer bei sieben und neun, die der Novizen zwischen eins und neun. Allerdings machte die Hälfte der Intermediates maximal einen Fehler, der eine Iteration betraf und die der erfahrenen Modellierer maximal zwei. Drei Viertel der Novizen machte mindestens drei Fehler, die Iterationen betrafen. Somit scheint für alle Aufgaben gemeinsam die Anzahl der Fehler, die Iterationen betrafen abhängig von theoretischer Modellierungsexpertise zu sein.

Für die Kaffeaufgabe (siehe Abbildung 3.72b) liegen sowohl die Werte der erfahrenen Modellierer als auch der Intermediates zwischen null und eins, allerdings machte die Hälfte der Intermediates keinen Fehler, der die Iteration in dieser Aufgabe betraf, und nur ein Viertel der erfahrenen Modellierer. Drei Viertel der erfahrenen Modellierer und die Hälfte der

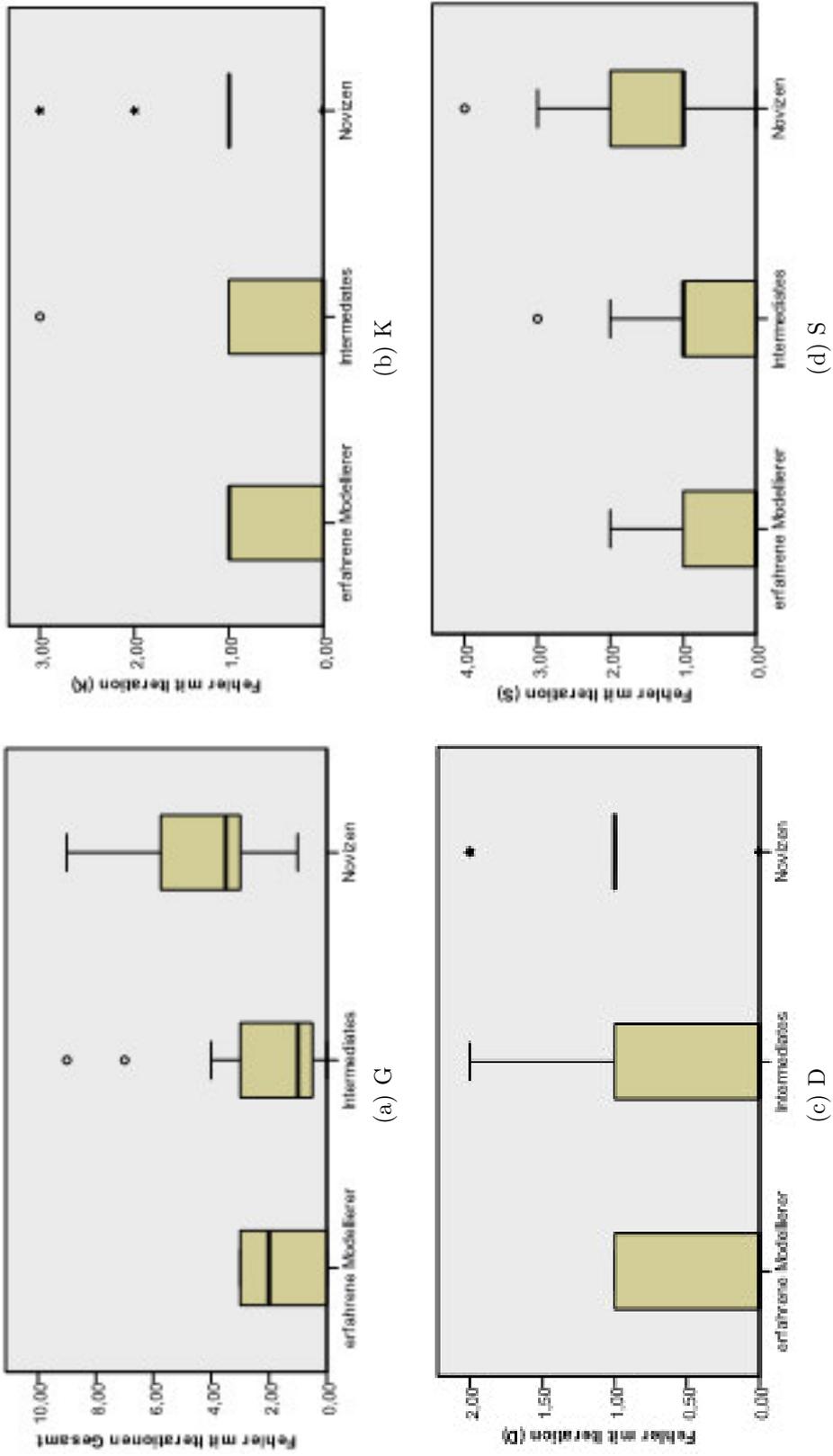


Abbildung 3.72.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Iterationsfehler

Intermediates, ausgenommen eines Ausreißers bei drei, machte maximal einen Fehler, der die Iteration betraf. Im Gegensatz dazu machten fast alle Novizen genau einen Fehler, der die Iteration betraf. Besser abschnitten nur zwei extreme Ausreißer, während fünf schlechter abschnitten und zwei beziehungsweise drei Fehler machten, die die Iteration betrafen. Die Anzahl der Fehler, die Iterationen betreffen, scheint für die Kaffeeaufgabe abhängig von der theoretischen Modellierungsexpertise zu sein.

Für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.72c) machten die erfahrenen Modellierer zwischen null und einem Fehler, die Intermediates zwischen null und zwei und die Novizen bis auf Ausnahmen wiederum genau einen. Die Hälfte der erfahrenen Modellierer und der Intermediates machte in dieser Aufgabe keinen Fehler, der die Iteration betraf. Kein erfahrener Modellierer machte mehr als einen solchen Fehler, ein Viertel der Intermediates machte zwei solche Fehler. Jeweils drei Novizen machten keinen beziehungsweise zwei Fehler, der die Iteration betraf. Für die Diamantenaufgabe scheint die Anzahl der Fehler, die die Iteration betreffen, abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein, wiederum besonders von der theoretischen.

Für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.72d) machten die erfahrenen Modellierer und die Intermediates zwischen null und zwei Fehler (ein Ausreißer bei drei), die die Iteration betrafen, die Novizen zwischen null und drei (ein Ausreißer bei vier). Die Hälfte der erfahrenen Modellierer und ein Viertel der Intermediates machte keinen solchen Fehler in dieser Aufgabe. Jeweils drei Viertel dieser beiden Gruppen machte maximal einen Fehler, der die Iteration betraf, dies gilt für die Hälfte der Novizen. Ein Viertel der Novizen machte mehr als zwei solche Fehler. Somit scheint die Anzahl der Fehler, die die Iteration betreffen, für die Simulationsaufgabe abhängig von theoretischer Modellierungsexpertise zu sein.

Die Jonckheere-Terpstra-Tests (siehe Tabelle 3.19) zeigen, dass die Nullhypothesen sowohl für jede einzelne Aufgabe als auch für alle drei Aufgaben zusammen verworfen werden. Somit ist das Ergebnis, dass die Anzahl der Fehler, die Iterationen betreffen auf die Grundgesamtheit erweiterbar. Die Jonckheere-Terpstra-Tests zeigen, dass die Nullhypothesen sowohl für jede einzelne Aufgabe als auch für alle drei Aufgaben zusammen verworfen werden. Somit ist das Ergebnis, dass die Anzahl der Fehler, die Iterationen betreffen auf die Grundgesamtheit erweiterbar.

Die paarweisen Vergleiche zeigen, dass die Anzahl der Fehler, die Iterationen betreffen, mit steigender Modellierungsexpertise signifikant absinkt. Dabei reicht schon theoretische Modellierungsexpertise aus, um zu diesem Ergebnis zu führen. Für alle Aufgaben gemeinsam und für die Diamantenaufgabe unterscheidet sich die Anzahl der Fehler, die Iterationen betreffen, für die Novizen hoch signifikant von denen der Inter-

Tabelle 3.19.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Fehler mit Iterationen

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Fehler mit Iterationen ist über Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Fehler mit Iteration ist über Kategorien von M gleich.	,020	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von Fehler mit Iteration ist über Kategorien von M gleich.	,009	Nullhypothese ablehnen.
S: Die Verteilung von Fehler mit Iteration ist über Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.

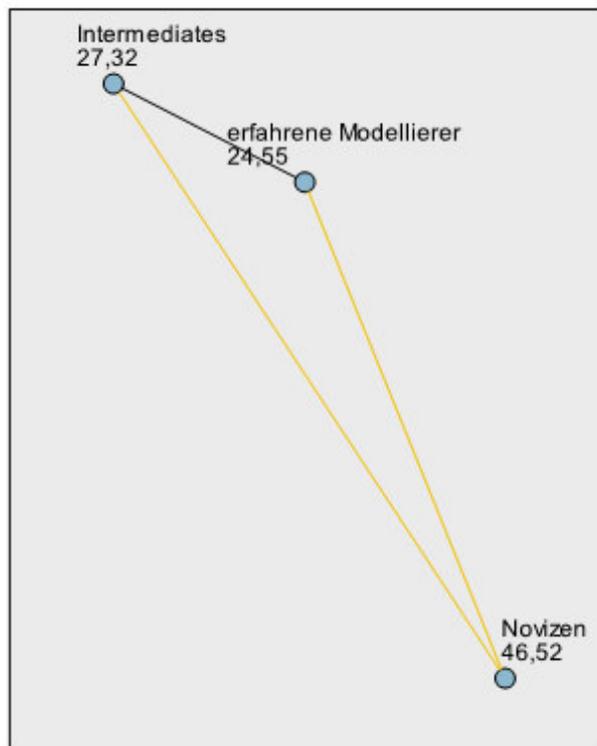


Abbildung 3.73.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Iterationsfehler (G)

intermediates und der erfahrenen Modellierer (siehe Abbildung 3.73 und Abbildung 3.75). Für die Kaffee- und die Simulationsaufgabe unterscheidet sich nur die Anzahl dieser Fehler, die die erfahrenen Modellierer machen, hoch signifikant von der der Novizen, während der Unterschied zwischen den Ergebnissen der Intermediates und der Novizen lediglich signifikant ist (siehe Abbildung 3.74 und Abbildung 3.76). Allerdings unterscheiden sich die Ergebnisse der Intermediates und der erfahrenen Modellierer für keine Aufgabe und auch für alle Aufgaben gemeinsam nicht signifikant voneinander. Dies lässt darauf schließen, dass ein Modellierer, der über theoretische Modellierungsvorkenntnisse verfügt weniger Fehler macht, die eine Iteration betreffen, als jemand ohne diese Vorkenntnisse. Allerdings bringt es nur eine geringe Verbesserung der Iterationen mit sich, wenn der Modellierer auch praktische Vorkenntnisse besitzt.

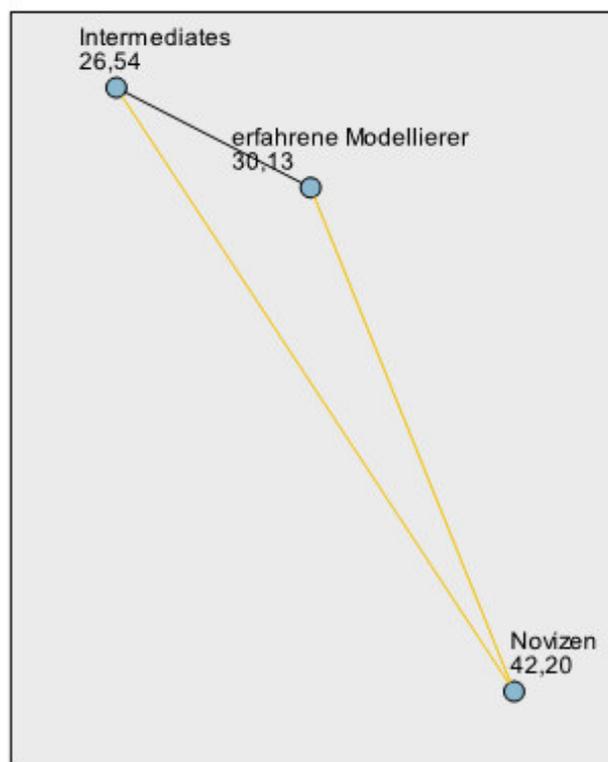


Abbildung 3.74.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Iterationsfehler (K)

Die Gesamtzahl der Fehler mit Iterationen ist für die Diamantenaufgabe mit einer höheren Signifikanz (0,005) abhängig von der Kenntnis einer Modellierungssprache als von der Modellierungsexpertise. Allerdings fallen besonders die Probanden, die EPC und MTM-Swimlane kannten durch keinen Fehler auf, da dies sehr wenige Probanden waren, kann dies ein Zufall sein (siehe Abbildung 3.77).

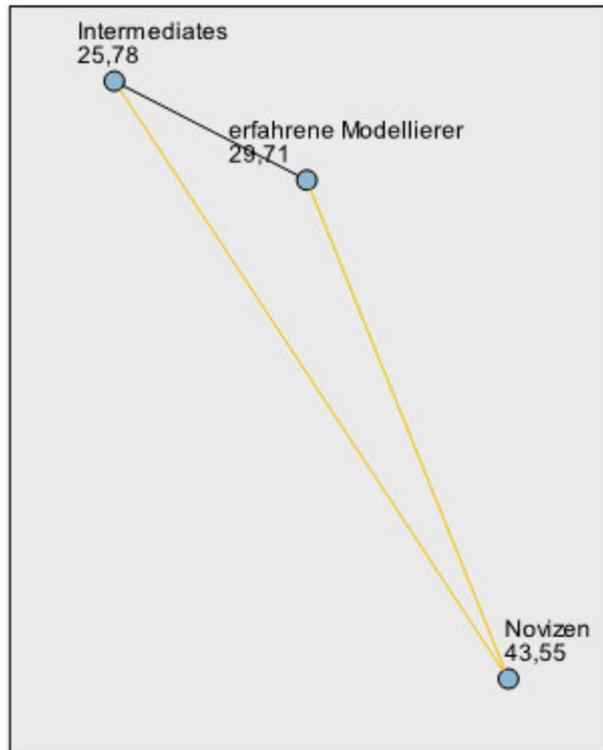


Abbildung 3.75.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Iterationsfehler (D)

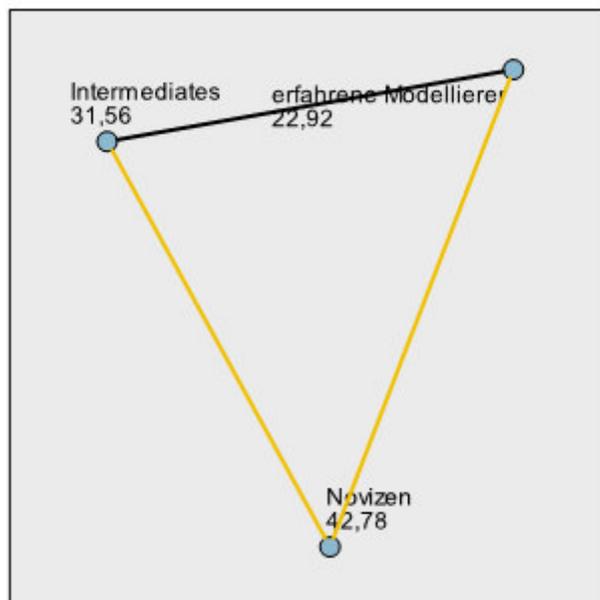


Abbildung 3.76.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der Iterationsfehler (S)

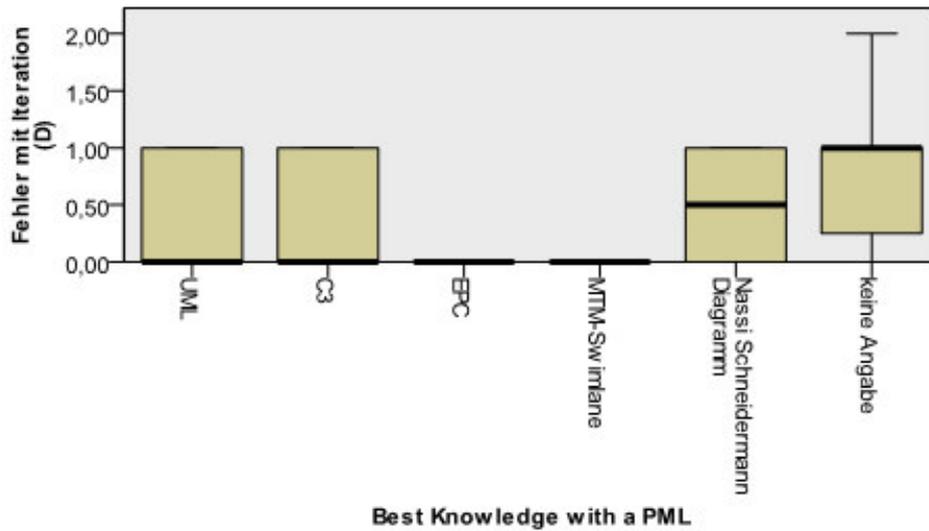


Abbildung 3.77.: Boxplots für die Anzahl der Iterationsfehler (D) bezogen auf die Kenntnis einer Modellierungssprache

Im Folgenden wird betrachtet, welche Arten von Fehlern, die Iterationen betreffen, gehäuft vorkommen.

Zuerst wird analysiert, wie häufig Iterationen nicht im Modell dargestellt werden (siehe Abbildung 3.78). Dabei fällt auf, dass sowohl erfahrene Modellierer als auch Intermediates nur in Ausnahmefällen die Iteration in einem Modell nicht darstellen. Für die erfahrenen Modellierer vergaßen insgesamt vier Probanden die Iteration in der Kaffeeaufgabe. Für die Intermediates vergaßen fünf Probanden die Iteration in der Kaffeeaufgabe und je einer in der Diamanten- und der Simulationsaufgabe. Dies führt dazu, dass für alle Aufgaben drei Intermediates eine Iteration ausgelassen haben und zwei zwei Stück. Im Gegensatz hierzu stellte sowohl bei der Kaffee als auch bei der Diamantenaufgabe ein Viertel der Novizen die Iteration nicht dar, aber keiner bei der Simulationsaufgabe. Insgesamt stellte ein Viertel der Novizen alle Iterationen dar, die Hälfte vergaß maximal eine und einige stellten sowohl die Iteration in der Kaffee- als auch in der Diamantenaufgabe nicht dar. Warum die Iteration in der Simulationsaufgabe von fast allen Novizen dargestellt wurde, bleibt spekulativ. Es könnte darin begründet sein, dass hier zwei in einander verschachtelte Routings vorliegen und jeder Modellierer mindestens eines dargestellt hat.

Sehr wenige erfahrene Modellierer (vier) stellen Iterationen gar nicht dar, von den Intermediates vergessen ebenfalls nur fünf Iterationen, allerdings zwei von ihnen zwei Stück. Im Gegensatz dazu stellt die Hälfte der Novizen mindestens eine Iteration nicht dar, und immerhin noch fast ein

Viertel stellt in zwei von drei Modellen keine Iteration dar. Auch vergisst die Hälfte der Novizen iterative Aktivitäten, ein Viertel von ihnen eine bis zwei. Nur ein Novize schließt alle drei Iterationen an der richtigen Stelle, alle anderen schließen eine Iteration falsch, wobei vier Probanden zwei beziehungsweise drei Iterationen falsch schließen. Somit scheint die Anzahl dieser Fehlertypen, die bei der Darstellung von Iterationen vorkommen abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

Die Verteilungen der Anzahl der vergessenen Informationen variiert für alle Aufgaben gemeinsam (siehe Abbildung 3.78a), für die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.78b) und für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.78c) getrennt voneinander. Die Iteration wurde für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.78d) nur von einem Intermediate (extremer Ausreißer) weggelassen, ansonsten variieren die Verteilungen für diese Aufgabe gemeinsam. Für die Kaffeeaufgabe hingegen wurde sie von vier erfahrenen Modellierern und fünf Intermediates, die alle als extreme Ausreißer gewertet werden, und von einem Viertel der Novizen nicht dargestellt. Durch die viele Ausreißer werden diese Verteilungsunterschiede aber als nicht signifikant betrachtet. Für die Diamantenaufgabe lässt zwar auch ein Viertel der Novizen die Iteration weg, aber nur ein Intermediate, so dass sich hier die Verteilungen signifikant unterscheiden.

Die Jonckheere-Terpstra-Tests zeigen, dass nur die Nullhypothesen für die Diamantenaufgabe und für alle Aufgaben gemeinsam verworfen werden können. Somit hängt die Anzahl der vergessenen Iterationen nur für Diamantenaufgabe und für die aufsummierten Fehleranzahlen aller Aufgaben signifikant von der Modellierungsexpertise ab (siehe Tabelle 3.20). Für alle Aufgaben gemeinsam unterscheiden sich sowohl die Werte der

Tabelle 3.20.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der weggelassenen Iterationen

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Fehlende Iteration ist über Kategorien von M gleich.	,012	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Weglassen der Iteration ist über Kategorien von M gleich.	,094	Nullhypothese behalten.
D: Die Verteilung von Weglassen der Iteration ist über Kategorien von M gleich.	,001	Nullhypothese ablehnen.
S: Die Verteilung von Weglassen der Iteration ist über Kategorien von M gleich.	,977	Nullhypothese behalten.

erfahrenen Modellierer als auch der Intermediates signifikant von denen

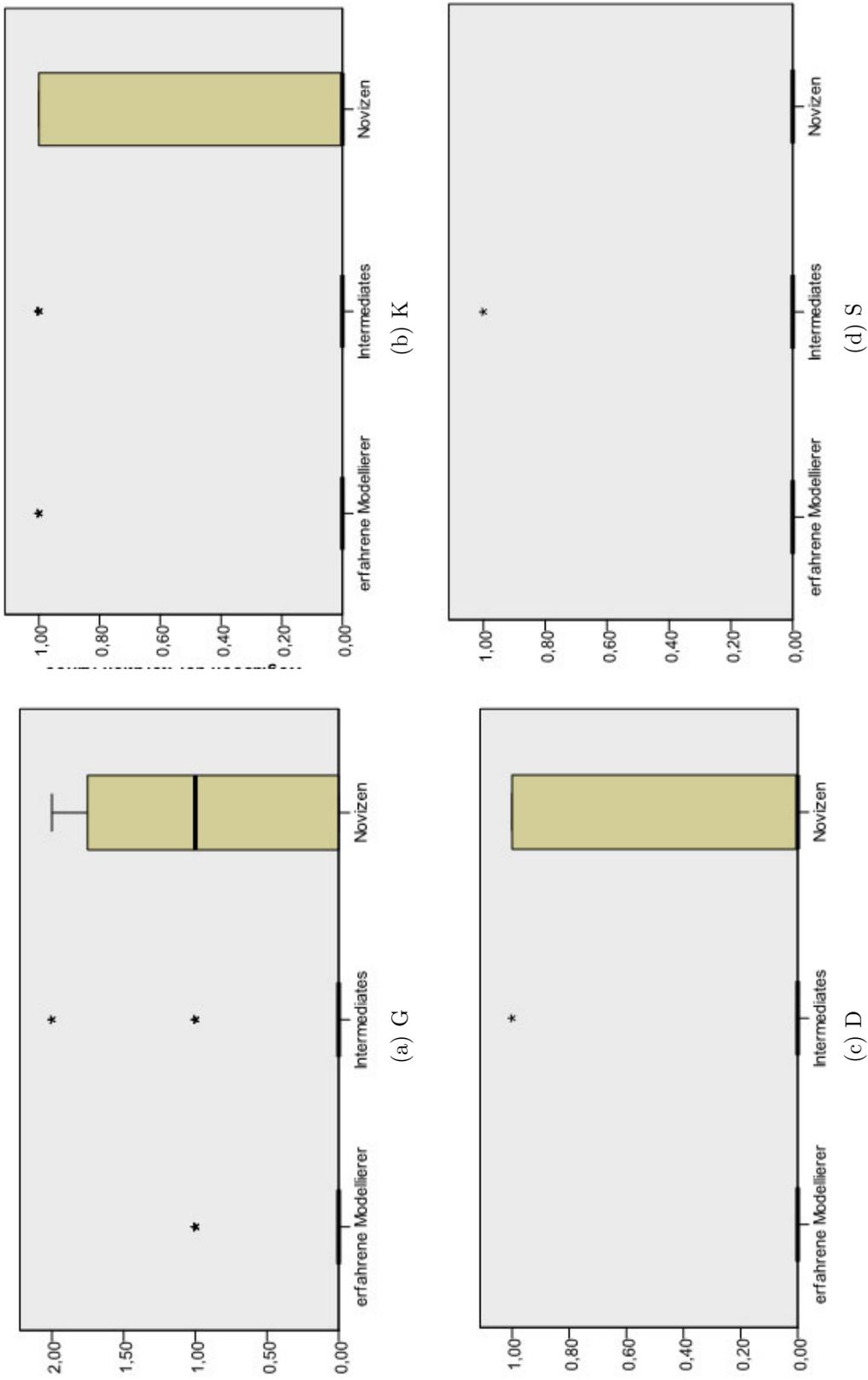


Abbildung 3.78.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der weggelassenen Iterationen

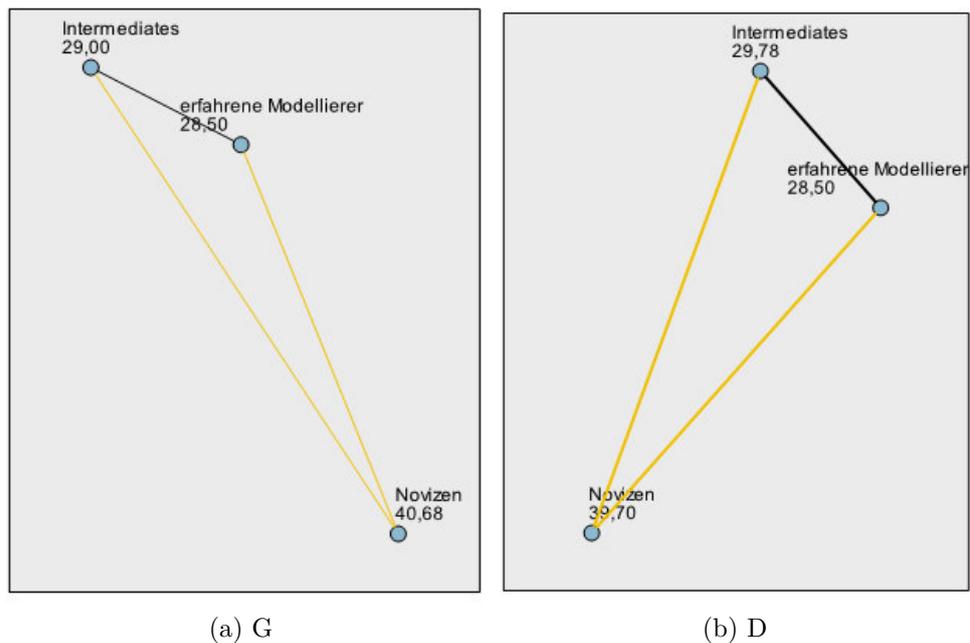


Abbildung 3.79.: Paarweise Post-hoc-Tests für die Anzahl der weggelassenen Iterationen

der Novizen, beide Gruppen vergaßen signifikant seltener Iterationen darzustellen als die Novizen (siehe Abbildung 3.79a).

Die paarweisen Post-Hoc-Tests bestätigen diesen Eindruck, sie zeigen, dass die erfahrenen Modellierer hoch signifikant seltener und die Intermediates signifikant seltener vergaßen, die Iteration in der Diamantenaufgabe darzustellen als die Novizen (siehe Abbildung 3.79b).

Diese Ergebnisse lassen auf Unterschiede in der Beschreibung von Iterationen in den einzelnen Aufgaben schließen. Die Verteilungswerte lassen darauf schließen, dass die Diamantenaufgabe die verständlichste Beschreibung einer Iteration beinhaltet.

Die einzelnen Fehlertypen, die bei der Darstellung von Iterationen vorkommen, variieren getrennt voneinander. Besonders auffällig ist, dass nur sehr wenige erfahrene Modellierer Iterationen gar nicht darstellen (vier), kein erfahrener Modellierer eine Aktivität innerhalb einer Iteration vergisst und nur einer die Iteration an einer falschen Stelle schließt. Von den Intermediates vergessen ebenfalls nur fünf Iterationen, allerdings zwei von ihnen zwei Stück. Vier Intermediates vergessen Aktivitäten innerhalb von Iterationen, drei von ihnen zwei Stück. Allerdings schließt ein Viertel der Intermediates Iterationen an der falschen Stelle, einer macht dies bei zwei Iterationen. Im Gegensatz zu diesen Werten stellt die Hälfte der Novizen mindestens eine Iteration nicht dar, und immerhin noch fast

ein Viertel stellt in zwei von drei Modellen keine Iteration dar. Auch vergisst die Hälfte der Novizen iterative Aktivitäten, ein Viertel von ihnen eine bis zwei. Nur ein Novize schließt alle drei Iterationen an der richtigen Stelle, alle anderen schließen eine Iteration falsch, wobei vier Probanden zwei beziehungsweise drei Iterationen falsch schließen. Somit scheint die Anzahl dieser Fehlertypen, die bei der Darstellung von Iterationen vorkommen abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein.

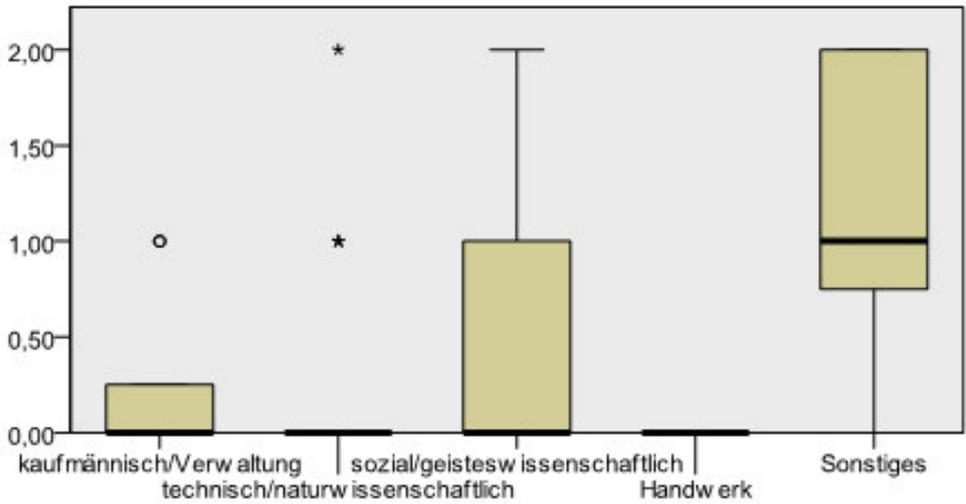
Für alle Aufgaben gemeinsam beeinflussen sowohl die Kenntnis einer Modellierungssprache (0,001) als auch die Fachrichtung (0,005) und die Modellierungsrichtung (0,003) die Anzahl der fehlenden Iterationen stärker als die gesamte Modellierungsexpertise. Somit sind hier die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Modellierungsexpertise die Kenntnis einer Modellierungssprache und die Fachrichtung. Dabei ist zu erkennen, dass die Probanden, die UML kannten, die wenigsten Iterationen ausließen, hinzu ließen Probanden aus den Bereichen „technisch/naturwissenschaftlich“, „kaufmännisch/Verwaltung“ und „Handwerk“ seltener Iterationen aus als Probanden aus den anderen Fachbereichen (siehe Abbildung 3.80a). Hinzu kommt, dass eine vertikale Modellierung die Anzahl der fehlenden Informationen senkt (siehe Abbildung 3.80b).

Für die Kaffeeaufgabe hängt die Anzahl der fehlenden Iterationen mit einer hohen Signifikanz von der Modellierungsrichtung ab, aber auch die Kenntnis einer Modellierungssprache hat eine signifikante Auswirkung auf die Anzahl der ausgelassenen Iterationen. So bewirkt die vertikale Darstellung hier einen positiven Einfluss auf die Anzahl der weggelassenen Iterationen und Probanden, die UML kannten, vergaßen weniger Iterationen als solche, die UML nicht kannten.

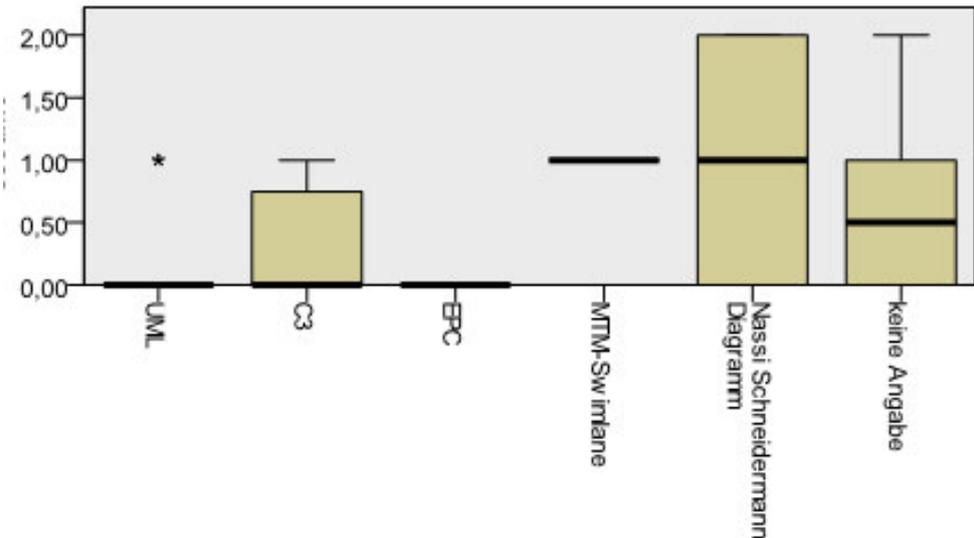
Für die Diamantenaufgabe hat neben der Modellierungsexpertise die Fachrichtung einen genauso signifikanten Einfluss (0,001) auf die Anzahl der fehlenden Iterationen. So ließen nur Probanden aus dem Bereich „Sonstige“ die Iteration im Modell weg.

Die Anzahl der Iterationen, die in der Simulationsaufgabe weggelassen wurden, ist für diese von keinem der untersuchten Merkmale signifikant abhängig.

Das Vergessen des Mergeknotens, also des Elementes, das die Stelle markiert, an der die Kontrollflüsse nach der Iteration wieder zu einem verbunden werden, tritt für alle Modellierungsexpertisegruppen gehäuft auf (siehe Abbildung 3.81). Drei Viertel der erfahrenen Modellierer und der Novizen vergaßen mindestens bei einer Iteration dieses Element, ein Viertel bei mindestens zwei. Auch ein Viertel der Intermediates machte diesen Fehler mindestens einmal. In jeder Gruppe gab es Probanden, die in keinem der Modelle einen Mergeknoten zum Schließen der Iteration benutzten. Stattdessen schlossen die Probanden die Iteration einfach dadurch, dass zwei Kontrollflüsse als Eingänge in eine Aktivität liefen. Dies



(a) Fachrichtung



(b) Modellierungsrichtung

Abbildung 3.80.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der Iterationsfehler für G abhängig von verschiedenen Merkmalen

ist zwar inkorrekt, scheint aber für viele Modellierer intuitiver zu sein.

Das Weglassen von Merge-Knoten nach Iterationen kommt für alle Aufgaben relativ oft vor (siehe Abbildung 3.81a), so ließen je ein Viertel der erfahrenen Modellierer und der Novizen dieses Element weg. Dies gilt für alle Aufgaben. Die Intermediates machten diesen Fehler etwas seltener, fünf von ihnen ließen das Element in der Kaffeeaufgabe weg (siehe Abbildung 3.81b), weniger als ein Viertel in der Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.81c) und ein Viertel in der Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.81d). Somit scheint die Darstellung des Merge-Knotens nicht abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein, da dieser Fehler erst abnimmt und dann wieder auf den anfänglichen Wert zurücksteigt. Für die Kaffee- und die Simulationsaufgabe ist die Zahl der vergessenen Merge-Knoten von keinem der betrachteten Merkmale signifikant abhängig, für die Diamantenaufgabe und für alle Aufgaben gemeinsam besteht eine signifikante Abhängigkeit der Anzahl der fehlenden Merge-Knoten von der akademischen und beruflichen Ausbildung der Probanden. Für die Diamantenaufgabe ließen die Probanden mit abgeschlossener Ausbildung und in der Promotion eher den Merge-Knoten weg als solche im Studium oder mit abgeschlossenem Studium. Für alle Aufgaben gemeinsam ließen allerdings die Studenten gefolgt von den Probanden mit abgeschlossenem Studium die meisten Merge-Knoten aus (siehe Abbildung 3.82a und Abbildung 3.82b).

Die Boxplots weisen eine Abhängigkeit der Anzahl der an falscher Stelle geschlossenen Iterationen von der Modellierungsexpertise für die Simulationsaufgabe hin (siehe Abbildung 3.83). Für alle Aufgaben zusammen schlossen die Novizen eine Iteration falsch (extreme Ausreißer auch zwei oder drei), die Hälfte Intermediates schlossen bis auf Ausreißer maximal eine Iteration falsch, die meisten erfahrenen Modellierer schlossen keine Iteration an der falschen Stelle. Bei der Kaffee- und der Diamantenaufgabe schließen nur extreme Ausreißer der Intermediates und der Novizen beziehungsweise nur der Novizen die Iteration falsch. Für die Simulationsaufgabe schließen zwei erfahrene Modellierer die Iteration an falscher Stelle, diese werden als extreme Ausreißer gewertet. Ungefähr ein Achtel der Intermediates schloss für diese Aufgabe die Iteration an falscher Stelle und mehr als die Hälfte der Novizen. Somit scheint es abhängig von der Modellierungsexpertise zu sein, ob eine Iteration an der richtigen Stelle geschlossen wird oder nicht.

Durch die vielen Ausreißer für K und D verwirft der Jonckheere-Trepstra-Test die Nullhypothesen für alle Aufgaben (siehe Tabelle 3.21). Somit ist die Anzahl der an der falschen Stelle zusammengeführten Iterationen signifikant von der Modellierungsexpertise abhängig.

Die paarweisen Post-hoc-Tests zeigen, dass sich allerdings sowohl für die Kaffee- wie auch für die Diamantenaufgabe die drei Gruppen nicht

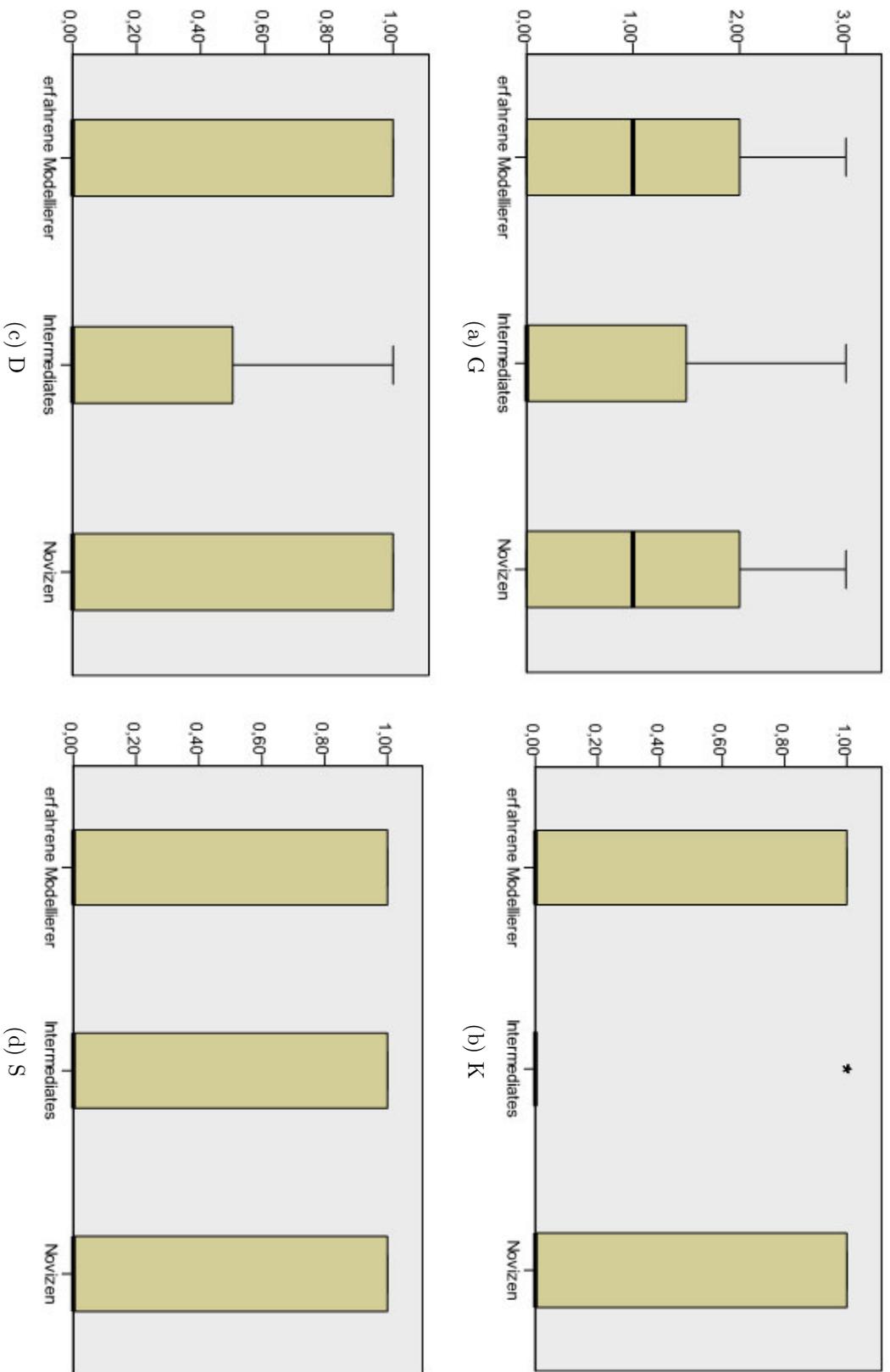
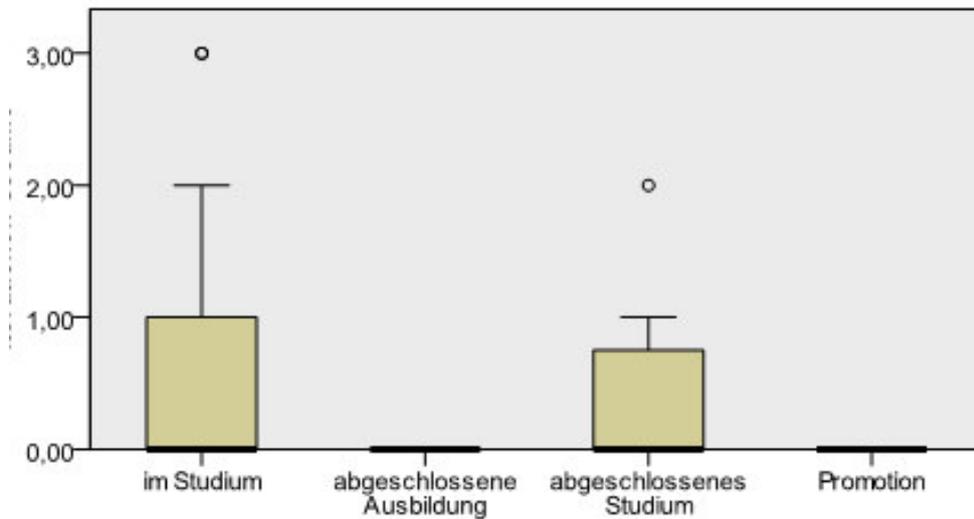
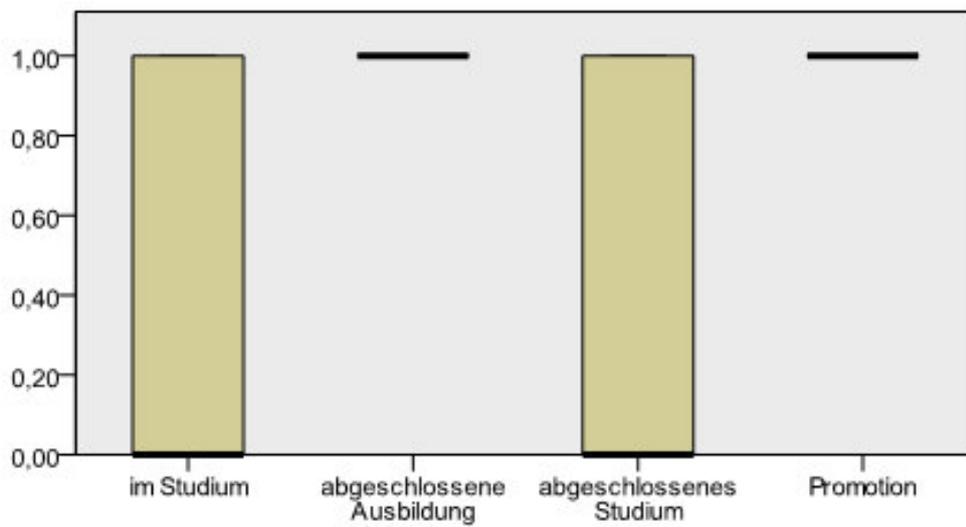


Abbildung 3.81.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der weggelassenen Merge-Knoten bei Iterationen



(a) G



(b) D

Abbildung 3.82.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der weggelassenen Merge-Knoten bezogen auf die akademische/berufliche Ausbildung

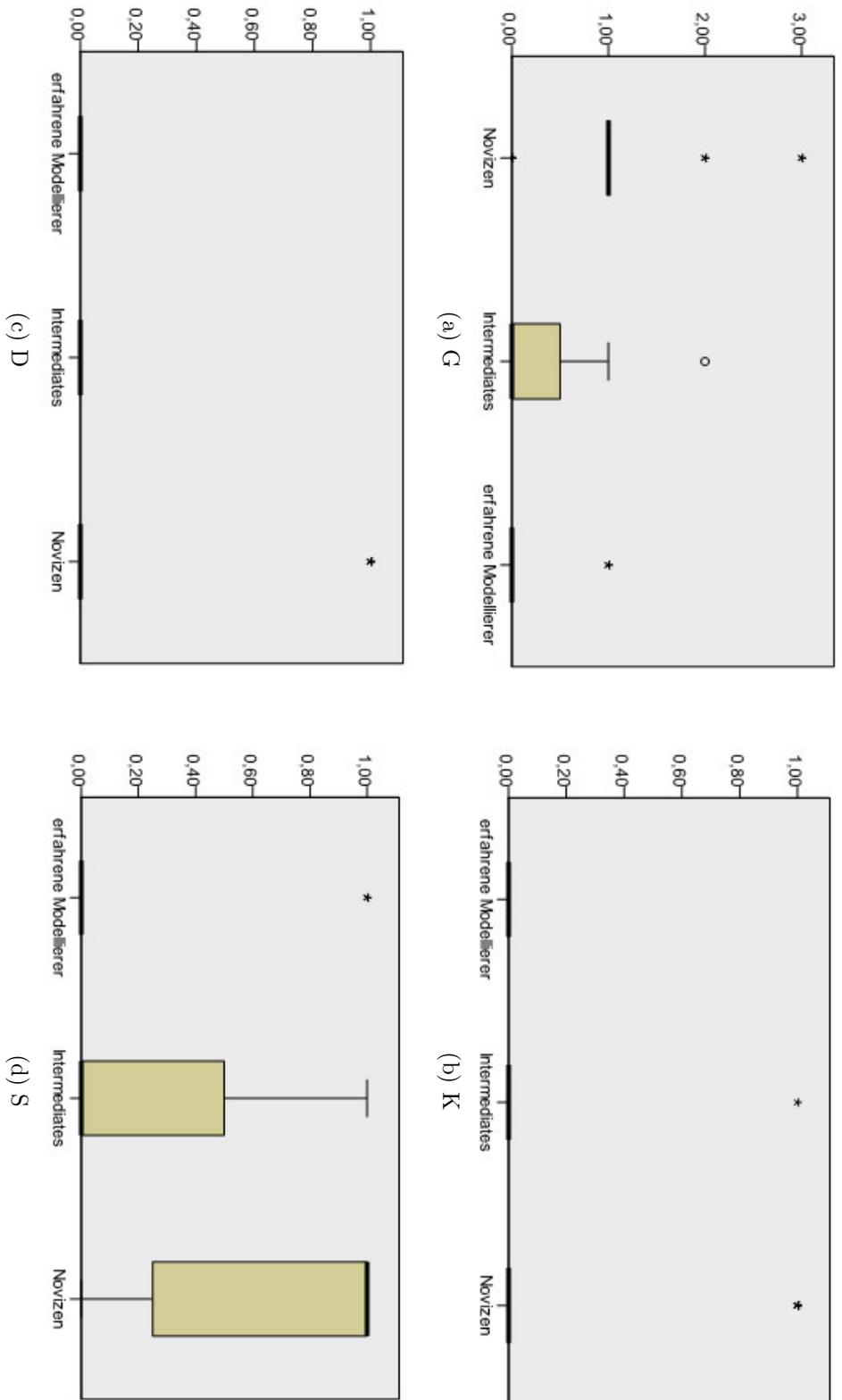


Abbildung 3.83.: Boxplots für die Verteilung der Anzahl der an einer falschen Stelle geschlossenen Iterationen

Tabelle 3.21.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der an falscher Stelle zusammengeführten Iterationen

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Iteration an falscher Stelle zusammengeführt ist über Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Iteration an falscher Stelle zusammengeführt ist über Kategorien von M gleich.	,020	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von Iteration an falscher Stelle zusammengeführt ist über Kategorien von M gleich.	,026	Nullhypothese ablehnen.
S: Die Verteilung von Iteration an falscher Stelle zusammengeführt ist über Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.

signifikant voneinander unterscheiden (siehe Abbildung 3.85 und Abbildung 3.86). Für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.87) zeigen die paarweisen Post-hoc-Tests, dass hoch signifikant weniger Intermediates die Iteration an falscher Stelle schließen als Novizen und höchst signifikant weniger erfahrene Modellierer. Für alle Aufgaben gemeinsam (siehe Abbildung 3.84) schlossen höchst signifikant erfahrene Modellierer und Intermediates weniger Iterationen an falscher Stelle als Novizen. Da nicht signifikant mehr erfahrene Modellierer als Intermediates die Iteration an der richtigen Stelle schließen, ist dies wohl abhängig von theoretischer Modellierungsexpertise für die Simulationsaufgabe und auch für alle Aufgaben gemeinsam.

Da die Ergebnisse einzig für die Simulationsaufgabe signifikante Unterschiede aufweisen, müssen die Aufgabenbeschreibungen auf Unterschiede in der Beschreibung der Iteration untersucht werden, um zu analysieren, wodurch eine höhere Anzahl von Probanden in der Simulationsaufgabe die Iteration an einer falschen Stelle schließt.

Für alle Aufgaben gemeinsam (siehe Abbildung 3.88a) stellten 75 Prozent der Novizen bis zu 2 (Ausreißer bis zu 3) iterative Aktivitäten zu viel oder zu wenig dar, die Hälfte der Intermediates maximal eine (Ausreißer 2), während kein erfahrener Modellierer eine falsche Anzahl iterativer Aktivitäten darstellte. Für die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.88b) stellten nur Ausreißer für die Novizen (4) und Intermediates (3) eine iterative Aktivität mehr dar, als in der Aufgabestellung beschrieben wur-

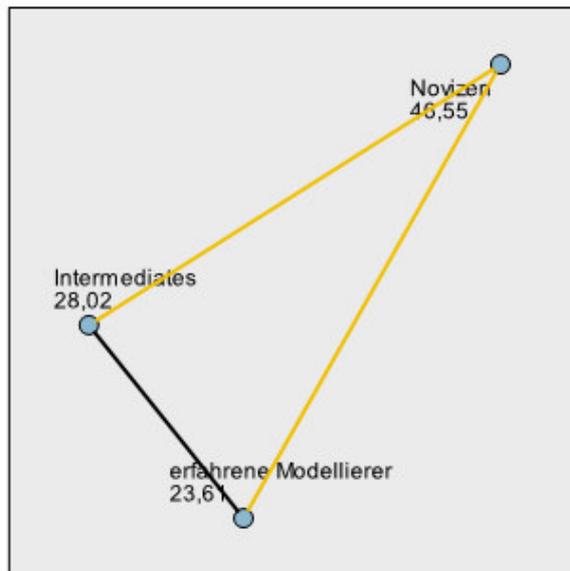


Abbildung 3.84.: Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests für die Anzahl der an der falschen Stelle zusammengeführten Iterationen (G)

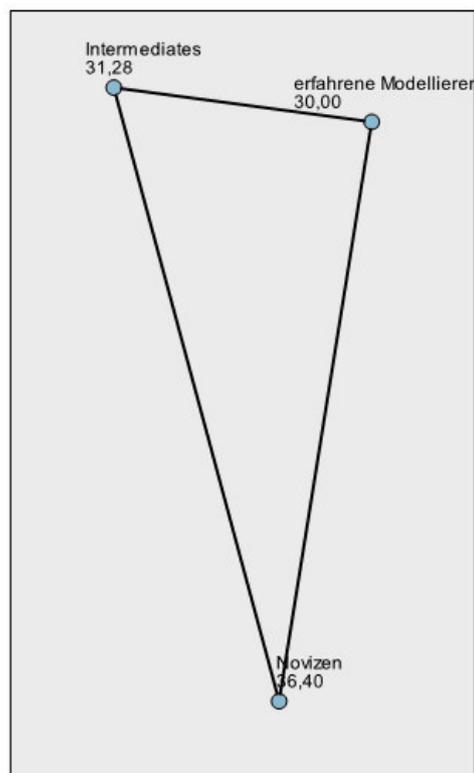


Abbildung 3.85.: Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests für die Anzahl der an der falschen Stelle zusammengeführten Iterationen (K)

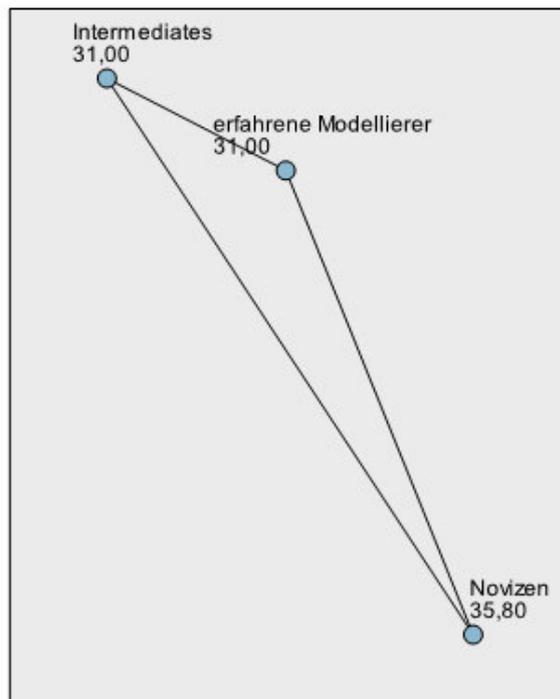


Abbildung 3.86.: Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests für die Anzahl der an der falschen Stelle zusammengeführten Iterationen (D)

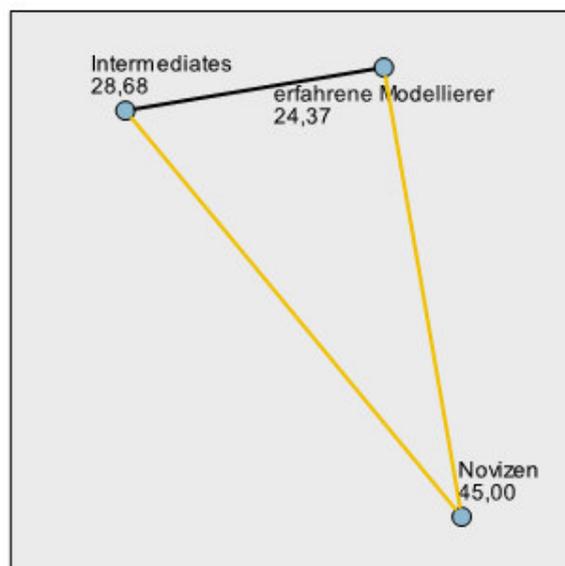


Abbildung 3.87.: Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests für die Anzahl der an der falschen Stelle zusammengeführten Iterationen (S)

de. Das gleiche gilt für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.88c), allerdings waren es da jeweils nur zwei Ausreißer je Gruppe. Für die Simulationsaufgabe (siehe Abbildung 3.88d) stellte die Hälfte der Novizen bis zu zwei Aktivitäten mehr oder weniger dar als beschrieben, von den Intermediates stellten vier Ausreißer eine iterative Aktivität zu viel oder zu wenig dar, von den erfahrenen Modellierer stellte keiner die falsche Anzahl iterativer Aktivitäten dar.

Die Jonckheere-Terpstra-Tests für die falsche Anzahl dargestellter iterativer Aktivitäten verwerfen sowohl für alle Aufgaben gemeinsam als auch für die Kaffee- und die Simulationsaufgabe die Nullhypothese, nur für die Diamantenaufgabe kann diese nicht verworfen werden (siehe Tabelle 3.22).

Tabelle 3.22.: Ergebnisse der Hypothesentests für die falsche Anzahl der iterativen Aktivitäten

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von falsche Anzahl iterativer Aktivitäten ist über die Kategorien von M gleich.	,000	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von falsche Anzahl iterativer Aktivitäten ist über die Kategorien von M gleich.	,048	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von falsche Anzahl iterativer Aktivitäten ist über die Kategorien von M gleich.	,205	Nullhypothese behalten.
S: Die Verteilung von falsche Anzahl iterativer Aktivitäten ist über Kategorien von M gleich.	,003	Nullhypothese ablehnen.

Die paarweisen Vergleiche zeigen, dass für alle Aufgaben gemeinsam sowohl die Intermediates als auch die Novizen signifikant häufiger eine falsche Anzahl an iterativen Aktivitäten darstellten als die erfahrenen Modellierer (siehe Abbildung 3.89a). Für die Kaffeeaufgabe unterscheiden sich alle drei Gruppen nicht signifikant voneinander (siehe Abbildung 3.89b). Für die Simulationsaufgabe unterscheiden sich nur die erfahrenen Modellierer signifikant von den Novizen (siehe Abbildung 3.89c) Um die Auftretenswahrscheinlichkeit der meisten Fehler, die bei der Darstellung von Iterationen vorkommen, signifikant zu verringern, sollten somit Modellierer eingesetzt werden, die mindestens über eine theoretische Vorkenntnis verfügen.

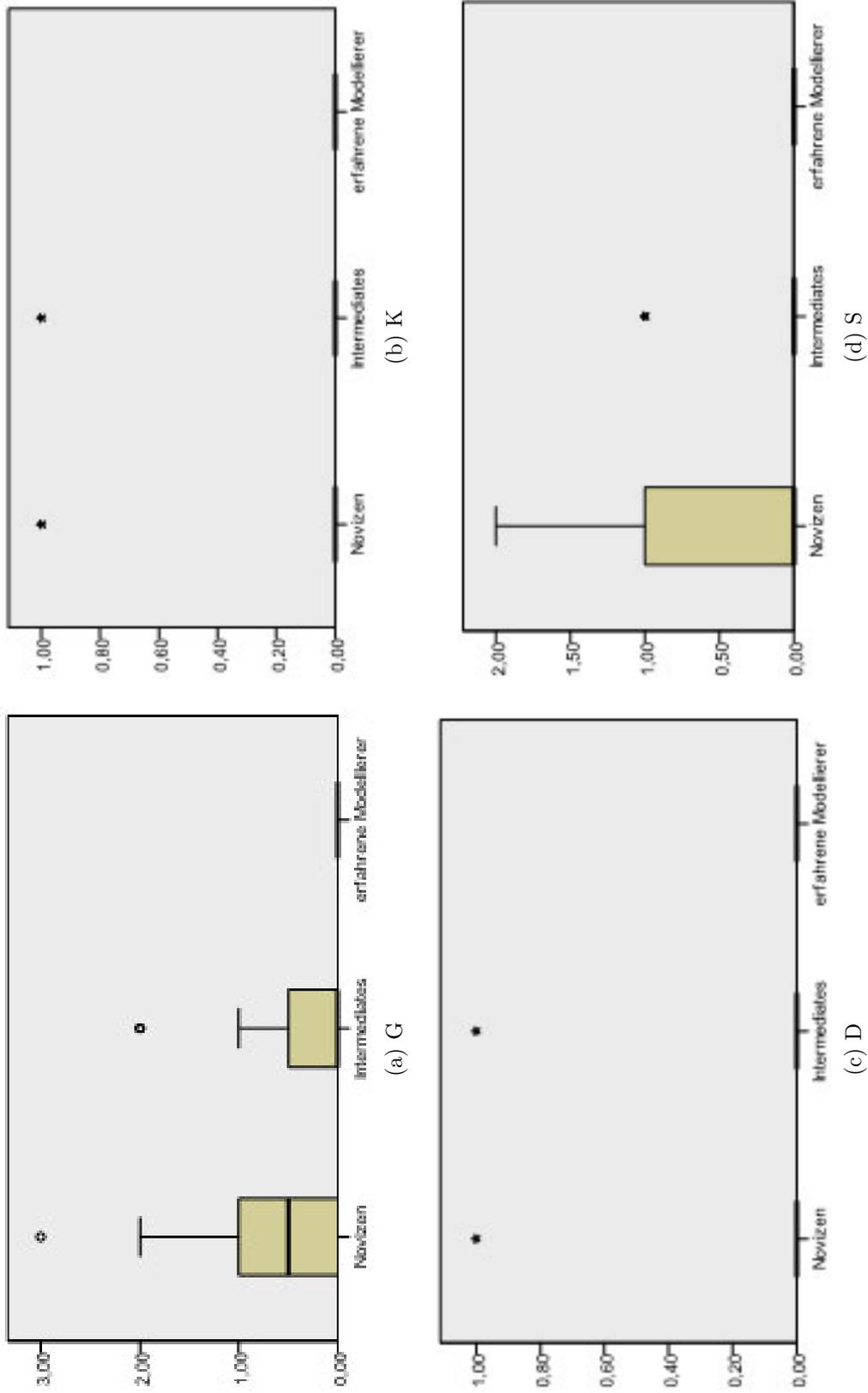
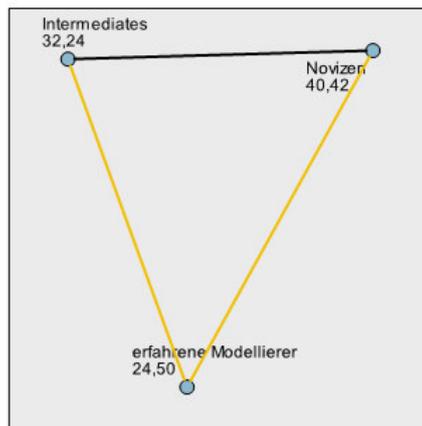
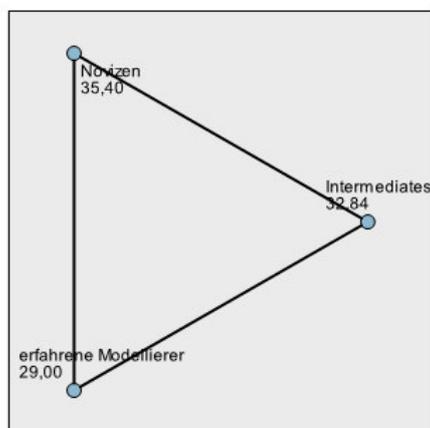


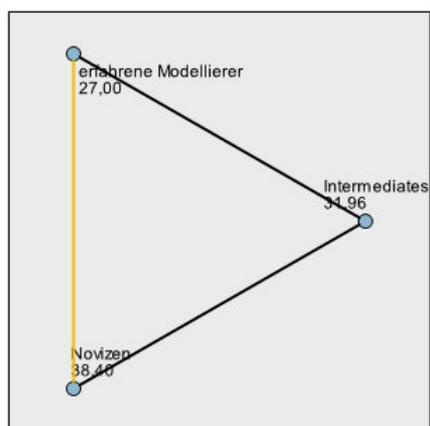
Abbildung 3.88.: Boxplots für die Verteilung der Häufigkeit einer falschen Anzahl von dargestellten iterativen Aktivitäten



(a) G



(b) K



(c) S

Abbildung 3.89.: Ergebnisse für die paarweisen Post-hoc-Tests für die falschen Anzahl von dargestellten iterativen Aktivitäten

3.1.9.4.2. Fehler mit Parallelisierungen Im Folgenden wird betrachtet, ob die Fehler, die bei der Darstellung von Parallelisierungen vorkommen, ebenfalls von der Modellierungsexpertise abhängig sind. Parallelisierungen mussten nur in der Kaffee- und der Diamantenaufgabe dargestellt werden, so dass es insgesamt nur zwei Parallelisierung gab, die modelliert werden mussten. Abbildung 3.90a zeigt, dass die Verteilungen für alle Aufgaben gemeinsam die Gesamtzahl der Fehler, die bei Parallelisierungen vorkommen, nur für die Intermediates getrennt von den anderen beiden Gruppen variieren. Für die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.90b) variieren alle Gruppen schwach getrennt und für die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.90c) variieren sie gemeinsam. Während für alle Aufgaben zusammen die Intermediates besser abschneiden als die erfahrenen Modellierer und die Novizen, da nur ein Proband dieser Gruppe zwei Fehler macht, die die Parallelisierungen betreffen, von den andern Gruppen aber jeweils ungefähr ein Viertel. Für die Kaffeeaufgabe hingegen machten die erfahrenen Modellierer die wenigsten Fehler mit Parallelisierungen, ein Viertel von ihnen machte genau einen Fehler, während die Hälfte der Intermediates und der Novizen mindestens einen Fehler, der die Parallelisierung in der Kaffeeaufgabe betraf, machten.

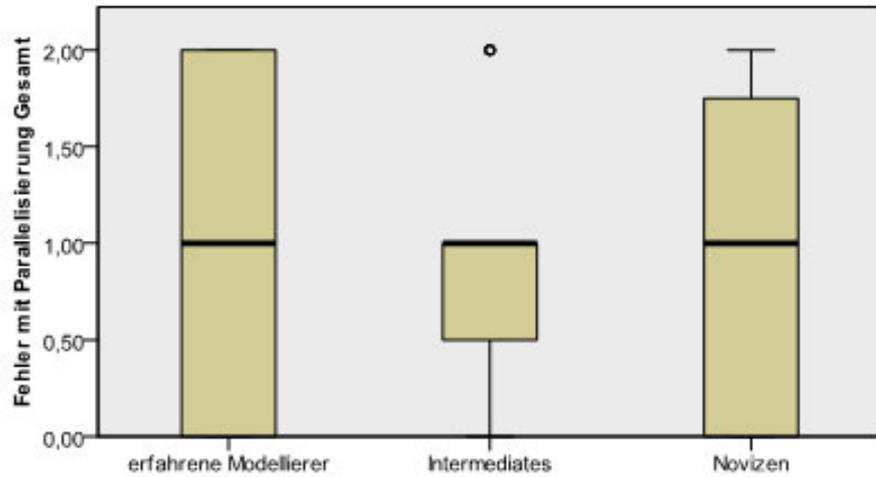
Tabelle 3.23.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Anzahl der Fehler mit Parallelisierungen

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Fehler mit Parallelisierung ist über Kategorien von M gleich.	,794	Nullhypothese behalten.
K: Die Verteilung von Fehler mit Parallelisierung ist über Kategorien von M gleich.	,046	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von Fehler mit Parallelisierung ist über Kategorien von M gleich.	,857	Nullhypothese behalten.

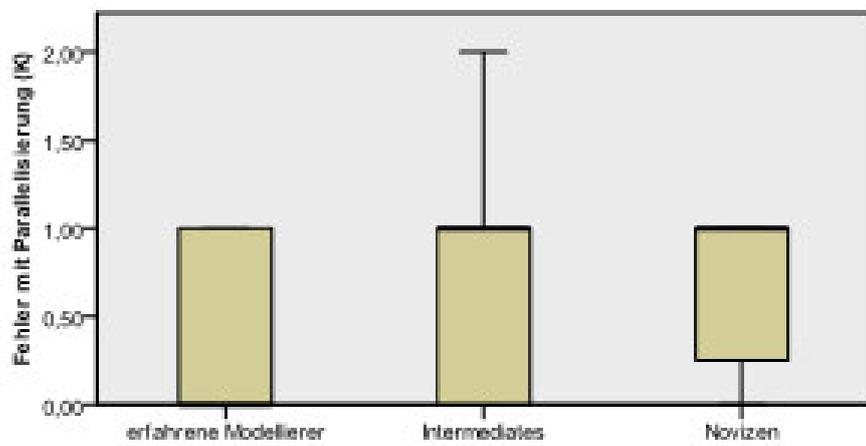
Die Jonckheere-Terpstra-Tests zeigen, dass nur die Nullhypothese für die Anzahl der Fehler, die die Parallelisierung in der Kaffeeaufgabe betreffen, verworfen werden kann (siehe Tabelle 3.23). Allerdings zeigen die paarweisen Vergleiche (siehe Abbildung 3.91), dass sich auch für die Kaffeeaufgabe die Gruppen nicht signifikant darin unterscheiden, wie viele Fehler sie machen, die Parallelisierungen betreffen.

Somit scheint die Gesamtzahl der Fehler, die die Darstellung von Parallelisierungen betreffen nicht von der Modellierungsexpertise abhängig zu sein.

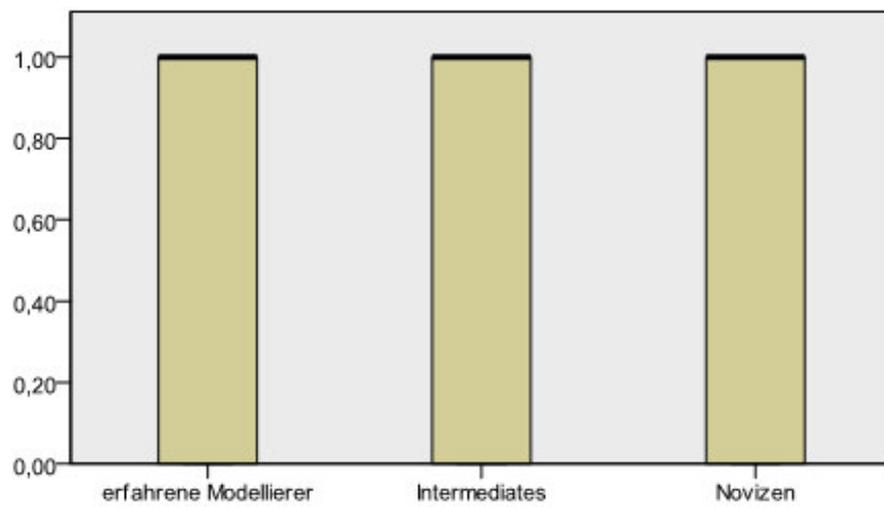
Allerdings ist die Gesamtzahl der Fehler mit Parallelisierungen für alle Aufgaben gemeinsam und für die Kaffeeaufgabe signifikant abhängig von



(a) G



(b) K



(c) D

Abbildung 3.90.: Boxplots für Fehler mit Parallelisierungen

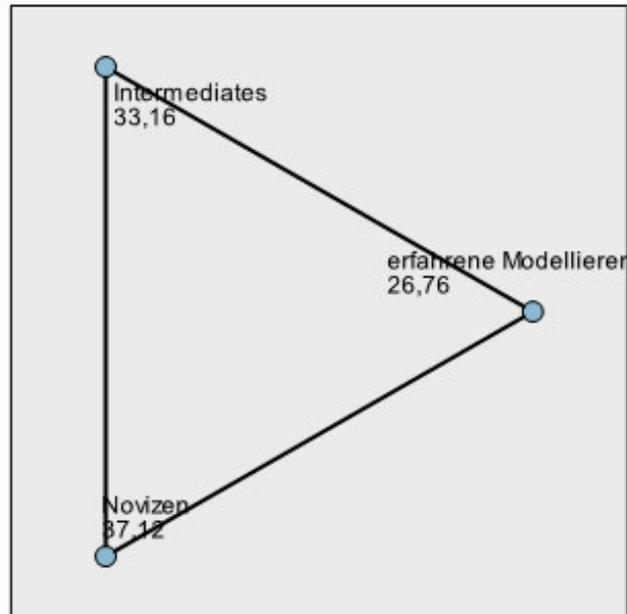


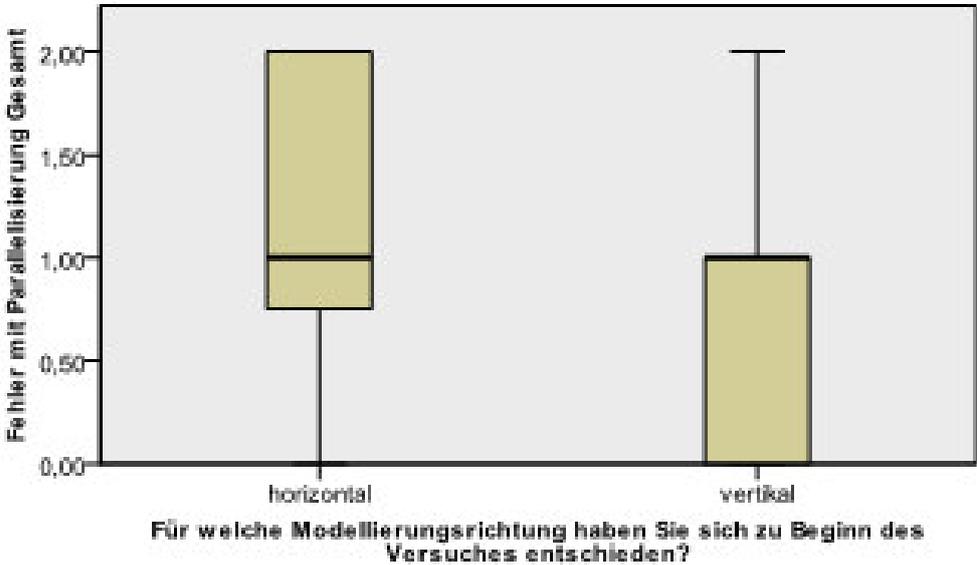
Abbildung 3.91.: Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests für die Fehler mit Aktivitäten (K)

der gewählten Modellierungsrichtung. Für die Diamantenaufgabe besteht allerdings keine signifikante Abhängigkeit von einem der Merkmale.

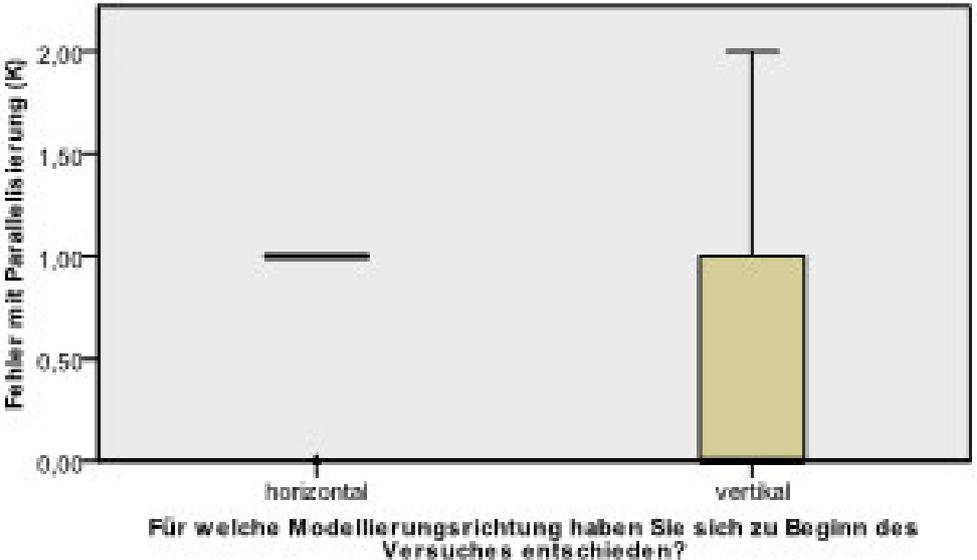
Abbildung 3.92 zeigt, dass die Hälfte der Modellierer, die horizontal modellierte, mindestens einen Fehler mit Parallelisierungen in allen Aufgaben machte, ein Viertel machte genau zwei Fehler mit Parallelisierungen in allen Aufgaben. Drei Viertel der Modellierer, die vertikal modellierten machte maximal einen Fehler in einer Parallelisierung, ein Viertel zwei. Für die Kaffeeaufgabe machten alle Modellierer, die horizontal modellierten genau einen Fehler mit der Parallelisierung, während die Hälfte der Probanden, die sich für eine horizontale Darstellung des Modelles entschieden keinen Fehler mit der Parallelisierung machte, ein Viertel maximal einen und ein Viertel bis zu zwei.

Da für die Diamantenaufgabe keine Abhängigkeit von einem der untersuchten Merkmale vorliegt, wird im Folgenden analysiert, wie sich die Ergebnisse zu den beiden Aufgaben unterscheiden. So kann daraus eventuell auf die bestmögliche Beschreibung von Parallelisierungen geschlossen werden.

Es zeigt sich, dass Parallelisierungen in der Kaffeeaufgabe nur von einzelnen Ausreißern ausgelassen wurden, wohingegen die Hälfte der Probanden die Parallelisierung in der Diamantenaufgabe wegließ (siehe Abbildung 3.93). Zwar unterscheiden sich die Gruppen hierin nicht signifikant, sondern die Fehleranzahl ist gleichverteilt, aber es ist auffällig,



(a) G



(b) K

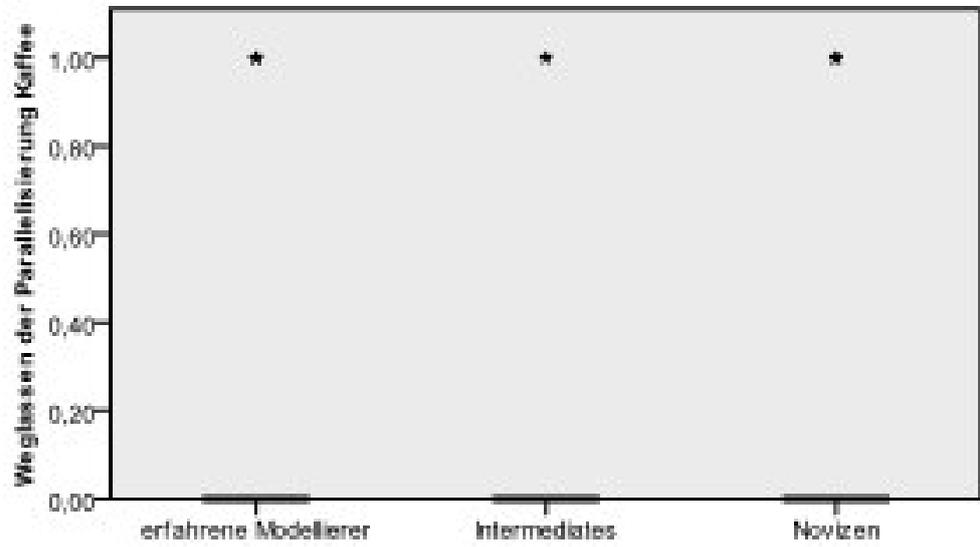
Abbildung 3.92.: Boxplots der Häufigkeitsverteilungen für die Anzahl der Fehler mit Parallelisierungen bezogen auf die gewählte Modellierungsrichtung

dass die Weglassensquote von der Aufgabe abhängig ist. Das Weglassen der Parallelisierung ist in keiner der beiden Aufgaben signifikant abhängig von der Modellierungsexpertise, allerdings ist es in der Kaffeeaufgabe signifikant von der Modellierungsrichtung abhängig. Die Parallelisierung wurde in der Kaffeeaufgabe von je einem Viertel der erfahrenen Modellierer, der Intermediates und der Novizen durch eine Entscheidung ersetzt, während dies für die Diamantenaufgabe nur ein erfahrener Modellierer machte, der als extremer Ausreißer gewertet wird. Auch das Ersetzen der Parallelisierung durch synchrone Zusammenarbeit wird für beide Aufgaben nur selten vorgenommen (für K von je einem Intermediate und Novizen, für D von je einem erfahrenen Modellierer und Intermediate). Das Ersetzen der Parallelisierung durch ein anderes Routing ist von keinem der betrachteten Merkmale signifikant abhängig (s. Abbildung 3.94). An einer falschen Position im Modell stellten nur wenige Probanden die Parallelisierungen dar. Für die Kaffeeaufgabe positionierten insgesamt nur fünf Probanden, drei davon Novizen, die Parallelsierung an der falschen Stelle, für die Diamantenaufgabe machten dies zwei erfahrene Modellierer, fünf Intermediates und fünf Novizen (siehe Abbildung 3.95). Allerdings wird die Nullhypothese auch für die Diamantenaufgabe nicht vom Jonckheere-Terpstra-Test verworfen, so dass die Positionierung der Parallelität an einer falschen Stelle nicht abhängig von der Modellierungsvorerfahrung ist. Auch von den anderen betrachteten Merkmalen besteht keine signifikante Abhängigkeit für die Häufigkeit der an falscher Stelle dargestellten Parallelisierungen (siehe Tabelle 3.24).

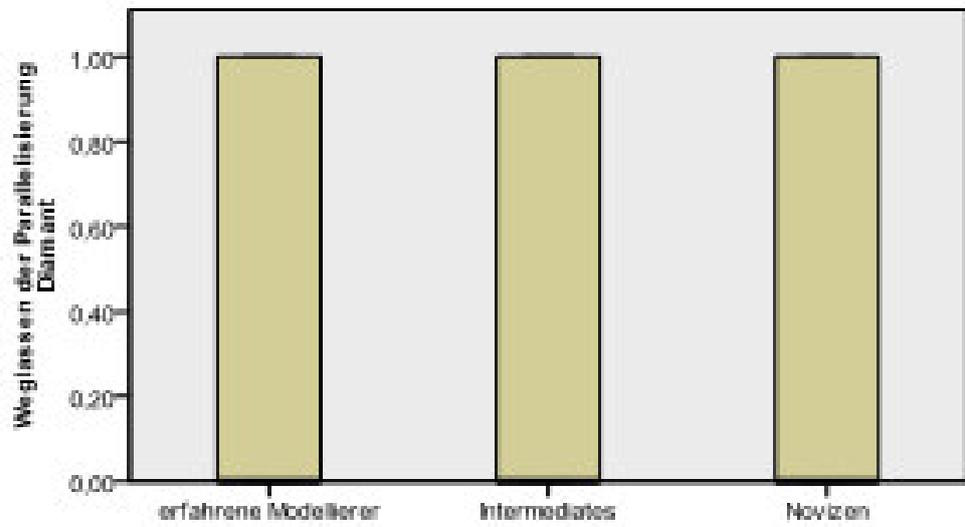
Tabelle 3.24.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Position der Parallelisierung

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
D: Die Verteilung von Position der Parallelisierung ist über Kategorien von M gleich.	,253	Nullhypothese behalten.

Die verschiedenen Fehlertypen, die Parallelisierungen betreffen, treten unabhängig von der Modellierungsexpertise auf und sind bis auf die Gesamtzahl ebenfalls unabhängig von den anderen betrachteten Merkmalen. Hinzu kommt, dass die verschiedenen Aufgaben nur zu einer Variation der Fehler führen. Aus all diesem ist ersichtlich, dass solche Fehler anhand von Modellen erstellte Prozesse schwerwiegend beeinflussen. Dies wird besonders klar, da nur die Hälfte der erfahrenen Modellierer und jeweils ein Viertel der Intermediates und der Novizen keine Parallelisierung darstellten und nur die Hälfte jeder Gruppe beide Parallelisierungen darstellte.



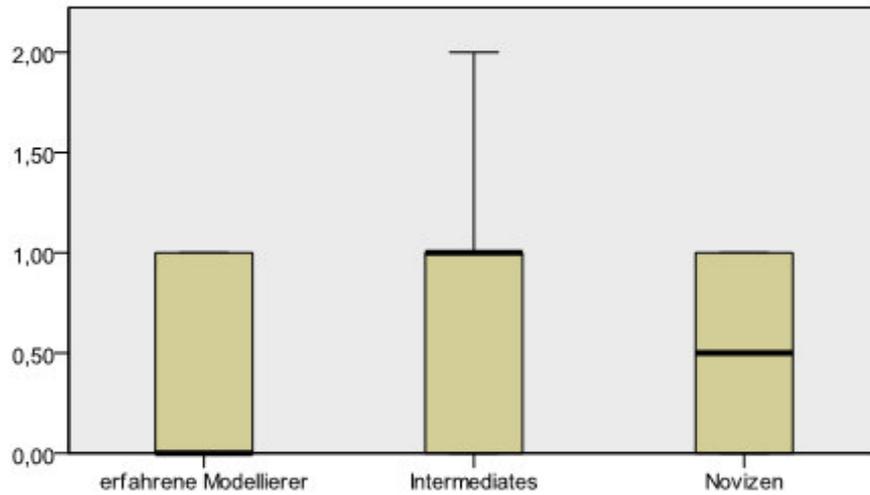
(a) K



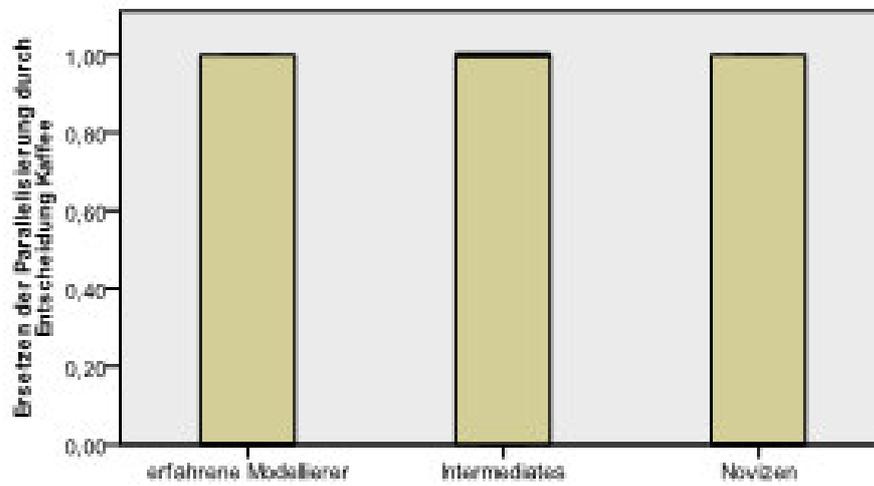
(b) D

Abbildung 3.93.: Boxplots der Häufigkeitsverteilungen für die Anzahl der vergessenen Parallelisierungen

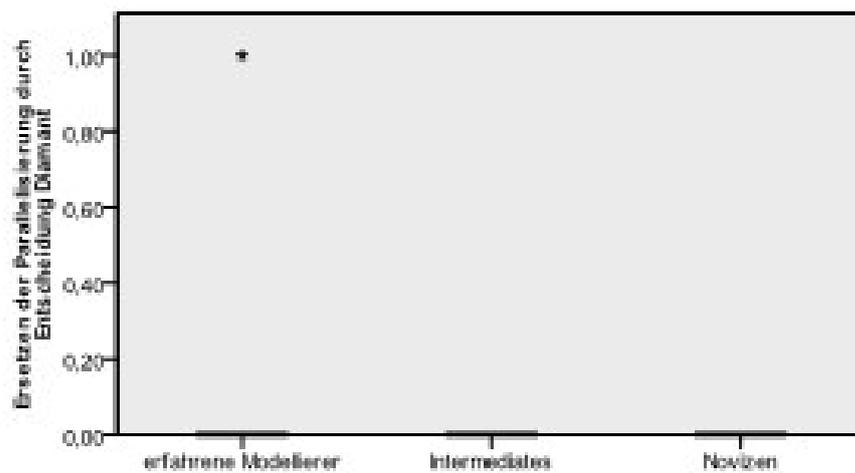
3. Empirische Untersuchungen



(a) G

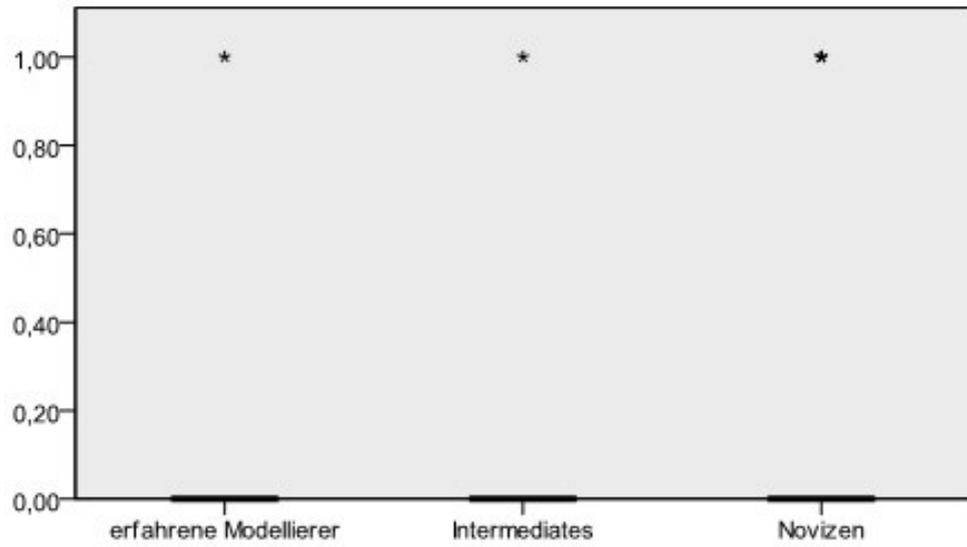


(b) K

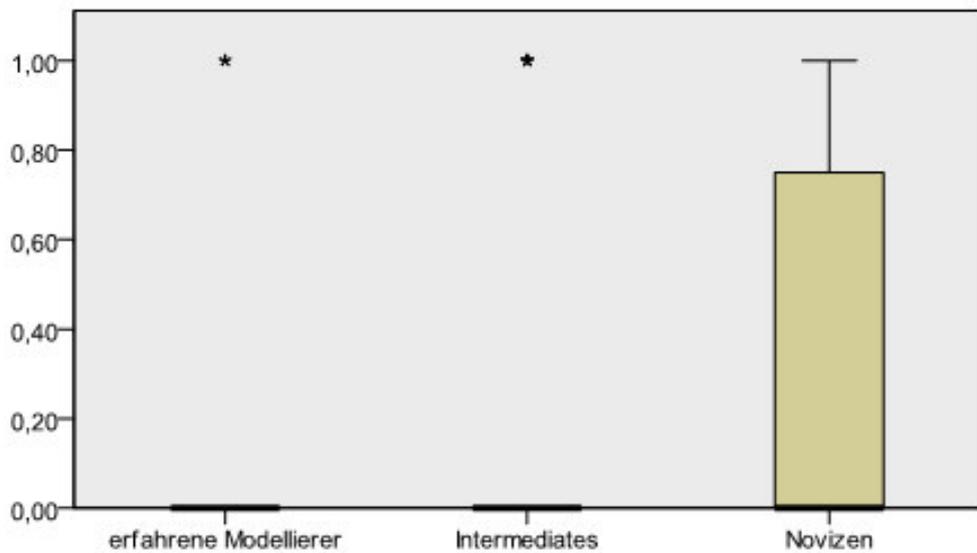


(c) D

Abbildung 3.94.: Boxplot für die Häufigkeitsverteilung des Ersetzens der Parallelisierung



(a) K



(b) D

Abbildung 3.95.: Boxplots für die Häufigkeitsverteilung für das Darstellen von Parallelitäten an einer falschen Stelle im Modell

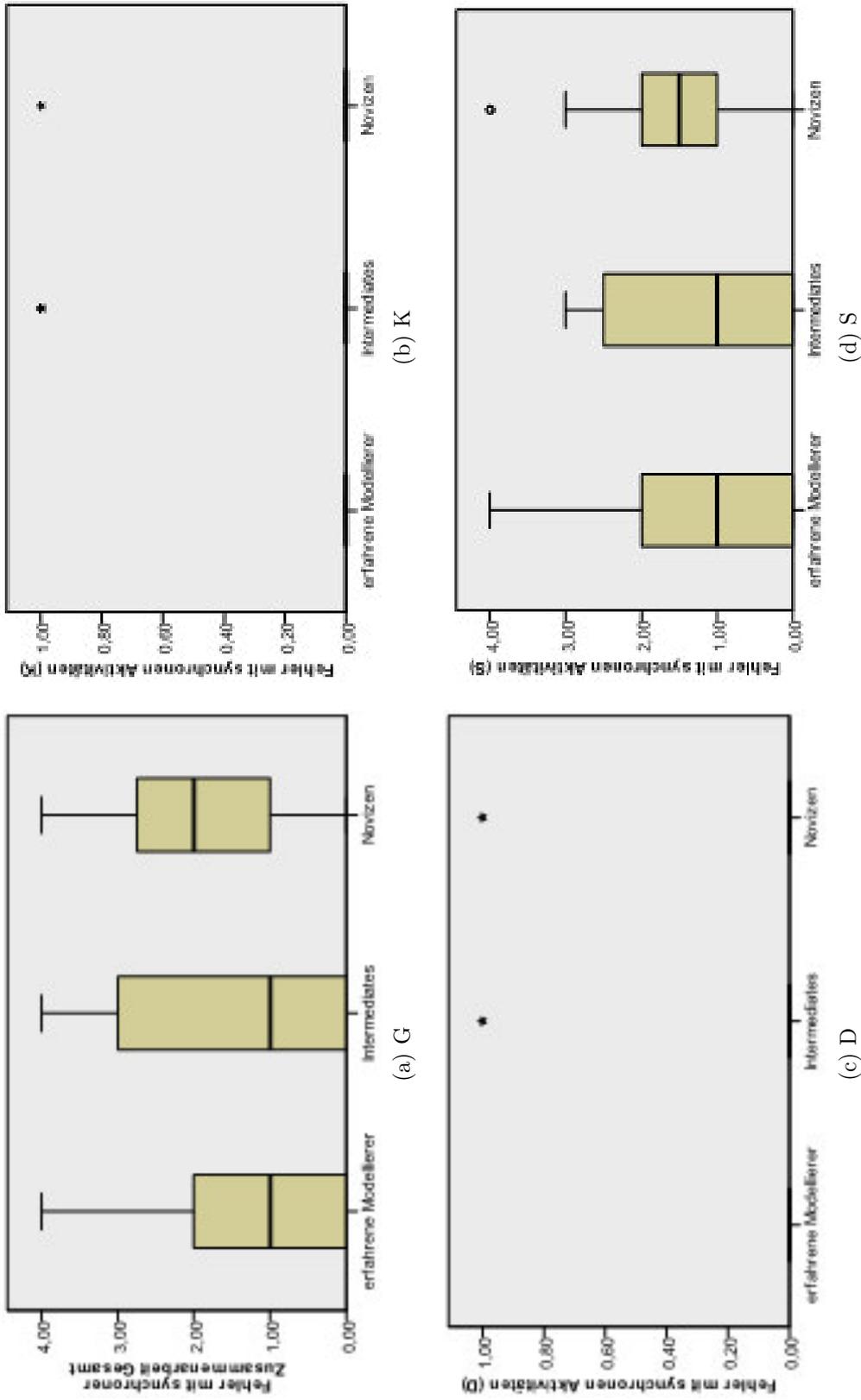


Abbildung 3.96.: Boxplots für die Verteilung der Häufigkeit der Fehler bei der Darstellung von synchroner Zusammenarbeit

3.1.9.4.3. Fehler mit synchroner Zusammenarbeit Fehler, die bei der Darstellung von synchroner Zusammenarbeit vorkommen, sind solche, bei denen die synchrone Zusammenarbeit durch eine Parallelisierung oder Entscheidung dargestellt wurde oder solche, bei denen die synchrone Aktivität in einer Swimlane vergessen beziehungsweise in der falschen Swimlane dargestellt wurde oder bei denen der Konnektor nicht dargestellt wurde. Die einzigen Fehler, die wirklich auftraten, sind solche, bei denen die synchrone Zusammenarbeit vergessen wurde oder in einer falschen Swimlane dargestellt wurde. Somit werden nur diese Fehler betrachtet.

Die Verteilungen der Gesamtzahl aller Fehler, die bei der Darstellung von synchronen Aktivitäten gemacht wurden, variiert für alle Aufgaben gemeinsam und für die Simulationsaufgabe getrennt voneinander (siehe Abbildung 3.96a), allerdings deckt die Verteilung der Intermediates sowohl die der erfahrenen Modellierer und der Novizen ab, und auch die der erfahrenen Modellierer und der Novizen überlappen stark. Für die Kaffee- (siehe Abbildung 3.96b) und die Diamantenaufgabe (siehe Abbildung 3.96c) machten nur einzelne Probanden Fehler mit synchronen Zusammenarbeiten, so dass für diese Aufgaben nicht von einer Abhängigkeit dieser Fehler von der Modellierungsexpertise ausgegangen werden kann. Insgesamt scheint die Gesamtzahl aller Fehler bei der Darstellung von synchronen Aktivitäten nur schwach von der Modellierungsexpertise zu sein und eher von der Aufgabenstellung abzuhängen.

Die Jonckheere-Terpstra-Tests zeigen, dass die Anzahl der Fehler mit synchronen Zusammenarbeiten für die Simulationsaufgabe und damit auch für alle Aufgaben gemeinsam nicht abhängig von der Modellierungsexpertise ist (siehe Tabelle 3.25).

Tabelle 3.25.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Gesamtzahl der Fehler mit synchroner Zusammenarbeit

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Fehler mit synchroner Zusammenarbeit ist über Kategorien von M gleich.	,057	Nullhypothese behalten.
S: Die Verteilung von Fehler mit synchronen Aktivitäten ist über Kategorien von M gleich.	,105	Nullhypothese behalten.

Auch von den anderen betrachteten Merkmalen ist die Anzahl der Fehler mit synchroner Zusammenarbeit nicht signifikant abhängig.

Auch die Betrachtung der einzelnen Fehlertypen zeigt, dass diese von keinem der betrachteten Merkmale signifikant abhängig sind. Einzig für die Kaffeeaufgabe liegt eine signifikante Abhängigkeit der falschen Zu-

ordnung einer synchronen Aktivität von der Kenntnis einer Modellierungssprache vor. Allerdings ordneten nur drei extreme Ausreißer mit UML-Kenntnissen eine synchrone Aktivität falsch zu (siehe Abbildung 3.97).

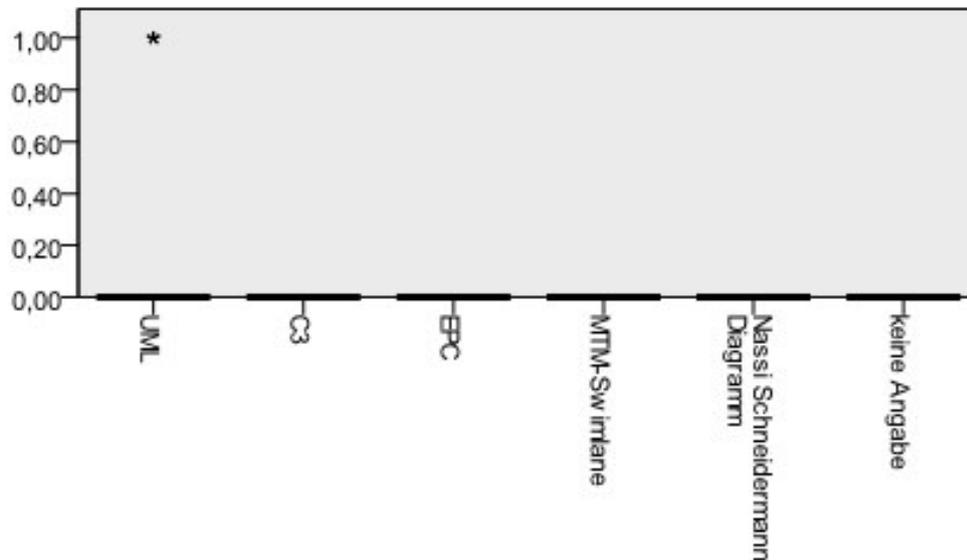


Abbildung 3.97.: Falsche Zuordnung der synchronen Aktitäten (K) abhängig von der Kenntnis einer Modellierungssprache

Einzig für die Simulationsaufgabe traten gehäuft Fehler bei der Darstellung von synchroner Zusammenarbeit auf, somit sollten die Aufgabenstellungen von K und D mit der von S verglichen werden, um den Ursprung dieser Fehler zu finden. Wird dieser gefunden gibt er einen konkreten Hinweis darauf, wie in einer Prozessbeschreibung synchrone Zusammenarbeit beschrieben werden sollte, damit sie in das Prozessmodell fehlerfrei übernommen wird.

3.1.10. Bewertung

Viele Fehler wiesen eine Abhängigkeit von der jeweiligen Aufgabe auf. Um dies zu berücksichtigen, wurden die Aufgabentexte (siehe Anhang) mit Hilfe von Onlinetools (<http://www.leichtlesbar.ch>) auf Verständlichkeit getestet. Dabei wurden ihnen sogenannte Flesch-Werte zugewiesen, diese liegen zwischen 0 und 100. Der Flesch-Wert berechnet anhand der durchschnittlichen Wort- und Satzlänge, wie verständlich ein Text ist. Es gilt, je höher der Flesch-Wert ist, desto verständlicher ist der Text.

Die Kaffeeaufgabe besitzt den Flesch-Wert 21, die Diamantenaufgabe einen von 28 und die Simulationsaufgabe einen von 19. Somit sind die Kaffee- und die Diamantenaufgabe schwer verständlich auf dem Niveau

einer anspruchsvollen Zeitung, die Simulationsaufgabe sehr schwer verständlich auf dem Niveau von Amtsdeutsch oder allgemeinen Geschäftsbedingungen. Es gilt die Regel, dass zum guten Verständnis schwieriger Texte das Abitur erforderlich ist, für sehr schwierige Texte ein Hochschulabschluss. Die Diamantenaufgabe ist unter Betrachtung dieses Wertes, die am einfachsten zu verstehende Aufgabe. Die Kaffeeaufgabe ist schwieriger zu verstehen als die Diamantenaufgabe und die Simulationsaufgabe ist die am schwierigsten zu verstehende der drei Aufgaben. Diese Unterschiede in der Verständlichkeit können zu Schwankungen der Anzahl der betrachteten Fehler in den Aufgaben und ebenso zu einer Abhängigkeit von den Expertisestufen führen.

Im Allgemeinen sollten Prozessbeschreibungen so verständlich wie möglich geschrieben werden, das bedeutet, die einzelnen Aktivitäten sollten jeweils möglichst durch einen Satz in der Beschreibung beschrieben werden. Das Beschreiben mehrerer Aktivitäten in einem Satz erschwert die Identifikation der einzelnen Aktivitäten. Benötigte Werkzeuge sollten explizit bei der Beschreibung der Aktivität benannt werden. Ebenso sollte deutlich gemacht werden, welche Informationen zur Durchführung der Aktivität benötigt werden, und welche erzeugt werden. Da gerade die Identifikation von Routingelementen Probanden aller Modellierungsstufen schwer fiel, sollten Stellen, an denen der Prozessfluss aufgespalten oder wiederholt wird im Text deutlich gemacht werden. Hierzu könnten Schlüsselwörter benutzt werden, die dies verdeutlichen. Auch wäre es sinnvoll Absätze zu benutzen, um deutlich zu machen, wo der Prozess von einem anderen Akteur durchgeführt wird oder parallel durchgeführt wird.

Da die Studie zeigt, dass Probanden mit einem höheren Bildungsabschluss und mehr Modellierungsvorerfahrung allgemein weniger Fehler machen, sollten Modellierer über einen möglichst hohen Bildungsabschluss verfügen, um die Fehleranzahl gering zu halten.

3.1.10.1. Einschätzung des Schwierigkeitsgrades der Aufgaben

Im Posttest wurden die Probanden gebeten, die Aufgaben nach Schwierigkeitsgrad zu ordnen (siehe Abbildung 3.99). Sieben Probanden gaben an, dass alle Aufgaben gleich schwer waren (siehe Abbildung 3.98). Interessant ist, dass aber trotz der ähnlichen Flesch-Werte 60 Probanden eine schwierigste Aufgabe identifizierten, 61 eine mittlere und 58 eine leichteste. Somit ist dieser Unterschied nicht einfach auf die Schwierigkeit des zu verstehenden Textes basierend. Als schwierigste Aufgabe schätzten 46 Probanden die Simulationsaufgabe ein, 11 die Diamantenaufgabe und 3 die Kaffeeaufgabe (siehe Abbildung 3.99c). Als mittlere Aufgabe bewerteten 11 die Simulationsaufgabe, 34 die Diamantenaufgabe und 16 die

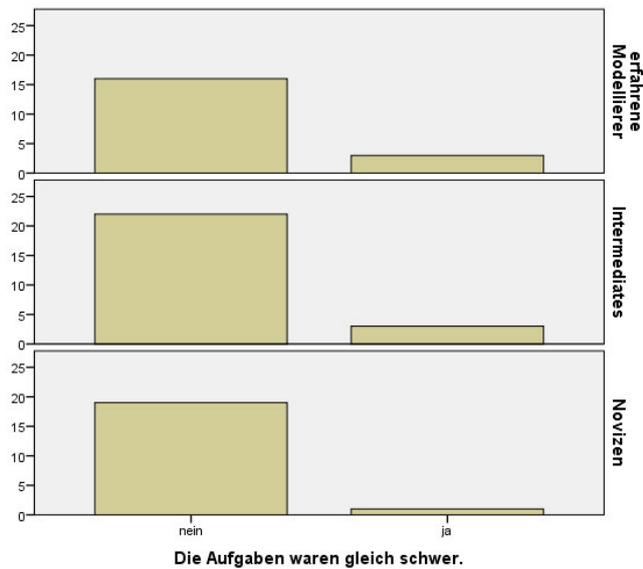


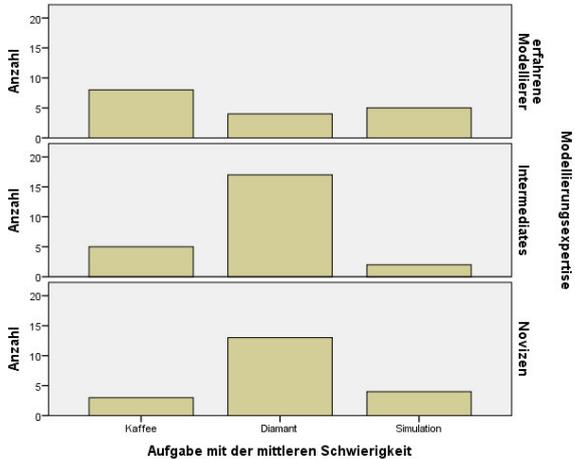
Abbildung 3.98.: Boxplots für die Verteilung der Einschätzung über den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben: Alle Aufgaben als gleich schwer eingeschätzt

Kaffeeaufgabe(siehe Abbildung 3.99b). Als einfachste Aufgabe wurde die Simulationsaufgabe immerhin noch 3 Probanden bewertete, die Diamantenaufgabe von 15 und die Kaffeeaufgabe von 40 (siehe Abbildung 3.99a). Für die einzelnen Modellierungsexpertisegruppen fiel die Bewertung allerdings unterschiedlich aus.

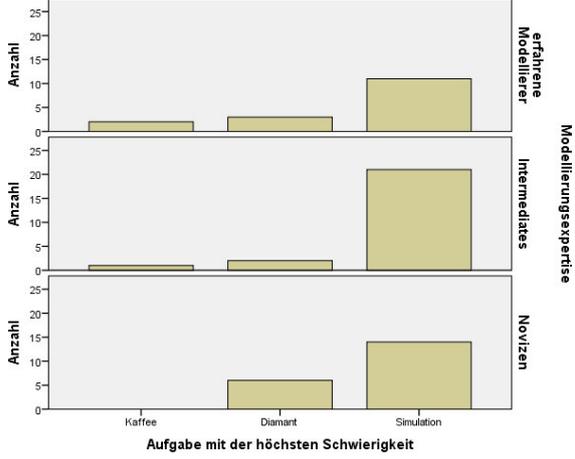
Somit empfand zwar der überwiegende Teil der Probanden aus jeder Expertisegruppe die Aufgaben als nicht gleich schwer, allerdings wurden die Aufgaben unterschiedlich bewertet. Zwar fand die Mehrheit jeder Gruppe die Simulationsaufgabe am schwersten (E: 11, I: 21, N: 14), und die Zahl der Probanden, die die Diamantenaufgabe (E: 3, I: 2, N: 6) beziehungsweise die Kaffeeaufgabe (E: 2, I: 1, K: 0) an diese Stelle setzten, war vergleichsweise gering. Die mittlere Schwierigkeit wurde allerdings nicht so eindeutig von allen Expertisegruppen zugeordnet, so empfanden zwar 17 Intermediates und 13 Novizen die Diamantenaufgabe als mittlere Aufgabe, aber nur 4 erfahrene Modellierer, die eher die Kaffeeaufgabe an zweiter Stelle setzten (I: 5, N: 3). Die Simulationsaufgabe empfanden immerhin 5 erfahrene Modellierer als die Aufgabe mit mittlerem Schwierigkeitsgrad (I: 2, N: 4). So ist auch das Empfinden für die leichteste Aufgabe scheinbar abhängig von der Gruppenzugehörigkeit, so fanden 17 Intermediates und 16 Novizen K als einfachste Aufgabe, aber nur 7 erfahrene Modellierer. Diese bewerteten überwiegend (9 Probanden) die Diamantenaufgabe als einfachste Aufgabe (I: 5, N: 1). Die Simulationsaufgabe wurde von einem erfahrenen Modellierer und zwei Novizen als



(a) Einfachste Aufgabe



(b) Aufgabe mit mittlerem Schwierigkeitsgrad



(c) Schwierigste Aufgabe

Abbildung 3.99.: Boxplots für die Verteilung der Einschätzung über den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben: Aufgaben als unterschiedlich schwer eingeschätzt

einfachste Aufgabe empfunden, aber von keinem Intermediate.

3.1.10.2. Bearbeitungszeit

Die Analyse der Bearbeitungsdauer zeigt, dass die erfahrenen Modellierer die Aufgaben signifikant schneller bearbeitet als die beiden anderen Gruppen. Auffällig ist, dass die Intermediates die meiste Zeit benötigten, um die Aufgaben zu bearbeiten (siehe Abbildung 3.100).

Auch die Jonckheere-Terpstra-Tests (siehe Tabelle 3.26) zeigen, dass die Bearbeitungsdauer nur für die Simulationsaufgabe nicht signifikant abhängig von der Modellierungsexpertise ist. Für die Simulationsaufgabe benötigten die erfahrenen Modellierer im Schnitt ca. 500 Sekunden länger als für jede der beiden anderen Aufgaben, während sich die Bearbeitungszeit der beiden anderen Gruppen nicht stark veränderte.

Tabelle 3.26.: Ergebnisse der Hypothesentests für die Bearbeitungszeiten

Nullhypothese	Sig.	Entscheidung
G: Die Verteilung von Bearbeitungsdauer ist über Kategorien von M gleich.	,038	Nullhypothese ablehnen.
K: Die Verteilung von Bearbeitungszeit ist über Kategorien von M gleich.	,047	Nullhypothese ablehnen.
D: Die Verteilung von Bearbeitungszeit ist über Kategorien von M gleich.	,014	Nullhypothese ablehnen.
S: Die Verteilung von Bearbeitungszeit ist über Kategorien von M gleich.	,360	Nullhypothese behalten.

Für die gesamte Bearbeitungszeit benötigten die erfahrenen Modellierer signifikant weniger Zeit als die beiden anderen Gruppen, während diese beiden sich nicht signifikant voneinander unterscheiden (siehe Abbildung 3.101a). Erfahrene Modellierer benötigten im Schnitt halb so lange für alle Aufgaben wie die Intermediates und ein Drittel kürzer als die Novizen. Für die Kaffeeaufgabe benötigten die erfahrenen Modellierer ebenfalls signifikant weniger Zeit als die beiden anderen Gruppen, während diese beiden sich nicht signifikant voneinander unterscheiden (siehe Abbildung 3.101b). Erfahrene Modellierer benötigten im Schnitt auch für die Kaffeeaufgabe halb so lange wie die Intermediates und Novizen benötigten im Durchschnitt die anderthalbfache Zeit der erfahrenen Modellierer. Für die Diamantenaufgabe benötigten die Novizen und die Intermediates signifikant mehr Zeit als die erfahrenen Modellierer (siehe Abbildung 3.101c). Die anderen beiden Gruppen unterscheiden sich nicht

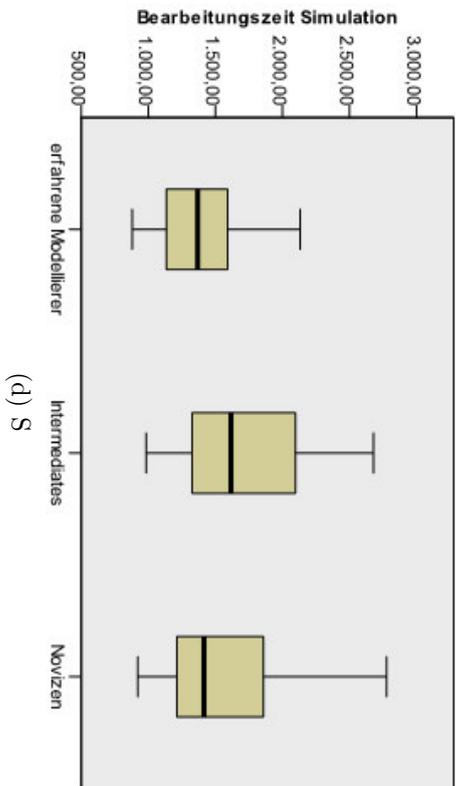
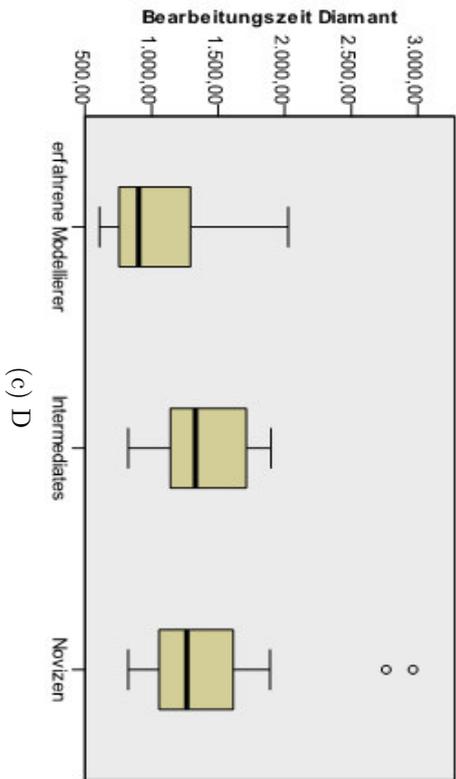
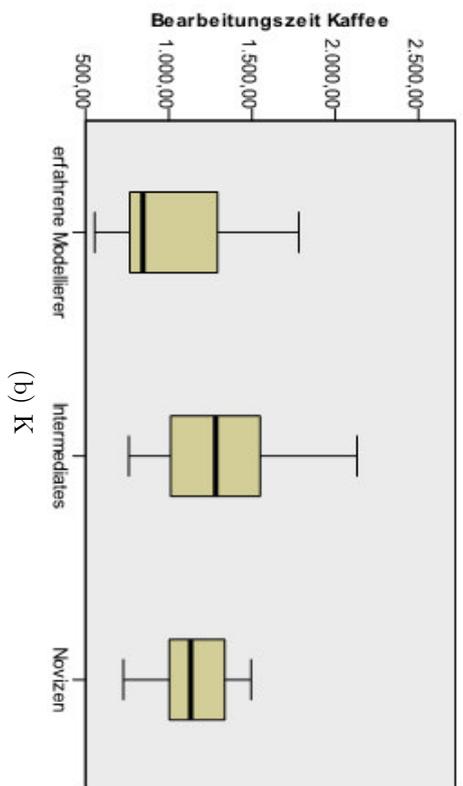
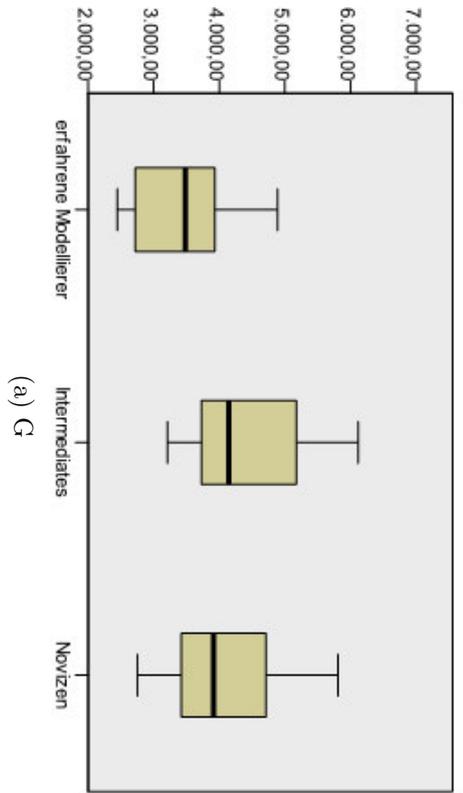
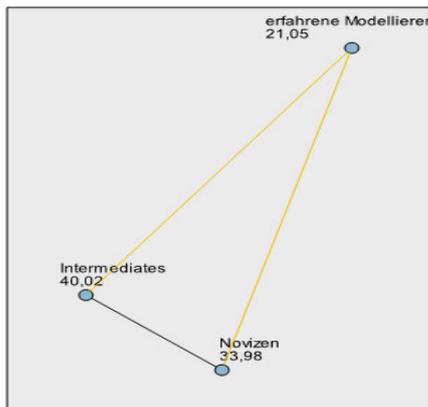
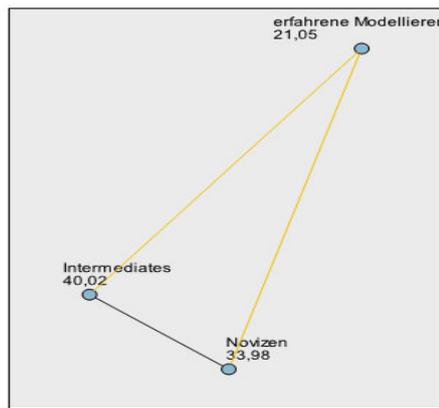


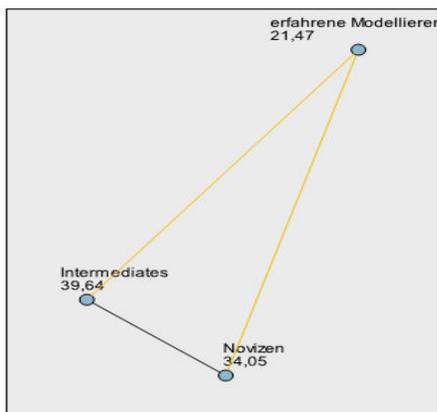
Abbildung 3.100.: Boxplots für die Verteilung der Bearbeitungszeit der Aufgaben



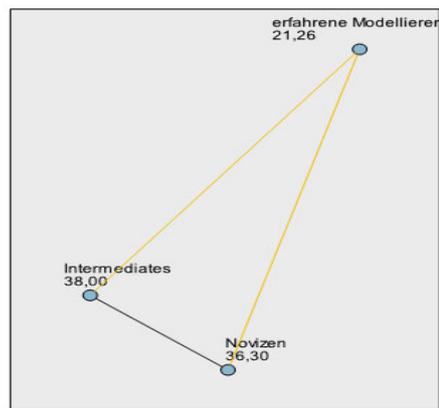
(a) G



(b) K



(c) D



(d) S

Abbildung 3.101.: Ergebnisse der paarweisen Post-hoc-Tests für die Bearbeitungszeit

signifikant voneinander und benötigten ungefähr doppelt so lange wie die erfahrenen Modellierer.

3.2. Empirische Untersuchung des Einflusses der Kultur auf das Modellverständnis

Der zweite Versuch diente dazu, den Einfluss von kulturbedingten Unterschieden und eventueller anderer Einflussfaktoren auf das Verständnis von Geschäftsprozessmodellen zu analysieren. Dabei wurde betrachtet, ob durch die Zugehörigkeit zu einem kulturellen Cluster qualitative Unterschiede im Verständnis von Modellen entstehen. Dazu wurde Art und die Häufigkeit von verschiedenen Verständnisfehlern betrachtet. Ein falsches Verständnis bei der Betrachtung eines Prozessmodells könnte darin bestehen, dass Informationen falsch verstanden oder übersehen werden, dies kann zu einem Fehler im nach dem Modell durchgeführten Prozess führen. Je nach Schweregrad des Fehlers zieht dieser unterschiedlich schwerwiegende Folgen nach sich. So ist es durchaus denkbar, dass ein kleinerer Fehler im Prozessverständnis nachher ohne viel Aufwand beseitigt werden kann, es ist aber auch möglich, dass der Fehler nicht rückgängig zu machen ist und das bisherige Ergebnis des Prozesses vollständig verworfen werden kann. Zwischen diesen beiden Extremen sind sämtlich vorstellbaren Zwischenzustände möglich. Je größer das Ausmaß der Fehlers ist und je später er im Prozess entdeckt wird, um so höher ist der Verlust für die Unternehmen, da die Beseitigung des Fehler, sofern sie überhaupt möglich ist, Zeit und Material verbraucht. Wie bei der Darstellung der Prozesse, können auch in diesem Versuch die Fehler unterteilt werden in Fehler, die

- Akteure,
- Aktivitäten,
- Parameter (Informationen, Werkzeuge und Schwachstellen) oder
- Routingelemente (Iterationen, Entscheidungen, Synchronitäten)

betreffen. Zusätzlich zu den Einflussfaktoren werden auch verschiedene Fehlerarten im Modell als Ursprung für die Verständnisfehler betrachtet, dabei sind alle Fehlerarten, die in Studie 1 betrachtet wurden, als Fehlerquelle denkbar.

3.2.1. Probanden

An der Studie „Betrachtung von kulturbedingten Unterschieden bezüglich des Verständnisses von Geschäftsprozessmodellen“ nahmen 82 Pro-

banden im Alter von 18 bis 36 Jahren teil. Alle Probanden haben mindestens einen Abschluss, der die Zulassung zu einer deutschen Universität ermöglicht. Die meisten Probanden waren zum Zeitpunkt der Studie Studenten oder wissenschaftliche Mitarbeiter der RWTH Aachen University. Dabei unterscheiden sie sich durch ihre kulturelle Herkunft, anhand derer sie in zwei Gruppen beziehungsweise Cluster eingeteilt wurden.

Die erste Gruppe besteht aus 42 Probanden aus Süd- und Ostasien, wobei die überwiegende Anzahl (36 Probanden) aus Indien oder Pakistan, also aus dem südasiatischen Raum, stammt. Die anderen sechs Probanden, die zu dieser Gruppe gezählt werden, stammen aus der Volksrepublik China, Vietnam, Singapur und der Mongolei. In dieser Gruppe sind fast alle Probanden, bis auf fünf Ausnahmen, männlich, 40 sind im ingenieurwissenschaftlichen Bereich tätig, einer in der Informatik und einer in der Medizin. Dies ist durch den technischen Schwerpunkt der RWTH Aachen bedingt. Die RWTH Aachen ist im Ausland vor allem für die Fachbereiche Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik bekannt, so dass ausländische Studierende hauptsächlich für ein Studium dieser Fachbereiche an die Universität kommen.

Die andere Gruppe besteht aus 40 Deutschen beziehungsweise in Deutschland aufgewachsenen Probanden. Diese Gruppe teilt sich in 25 männliche und 15 weibliche Probanden. Davon sind 16 Probanden in den Ingenieurwissenschaften, 15 in den Wirtschaftswissenschaften, drei in den Sozialwissenschaften, je zwei in den Naturwissenschaften und der Medizin, und jeweils einer in der Informatik beziehungsweise in einem anderen, nicht angegebenen Fachbereich tätig.

3.2.2. Notation der gezeigten Modelle

Für diesen Versuch wurden Modelle aus dem ersten Versuch verwendet. Das bedeutet, es werden Modelle gezeigt, die in einer auf der Unified Modeling Language (UML) basierenden Modellierungssprache modelliert waren. Die Modelle wiesen Aktivitäten, Informationen, Werkzeugen, Schwachstellen, Startpunkt und Endpunkten als Elemente auf. Die verwendeten Konnektoren waren Kontrollflüsse und Informationsflüsse. Außerdem gab es Konstrukte, die die Darstellung von Parallelitäten, Entscheidungen, synchroner Zusammenarbeit und Wiederholungen ermöglichen.

3.2.3. Versuchsablauf

Die Studie bestand aus einem Online-Fragebogen (siehe Anhang), der sich in vier Teilbereiche gliederte: Im ersten Teil wurden Hintergrunddaten zu den Probanden erhoben, dazu zählen Alter, Geschlecht, Na-

tionalität, Dauer des bisherigen Aufenthaltes in Deutschland, höchster akademischer Bildungsabschluss, Fachbereich, Beruf, Stand der Englischkenntnisse und Leserichtung.

Im zweiten Teil wurden die eigene Einschätzung der Modellierungsvorkenntnisse, die Einschätzung der Wichtigkeit von Prozessmodellierungssprachen und die Benutzung von Software im Allgemeinen abgefragt.

Im dritten Teil mussten die Probanden jeweils drei Prozessmodelle, die als Grafiken vorlagen, beschreiben. Das erste Prozessmodell diente dabei auch zur Veranschaulichung der Elemente der zu ihrer Erstellung genutzten Modellierungssprache. Es war das gleiche Modell, das im ersten Versuch als Legende zur Erläuterung der genutzten Modellierungssprache eingesetzt wurde. Es beschreibt den Prozess zwischen einem Kunden und einem Autovermieter. Die anderen beiden Modelle waren solche, die im ersten Versuch von Probanden zur Diamantenwarenkette und zum Simulationsprojekt erstellt wurden waren. Zur Vorbeugung eines Bias wurden sowohl als zweites und drittes Modell jeweils zwei verschiedene Darstellungen genutzt als auch die Reihenfolge der Aufgaben randomisiert. Das heißt, die Probanden bekamen zufällig eines von zwei Modellen zur Diamantenwarenkette und eines von zwei zum Simulationsprojekt, wobei die Reihenfolge der Aufgaben variierte. Diese Modelle wiesen unterschiedliche Fehler auf.

Im vierten Teil sollten die Probanden einschätzen, wie gut sie die Modelle verstanden haben und mit welchen Elementen sie in den einzelnen Modellen insbesondere Schwierigkeiten hatten.

Für die Bearbeitung des Fragebogens existierte keinerlei zeitliche Begrenzung.

3.2.4. Auswertungsschema

Zunächst wird untersucht, welche der beschriebenen unabhängigen Variablen mit dem kulturellen Cluster in Korrelation stehen, da für diese angenommen werden kann, dass sie einen Teil des Clusters ausmachen beziehungsweise durch Zugehörigkeit zu einem Cluster eher bei den Probanden vorhanden sind. Auch wird überprüft, ob einige der unabhängigen Variablen zueinander in Korrelation stehen und somit eine aus anderen zusammengesetzt ist.

Zur Auswertung der Ergebnisse der Studie werden die auf Seite 191 beschriebenen Fehlertypen untersucht, indem die folgenden Hypothesen betrachtet werden.

Für jedes betrachtete Merkmal M werden folgende Nullhypothesen analysiert:

- i) Für M unterscheiden sich die betrachteten Gruppen bezogen auf den Fehler e nicht signifikant.

- ii) Für M_1 kombiniert mit M_2 unterscheiden sich die betrachteten Gruppen bezogen auf den Fehler e nicht signifikant.
- iii) Unter dem Einfluss von ME unterscheiden sich die betrachteten Gruppen für M nicht signifikant.

3.2.5. Zusammensetzung des Merkmals kulturelles Cluster

Das Merkmal kulturelles Cluster beschreibt die Herkunft der Probanden. Im Pretest wurden noch einige andere Merkmale abgefragt, die im Zusammenhang mit dem kulturellen Cluster oder mit dem Verständnis von Modellen stehen könnten, so dass zunächst analysiert wird, mit welchen diese Merkmale das kulturelle Cluster korreliert.

Diese werden im Folgenden auch durch folgende Bezeichnungen benannt:

- Kulturelles Cluster: KC,
- Alter: A,
- Geschlecht: G,
- Wohnhaft in Deutschland seit: WD,
- Abschluss: AB,
- Fachbereich: FB,
- Englischkenntnisse: E,
- Modellierungsexpertise: ME,
- Modellierungssprache ist bekannt: BPMN, UML, K3, (e)EPC,
- eine andere Notation ist bekannt: aN,
- Theoretische Vorkenntnisse in einer Modellierungssprache: TBPMN, TUML, TK3, T(e)EPC,
- Theoretische Vorkenntnisse in einer anderen Notation: TaN,
- Praktische Vorkenntnisse in einer Modellierungssprache: PBPMN, PUML, PK3, P(e)EPC und
- Praktische Vorkenntnisse andere Notation: PaN.

Zusätzlich wird überprüft, welche dieser Merkmale miteinander korrelieren und damit als in Beziehung stehend betrachtet werden können. Dazu wird eine Korrelationsmatrix für diese Variablen aufgestellt. Aus dieser lassen sich die Zusammenhänge in Tabelle 3.27 ablesen. Diese Zusammenhänge sind in Abbildung 3.102 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Modellierungserfahrung allgemein und die Expertise mit den einzelnen Modellierungsnotationen eng miteinander verbunden sind. Während nur das Alter eine Verbindung der anderen abgefragten Merkmale mit der theoretischen Modellierungsexpertise mit UML zusammenhängt. Im Folgenden werden die gefundenen Zusammenhänge genauer betrachtet und analysiert, welche Variablen in Abhängigkeit von der anderen stehen.

Das kulturelle Cluster korreliert mit dem Geschlecht, der Dauer des Lebens in Deutschland, dem höchsten Bildungsabschluss und der Englischkenntnis. Der Zusammenhang zwischen dem kulturellen Cluster und der Dauer des Lebens in Deutschland besteht, da die Probanden, die dem westeuropäischen Cluster zugerechnet wurden, in Deutschland aufgewachsen waren, während die Probanden, die dem südostasiatischen Cluster zugerechnet wurden, aus Ländern in Südostasien stammten und weniger als sieben Jahre in Deutschland lebten. Somit ist das kulturelle Cluster abhängig von der Lebensdauer des jeweiligen Probanden in Deutschland. Die Korrelation zwischen kulturellem Cluster und der Englischkenntnis besteht, da in Indien und Pakistan Englisch Amtssprache ist und auch als Geschäfts- und Bildungssprache verwendet wird. Somit sind die Englischkenntnisse der Probanden vom kulturellen Cluster abhängig. Der höchste Bildungsabschluss korreliert mit dem kulturellen Cluster, da die Studenten aus Südostasien alle mindestens einen Bachelor besitzen, aber keiner einen Abschluss, der höher ist als der Master, während die aus Deutschland am häufigsten noch im Bachelorstudium sind, aber auch Probanden vorhanden sind, die über ein Diplom, einen Dokortitel oder auch über keinen Abschluss verfügen. Dies liegt daran, dass die meisten ausländischen Studenten für ein Masterstudium an die RWTH Aachen kommen. Somit ist der höchste Bildungsabschluss abhängig vom kulturellen Cluster. Während unter den westeuropäischen Probanden zwei Drittel Männer und ein Drittel Frauen waren, waren nur fünf Probanden aus Südostasien weiblich, dies entspricht ca. 12% dieser Gruppe. Dies liegt daran, dass die Studenten aus Südostasien meist für die ingenieurwissenschaftlichen Fächer an die RWTH Aachen kommen, in denen Männer in der Mehrzahl sind. Somit ist das Geschlecht abhängig vom kulturellen Cluster.

Das Alter korreliert mit dem höchsten Bildungsabschluss und den theoretischen Kenntnissen in UML. Diese beiden Merkmale sind abhängig vom Alter des Probanden, da ein höherer Bildungsabschluss erst mit einem höheren Alter erreicht wird und auch die theoretischen Kenntnisse

Tabelle 3.27.: Korrelationen

Merkmal	korrelierende Merkmale
KC	G, WD, AB, E
A	AB, TUML
G	WD
WD	AB, E
AB	FB, E
ME	UML, aN, TUML, TaN, PUML, PaN
BPMN	UML, (e)EPC, aN, TBPMN, TK3, T(e)EPC, EaN, PBPMN, PUML, PK3, P(e)EPC
UML	K3, (e)EPC, aN, TBPMN, TUML, TK3, T(e)EPC, TaN, PBPMN, PUML, PK3, P(e)EPC
K3	(e)EPC, aN, TBPMN, TUML, TK3, T(e)EPC, PBPMN, PUML, PK3, P(e)EPC
(e)EPC	aN, TBPMN, TUML, TK3, T(e)EPC, TaN, PBPMN, PUML, PK3, P(e)EPC, PaN
aN	TBPMN, TUML, T(e)EPC, TaN, PBPMN, PUML, P(e)EPC, PaN
TBPMN	TUML, TK3, T(E)EPC, TaN, PBPMN, PUML, PK3, P(e)EPC
TUML	TK3, PBPMN, PUML, PK3, P(e)EPC
TK3	T(e)EPC, PBPMN, PUML, PK3, P(e)EPC
TaN	PBPMN, P(e)EPC, PaN
PBPMN	PUML, PK3, P(e)EPC
PUML	PK3, P(e)EPC
PK3	P(e)EPC

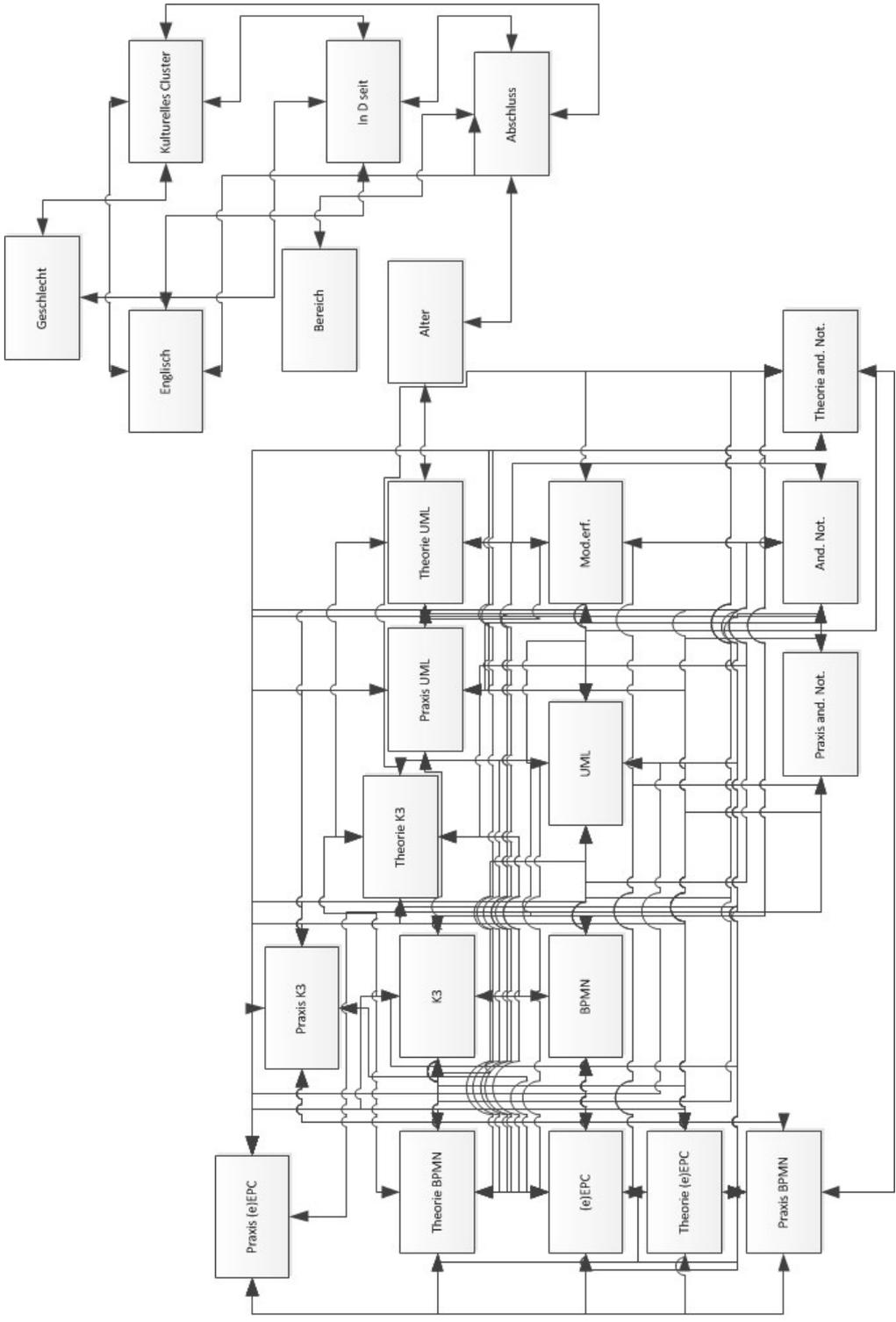


Abbildung 3.102.: Korrelationen der unabhängigen Variablen von Versuch 2

in UML steigen mit dem Alter.

Das Geschlecht korreliert mit der Aufenthaltsdauer in Deutschland. Dies ist darin begründet, dass, wie bereits oben beschrieben, die Probanden aus Südostasien überwiegend männlich sind und somit die weiblichen Teilnehmer an der Studie eine längere Aufenthaltsdauer in Deutschland aufweisen, da sie dem deutschen Cluster angehören. Somit ist das Geschlecht abhängig von der Aufenthaltsdauer in Deutschland.

Der höchste Bildungsabschluss korreliert mit dem Fachbereich und den Englischkenntnissen. Mit steigendem Bildungsabschluss spricht ein höherer Prozentsatz der jeweiligen Gruppe Englisch mindestens fließend oder ist Muttersprachler. Von den Probanden ohne Abschluss sind dies 0%, von denen mit Zulassung zur Universität ca. 51%, von denen mit Bachelor ca. 86% und von denen mit Master, Diplom und Dokortitel 100%. Somit sind die Englischkenntnisse abhängig vom höchsten Bildungsabschluss. Der Zusammenhang mit dem Fachbereich ist nicht klar erkennbar.

Die einzige signifikante Korrelation zwischen den abgefragten Merkmalen und den Modellierungsvorkenntnissen besteht zwischen dem Alter der Probanden und ihrer theoretischen Kenntnisse in UML. Alle anderen Kenntnisse mit Modellierungssprachen korrelieren einzig mit Kenntnissen in anderen Modellierungssprachen.

Im Folgenden werden nun die einzelnen Merkmale genauer betrachtet auch in Hinsicht darauf, welche Gruppengrößen für eine statistische Auswertung Sinn machen.

3.2.5.1. Altersgruppe

Von den Probanden war nur einer (ca. 1%) unter zwanzig, 54 (ca. 66%) waren zwischen 20 und 24, 21 (ca. 26%) waren zwischen 25 und 29 und sechs (ca. 7%) waren zwischen 30 und 36 Jahren alt (siehe Abbildung 3.103). Diese Altersverteilung entstand, da die meisten Probanden Studierende in einem Bachelor oder Masterstudiengang der RWTH Aachen waren.

Für eine Auswertung, deren Aussage auf die Grundgesamtheit ausgeweitet werden kann, reichen weder 1% noch 7% der Probanden aus, somit fallen diese beiden Gruppen in der folgenden Auswertung weg. Signifikanzen für diese beiden Gruppen werden im Anhang gezeigt, sind aber nicht notwendig auf eine Grundgesamtheit erweiterbar.

Betrachtet werden hier lediglich die Gruppe der Probanden zwischen 20 und 24, im Folgenden A1, und die der Probanden zwischen 25 und 29 Jahren, im Folgenden A2.

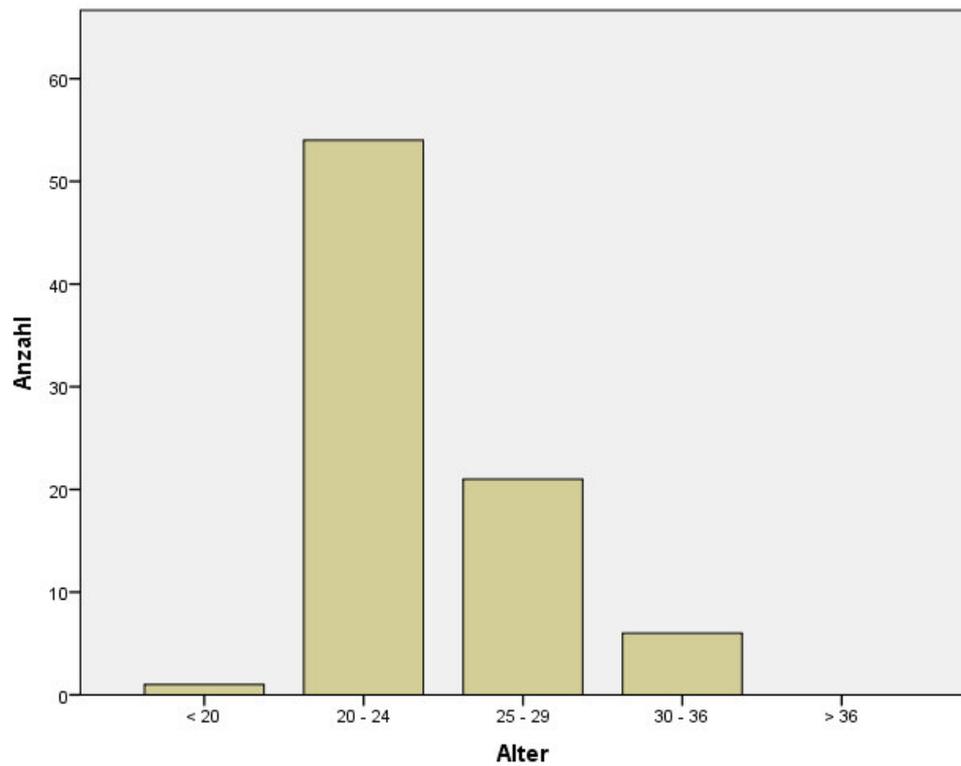


Abbildung 3.103.: Verteilung der Anzahl der Probanden auf die Altersgruppen

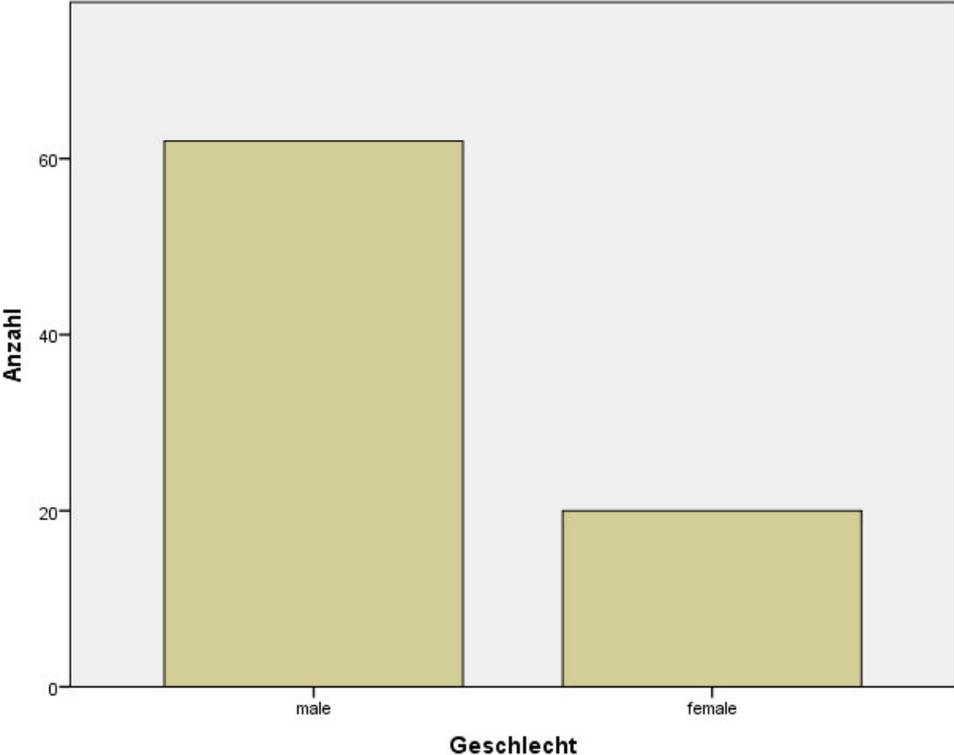


Abbildung 3.104.: Anteil der Männer und Frauen an den Probanden

3.2.5.2. Geschlecht

Des Weiteren waren 62 (ca. 75 %) Probanden männlich und 20 (ca. 25 %) weiblich. Die starke Überzahl von männlichen Probanden ist in der technischen Ausrichtung der RWTH Aachen begründet (siehe Abbildung 3.104).

Wie auch schon in der ersten Studie werden Unterschiede, die das Geschlecht der Probanden betreffen, nicht untersucht, da diese in den Bereich der Genderforschung fallen.

3.2.5.3. Wohnhaft in Deutschland

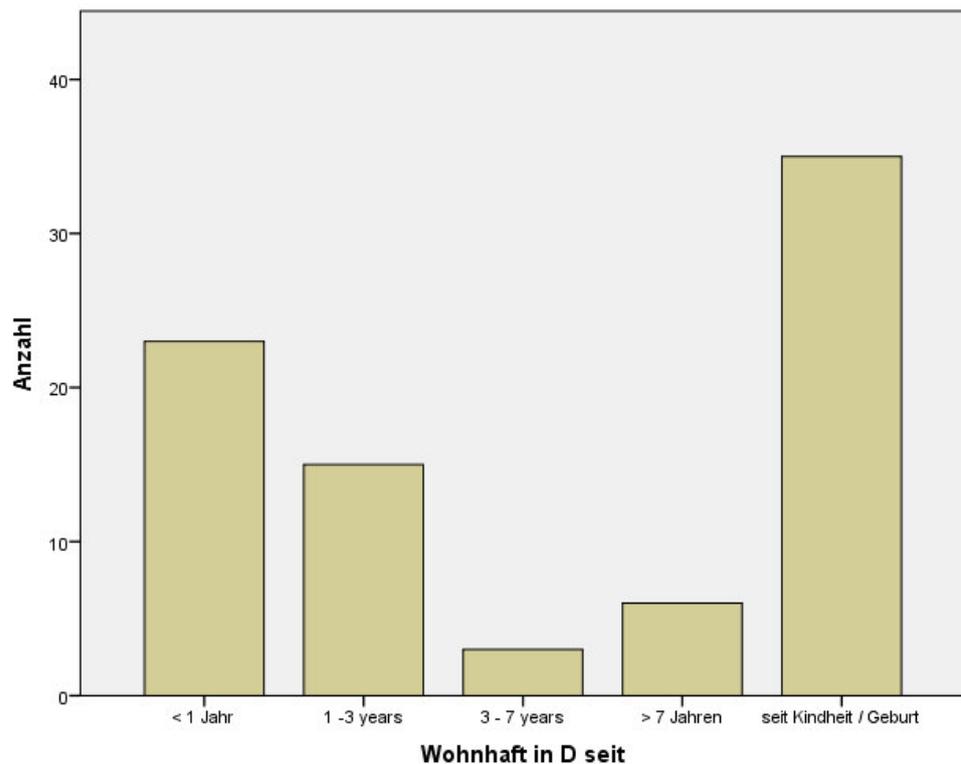


Abbildung 3.105.: Lebensdauer in Deutschland

Es gab 42 Probanden aus Südostasien und 40 aus Deutschland. Von allen Probanden insgesamt, waren 35 (ca. 43%) in Deutschland aufgewachsen, 23 (ca. 28%) lebten noch kein Jahr in Deutschland. Von den restlichen Probanden lebten 15 (ca. 18%) zwischen einem und drei Jahren in Deutschland, 3 (ca. 4%) zwischen drei und sieben Jahren und 6 (ca. 7%) länger als 7 Jahre, waren allerdings nicht hier aufgewachsen. Hier fallen wieder die Gruppen weg, die weniger als 10% der Probanden beinhalten (siehe Abbildung 3.105). Somit werden nur die Probanden

betrachtet, die in Deutschland aufgewachsen sind (WD3), die die noch kein Jahr in Deutschland leben (WD2) und die, die zwischen einem und drei Jahren in Deutschland wohnhaft sind (WD1).

3.2.5.4. Höchster Bildungsabschluss

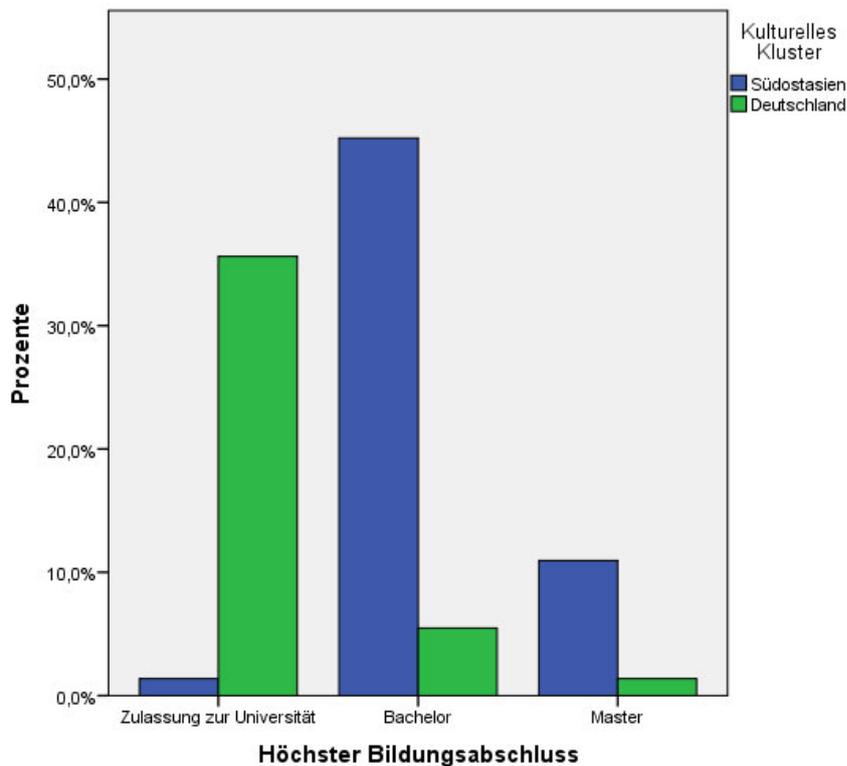


Abbildung 3.106.: Abschlüsse

27 Probanden (ca. 33%) besaßen noch keinen Abschluss einer Universität, sondern einen Schulabschluss, der zum Besuch einer Universität befähigt. 37 Probanden (ca. 45%) besaßen einen Bachelor, 9 einen Master (ca. 11%) und 6 (ca. 7%) ein Diplom. Des Weiteren besaß ein Proband einen Dokortitel (ca. 1%) und zwei (ca. 2%) gaben an, über keinerlei Abschluss zu verfügen (siehe Abbildung 3.106).

Diese Verteilung der Probanden auf die Gruppen ist darin begründet, dass die meisten Teilnehmer Studierende in einem Bachelor- oder Masterstudiengang der RWTH Aachen waren.

Als relevant betrachtet werden können somit nur die Probanden, die über eine Zulassung zur Universität verfügen (B1), die Bachelorabsolventen (B2) und die Masterabsolventen (B3), da nur diese Gruppen mehr als 10 % der Probanden beinhalten.

3.2.5.5. Fachbereich

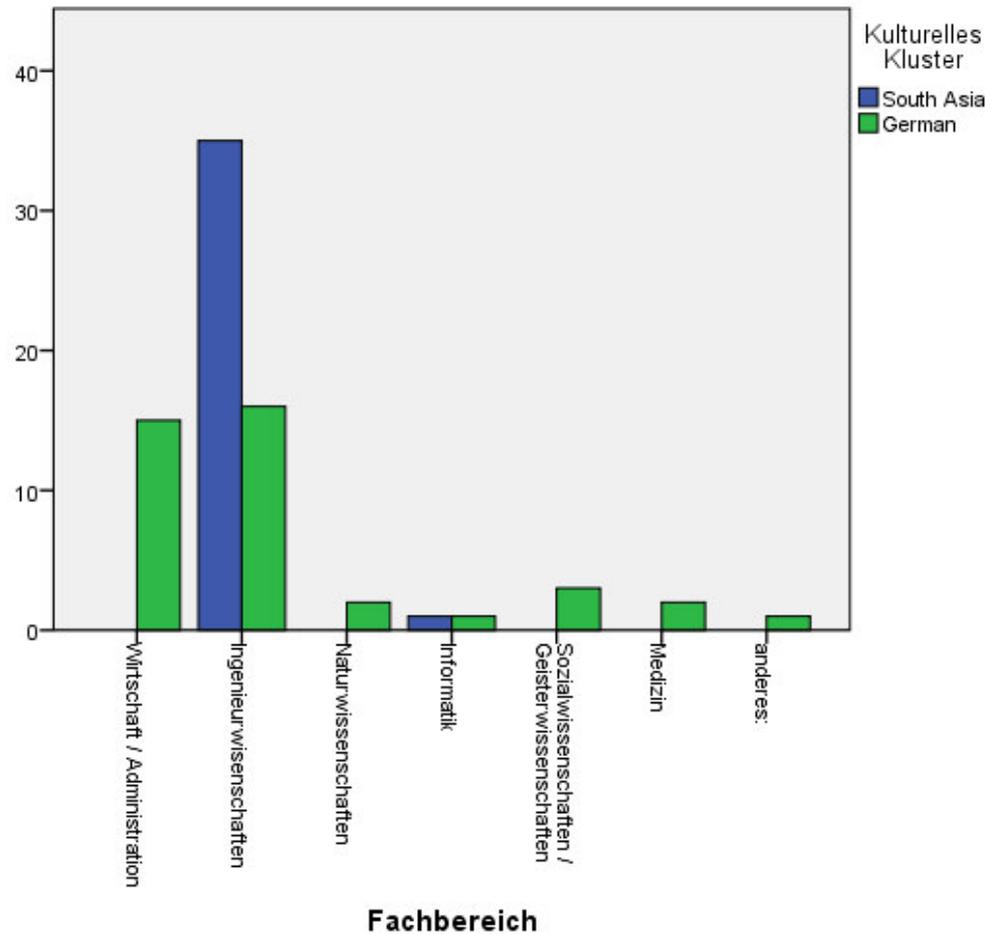


Abbildung 3.107.: Fachbereiche

Die größte Probandengruppe gehörte zu den Ingenieurwissenschaften (56 Probanden bzw. ca. 69%), gefolgt von den Wirtschaftswissenschaften (15 Probanden bzw. ca. 18%). Weitere Teilnehmer kamen aus den Naturwissenschaften und der Informatik (jeweils 2 bzw. 2%) und den Sozial-/Geisteswissenschaften und der Medizin (je 3 bzw. 4%). Einer (1%) gab an, aus einem anderen Fachbereich zu kommen, gab diesen aber nicht an (siehe Abbildung 3.107). Im Folgenden werden die Probanden aus den Ingenieurwissenschaften (FB1) und den Wirtschaftswissenschaften (FB2) betrachtet.

Die meisten Studierenden der RWTH Aachen sind in einem Studiengang der Ingenieurwissenschaften eingeschrieben, so dass die Verteilung der Teilnehmer in dieser Studie die Verteilung der Studierenden an der RWTH für die Fachbereiche Ingenieurwissenschaften und Wirtschaftswissenschaften widerspiegelt.

3.2.5.6. Englischkenntnisse

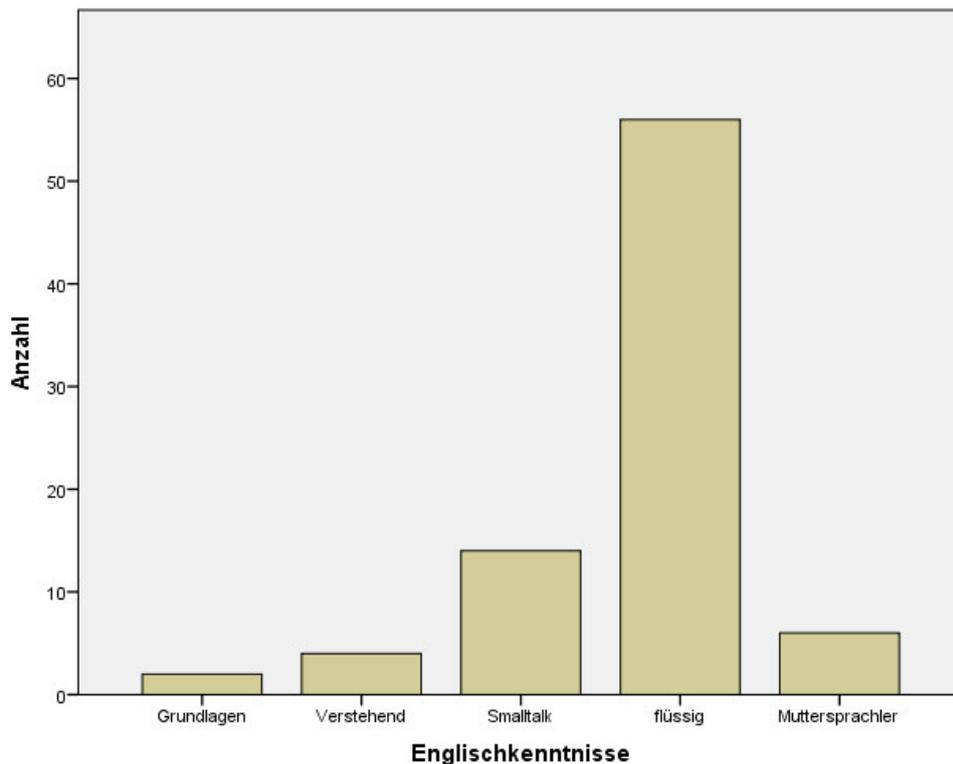


Abbildung 3.108.: Einschätzung der Englischkenntnisse

Ihre Englischkenntnisse schätzten 56 Probanden (ca. 68%) als fließend ein, 6 (ca. 7%) bezeichneten sich als Muttersprachler. Vierzehn Probanden (ca. ca. 17%) besaßen Englischkenntnisse auf Smalltalkbasis, während vier (ca. 5%) angaben Englisch zu verstehen und zwei (ca. 2%) meinten, lediglich über Grundlagen zu verfügen (siehe Abbildung 3.108). Somit kommen für eine genauere Betrachtung nur die Probanden, die fließend Englisch sprechen (E2) und die, die Englischkenntnisse auf Smalltalkbasis besitzen (E1), in Frage.

3.2.5.7. Modellierungsvorerfahrung

Da die Probanden aus derselben Grundgesamtheit der Studenten und Mitarbeiter der RWTH Aachen Universität gezogen waren wie die Probanden der ersten Studie, wurde eine ähnliche Verteilung der Modellierungsexpertisestufen angenommen wie bei der ersten Studie. Allerdings zeigen die Ergebnisse der zweiten Studie eine stark abweichende Probandengruppe von der der ersten Studie.

Lediglich fünf Probanden (ca. 6%) gaben an, bereits Prozesse modelliert

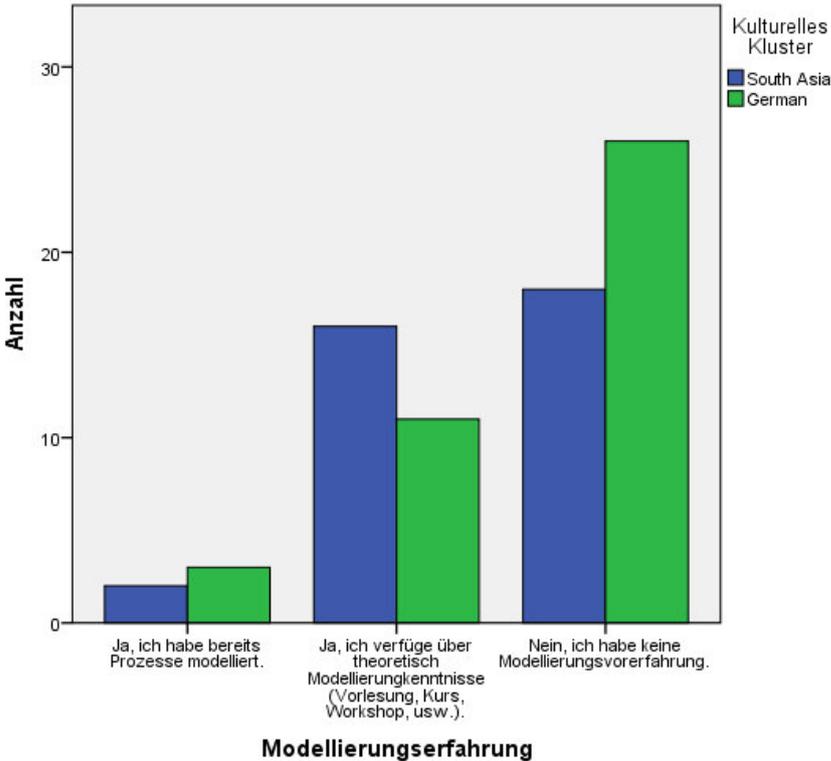


Abbildung 3.109.: Modellierungsexpertise bezogen auf das kulturelle Cluster der Probanden

zu haben und 30 über theoretische Kenntnisse zu verfügen (ca. 37%). Die restlichen 47 Probanden (ca. 57%) hatten keinerlei Modellierungsvorerfahrung (siehe Abbildung 3.109).

Somit kann allenfalls ein Unterschied zwischen den Probanden, die über praktische oder theoretische Modellierungsvorkenntnisse verfügten, zu denen, die keinerlei solche Vorkenntnisse aufwiesen, als aussagekräftig betrachtet werden. Hierbei bezeichnet M1 die Gruppe der Probanden ohne Modellierungsvorkenntnisse und M2 die Gruppe derer mit Vorkenntnissen. Aufgrund der wenigen Probanden mit Modellierungsvorerfahrung müssen die Antworten auf die Fragen im Vortest mit einer gewissen Skepsis betrachtet werden, denn hier werden die Probanden zu ihrer Einschätzung von verschiedenen Aspekten der Arbeit mit Modellierungssprachen befragt.

3.2.5.8. Erfahrung mit den einzelnen Modellierungsnotation

Begründet in der Annahme eine ähnliche Gruppe von Probanden als Teilnehmer an der zweiten wie in der ersten Studie zu haben, wurde die Kenntnis von verschiedenen Modellierungsnotationen angenommen, so dass diese einzeln abgefragt wurde. Da allerdings nur wenige Probanden über Modellierungsvorerfahrung verübten, gaben die meisten Probanden an, die einzelnen Notationen nicht zu kennen oder sie zwar zu kennen, aber keinerlei Erfahrung damit zu haben (BPMN 80 bzw. ca. 98%, UML 71 bzw. 87%, K3 80 bzw. 98%, (e)EPC 75 bzw. 91%).

Dadurch ist die Gruppe der Teilnehmer, die über Modellierungsvorkenntnisse verfügen, die einen Einfluss auf das Ergebnis der Studie haben könnten, zu gering, um diese Verbindung auswerten zu können. Einzig Vorkenntnisse mit UML könnten einen Zusammenhang mit dem Verständnis von Modellen besitzen. Allerdings gaben auch hier 71 von 82 Probanden an, keine Kenntnisse in UML zu besitzen, weshalb die Abhängigkeiten mit einer gewissen Skepsis zu betrachten sind.

3.2.5.9. Merkmale mit einem Einfluss auf das Merkmal „Kulturelles Cluster“

Somit bleiben die folgenden Merkmale, die einen Einfluss auf das Merkmal „Zugehörigkeit zu einem kulturellen Cluster“ besitzen, für die Auswertung übrig. Diese sind das Alter, die Aufenthaltsdauer in Deutschland, der höchste Bildungsabschluss, die Fachrichtung, die Englischkenntnisse und Vorkenntnisse mit UML. Es wird überprüft, ob die Zugehörigkeit zu einem kulturellen Cluster einen signifikanten Einfluss auf das Modellverständnis der Probanden besitzt und auch, ob eines der abgefragten Merkmale eine stärkere Signifikanz aufweist.

Um im Weiteren Aussagen über die Fehler machen zu können, zeigen die folgenden Tabellen, wie die noch zu betrachtenden Merkmalsausprägungen auf die kulturellen Cluster verteilt sind, dabei werden sowohl die Anzahl der Probanden als auch die Prozentwerte an der Gesamtheit der Probanden und für das kulturelle Cluster angegeben. Alle hier angegebenen Gruppen sind relevant für die weitere Auswertung.

Tabelle 3.28.: Kombination kulturelles Cluster und Altersgruppen

Alter	20-24 (A1)	25-29 (A2)
Deutschland (D)	DA1: 26 (32%;65%)	DA2: 8(10%;20%)
Südostasien (SA)	SAA1: 28(34%;67%)	SAA2: 13(16%;31%)

Von den relevanten Altersgruppen bleiben in Kombination mit dem kulturellen Cluster vier Gruppen (siehe Tabelle 3.28).

Tabelle 3.29.: Kombination kulturelles Cluster und Lebensdauer in Deutschland

Lebensdauer in Deutschland	<1 Jahr (WD1)	1-3 Jahre (WD2)	Seit Kindheit/Geburt (WD3)
Deutschland (D)	DWD1: 0 (0%;0%)	DWD2: 1(1%;3%)	DWD3: 35 (43%; 88%)
Südostasien (SA)	SAWD1: 23(28%;55%)	SAWD2: 14(17%;33%)	SAWD3: 0 (0%;0%)

Für die meisten Merkmalsausprägungen der Dauer des Aufenthaltes in Deutschland (siehe Tabelle 3.29) sind die Gruppen konstant nur einem der beiden Cluster zugehörig, da gerade diese Gruppen die Clustertrennung definieren. Nur ein Proband gehört dem Cluster „Deutschland“ an und war 1-3 Jahre wohnhaft in Deutschland, hier sind die Antworten wieder konstant und fallen aus der Wertung heraus. Somit sind Aussagen, die sich für die Dauer der Aufenthaltes mit der Abhängigkeit der betrachteten Merkmale von der kulturellen Zugehörigkeit der Probanden beziehen, schon allein durch die Betrachtung der kulturellen Zugehörigkeit oder der Aufenthaltsdauer feststellbar, so dass eine Betrachtung dieser Kombination im Folgenden entfällt.

Tabelle 3.30.: Kombination kulturelles Cluster und Höchster Bildungsabschluss

Höchster Bildungsabschluss	Zulassung zur Universität (Ab1)	Bachelor (Ab2)	Master (Ab3)
Deutschland (D)	DAb1: 26 (32%;65%)	Dab2: 4(5%;10%)	DAb3: 1 (1%; 3%)
Südostasien (SA)	SAAb1: 1(1%;2%)	SAAb2: 33(40%;79%)	SAAb3: 8 (10%;19%)

Für die Merkmalskombination „kulturelles Cluster und höchster Bildungsabschluss“ (siehe Tabelle 3.30) fallen folgende Ausprägungen aus der Wertung, da sie konstant sind, da nur jeweils ein Proband diese Kombination aufweist: „Südostasien und Zulassung zur Universität“ und „Deutschland und Master“. Ebenso ist die Kombinationen „Deutschland und Bachelor“ kritisch zu betrachten auf Grund der geringen Gruppengrößen. Dadurch entfällt im weiteren eine Betrachtung dieser Merkmalskombination. Unterschiede, die bei ihrer Betrachtung auftraten, müssen, um sicher zu sein, dass sie wirklich belastbar sind, schon bei der Betrachtung des kulturellen Clusters oder der Betrachtung des Abschlusses auftreten. Für die Fachbereiche können nur die Ergebnisse für die Kom-

Tabelle 3.31.: Kombination kulturelles Cluster und Fachbereich

Fachbereich	Wirtschaftswissenschaften (Fb1)	Ingenieurwissenschaften (Fb2)
Deutschland (D)	DFb1: 15 (18%;38%)	DFb2: 16(20%;40%)
Südostasien (SA)	SAFb1: 0(0%;0%)	SAFb2: 40(49%;95%)

binationen „Deutschland und Wirtschaftswissenschaften“, „Deutschland und Ingenieurwissenschaften“ und „Südostasien und Ingenieurwissenschaften“ als aussagekräftig angesehen werden (siehe Tabelle 3.31). Somit kann die Betrachtung der Kombination Kultur und Fachbereich nur relevante Aussagen zu den Ausprägungen, in denen die Ingenieurwissenschaften betrachtet werden, erbringen. Unterschiede, die bei Probanden der Wirtschaftswissenschaften auftreten, sind entweder schon kulturell bedingt oder nur vom Fachbereich abhängig, eine Untersuchung der

Kombination erbrächte keine belastbaren Ergebnisse, da kein Proband aus Südostasien zum Fachbereich Wirtschaftswissenschaften gehörte.

Tabelle 3.32.: Kombination kulturelles Cluster und Englischkenntnisse

Englischkenntnisse	Smalltalk (E1)	fließend (E2)
Deutschland (D)	DE1: 12 (15%;29%)	DE2: 23(28%;55%)
Südostasien (SA)	SAE1: 2(2%;5%)	SAE2: 33(40%;79%)

Nur die Merkmalskombinationen „Deutschland und Smalltalk“, „Deutschland und fließend“ und „Südostasien und fließend“ besitzen jeweils eine ausreichende Probandenanzahl, um als aussagekräftig angesehen zu werden (siehe Tabelle 3.32). Somit erbringt hier nur die Kombination von Kultur mit fließenden Englischkenntnissen belastbare Daten, Unterschiede in der Kombination von Kultur und Englischkenntnissen auf Smalltalkbasis müssen, um belastbar zu sein, auch bei der Betrachtung der Englischkenntnisse oder der Kultur alleine auftreten.

Tabelle 3.33.: Kombination kulturelles Cluster und Modellierungsexpertise

Fachbereich	Modellierungsvorerfahrung vorhanden (ME1)	keine Modellierungsvorerfahrung (ME2)
Deutschland (D)	DME1: 14 (17%;35%)	DME2: 26(32%;65%)
Südostasien (SA)	SAME1: 21(26%;50%)	SAME2: 21(26%;50%)

Tabelle 3.34.: Kombination kulturelles Cluster und UML-Nutzung

Fachbereich	Unbekannt/nie (UML1)	bekannt/bereits verwendet (UML2)
Deutschland (D)	DUML1: 34 (42%;85%)	DUML2: 6(7%;15%)
Südostasien (SA)	SAUML1: 37(45%;88%)	SAUML2: 5(6%;12%)

Da der Prozentsatz pro kulturellem Cluster, zu dem UML mindestens einmal benutzt wurde, zu gering für eine signifikante Aussage ist, und die einzige Verbindung des kulturellen Clusters zur Modellierungsvorkenntnis über die Kenntnis von UML besteht, fallen auch diese beiden Merkmalskombinationen bei der weiteren Betrachtung aus der Datenauswertung heraus. Es werden nur die Merkmale „Modellierungsvorkenntnisse“ (siehe Tabelle 3.33) und „Kenntniss UML“ (siehe Tabelle 3.34) einzeln betrachtet, ohne die Kultur hinzuzuziehen.

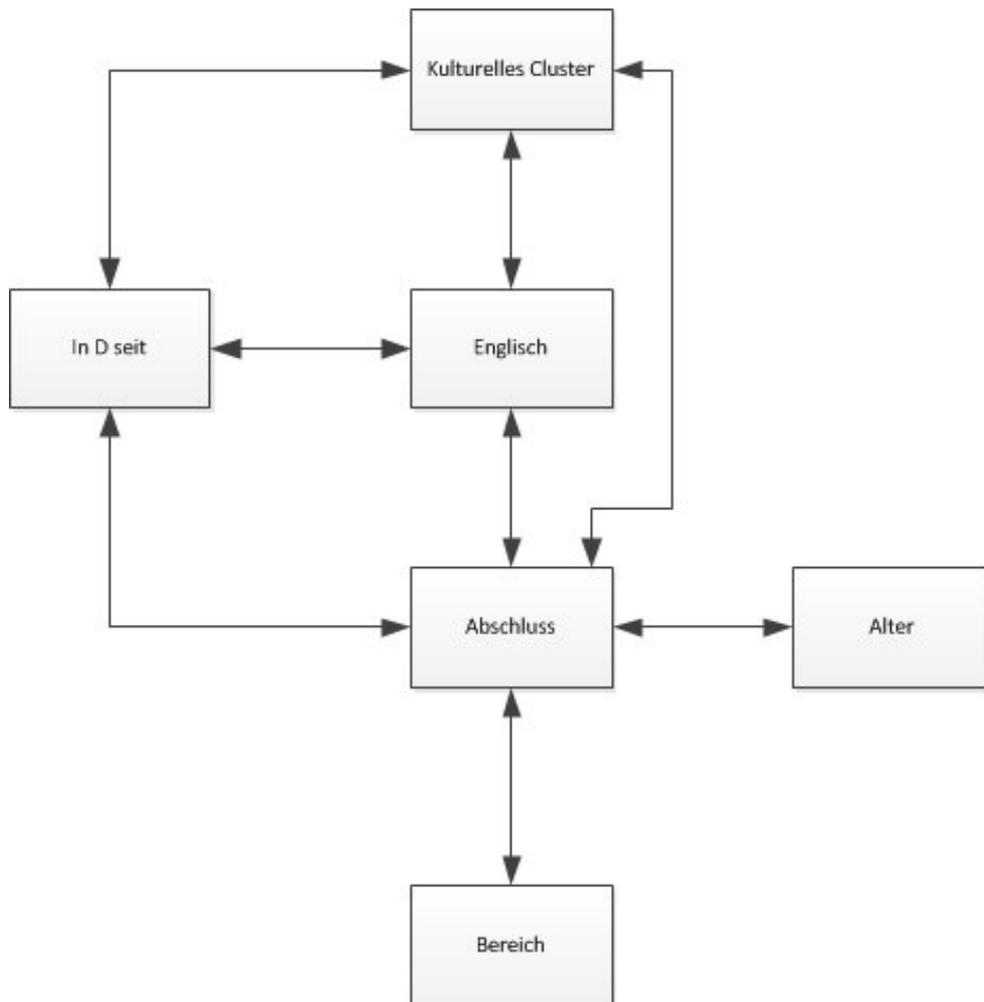


Abbildung 3.110.: Korrelationen der unabhängigen Merkmale

Abbildung 3.110 zeigt die Korrelationen der unabhängigen Merkmale voneinander. Dabei korrelieren sowohl die Englischkenntnisse, die Dauer des Aufenthaltes in Deutschland, Das kulturelle Cluster, das Alter und der Fachbereich mit dem Abschluss. Des Weiteren korrelieren die Englischkenntnisse mit dem kulturellen Cluster und der Aufenthaltsdauer in Deutschland.

3.2.5.10. Weitere Merkmale

Eine andere Rolle, spielen die Fehler, die in den Modellen gemacht wurden. Auch für diese muss überprüft werden, ob die Probanden abhängig von ihrem kulturellen Cluster die fehlerhaften Stellen unterschiedlich bewerten.

Diese Fehler können dabei das ganze Modell betreffen (ein Akteur wird nicht dargestellt) als auch nur einzelne Aspekte (eine einzelne Aktivität fehlt, eine Aktivität wird im falschen Modus dargestellt, ein Parameter an einer Aktivität fehlt).

3.2.6. Hypothesen

Auf Grund der kulturbedingten Unterschiede können Unterschiede im Verständnis der Modelle entstehen. Der Einfluss der Fehler in den Modellen auf dieses Verständnis als auch der Umgang mit diesen Fehlern kann sich auf Grund der kulturellen Zugehörigkeit unterscheiden.

- i) H_1 : Das Verständnis der Modelle variiert abhängig von der Zugehörigkeit zu einem kulturellen Cluster des Probanden.
- ii) H_i : Das Verständnis von Element e_i variiert abhängig von der Zugehörigkeit zu einem kulturellen Cluster.
- iii) H_f : Das Verständnis der Modelle variiert durch die darin enthaltenen Fehler.
- iv) H_e : Das Verständnis von Element e_e variiert durch Fehler, die mit diesem Element gemacht wurden.
- v) H_{fk} : Das Verständnis der Modelle variiert durch die darin enthaltenen Fehler signifikant abhängig vom kulturellen Cluster.
- vi) H_{ek} : Das Verständnis von Element e_e variiert durch Fehler, die mit dem diesem Element gemacht wurden, signifikant abhängig vom kulturellen Cluster.

3.2.7. Fehlerauswertung

Zunächst wird betrachtet, wie die Häufigkeitsverteilung für alle Probanden aussah, um anschließend Abweichungen unter Betrachtung verschiedener Merkmale und Merkmalskombinationen zu analysieren. In der folgenden Auswertung werden zunächst die einzelnen Verständnisfehler betrachtet und dabei nach Elementtypen getrennt beschrieben. Dabei wird zunächst untersucht, ob eine Abhängigkeit vom kulturellen Cluster der

Probanden besteht. Anschließend werden, wenn vorhanden, weitere Abhängigkeiten von den anderen untersuchten Merkmalen betrachtet. Hierbei wird jeweils nur das Merkmal mit der stärksten Abhängigkeit angegeben, Abhängigkeiten zu den anderen Merkmalen sind im Anhang verzeichnet. Besteht eine Abhängigkeit von einem der anderen Merkmale wird des weiteren jeweils untersucht, ob diese durch Hinzuziehen des kulturellen Clusters verstärkt wird. Zuletzt wird analysiert, ob die in den Modellen vorhandenen Fehler einen Einfluss auf das Verständnis der Probanden haben und ob dieser bei bestimmten Merkmalen oder Merkmalskombinationen verstärkt wird. Da die Variablen nominal skaliert sind und mehr als 60 Probanden an der Studie teilnahmen, reflektieren hier die Marginalverteilungen der beobachteten Häufigkeiten eines Chi-Quadrat-Tests die tatsächliche Verteilung. Da hierbei aber gehäuft erwartete Häufigkeiten kleiner als fünf vorliegen, wären diese nicht mehr als aussagekräftig zu erachten. Somit werden proportionale Fehlerreduktionsmaße zur Auswertung herangezogen. Da ausschließlich nominal-skalierte Daten vorliegen, werden der Unsicherheitskoeffizient und Goodman-und-Kruskal-Tau sowie Goodman-und-Kruskal-Lambda herangezogen.

3.2.8. Die betrachteten Modelle

Die gezeigten Modelle wurden so ausgewählt, dass sie über unterschiedliche Fehler verfügten, um den Einfluss dieser betrachten und bewerten zu können. Davon ausgehend, dass Modelle, die in Unternehmen verwendet werden, über einen gewissen Qualitätsstandard verfügen, wurden die für die Studie verwendeten Modelle auf ihre Qualität hin mit dem 3QM-Framework von (Overhage u. a., 2012) überprüft. Modell 1 zeigt den Ablauf einer Autovermietung. Dieses Modell wies keine Fehler auf, so dass hier das reine Verständnis der Probanden dieses Prozessmodells überprüft werden konnte.

Modell 2 zeigt den Ablauf der Planung eines Simulationsprojektes. Modell 3 zeigt den Ablauf der Diamantengewinnung bis hin zur Diamantebörse bzw. zur Verarbeitung zu Polierpasten je nach Qualität der Diamanten.

Modell 2 und 3 wurden den verschiedenen Probanden jeweils in zwei verschiedenen Versionen gegeben, die unterschiedliche Fehler aufwiesen. Mit diesen Modellen wird im Folgenden untersucht, ob diese Fehler variierende Einflüsse auf das Verständnis der Modelle ausüben. Die Modellqualität wurde anhand des 3QM-Framework (Overhage u. a. (2012)) bewertet, um auch hieraus Schlüsse für die Ergebnisse ziehen zu können. Dabei zeigte sich, dass die Modelle durchgängig eine eher hohe Qualität aufwiesen:

- Modell 1 weist eine Qualität von 99,93% auf,

- Modell 2 weist in Variante 1 eine Qualität von 90,49% und in Variante 2 eine von 88,39% auf und
- Modell 3 weist in Variante 1 eine Qualität von 90,46% und in Variante 2 eine von 85,43% auf.

3.2.9. Aussagen und Einschätzungen vor der Betrachtung der Modelle

Zu Beginn des Versuchs wurden einige Aussagen zu Prozessmodellierungssprachen von den Probanden bewertet, dabei lag eine 5-stufige Skala von „Ich stimme zu“ bis zu „Ich stimme überhaupt nicht zu“ zu Grunde, zusätzlich gab es auch die Möglichkeit, „Ich weiß nicht“ auszuwählen.

3.2.9.1. Aussage 1: „Prozessmodellierungssprachen sind einfach zu lernen.“

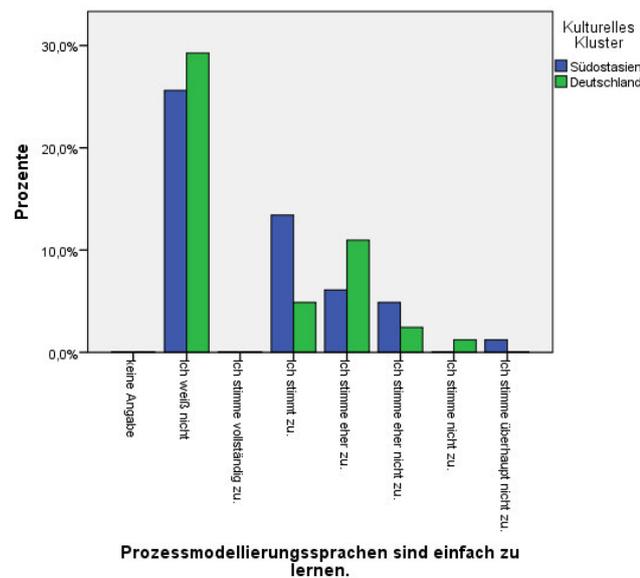


Abbildung 3.111.: Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Prozessmodellierungssprachen sind einfach zu lernen." bezogen auf das Merkmal "kulturelles Cluster"

Als erstes sollten die Probanden angeben, für wie einfach zu erlernen sie die gängigen Prozessmodellierungssprachen im Allgemeinen halten. Diese Frage können insgesamt 54,9% der Probanden nicht beantworten, was wahrscheinlich daran liegt, dass nur wenige über Erfahrung mit einer Prozessmodellierungssprache verfügten. Die zweitgrößte Gruppe (18,3%)

3. Empirische Untersuchungen

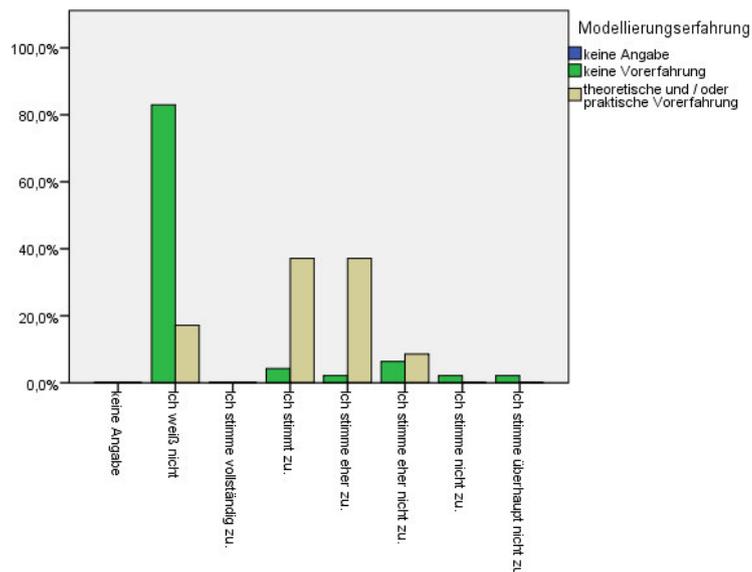


Abbildung 3.112.: Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Prozessmodellierungssprachen sind einfach zu lernen." bezogen auf das Merkmal "Modellierungsexpertise"

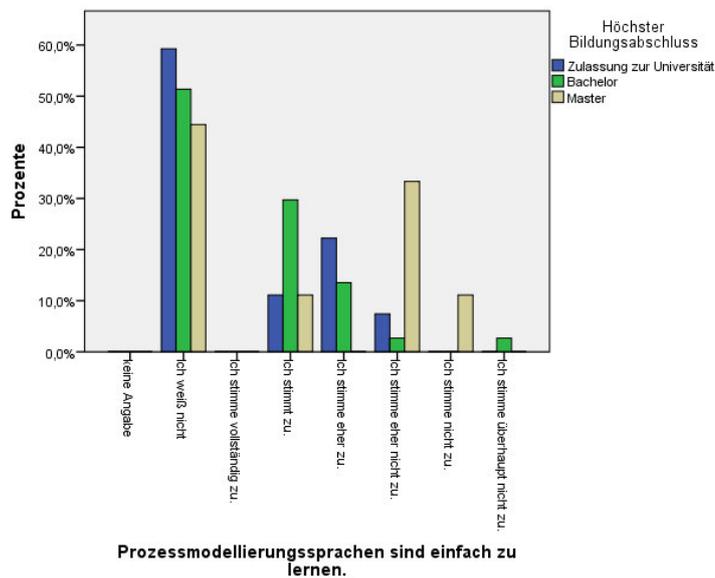


Abbildung 3.113.: Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Prozessmodellierungssprachen sind einfach zu lernen." bezogen auf das Merkmal "Abschluss"

der Probanden stimmten zu, weitere 17,1% stimmten eher zu, somit trafen 35,4% der Probanden eine dieser Auswahlmöglichkeiten. Eher abweisend zu dieser Aussage stehen 7,3%. Auf die Auswahlmöglichkeiten „Ich stimmt nicht zu“ und „Ich stimme überhaupt nicht zu“ entfallen je 1,2% der Probanden.

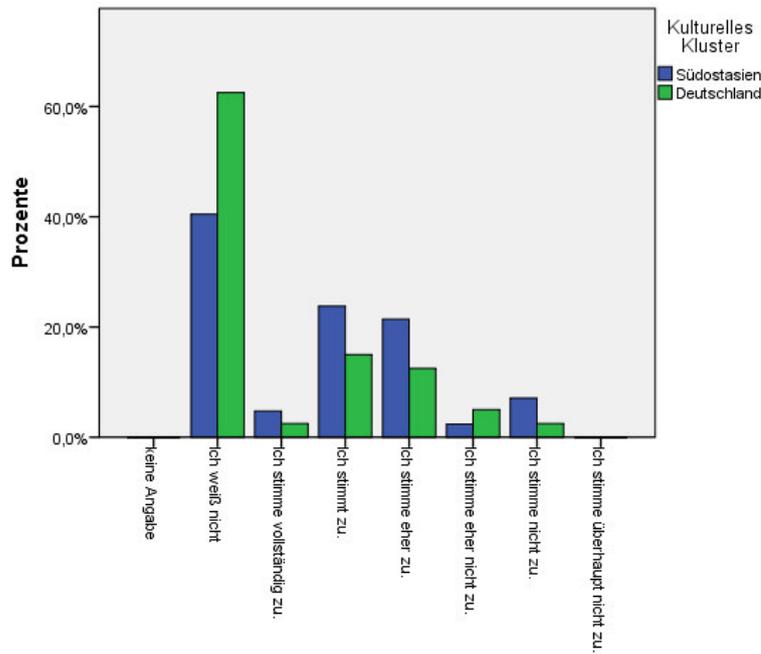
Die Betrachtung der Kultur der Probanden (siehe Abbildung 3.111) zeigt, dass 60% der Deutschen und 50% der Asiaten „Ich weiß nicht“ wählen. Immerhin 38,1% der südostasiatischen und 32,5% der deutschen Teilnehmer stimmen der Aussage zu oder eher zu. Keine oder nur geringe Zustimmung empfinden 11,5% der Südasiaten und 7,5% der Deutschen. Hierbei liegt allerdings keine signifikante Abhängigkeit von der kulturellen Zugehörigkeit der Probanden vor.

Der Verdacht, dass der Grad der Zustimmung zu dieser Aussage durch Modellierungsvorerfahrung geprägt ist, wird dadurch erhärtet, dass eine schwache Beziehung zur Modellierungsexpertise der Probanden besteht (Unsicherheitskoeffizient: 0,242, Signifikanz: 0,000; Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,258, Signifikanz: 0,000). Abbildung 3.112 zeigt, dass 83% der Probanden ohne Vorerfahrung diese Frage mit „Ich weiß nicht“ beantworten, während dies nur 17,1% der Probanden mit Vorerfahrung machen. Bei den Probanden mit Vorerfahrung trifft diese Aussage gehäuft auf einen Grad der Zustimmung (je 37,1% stimmen zu oder eher zu), während nur 4,3% von M1 zustimmen und 2,1% eher zustimmen. Von M1 stimmen 8,6% eher nicht zu, dies machen 6,4% von M2 und je 2,1% stimmen nicht beziehungsweise überhaupt nicht zu.

Für den Bildungsabschluss der Probanden existiert hier eine schwache Beziehung zwischen der Zustimmung zu dieser Aussage und dem Abschluss (Unsicherheitskoeffizient: 0,1, Signifikanz: 0,048). Zwar enthielt sich die Mehrheit der Probanden einer Aussage (Ba1: 59,3%, Ba2: 51,4% und Ba3: 44,4%) (siehe Abbildung 3.113). Zustimmung fand die Aussage bei 11,1% von Ba1, 29,7% von Ba2 und 11,1% von Ba3. Eher zu stimmten 22,2% von Ba1 und 13,5% von Ba2. Eher keine Zustimmung gaben 7,4% von Ba1, 2,7% von Ba2 und 33,3% von Ba3. Keine Zustimmung fand die Aussage bei 11,1% von Ba3 und bei 2,7% von Ba2 traf sie auf komplette Ablehnung.

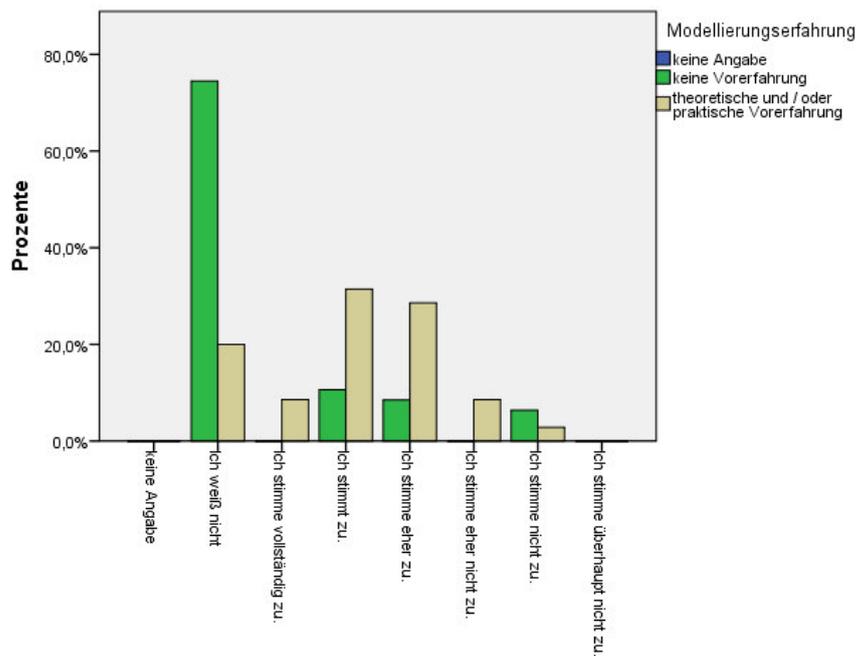
3.2.9.2. „Die benutzten Symbole sind leicht verständlich“

Auch bei der Aussage, dass die Symbole von Prozessmodellierungssprachen im Allgemeinen leicht verständlich sind, wählte die Mehrheit der Probanden (51,2%) „Ich weiß nicht“. Allerdings stimmten der Aussage 3,7% vollständig zu, 19,5% stimmten ihr zu und 17,1% stimmten eher zu, somit macht dies eine Gruppe von insgesamt 39,3% der Probanden,



Die benutzten Symbole sind leicht verständlich.

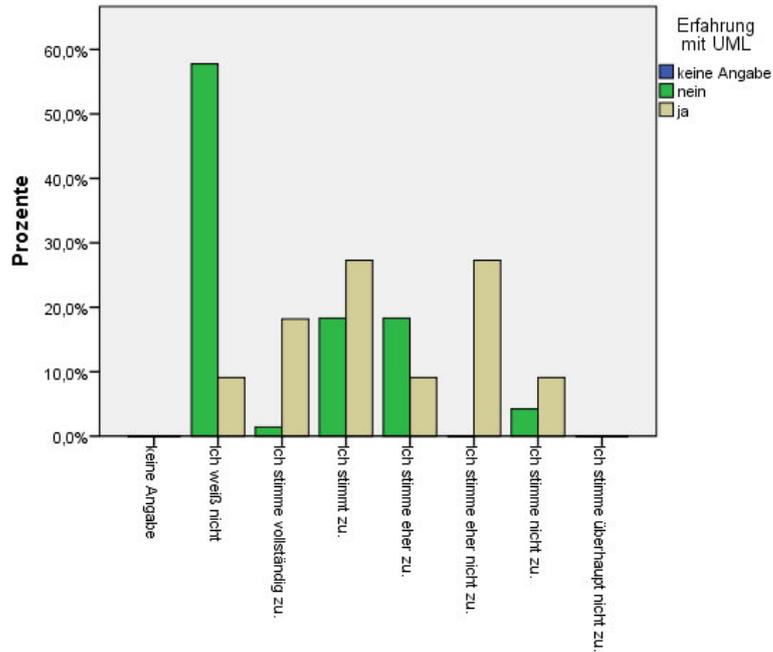
(a) kulturelles Cluster



Die benutzten Symbole sind leicht verständlich.

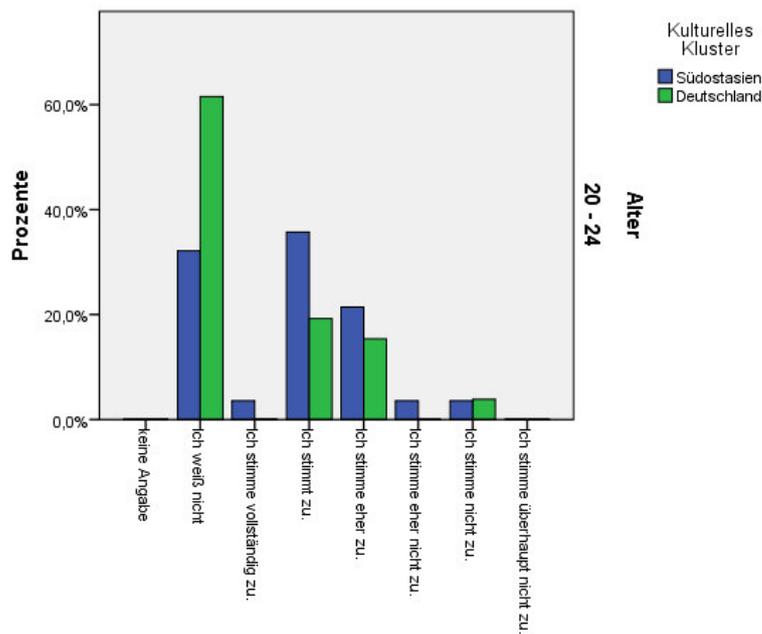
(b) Modellierungsexpertise

Abbildung 3.114.: Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Die benutzten Symbole sind leicht verständlich." bezogen auf verschiedene Merkmale "kulturelles Cluster" und "Modellierungsexpertise"



Die benutzten Symbole sind leicht verständlich.

(a) UML-Kenntnisse



Die benutzten Symbole sind leicht verständlich.

(b) Altersgruppe 20-24 und Kultur

Abbildung 3.115.: Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Die benutzten Symbole sind leicht verständlich." bezogen auf die Merkmale "UML-Kenntnisse" und "Altersgruppe 20-24 und Kultur"

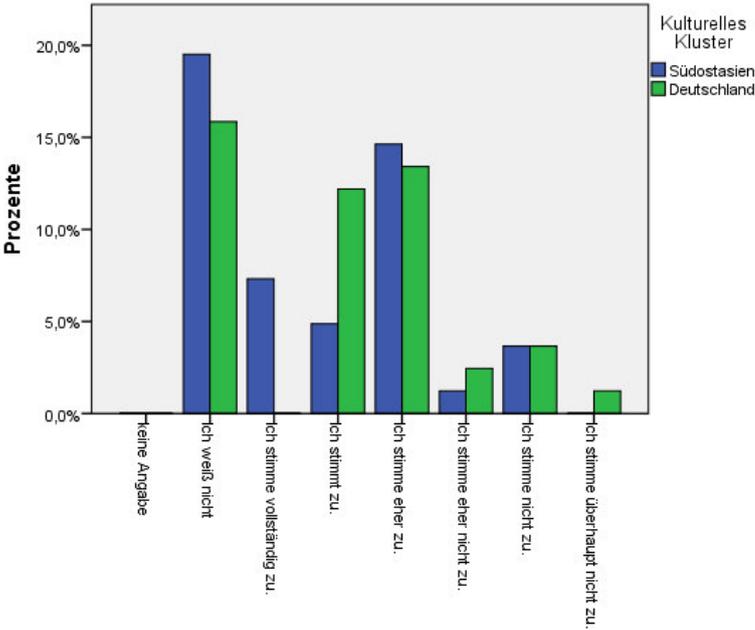
die der Aussage positiv gegenüberstehen. Nur 3,7% stimmen „eher nicht zu“ und 4,9% stimmen nicht zu (siehe Abbildung 3.114a).

Wie auch bei der ersten Aussage, wählen die meisten Probanden (D: 62,5%, SA: 40,5%) „Ich weiß nicht“, da die meisten ja nicht über eine Vorerfahrung mit diesen Sprachen verfügen. Allerdings stimmten 4,8% der Probanden aus Südostasien und 2,5% von denen aus Deutschland der Aussage vollständig zu. Gefolgt von 19% aus Südostasien und 11% aus Deutschland, die der Aussage zustimmen oder eher zustimmen. Nur 3% aus Asien und 2% aus Deutschland stimmten eher nicht oder nicht zu.

Eine schwache Beziehung besteht für diese Aussage zu den Modellierungsvorkenntnissen der Probanden (Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,146, Signifikanz: 0,000; Unsicherheitskoeffizient: 0,148, Signifikanz: 0,000). Die Mehrheit von M1 (74,5%) gab wie zu erwarten an, nicht zu wissen, ob die Symbole leicht verständlich sind, dies machten nur 20% von M2. Von M2 stimmten 8,6% dieser Aussage vollständig zu, weitere 31,4% stimmten ihr zu und noch einmal 28,6% stimmten ihr eher zu (M1: 0%, 10,6% und 8,5%). Allerdings stimmten auch 8,6% von M2 dieser Aussage eher nicht zu und 2,9% nicht (M1: 6,4%) (siehe Abbildung 3.114b).

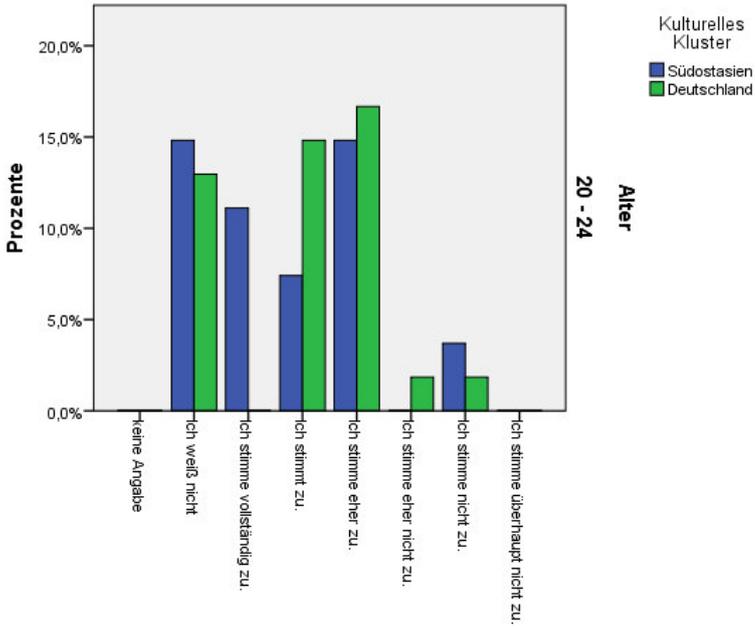
Ebenfalls eine schwache Beziehung besteht zu den UML-Kenntnissen der Probanden (Unsicherheitskoeffizient: 0,109, Signifikanz: 0,000). Die meisten Probanden ohne UML-Kenntnisse (57,5%) machten keine Angabe, was nur 9,1% der Probanden mit UML-Kenntnissen machten. Von den Probanden mit UML-Kenntnissen stimmten 18,2% der These vollständig zu (UML1: 1,4%), 27,3% stimmten ihr zu (UML1: 18,3%) und 9,1% stimmten ihr eher zu (UML1: 18,3%). Eher keine Zustimmung fand die These bei 27,3% von UML2 und keine Zustimmung bei 9,1% von UML2 und 4,2% von UML1 (siehe Abbildung 3.115a).

Eine signifikante Abhängigkeit für diese Aussage liegt allerdings unter Einbeziehung des Alters der Probanden und nur für die Altersgruppe „20-24 Jahre“ vor (siehe Abbildung 3.115b). Von dieser Gruppe wählten 61,5% der Deutschen „Ich weiß nicht“ aber nur 32,1% der Südasiaten. Von diesen stimmte der größte Teil (57,1%) der Aussage zu oder eher zu, dies taten nur 34,6% der Deutschen. Somit unterschied sich das Aussageverhalten der beiden kulturellen Cluster signifikant in dieser Altersgruppe voneinander. Der Goodman-und-Kruskal-Tau zeigt mit einem Wert von 0,044 allerdings nur eine sehr schwache Beziehung zwischen dem Alter und der Aussage mit einer Signifikanz von 0,038.



Prozessmodellierungssprachen sind nützlich für meinen Beruf / mein Studium.

(a) kulturelles Cluster



Prozessmodellierungssprachen sind nützlich für meinen Beruf / mein Studium.

(b) Altersgruppe 20 - 24

Abbildung 3.116.: Verteilung des Zustimmungsgades für "Prozessmodellierungssprachen sind nützlich für meinen Beruf/mein Studium." bezogen auf verschiedene Merkmale

3.2.9.3. „Prozessmodellierungssprachen sind nützlich für meinen Beruf / mein Studium.“

Bei der Aussage, ob Prozessmodellierungssprachen nützlich für den ausgeübten Beruf oder den belegten Studiengang sind, wählten nur noch 35,4% „Ich weiß nicht“. Die größte Gruppe der Probanden (42,4%) stimmten dieser Aussage in irgendeiner Form zu (vollständige Zustimmung: 7,3%, Zustimmung: 17,1%, eher Zustimmung: 28%). Insgesamt 12,2% lehnte diese Aussage ab (eher keine Zustimmung: 3,7%, keine Zustimmung: 7,3%, überhaupt keine Zustimmung: 1,2%).

Auch für die dritte Aussage wählten die meisten Teilnehmer (D: 32,5%, SA: 38,1%) „Ich weiß nicht“, was hier erneut auf die Unkenntnis von BPMNs im Allgemeinen zurückzuführen ist (siehe Abbildung 3.116a). Die Kategorie „Ich stimme vollständig zu“ wählten allerdings nur Teilnehmer aus dem südostasiatischen Cluster (14,3%). Ihre Zustimmung für diese Aussage in irgendeiner Form gaben 38,1% der Teilnehmer aus Südostasien und 52,5% von denen aus Deutschland. Nur ein geringer Prozentsatz der Teilnehmer stimmte der Aussage nicht oder eher nicht zu (D: 12,5%, SA: 9,5%); 2,5% der Deutschen stimmte der Aussage überhaupt nicht zu. Dies ergibt jedoch keine signifikanten Unterschiede für die Gruppen.

Erneut führt erst das Hinzuziehen des Alters und hier wiederum nur die Gruppe der 20-24-jährigen zu einem signifikanten Unterschied zwischen den Probandengruppen. Allerdings besteht nur ein sehr schwacher Zusammenhang (Unsicherheitskoeffizient: 0,069) zum Alter und zum kulturellen Cluster der Probanden für die Altersgruppe „20-24 Jahre“ mit einer Signifikanz von 0,043. Hier wählten 28,6% aus der Gruppe SA und 26,9% der Gruppe D die Kategorie „Ich weiß nicht.“ Die Kategorie „Ich stimme vollständig zu.“ wählten 21,4% der Südasiaten und keiner der Deutschen. Dafür wählten 30,8% der Deutschen „Ich stimme zu“ und nur 14,3% der Südasiaten. „Ich stimme eher zu“ wählten 28,6% der Gruppe SA und 34,6% der Gruppe D. Nur sehr wenige Probanden dieser Altersgruppe stimmten nicht oder überhaupt nicht zu (siehe Abbildung 3.116b).

3.2.9.4. „Ich würde gerne mehr über Prozessmodellierungssprachen lernen.“

Die Mehrheit der Probanden gibt an, gerne mehr über Prozessmodellierungssprachen lernen zu wollen (insgesamt: 73,1%, davon: 20,7% vollständige Zustimmung, 39% Zustimmung, 13,4% eher Zustimmung). Hier gaben nur 20,7% an nicht zu wissen, wie sie zu dieser Aussage stehen. Ablehnung gegen diese Aussage taten nur 6,1% kund (2,4% eher keine Zustimmung, 3,7% keine Zustimmung).

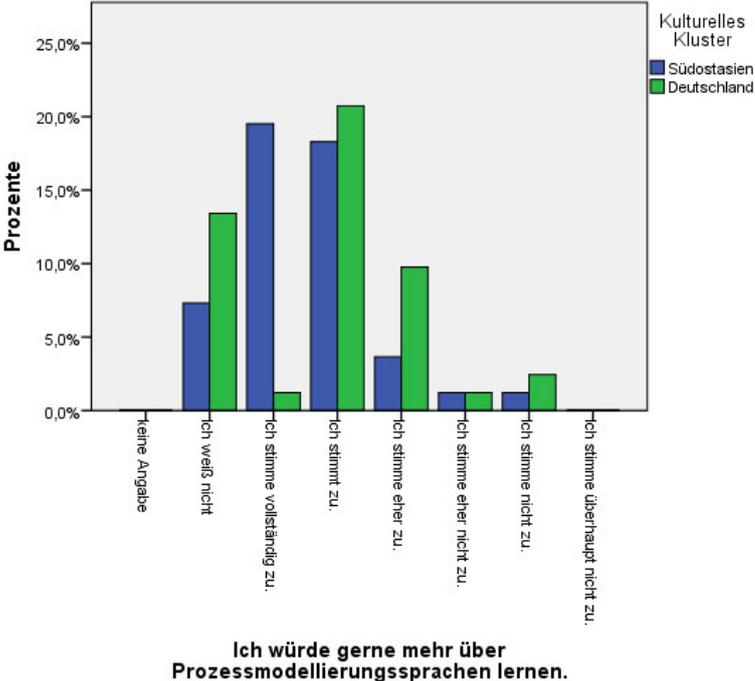
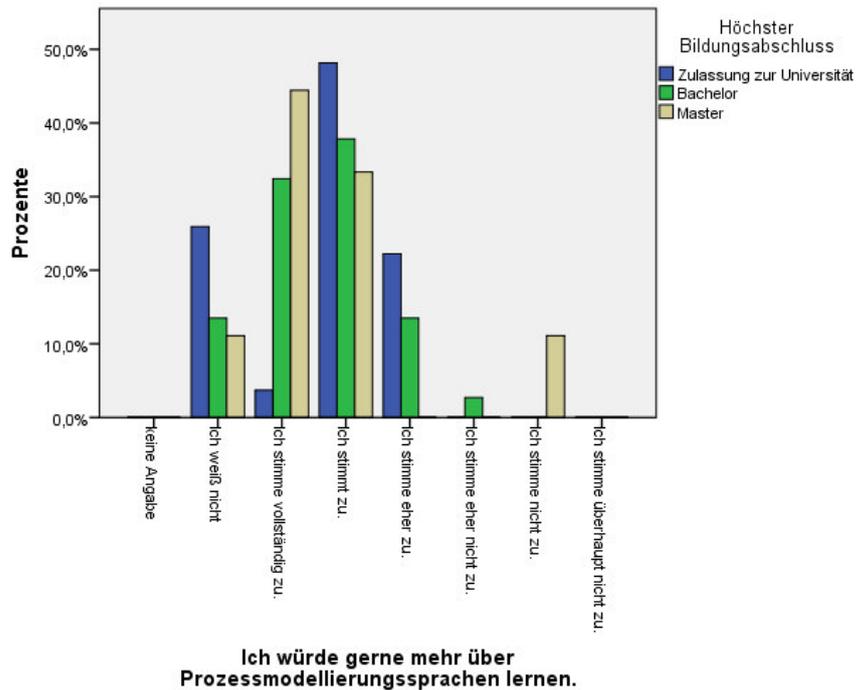
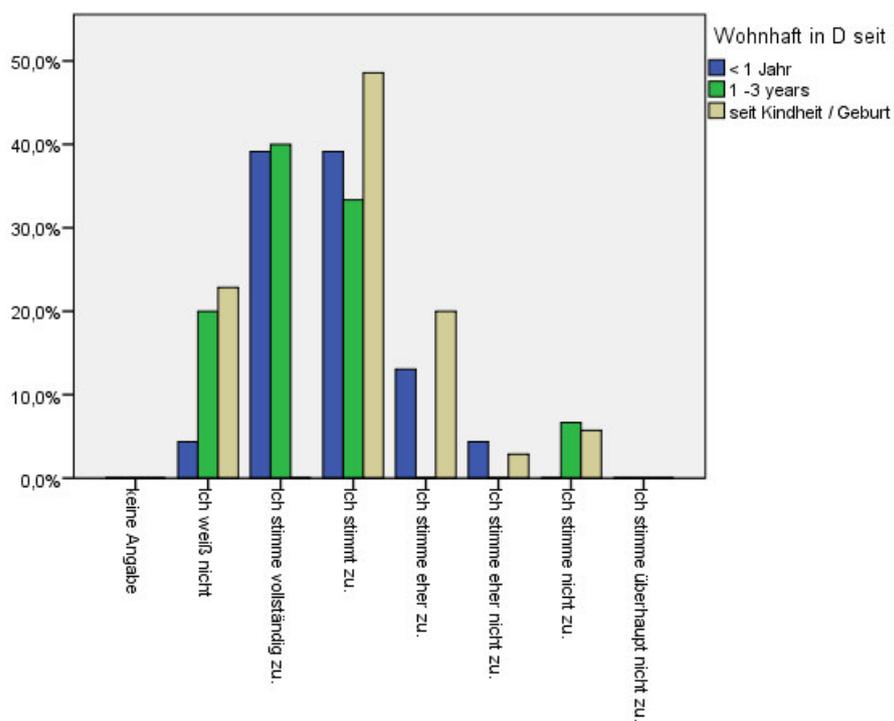


Abbildung 3.117.: Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Ich würde gerne mehr über Prozessmodellierungssprachen lernen." bezogen auf das Merkmale "kulturelles Cluster"

3. Empirische Untersuchungen



(a) Abschluss



(b) Aufenthaltsdauer in Deutschland

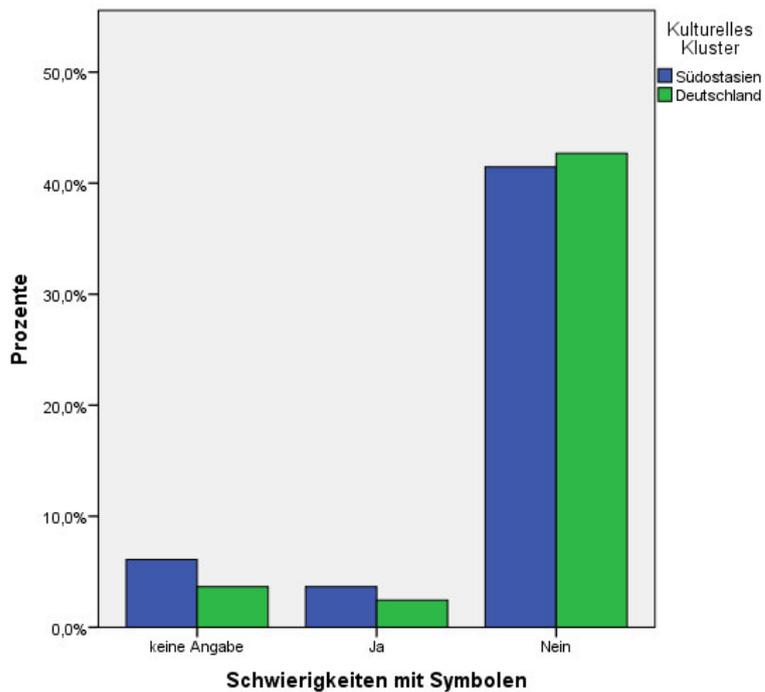
Abbildung 3.118.: Verteilung des Grades der Zustimmung für die Aussage "Ich würde gerne mehr über Prozessmodellierungssprachen lernen." bezogen auf verschiedene Merkmale

Für die vierte Aussage besteht bereits ein sehr schwacher Zusammenhang (Unsicherheitskoeffizient: 0,112) zum kulturellen Cluster der Probanden (siehe Abbildung 3.117). Dieser schwache Zusammenhang ist allerdings hochsignifikant mit einem Signifikanzwert von 0,001. Von den deutschen Probanden wählten 27,5% „Ich weiß nicht“, dies taten 14,3% der südostasiatischen. Während von Letzteren allerdings 38,1% der Aussage vollständig zustimmen, machen dies nur 2,5% der Deutschen. Die Wahl „Ich stimme zu“ trafen 42,5 der Deutschen und 35,7% der Südostasiaten. Weitere 7,1% der Südostasiaten stimmten eher zu, dies taten 20,0% der Deutschen. Gar keine oder nur eine geringe Zustimmung fand die Aussage nur bei 4,8% der Südostasiaten und 7,5% der Deutschen. Eine schwache Beziehung besteht auch zum Abschluss der Probanden (Unsicherheitskoeffizient: 0,1, Signifikanz: 0,024) (siehe Abbildung 3.118a). Hier gaben 25,9% von Ba1, 13,5% von Ba2 und 11,1% von Ba3 an, nicht zu wissen, ob sie zustimmen. Die vollständige Zustimmung stieg mit dem Bildungsabschluss (Ba1: 3,7%, Ba2: 32,4% und Ba3: 44,4%), während der höchste Prozentsatz von Ba1 der Aussage zustimmte (48,1%), für Ba2 taten dies 37,8% und für Ba3 33,3%. Eher Zustimmung fand die Aussage bei 22,2% von Ba1 und 13,5% von Ba2, eher keine Zustimmung bei 2,7% von Ba2 und keine Zustimmung bei 11,1% von Ba3.

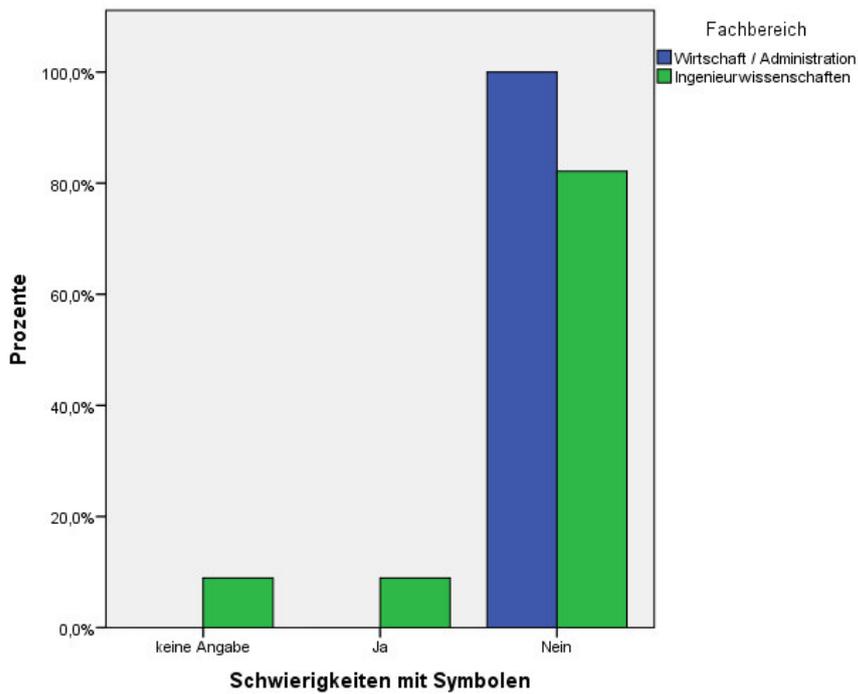
Für diese Aussage besteht ein schwacher Zusammenhang von der Dauer des Lebens in Deutschland des Probanden (Unsicherheitskoeffizient: 0,149, Signifikanz: 0,000) (siehe Abbildung 3.118b). Die Mehrheit der Probanden, die sich erst seit kurzem in Deutschland aufhalten, stimmen dieser Aussage vollständig zu (WD1: 39,1%, WD2: 40%) oder zu (WD1: 39,1%; WD2: 33,3%). Von den in Deutschland aufgewachsenen Probanden hingegen, stimmt keiner vollständig zu, allerdings stimmen 48,6% zu, weitere 20% stimmen eher zu, was auch 13% der unter einem Jahr in Deutschland Lebenden machten. Von den Probanden, die noch kein Jahr in Deutschland lebten, stimmte keiner nicht zu und nur einer machte keine Angabe. Während von den in Deutschland aufgewachsenen Probanden 22,9% keine Angabe machten und 5,7% nicht zustimmten, von den Probanden, die ein bis drei Jahre in Deutschland wohnten, machten 20% keine Angabe und 6,7% stimmten nicht zu.

3.2.9.5. Schwierigkeiten mit Symbolen

Die Probanden wurden vor dem Versuch befragt, ob die Symbole von Prozessmodellierungssprachen zu Schwierigkeiten im Verständnis führen könnten. Es fällt auf, dass die Mehrheit der Probanden (84,1%) dies nicht annehmen, nur 6,1% können sich vorstellen, dass es zu Schwierigkeiten mit den Symbolen kommen kann, 9,8% enthalten sich. Die große Mehrheit der Probanden war der Auffassung (D: 87,5%, S: 81,0%) , dass dies



(a) kulturelles Cluster



(b) Fachbereich

Abbildung 3.119.: Verteilung des Zustimmungsgades für Schwierigkeiten mit Symbolen bezogen auf verschiedene Merkmale

nicht der Fall ist (siehe Abbildung 3.119a). Auffällig ist, dass alle Probanden, die dem Fachbereich „Wirtschaftswissenschaften“ angehörten, davon ausgingen, dass die Symbole von Prozessmodellierungssprachen keine Schwierigkeiten mit sich bringen (siehe Abbildung 3.119b). Von den Probanden, die den Ingenieurwissenschaften angehörten, meinten nur 82 %, dass die Symbole keine Schwierigkeiten mit sich bringen, während 8 % meinten, dass die Symbole der Ursprung für Schwierigkeiten sein könnten und weitere 8% keine Angabe machten.

3.2.9.6. Art der Schwierigkeiten mit Symbolen

Die Probanden wurden ebenfalls nach den Arten der von ihnen angenommenen Schwierigkeiten befragt, da hier aber nur 2,4% der Teilnehmer mit einer gültigen Antwort antworteten, kann hier keine Abhängigkeit von den betrachteten Merkmalen analysiert werden. Die zwei gültigen Antworten der Probanden waren zum Einen, dass in der UML die Unterscheidung von Bedingungen und Aktivitäten schwierig sei, zum Anderen, dass Routingelemente im Allgemeinen zu Schwierigkeiten führen können. Weitere 3,7% der Teilnehmer nannten Elemente, die zu keiner Modellierungssprache gehören, meist waren es Teile von Programmierungssprachen.

3.2.9.7. Fehlinterpretationen von Prozessen

Sehr viele Probanden (34,1%) gehen davon aus, dass es nie zu Fehlinterpretationen in Prozessen durch Schwierigkeiten mit Symbolen kommt. Weitere 9,8% nehmen an, dass solche Fehlinterpretationen nur sehr selten auftreten, und noch einmal 17,1% wählen "manchmal". Nur 2,4% der Probanden meinen, dass Schwierigkeiten mit Symbolen oft zu Fehlinterpretationen von Prozessen führen, 1,2% gehen sogar von sehr oft aus. Eine große Gruppe von Probanden (31,7%) gibt an, den Einfluss von Schwierigkeiten mit Symbolen auf die Interpretation von Prozessen nicht einschätzen zu können und 3,7% machen keine Angabe (siehe Abbildung 3.120).

Schon die Kultur alleine macht hierbei einen signifikanten Unterschied (Signifikanzwert: 0,000). Dabei besteht eine mittlere Abhängigkeit des Merkmals vom kulturellen Cluster mit einem Wert von 0,463 und sogar eine starke symmetrische Abhängigkeit mit einem Wert von 0,606. Während die Mehrheit der deutschen Teilnehmer (67,5%) meinen, dass es „nie“ zu Fehlinterpretationen von Prozessen führt, oder zumindest nur sehr selten (15%) geben die südostasiatischen Teilnehmer gehäuft an die Auswirkung von Schwierigkeiten mit Symbolen auf die Interpretation von Prozessen nicht einschätzen zu können, 61,9% von ihnen antworten mit

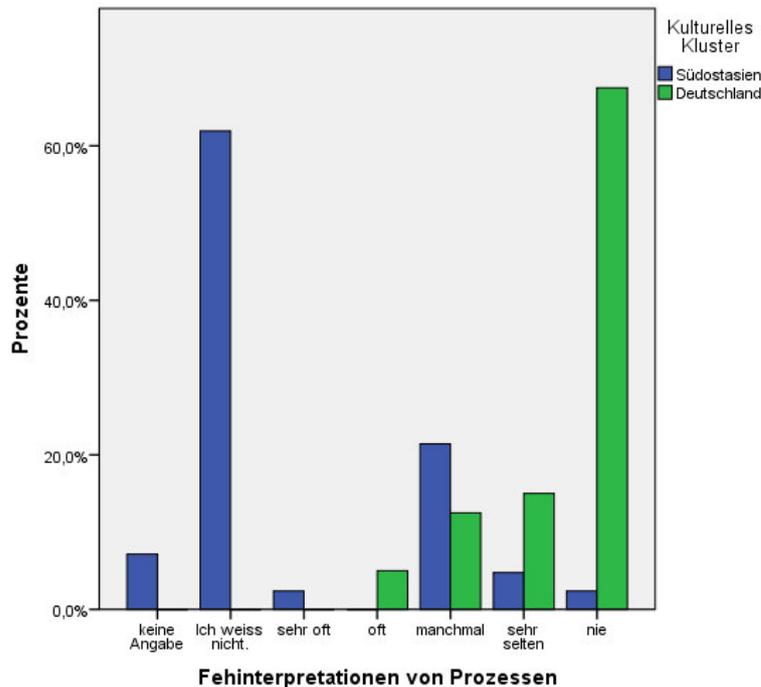


Abbildung 3.120.: Annahme von Fehlinterpretationen von Prozessen

„Ich weiß nicht.“ weitere 7,1% machen keine Angabe. Diese beiden Antwortmöglichkeiten wählte keiner der Deutschen. Auffällig ist, dass viele Probanden den mittleren Bereich als Antwort nutzen, und angeben, dass manchmal Fehlinterpretationen entstehen können (D: 12,5%, S: 21,4%).

Die Gründe, die die Probanden als Ursprung von Fehlinterpretationen nannten, lassen sich in sechs Gruppen einteilen, auffällig ist, dass einige Punkte von unterschiedlichen Probanden ebenfalls als Grund gegen Fehlinterpretationen genannt wurden.

Insgesamt meinen 3,7% der Probanden, dass Unterschiede des kulturellen Hintergrunds, in der Erziehung, Bildung oder Leserichtung zu Fehlinterpretationen führen können. Die Benutzung einer Standardsprache, die Symbole und die Strukturierung von Modellen wird sowohl als Grund für Fehlinterpretationen (von 23,2% der Probanden) als auch als Grund dagegen (3,7%) genannt.

Die Qualifizierung der Arbeitskräfte und deren Verständnis und Wissen um die Prozesse nennen 9,5% als Grund für Fehlinterpretation, während 1,2% diese Punkte als widersprüchlich zu Fehlinterpretation nennen.

Die Prozesse selber nennen 1,2% als Grund für Fehlinterpretationen, wohingegen 6,1% angeben, dass die Prozesse einfach oder bekannt seien, die vorkommenden Fehler händelbar und Bekanntes auf die Prozesse übertragbar sei, was zur Vorbeugung von Fehlinterpretation führe.

Die Mißinterpretation von im Modell oder zusätzlich zum Modell gegebenen Informationen nennen 2,4% als Grund für Fehlinterpretationen.

Insgesamt meinten 4,9% der Probanden, dass der Grundaufbau von Modellen mit den Elementen und Flüssen zu Fehlinterpretationen führen kann. Unterschiede in Kultur, Erziehung oder Ausbildung verorteten 3,7% der Probanden als möglichen Ursprung für Probleme bei der Interpretation von Modellen. Eine schwache Beziehung besteht zum Bildungsabschluss der Probanden (Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,125, Signifikanz: 0,011; Unsicherheitskoeffizient: 0,277, Signifikanz: 0,031) und der Nennung von Unterschieden in Kultur, Erziehung, Bildung oder Leserichtung (Ba1: 3,7%, Ba3: 22,2%).

Während 23,3% der Probanden meinen, dass die Prozessmodellierungssprache selber durch ähnliche Symbole oder die Struktur des Modells zu Fehlern führen kann, meinen 3,7% der Probanden, dass diese Sprachen so aufgebaut seien, dass sie verständlich seien, ansonsten seien Modelle so strukturiert, dass sie quasi selbsterklärend sein müssten. Die Nennung dieses Punktes steht in einer schwachen Beziehung zu den Modellierungsvorkenntnissen der Probanden (Goodman-und-Kruskal-Tau: 1,42, Signifikanz: 0,000; Unsicherheitskoeffizient: 0,148, Signifikanz: 0,000). Die Mehrheit von M1 (89,4%) nannte diesen Punkt nicht, die restlichen 10,6% nannten ihn als Grund für Fehlinterpretationen. Von M2 nannten 40% die Prozessmodellierungssprache, die Symbole oder die Struktur des Modells als Grund für Fehlinterpretationen, 8,6% nannten sie aber auch als vorbeugend gegen Fehlinterpretationen; die restlichen 51,4% von M2 nannten diesen Punkt nicht.

Verschiedenheiten in der Interpretation durch die Arbeitskräfte und durch deren Vorwissen geben 9,8% als mögliche Fehlergrundlage an, während 1,2% angeben, dass die Anzahl an qualifizierten Arbeitskräften mit ausreichendem Vorwissen so groß sei, dass diese zur Fehlervorbeugung diene. Interessant ist, dass nur 1,2% der Probanden meinen, dass die dargestellten Prozesse selber Grund für Fehlinterpretationen liefern könnten, da sie komplex seien; 6,1% der Probanden gehen hingegen davon aus, dass die Prozesse einfach und klar verständlich seien, so dass sie zur Einfachheit der Modelle beitragen, oder das mögliche Fehler behebbar seien. Missinterpretationen durch ein anderes Verständnis der Prozesse und Symbole sehen nur 2,4% der Probanden als Ursprung für Fehlinterpretationen der Modelle.

Somit ist der am häufigsten genannte Grund für Fehlinterpretationen die zu Grunde liegende Modellierungssprache und die daraus resultierende Struktur der Modelle.

Dabei bestehen teilweise Beziehungen zu den untersuchten Merkmalen, ob Gründe genannt werden oder nicht.

3.2.10. Modell „Autovermietung“

Im Folgenden werden die Antworten zum Modell, das den Ablauf bei der Vermietung bzw. Anmietung eines Autos beschreibt. In diesem Modell waren keine Fehler und alle Probanden bekamen dasselbe Modell gezeigt. Auf diesem Modell wurden auch die einzelnen Elemente der genutzten Modellierungssprache erklärt, deswegen wurde es immer als erstes Modell herausgegeben.

3.2.10.1. Modellbeschreibung

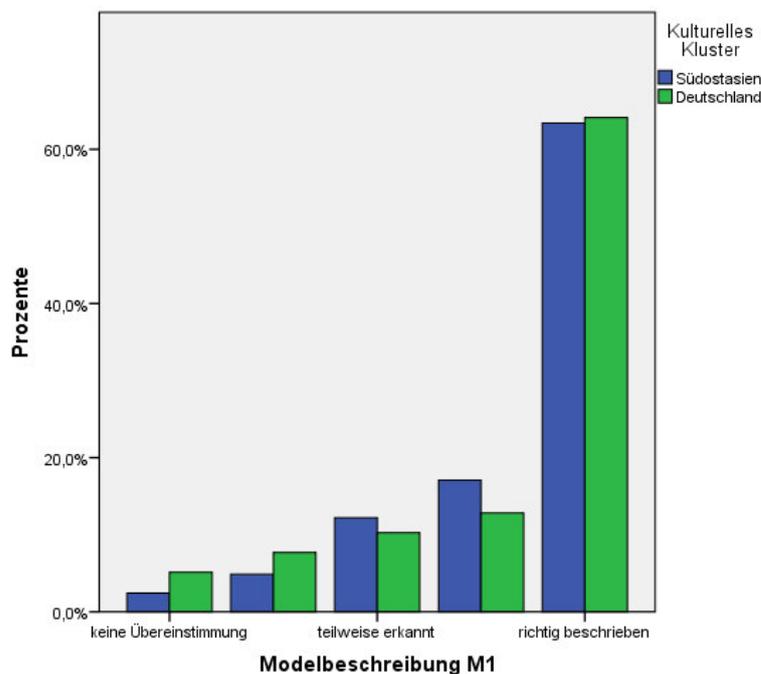


Abbildung 3.121.: Güte der Modellbeschreibung

Zuerst wird betrachtet, inwieweit die Probanden den Inhalt des Modells grob verstanden haben, dazu sollten sie jeweils eine kurze Modellbeschreibung formulieren. Die Mehrheit der Probanden beschrieb das Modell richtig (62,2%), weitere 14,6% wichen nur geringfügig vom dargestellten Prozess ab. Teile des Modells beschrieben 11% richtig; die Beschreibung von 6,1% der Probanden wies nur geringe Übereinstimmungen mit dem wirklich dargestellten Prozess auf. Überhaupt keine Übereinstimmungen mit dem wirklich dargestellten Prozess fand sich bei 3,7% der Beschreibungen und 2,4% der Probanden beschrieben das Modell überhaupt nicht. Die meisten Probanden beschrieben dieses Modell richtig (D: 64,1%; S: 63,4%) oder fast richtig (D: 12,8% ; S: 17,1%). Nur 5,1% der Deutschen

und 2,4% der Südostasiaten beschrieben das Modell vollständig falsch (siehe Abbildung 3.121). Bei weiteren 7,7% der Deutschen und 4,9% der Südostasiaten lagen nur geringe Übereinstimmungen des Verständnisses mit der Realität vor und 10,3% der Deutschen und 12,2% der Südostasiaten erkannten nur einen Teil des dargestellten Prozesses richtig, nicht aber alle Teilprozesse. Allerdings liegt hier keine Abhängigkeit von der kulturellen Zugehörigkeit der Probanden vor und auch das Hinzuziehen weiterer Merkmale führt zu keiner Abhängigkeit. Allgemein liegt also ein hohes Verständnis des Modells vor.

3.2.10.2. Akteure

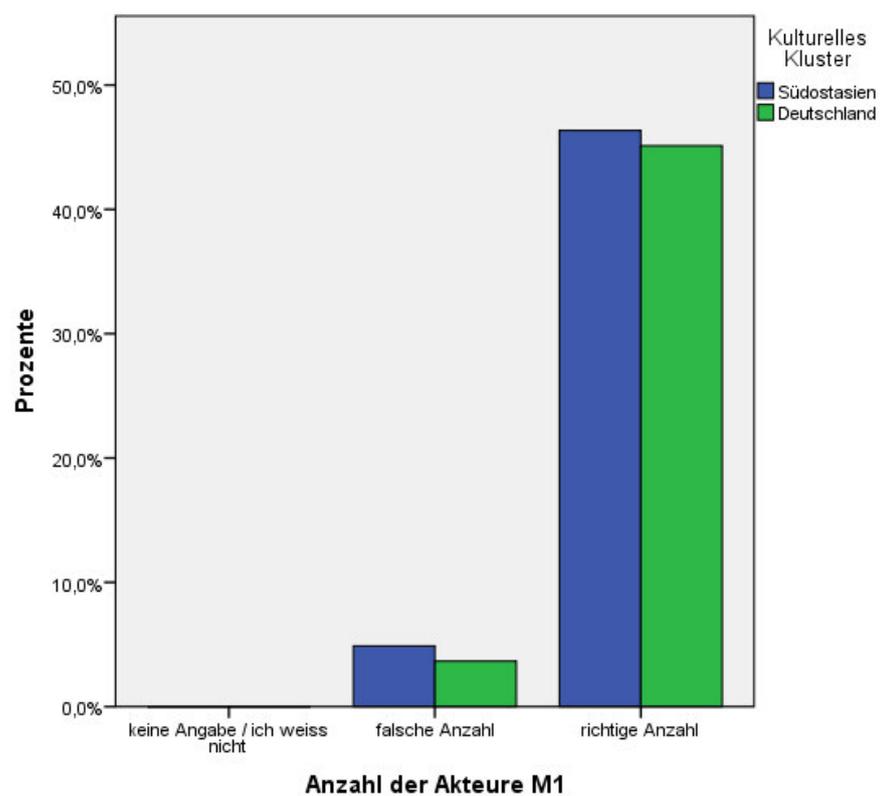
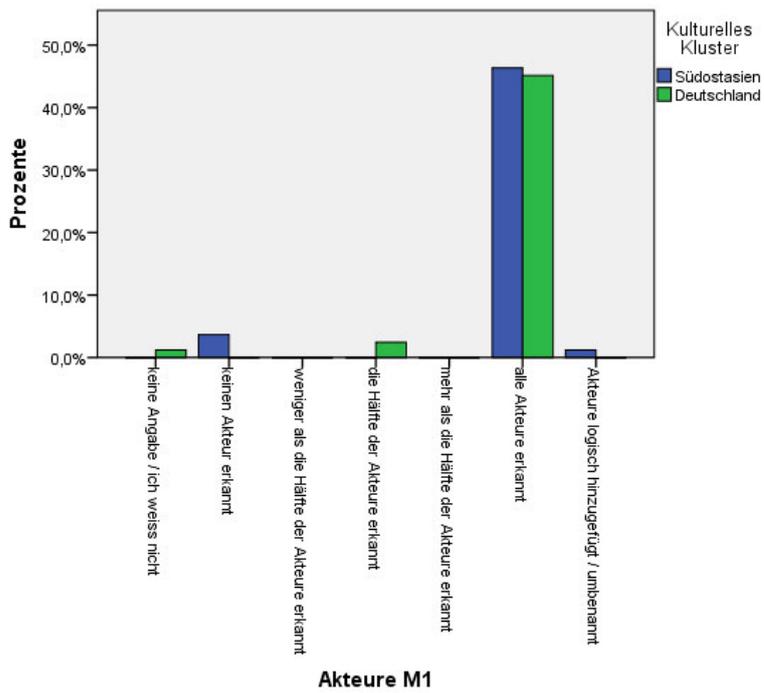


Abbildung 3.122.: Anzahl der Akteure

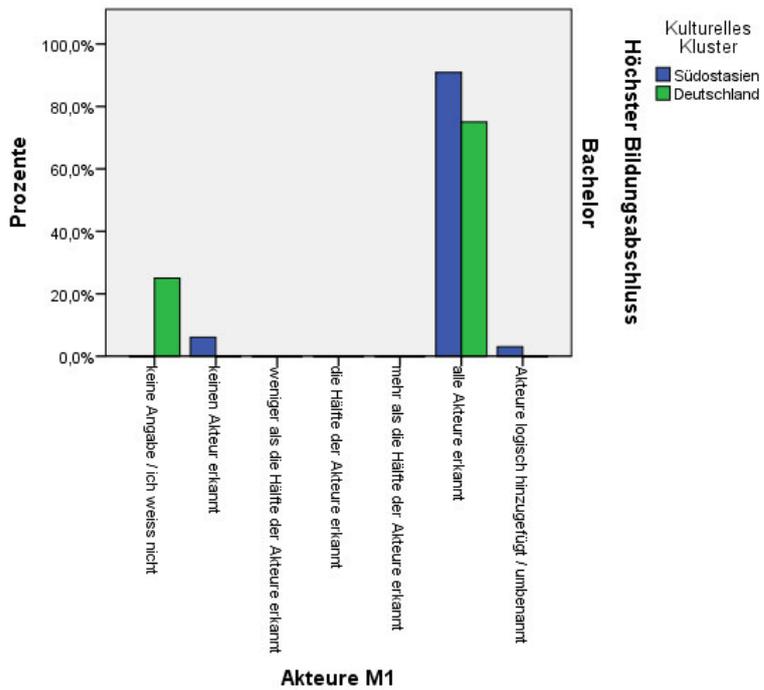
Die Anzahl der Akteure im Modell erkannten 91,5% der Akteure richtig und nur 8,5% falsch. Für die Deutschen waren dies 92,5% zu 7,5%, für die Südostasiaten 90,5% zu 9,5%. Hier ist keine Beziehung zwischen dem kulturellen Cluster, dem ein Proband angehört und der erkannten Anzahl der Akteure zu erkennen.

Die Mehrheit der Probanden (91,5%) erkannte alle Akteure richtig, weitere 2,4% erkannten immerhin die Hälfte, also einen der beiden Ak-

3. Empirische Untersuchungen



(a) kulturelles Cluster



(b) kulturelles Cluster bezogen auf den Bachelorabschluss

Abbildung 3.123.: Akteure bezogen auf verschiedene Merkmale

teure und 1,2% fügte einen Akteur logisch passend hinzu beziehungsweise benannten einen der Akteure logisch passend um. Keinen Akteur erkannten 3,7% der Probanden und 1,2% machten keine Angabe (siehe Abbildung 3.122).

Während für die Anzahl der im Modell dargestellten Akteure keine Abhängigkeit von einem der betrachteten Merkmale vorliegt, gibt es Unterschiede bei der Bezeichnung der durch die Probanden erkannten Akteure. Zwar erkennen auch hier jeweils über 90% die Akteure richtig, aber immerhin 5% der Deutschen erkennt nur einen der beiden Akteure und 2,5% geben keinen Akteur an, von den Südasiaten erkennen 7,1% keinen der Akteure. Dies führt zu einer schwachen signifikanten Abhängigkeit von der kulturellen Zugehörigkeit (siehe Abbildung 3.123a) (Unsicherheitskoeffizient: 0,147, Signifikanz: 0,046). Diese schwache Beziehung nimmt zu, wenn nur die Gruppe der Probanden mit Bachelorabschluss betrachtet wird. Von den Probanden mit Bachelorabschluss erkannten 90,9% der Asiaten alle Akteure, aber nur 75% der Deutschen. Unter den asiatischen Teilnehmern fügten 3% einen Akteur logisch hinzu oder benannten einen der Akteure logisch richtig um, dies machte keiner der Deutschen. Immerhin 6,1% der asiatischen Teilnehmer erkannte keinen der Probanden richtig und ganze 25% der deutschen machte keine Angabe (siehe Abbildung 3.123b).

Allgemein werden die Akteure im Modell von den Probanden gut erkannt, allerdings scheinen deutsche Probanden mit Bachelorabschluss unsicherer in der Identifikation zu sein als asiatische.

3.2.10.3. Startpunkt des Prozesses

Die meisten Probanden (90,2%; S. 95,2%; D: 85%) erkannten den Startpunkt des Prozesses richtig, sie gaben also entweder den richtigen Akteur oder die richtige Aktivität an, im besten Fall nannten sie beides (siehe Abbildung 3.124). Zwischen den kulturellen Clustern gibt es keinen signifikanten Unterschied bei dieser Identifikation. Auch das Hinzunehmen der anderen abgefragten Merkmale führt zu keinem signifikanten Ergebnis.

Somit ist das Identifizieren des Startpunktes dieses Modells als einfach zu erachten.

3.2.10.4. Verständnis von synchronen Aktivitäten

Die meisten Probanden (85,4%) erkannten die gemeinsam ausgeführten Aktivitäten beide, weitere 6,1% erkannten nur eine dieser Aktivitäten. Allerdings erkannten auch 4,9% keine der synchronen Aktivitäten und 3,7% machten keine Angabe. Eine schwache Beziehung besteht zur Modellierungsvorerfahrung der Probanden (Unsicherheitskoeffizient: 0,111,

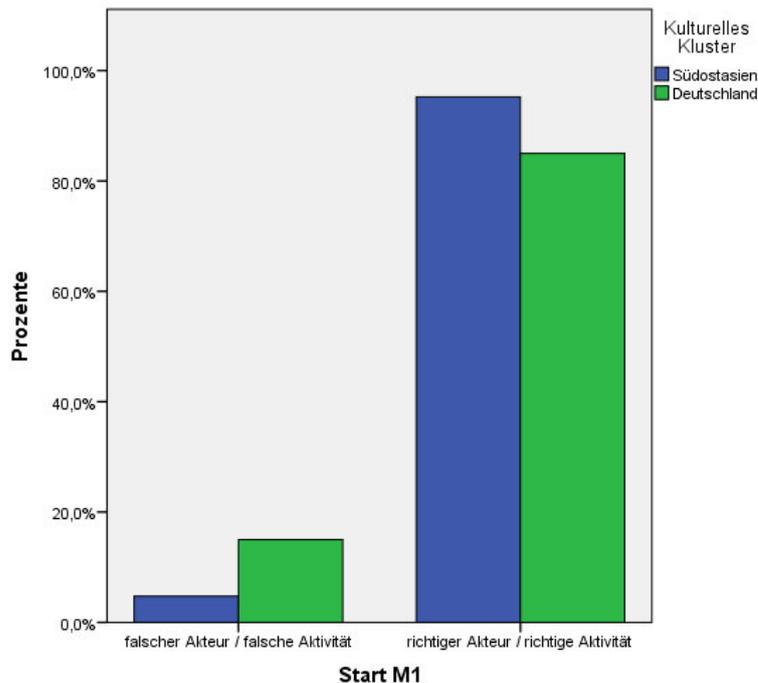


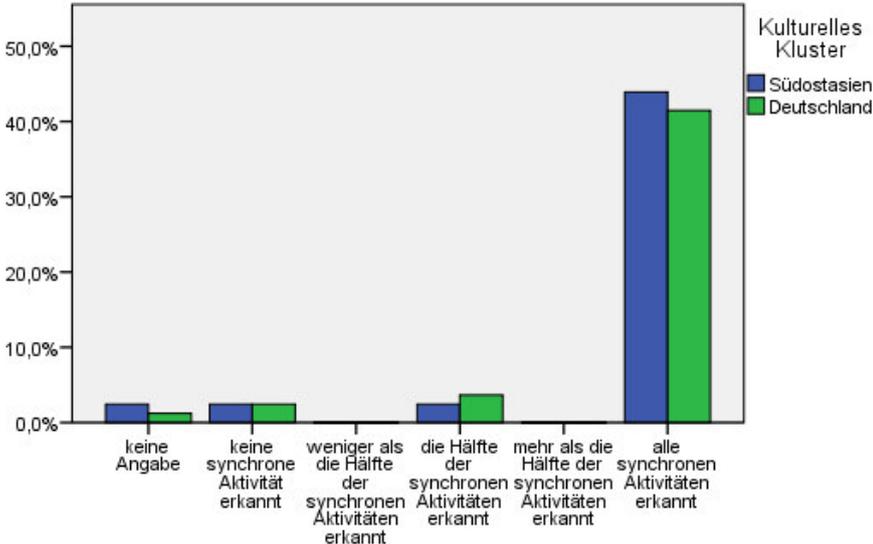
Abbildung 3.124.: Startpunkt

Signifikanz: 0,015). Fast alle Probanden der Gruppe M2 (97,1%) erkannten alle synchronen Aktivitäten, aber nur 76,6% der Gruppe M1. Von M1 erkannten 10,6% eine der synchronen Aktivitäten, keine dieser Aktivitäten erkannten 6,4% von M1 und 2,9% von M2. Von M1 machten 6,4% keine Angabe. Somit verbessert Modellierungsexpertise die Identifikation von synchronen Aktivitäten (siehe Abbildung 3.125b).

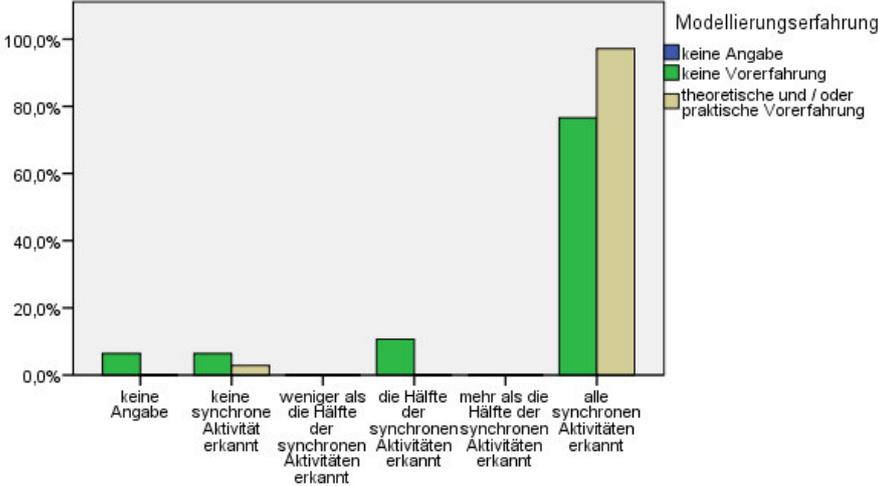
Wird die kulturelle Zugehörigkeit der Probanden als einziges Merkmal betrachtet, so besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen, was das Erkennen von gemeinsam durchgeführten Aktivitäten betrifft. Die Mehrheit der Probanden (S: 85,7%; D: 85,0%) erkennt alle im Modell dargestellten synchronen Aktivitäten (siehe Abbildung 3.125a).

Zusätzlich wurde geprüft, ob die Probanden Aktivitäten fälschlicherweise als synchron erachteten, dies war bei einem Großteil der Probanden nicht der Fall (gesamt: 90,2%), nur 6,1% identifizierten fälschlicherweise nicht synchrone Aktivitäten als synchron, weitere 3,7% machten hier keine Angabe.

Für das kulturelle Cluster der Probanden zeichnet sich hier ein ähnliches Bild für die beiden Gruppen ab (D: 92,5%; S: 88,1%) (siehe Abbildung 3.126a). Das fälschliche Identifizieren von Aktivitäten als gemeinsam durchgeführt ist somit nicht signifikant abhängig vom kulturellen Cluster der Probanden. Allerdings bestehen mehrere Einflüsse der Kul-

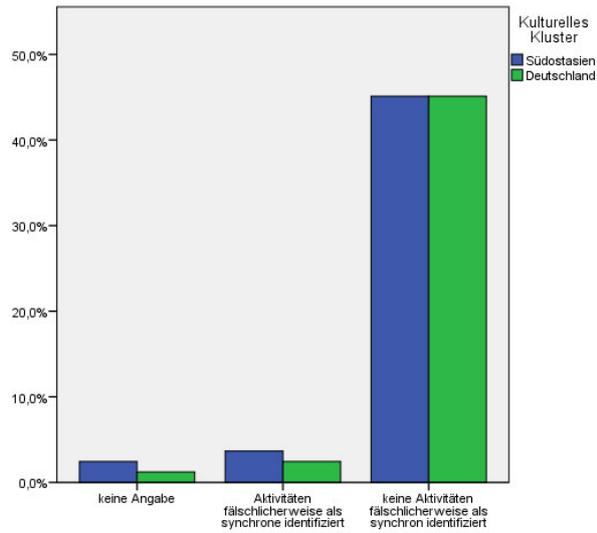


(a) kulturelles Cluster

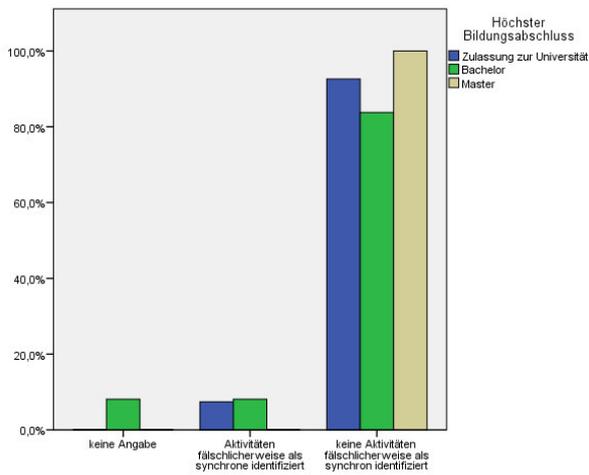


(b) Modellierungsexpertise

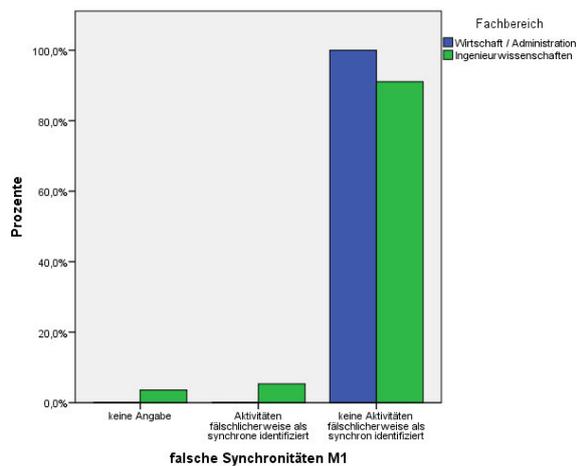
Abbildung 3.125.: Verständnis von synchronen Aktivitäten bezogen auf verschiedene Merkmale



(a) kulturelles Cluster



(b) Abschluss



(c) Fachbereich

Abbildung 3.126.: Aktivitäten fälschlicher Weise als synchron identifiziert

tur in Kombination mit anderen abgefragten Merkmalen.

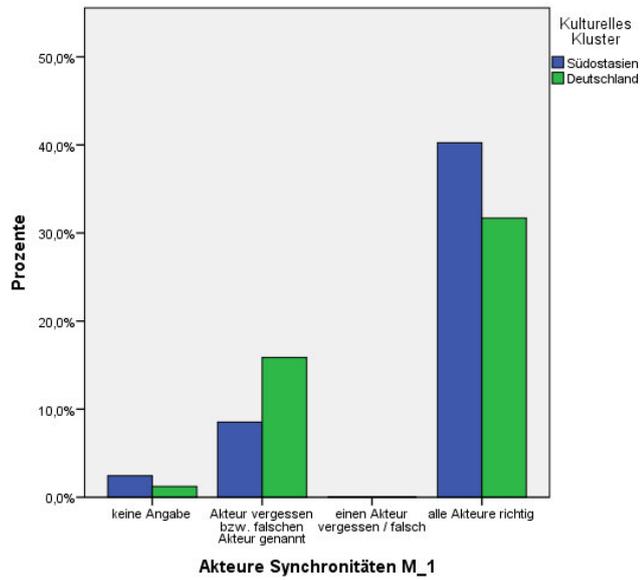
So identifizierten alle Probanden mit Masterabschluss unabhängig von der Kultur, der sie angehören, keine Aktivität fälschlicherweise als synchrone Aktivität (siehe Abbildung 3.126b). Im Gegensatz dazu identifizierten 8 % der Probanden mit Bachelorabschluss nicht synchrone Aktivitäten als synchron, weitere 8 % machten keine Angabe zu dieser Frage. Dasselbe gilt für die Probanden aus dem Fachbereich Wirtschaftswissenschaften und Administration (siehe Abbildung 3.126c). Von den Probanden aus dem Fachbereich Ingenieurwissenschaften identifizierten 5,4 % nicht synchrone Aktivitäten als synchron und 3,5 % machten keine Angabe.

Die Identifikation der synchronen und nicht synchronen Aktivitäten fiel der Mehrheit der Probanden leicht, allerdings war die Identifikation der ausführenden Akteure generell schwieriger als die der synchronen Aktivitäten selbst. So identifizierten nur 72% der Probanden alle Akteure, die synchrone Aktivitäten durchführen, 24,4% vergessen mindestens einen der beiden Akteure oder nennen mindestens einen falschen, weitere 3,7% machen keine Angabe.

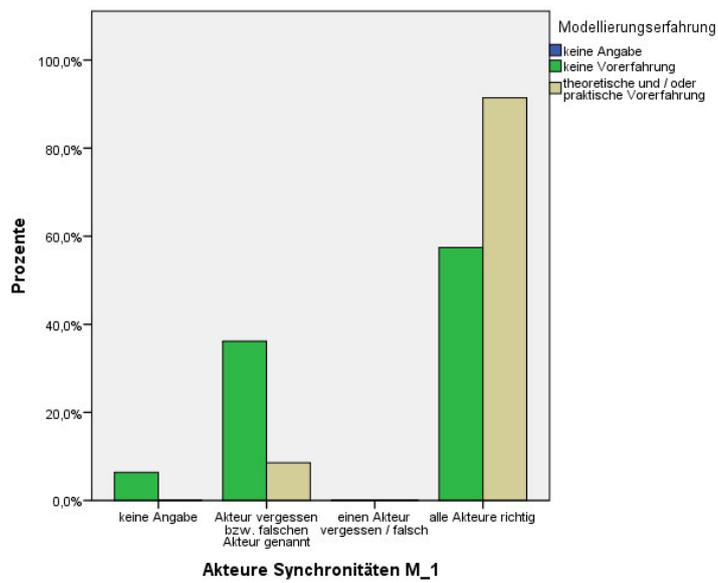
Es identifizierten 78,6% der Südasiaten und 65% der Deutschen alle Akteure, die die synchronen Aktivitäten durchführen, richtig (siehe Abbildung 3.127a). Einen Akteur vergaßen oder einen falschen Akteur benannten 16,7% der Südasiaten und sogar 32,5% der Deutschen, weitere 4,8% der südostasiatischen Probanden machten keine Angabe, ebenso 2,5% der Deutschen. Es besteht eine schwache Beziehung zur Modellierungsvorerfahrung der Probanden (Unsicherheitskoeffizient: 0,118, Signifikanz: 0,001; Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,114, Signifikanz: 0,000). Hier benannten 91,4% von M2 alle Akteure richtig, dies taten nur 57,4% von M1, die restlichen 8,6% von M2 nannten mindestens einen Akteur nicht oder nannten einen falschen, für M1 taten dies 36,2%. Wiesen die Probanden bereits Modellierungsexpertise auf, identifizierten sie die Akteure, die die synchronen Aktivitäten durchführten wesentlich sicherer, als die Probanden, die keinerlei Modellierungsvorerfahrung hatten (siehe Abbildung 3.127b).

3.2.10.5. Parallele Aktivitäten

Nur knapp ein Viertel der Probanden erkannte alle gleichzeitig ablaufenden Aktivitäten (S: 23,8%; D: 25%). Weitere 11% erkannten vier der parallelen Aktivitäten als solche (S: 7,1%; D:15%) und noch einmal 18,3% erkannten drei dieser Aktivitäten (S: 11,9%; D:25%). Ein bis zwei der parallelen Aktivitäten oder gar keine von diesen erkannten 28,6% bzw. 16,7% der Südasiaten und 0% bzw. 15% der Deutschen. Keine Angabe zu den parallelen Aktivitäten machten 11,9% der Südasiaten und 20%

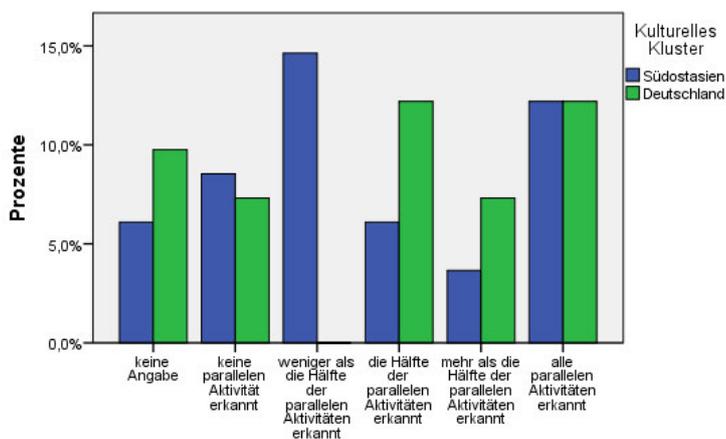


(a) kulturelles Cluster



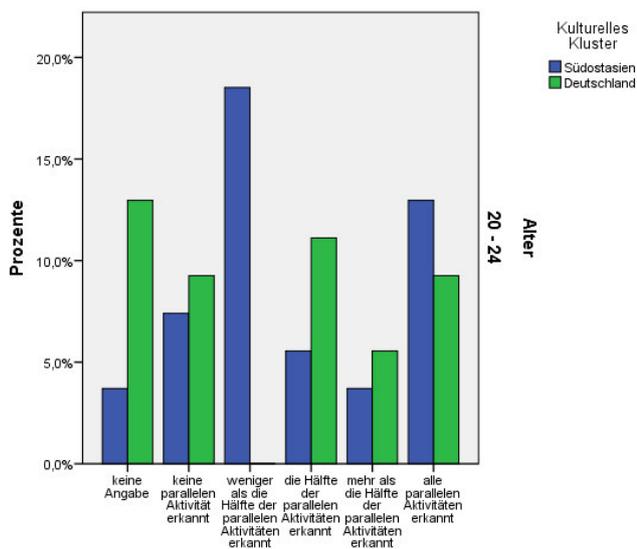
(b) Modellierungsvorerfahrung

Abbildung 3.127.: Akteure, die die synchronen Aktivitäten durchführen



Parallele Aktivitäten M1

(a) kulturelles Cluster



Parallele Aktivitäten M1

(b) kulturelles Cluster bezogen auf die Altersgruppe 20 - 24

Abbildung 3.128.: Verständnis von parallelen Aktivitäten

der Deutschen. Dies führt allerdings zu keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen, wenn nur die kulturelle Zugehörigkeit betrachtet wird (siehe Abbildung 3.128a). Durch die Hinzuziehung des Alters, so dass nur die Altersgruppe zwischen 20 und 24 betrachtet wird, besteht eine schwache Beziehung zwischen dem kulturellen Cluster und dem Erkennen von parallelen Aktivitäten (siehe Abbildung 3.128b) (Unsicherheitskoeffizient = 0,139; Signifikanz: 0,002). Für diese Altersgruppe erkannten 42,8% der südostasiatischen und 53,8% der deutschen Probanden mindestens drei der parallelen Aktivitäten. Von den Probanden der Gruppe S erkannten 35,7% ein bis zwei dieser Aktivitäten und 14,3% gar keine. Ebenfalls gar keine erkannten auch 19,2% der Deutschen. Allerdings machten nur 7,1% der Südasiaten keine Angabe, was 26,9% der Deutschen machten.

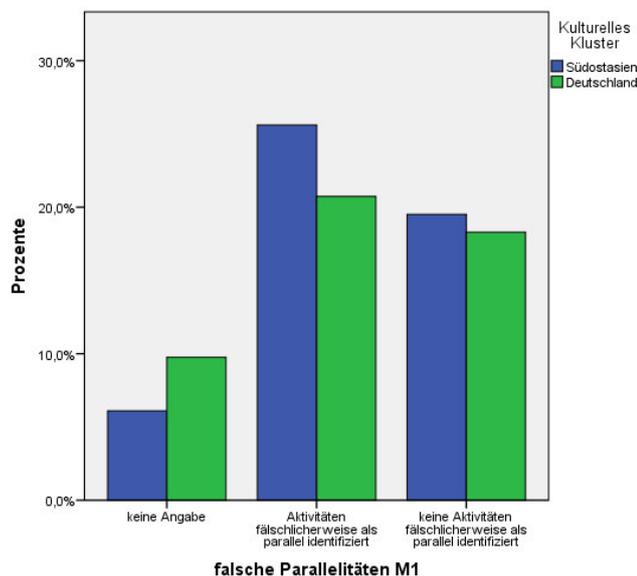


Abbildung 3.129.: Parallelität an falscher Stelle erkannt

Sehr viele Probanden (46,3%) werteten Aktivitäten als parallel, die dies gar nicht waren, nur 37,8% nannten wirklich nur die Aktivitäten, die auch parallel im Modell ausgeführt wurden (siehe Abbildung 3.129).

Aktivitäten fälschlicherweise als gleichzeitig ausgeführt identifizierten 50% der Probanden der Gruppe S und 42,5% der Gruppe D, weitere 11,9% bzw. 20% machten keine Angabe. Auch hier zeigt sich, dass die Identifikation von gleichzeitig ausgeführten Aktivitäten schwierig ist. Knapp die Hälfte der Probanden benannten alle Akteure, die parallele Aktivitäten ausführten, richtig (S: 40,5%; D: 50%), 16,7% von S und 7,5% von D vergaßen einen Akteur oder nannten einen falschen. Allerdings nannte knapp ein Drittel keinen Akteur oder einen falschen (S:

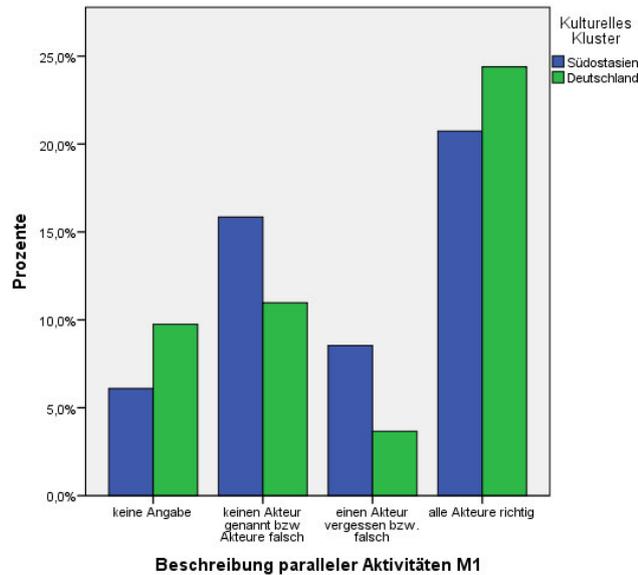


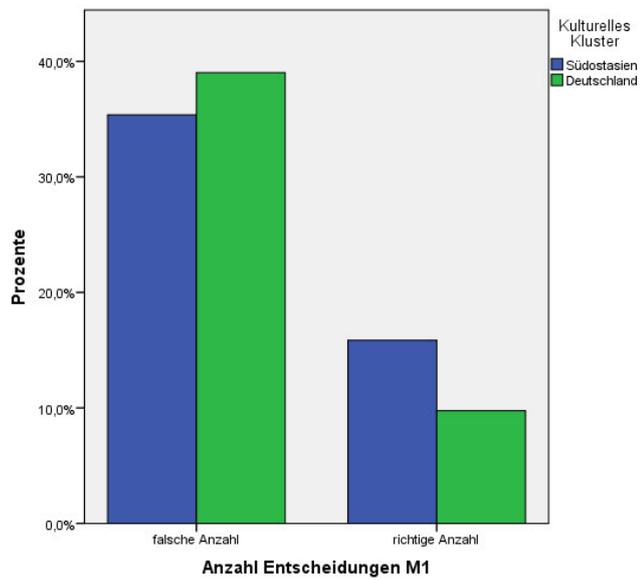
Abbildung 3.130.: Beschreibung der parallelen Aktivitäten

31%; D: 22,5%). Das Hinzuziehen der Probanden, die keine Angabe zu den Akteuren machten (S: 11,9%; D: 20%) bewirkt, dass die Anzahl der Probanden, die alle Akteure erkannten, und die, die keinen der Akteure erkannten ungefähr gleichgroß ist. Somit scheint auch die Identifikation von Akteuren, die gleichzeitig Aktivitäten ausführen, schwierig zu sein. Für diesen Fehler liegt keine signifikante Abhängigkeit von einer der untersuchten Merkmalskombinationen vor (siehe Abbildung 3.130).

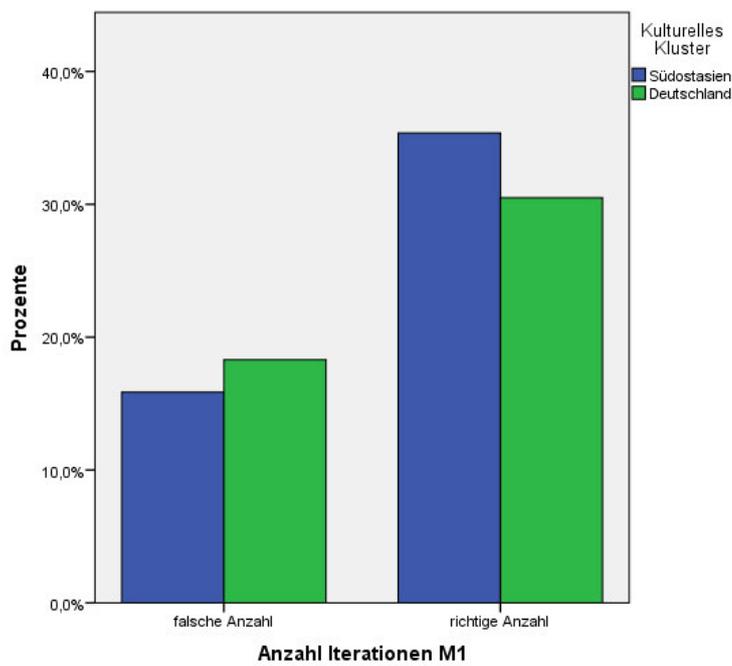
Die Probanden hatte größtenteils Schwierigkeiten die Fragen zu den parallelen Aktivitäten zu beantworten. Das Konzept der gleichzeitigen Ausführung von Prozessschritten durch verschiedene Akteure scheint somit schwer zu erfassen zu sein.

3.2.10.6. Anzahlen von Routingelementen

Die Identifikation von Routingelementen und deren richtige Bedeutung scheint schwierig zu sein. So nannten 74,4% der Probanden die falsche Anzahl von Entscheidungen, für die Iterationen nannten aber 65,9% die richtige Anzahl. So nannten 69% von S und 80% von D eine falsche Anzahl an Entscheidungen (siehe Abbildung 3.131a). Im Gegensatz dazu erkannten 69% von S und 62,5% von D die Anzahl der Iterationen richtig. Für beide Anzahlen besteht kein signifikanter Zusammenhang zur kulturellen Zugehörigkeit der Probanden. (siehe Abbildung 3.131b)

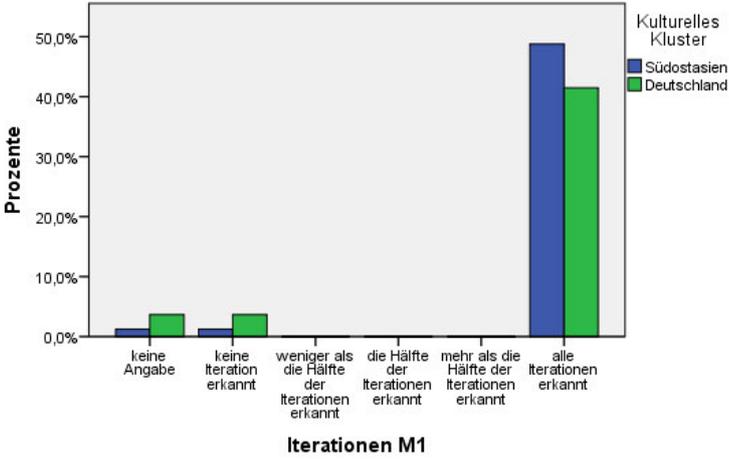


(a) Entscheidungen

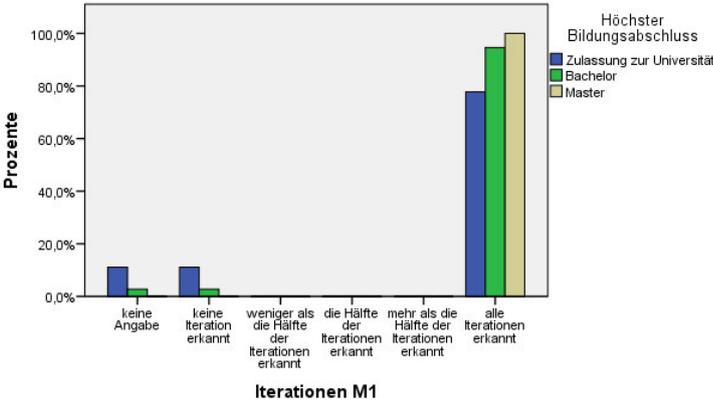


(b) Iterationen

Abbildung 3.131.: Identifizierte Anzahl von Routingelementen

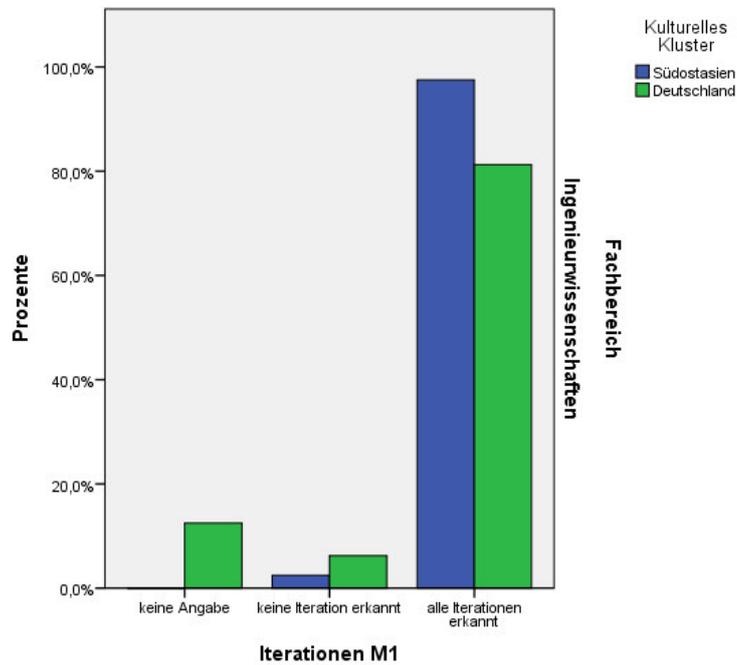


(a) kulturelles Cluster

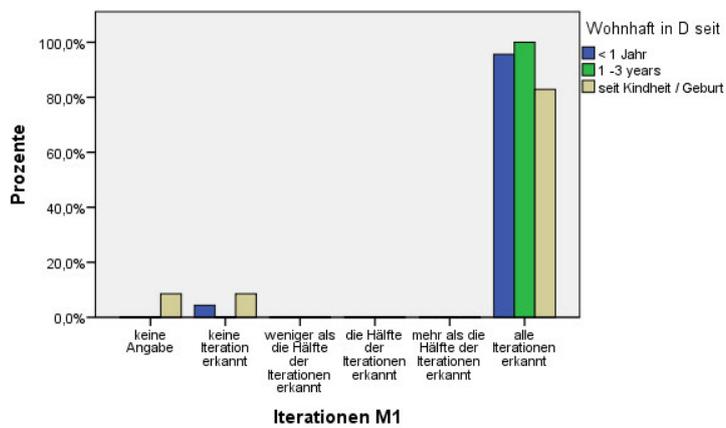


(b) Abschluss

Abbildung 3.132.: Verständnis der dargestellten Iterationen bezogen auf verschiedene Merkmale 1

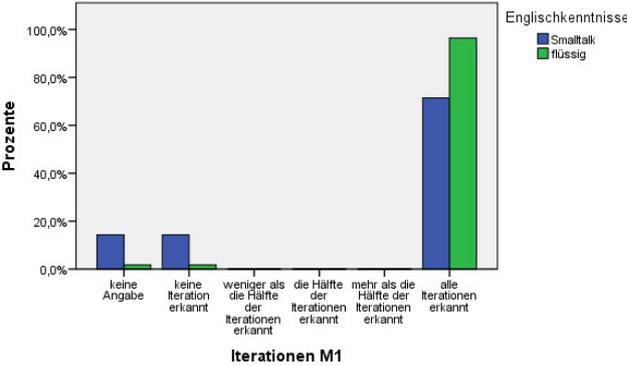


(a) Fachbereich Ingenieurwissenschaften

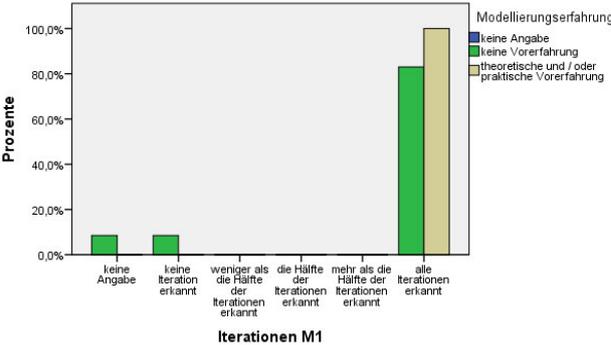


(b) Aufenthaltsdauer in Deutschland

Abbildung 3.133.: Verständnis der dargestellten Iterationen bezogen auf verschiedene Merkmale 2



(a) Englischkenntnisse



(b) Modellierungsvorkenntnisse

Abbildung 3.134.: Verständnis der dargestellten Iterationen bezogen auf verschiedene Merkmale 3

3.2.10.7. Iteration

Die große Mehrheit (90,2%) der Probanden hatte keine Schwierigkeiten bei der Identifikation der Iteration, nur 4,9% erkannten diese nicht und weitere 4,9% machten keine Angabe.

Die Mehrheit der Probanden erkannten die Iteration (S: 95,2%; D: 85%). Für S erkannten jeweils 2,5% die Iteration nicht oder machten keine Angabe, für D waren dies jeweils 7,5%. So erkannten 97,5% von S alle Iterationen und nur 81,2% von D. Nur 2,5% von S erkannten keine Iteration, für D waren dies 6,2% und weitere 12,5% die keine Angabe machten (siehe Abbildung 3.132a). Alleine von der Kultur besteht hier keine signifikante Abhängigkeit.

Allerdings gibt es mehrere Merkmale, die die Identifikation von Iterationen beeinflussen. So erkannten alle Probanden mit Masterabschluss unabhängig ihrer kulturellen Zugehörigkeit die Iteration, dies gilt ebenso für alle Probanden, die seit 1 bis 3 Jahren in Deutschland wohnen. Für die Probanden aus dem Fachbereich Ingenieurwissenschaften besteht ein schwacher Einfluss der Kultur auf das Erkennen von Iterationen (siehe Abbildung 3.133a) (Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,105; Signifikanz: 0,005).

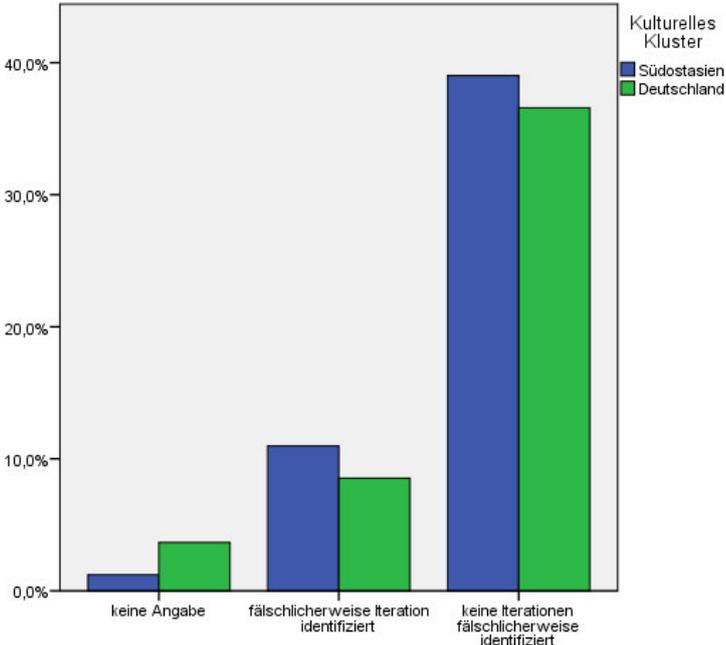
Ob Iterationen richtig identifiziert werden, steht in einer schwachen Beziehung zu den Englischkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.134a) (Unsicherheitskoeffizient: 0,141, Signifikanz: 0,031). Von den Probanden aus E1 erkannten 71,4% die Iterationen, von denen aus E2 96,4%. Keine Iteration erkannten 14,3% von E1 und 1,8% von E2, weitere 14,3% von E1 und 1,8% von E2 machten keine Angaben.

Eine schwache Beziehung besteht ebenfalls zu den Modellierungsvorkenntnissen der Probanden (Unsicherheitskoeffizient: 0,150, Signifikanz: 0,008). Hier erkannten 100% von M2 alle Iterationen, aber nur 83% von M1. Keine Iteration erkannten 8,5% von M1 und weitere 8,5% dieser Gruppe machten keine Angabe (siehe Abbildung 3.134b).

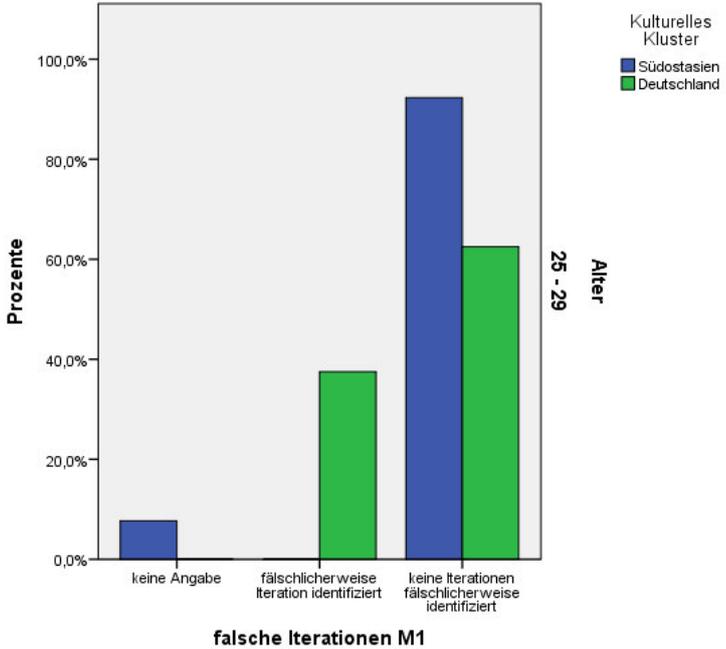
Während die Mehrheit der Probanden (75,6%) keine Iteration fälschlicherweise identifizierte, erkannten 19,5% Iterationen an Stellen, an denen keine waren.

Eine falsche Iteration erkannten 21,4% von S und 17,5% von D, keine Angabe hierzu machten 2,4% von S und 7,5% von D. Die Mehrheit der Probanden (S: 76,2%; D: 75%) identifizierte keine falschen Iterationen (siehe Abbildung 3.135a).

Einzig für die Altersgruppe der 25-29-Jährigen besteht eine schwache Beziehung zwischen der kulturellen Zugehörigkeit des Probanden und dem fälschlichen Identifizieren von Iterationen für dieses Modell (siehe Abbildung 3.135b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,277, Signifikanz: 0,026; Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,172, Signifikanz: 0,032). Für diese Alters-



(a) kulturelles Cluster



(b) A2

Abbildung 3.135.: Identifizieren von Iterationen an einer falschen Stelle im Modell

gruppe identifizieren weniger Probanden aus Südostasien eine falsche Iteration, nämlich nur 7,7%, die keine Angabe zu den Iterationen machten. Ganze 37,5% der Deutschen identifizieren im Modell eine Iteration an einer falschen Stelle.

Fast die Hälfte der Probanden (42,7%) nannte alle iterativen Aktivitäten, weitere 47,6% nannten immerhin die Hälfte. Keine iterative Aktivität nannten 4,9% und weitere 4,9% machten keine Angabe.

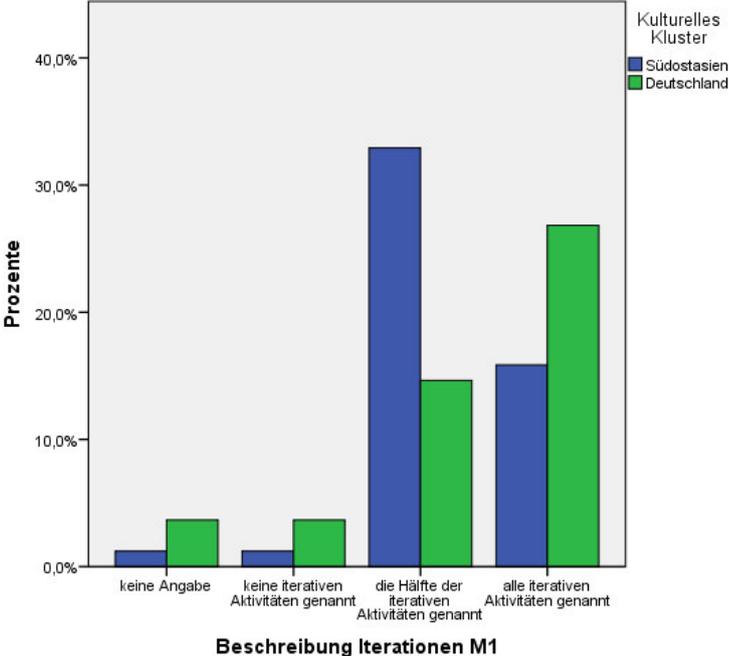
Für die Beschreibung der Iterationen besteht eine schwache Beziehung zu dem kulturellen Cluster, dem die Probanden angehören (siehe Abbildung 3.136a) (Lambda: 0,273, Signifikanz: 0,025). Diese zeigt sich darin, dass 55,5% von D alle iterativen Aktivitäten erkannten, dies gilt für 31% von S. Weitere 30% von D erkannten die Hälfte der iterativen Aktivitäten, dies gilt für 64,3% von S. Somit erkannten zwar mehr Deutsche gar keine iterative Aktivität (7,5%; S: 2,4%) oder machten keine Angabe (7,5%; S: 2,4%), die Probanden der Gruppe S hatten aber größere Schwierigkeiten alle zur Iteration gehörigen Aktivitäten zu identifizieren.

Die Beschreibung der Iterationen steht in einer schwachen Beziehung zum Fachbereich (siehe Abbildung 3.136b) (Lambda: 0,222, Signifikanz: 0,027). Es machten 3,6% von Fb2 keine Abgabe, weitere 3,6% dieser Gruppe nannten keine iterative Aktivität ebenso 6,7% von Fb1. Die Hälfte aller iterativen Aktivitäten nannten 20% von FB1 und 57,1% von Fb2. Alle iterativen Aktivitäten nannten 73,3% von FB1 und 35,7% von Fb2. Somit identifizierten Ingenieure iterative Aktivitäten besser als Betriebswissenschaftler.

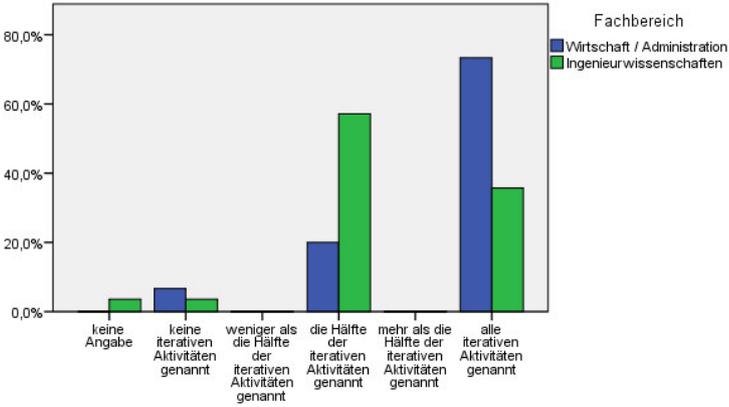
Die meisten Probanden (72%) nannten die richtigen Akteure, die die Iteration durchführten. Allerdings nannten 22% keinen Akteur oder einen falschen, keine Angaben machten 6,1% (siehe Abbildung 3.137).

Für die Identifikation der Akteure, die iterative Aktivitäten durchführen, besteht keine Abhängigkeit von der kulturellen Zugehörigkeit der Probanden oder von einer der betrachteten Merkmalskombinationen. Die Mehrheit der Probanden identifizierten alle Akteure richtig (S:69%; D: 75%). Der einzige Unterschied, der zwischen den Gruppen zu erkennen ist, besteht darin, dass von S 28,6% einen falschen Akteur nennen oder keinen und nur 2,4% keine Angabe wählen, während von D 25% einen falschen Akteur nennen bzw. keinen nennen und 10% keine Angabe machen.

Für die Benennung der Iterationsbedingungen besteht keine Beziehung zum kulturellen Cluster der Probanden oder zu einer der untersuchten Merkmalskombinationen (siehe Abbildung 3.138). Allerdings beschreiben nur wenige Probanden die Bedingungen richtig (S: 16,7%; D: 20%). Ein Großteil der Probanden vergisst einen Teil der Bedingungen (S: 59,5%; D: 40%) oder nennt diese überhaupt nicht (S: 21,4%; D: 30%). Der Rest der Probanden (S: 2,4%; D: 10%) wählte „keine Angabe“.



Beschreibung Iterationen M1
(a) kulturelles Cluster



(b) Fachbereich

Abbildung 3.136.: Beschreibung der Iteration abhängig von verschiedenen Merkmalen

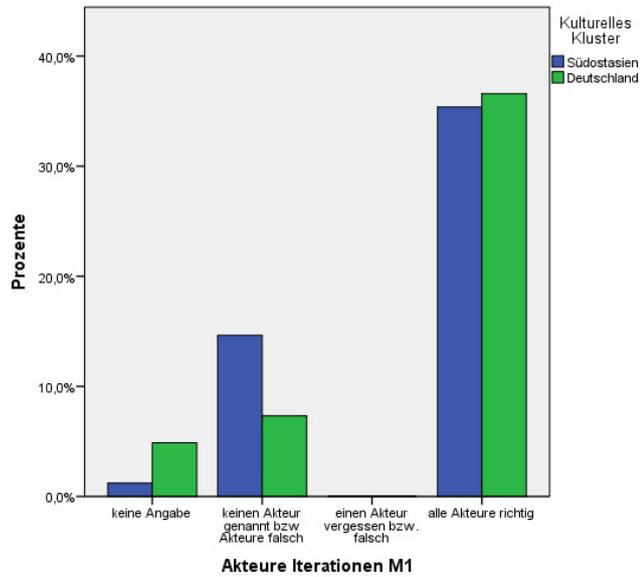


Abbildung 3.137.: Identifikation der an der Iteration beteiligten Akteure

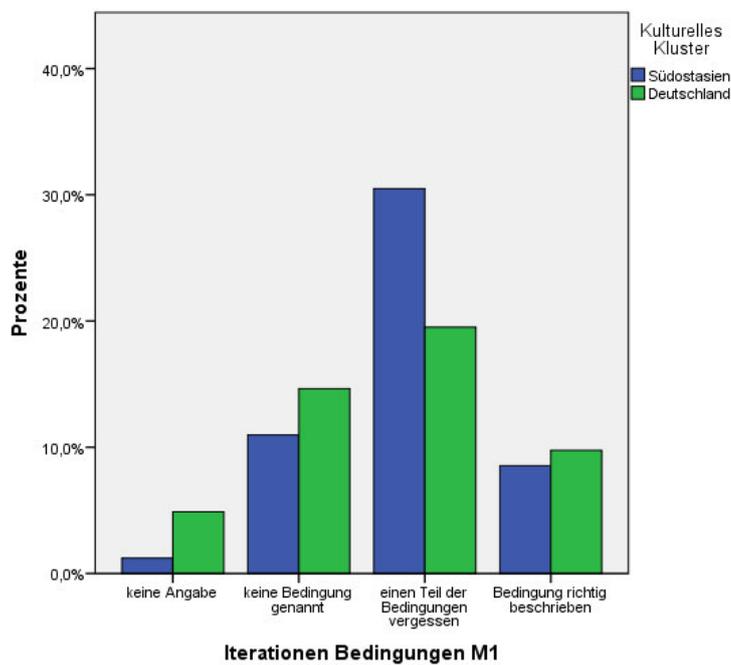


Abbildung 3.138.: Iterationsbedingungen

3.2.10.8. Entscheidung

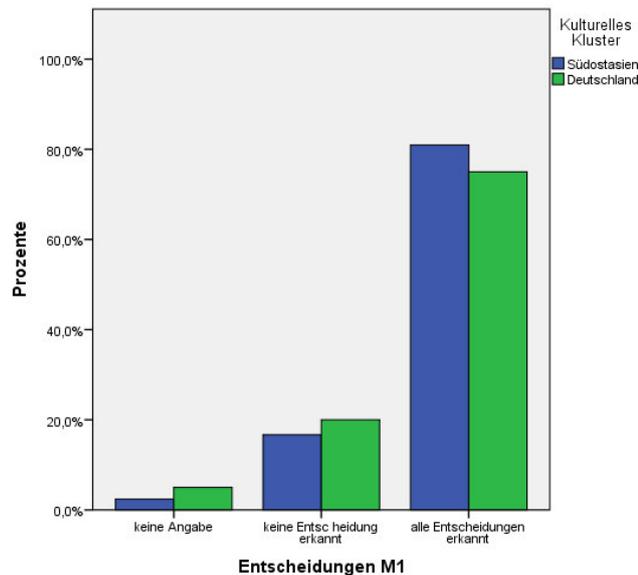


Abbildung 3.139.: Entscheidungen

Zu den Fragen, die die Entscheidung betrafen, machten 3,7% der Probanden keine Angabe. Die meisten Probanden (78%) erkannten die Entscheidung im Modell, 18,3% erkannten diese nicht. Die Mehrheit der Probanden identifizierte die Entscheidung richtig (S: 81%; D: 75%), nur ein Bruchteil machte hier keine Angaben (S: 2,4%; D: 5%). Die Identifikation von Entscheidungen steht in keiner Beziehung zur kulturellen Zugehörigkeit der Probanden (siehe Abbildung 3.139).

Die Mehrheit der Probanden (64,6%) identifizierte Entscheidungen an der falschen Stelle im Modell, nur 31,7% identifizierten ausschließlich die wirklich dargestellten Entscheidungen. Es besteht aber keine Beziehung zwischen dem falschen Identifizieren von Entscheidungen und der kulturellen Zugehörigkeit der Probanden, auch nicht von einer der untersuchten Merkmalskombinationen (siehe Abbildung 3.140).

Die Mehrheit der Probanden (72%) erkannten alle Akteure richtig, weitere 3,7% vergaßen nur einen Akteur oder nannten einen falschen. Allerdings nannten 20,7% keinen oder einen falschen Akteur für die Entscheidungen.

Die Mehrheit der Probanden erkannte die an den Entscheidungen beteiligten Akteure (S: 69%; D: 75%), allerdings erkannte auch fast ein Viertel der Probanden keinen der Akteure richtig (S: 21,4%; D: 20%) und weitere 2,4% bzw. 5% machten keine Angabe. Lediglich 7,1% von S vergaßen einen Akteur bzw. nannten einen falschen. Die Identifikation von an Entscheidungen beteiligten Akteuren steht in keiner Beziehung

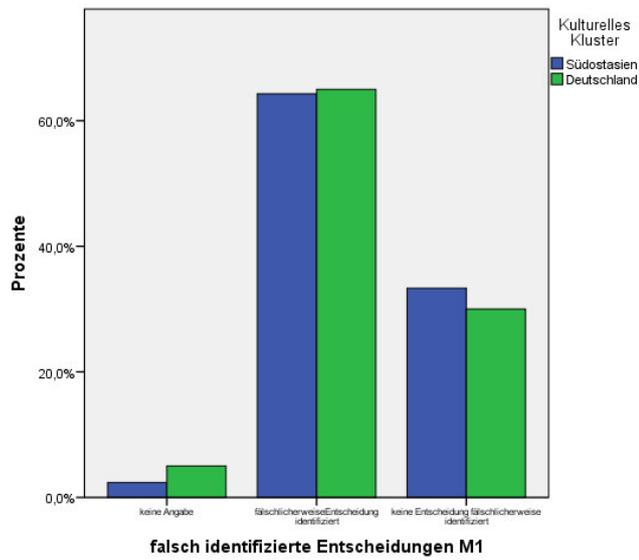


Abbildung 3.140.: Entscheidung an falscher Stelle erkannt

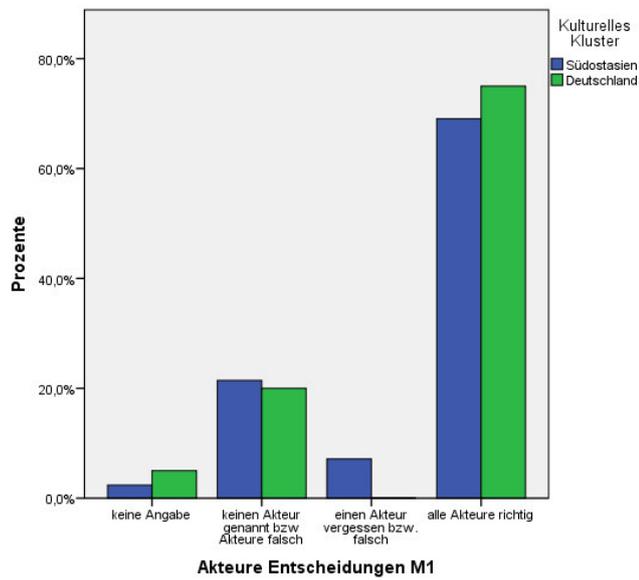


Abbildung 3.141.: Erkennen der Akteure, die die Entscheidungen treffen

zu den kulturellen Clustern und auch zu keiner der betrachteten Merkmalskombinationen (siehe Abbildung 3.141).

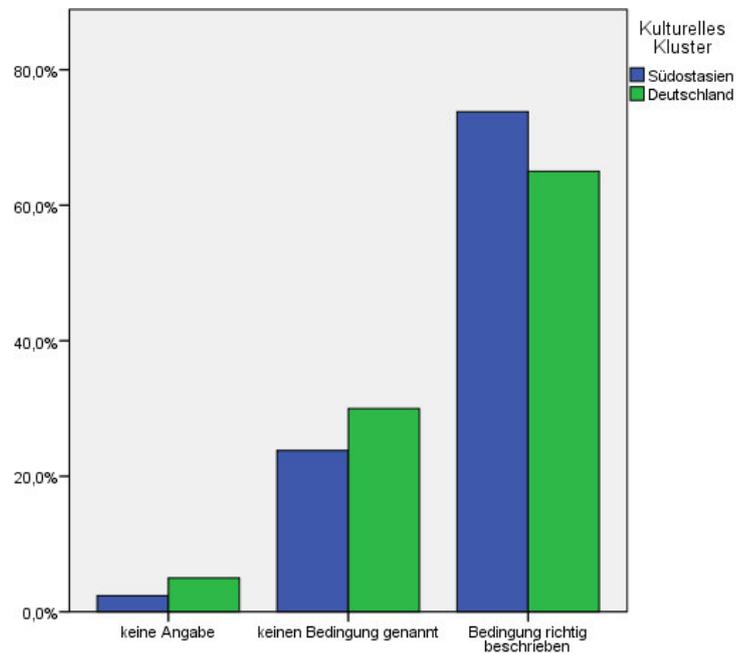


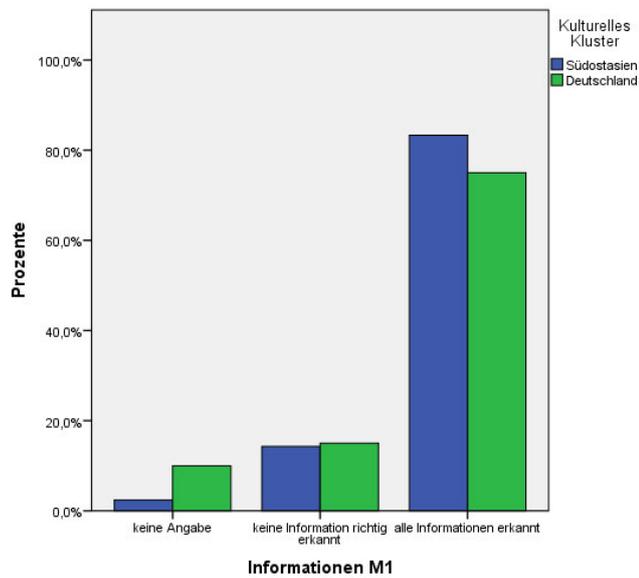
Abbildung 3.142.: Entscheidungsbedingungen

Die meisten Probanden (69,5%) beschrieben die Entscheidungsbedingungen richtig, 26,8% nannten keine der richtigen Bedingungen. Für die Identifikation der Entscheidungsbedingungen besteht kein Zusammenhang mit dem kulturellen Cluster oder mit einer der untersuchten Merkmalskombinationen (siehe Abbildung 3.142).

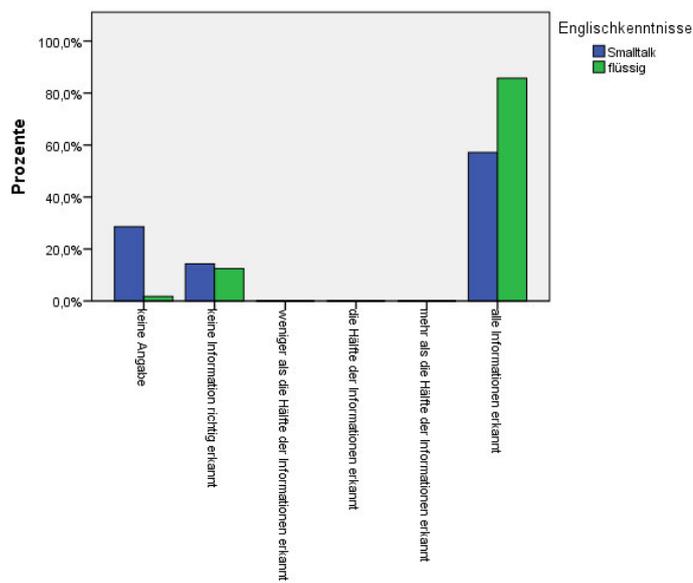
3.2.10.9. Informationen

Abbildung 3.143a zeigt, dass die meisten Probanden (79,3%) diese Information erkannten, 14,6% erkannten keine und 6,1% machten keine Angabe zu den Fragen, die die Information betrafen. Die Identifikation von Informationen steht in keiner Beziehung von der kulturellen Zugehörigkeit der Probanden oder von einer der betrachteten Merkmalskombinationen.

Es besteht aber eine schwache Beziehung zu den Englischkenntnissen des Probanden (siehe Abbildung 3.143b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,109, Signifikanz: 0,008). So erkannten 85,7% der Probanden aus E2 die Information, aber nur 57,1% von E1. Der Prozentsatz Probanden, die keine Information erkannten, war für beide Gruppen ähnlich (E1: 14,3%, E2: 12,5%), allerdings machten von E1 28,6% keine Angabe, aber nur 1,8% von E2.

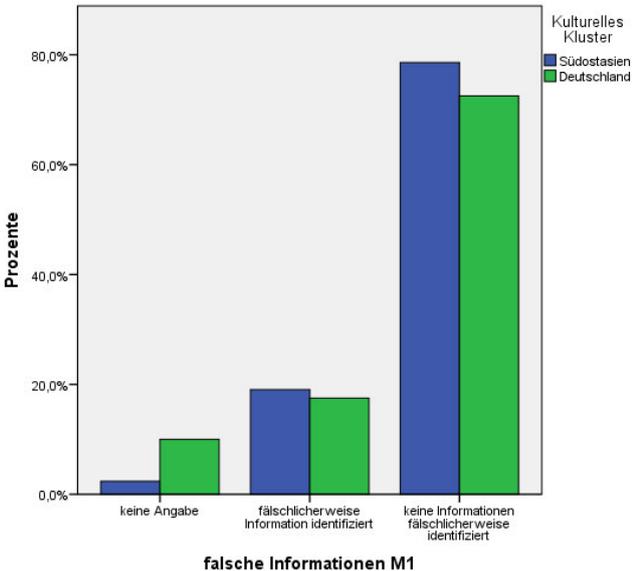


(a) kulturelles Cluster

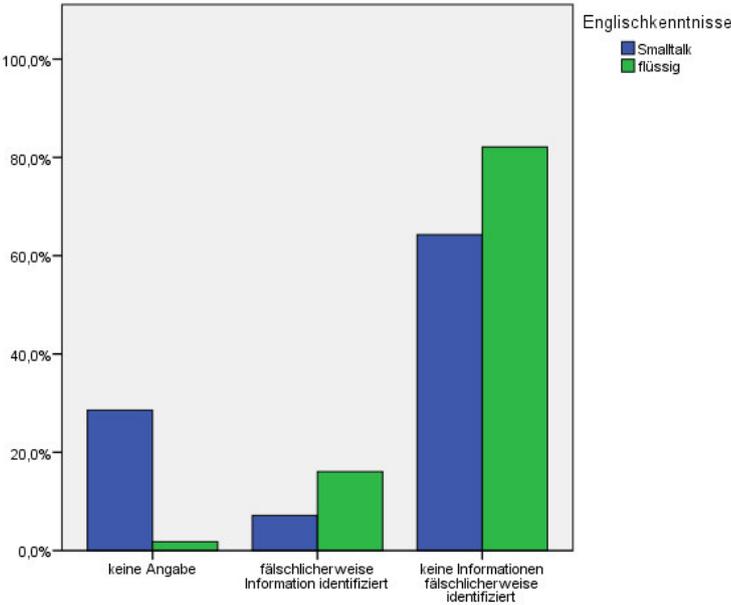


(b) Englischkenntnisse

Abbildung 3.143.: Identifizieren von Informationen abhängig von verschiedenen Merkmalen



(a) kulturelles Cluster



(b) Englischkenntnisse

Abbildung 3.144.: Identifizieren von anderen Elementen als Information

Nur 18,3% der Probanden identifizierten andere Elemente wie Werkzeuge als Information, 75,6% taten dies nicht (siehe Abbildung 3.144a). Die fälschliche Identifikation von Informationen steht in schwacher Beziehung zu den Englischkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.144b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,104, Signifikanz: 0,009). Während von E2 82,1% der Probanden keine Information fälschlich identifizierten, galt dies nur für 64,3% von E1. Allerdings identifizierten 16,1% von E2 Informationen fälschlich, aber nur 7,1% von E1, keine Angabe machten 1,8% von E2 und 28,6% von E1.

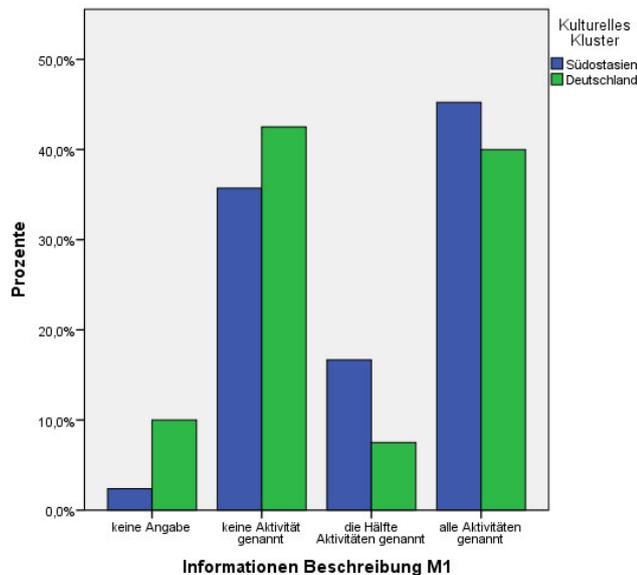


Abbildung 3.145.: Beschreibung der Informationen

Bei der Beschreibung der Informationen (siehe Abbildung 3.145) sind die beiden größten Gruppen, die die alle Aktivitäten nennen (42,7%) und die, die keine nennen (39%). Die Hälfte der Aktivitäten, also eine, wurde von 12,2% der Probanden genannt. Die Benennung der Aktivitäten, die eine Information liefern oder benötigen, ist nicht abhängig vom kulturellen Cluster oder einer der anderen Merkmalskombinationen.

Die Hälfte der Probanden (50%) beschreiben den Informationsfluss richtig (siehe Abbildung 3.146), das heißt, sie erkannten, ob eine Aktivität eine Information benötigt oder erzeugt. Allerdings vergessen 37,8% der Probanden anzugeben, ob die von ihnen genannte Aktivität die Information zur Durchführung braucht oder diese als Ergebnis ihrer Durchführung erzeugt wird. Falsch werteten nur 6,1% die Richtung der Informationsflusses. Die Identifikation, ob eine Aktivität eine Information benötigt oder erzeugt, ist ebenfalls nicht abhängig von der kulturellen Zugehörigkeit der Probanden.

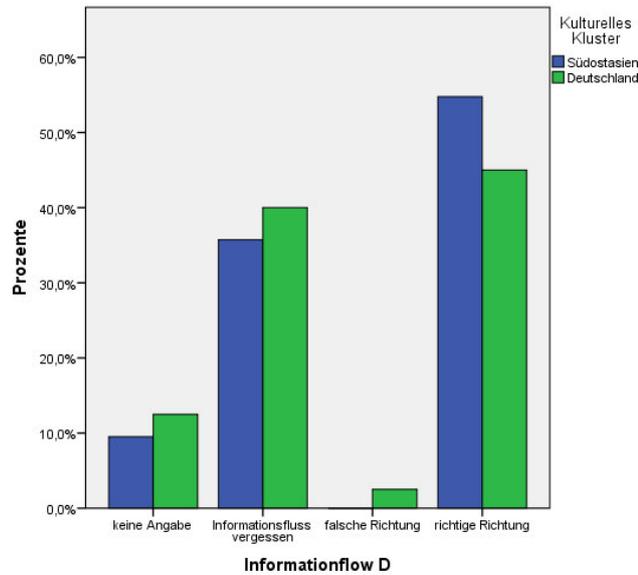


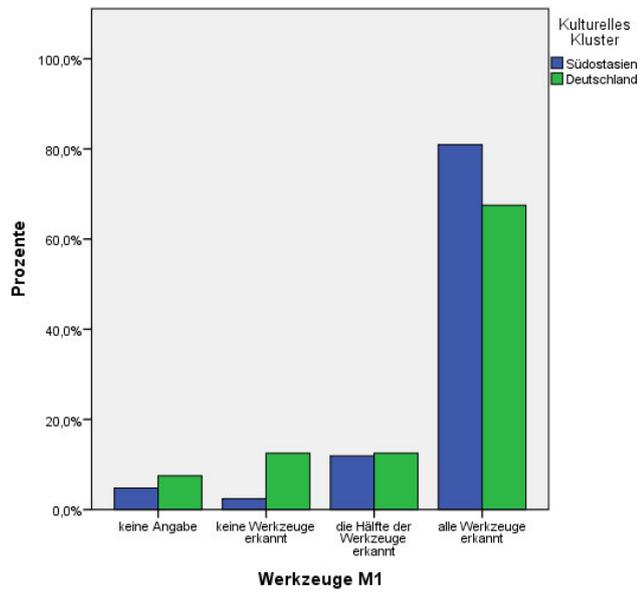
Abbildung 3.146.: Informationsfluss

3.2.10.10. Werkzeuge

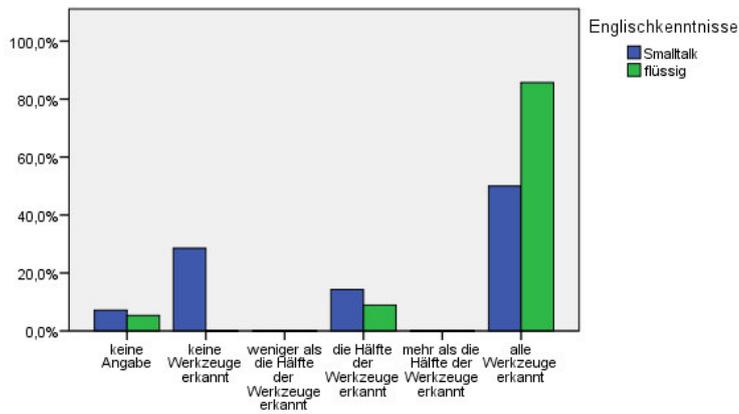
Ungefähr drei Viertel der Probanden (74,4%) erkannten alle Werkzeuge, weitere 12,2% erkannten immerhin eins. Allerdings erkannten 7,3% gar kein Werkzeug und 6,1% machten keine Angabe zu den Fragen die Werkzeuge betreffend. Von den abgebildeten Werkzeugen erkannten 81% von S und 67,5% von D alle richtig, weitere 11,9% von S und 12,5% von D identifizierten immerhin die Hälfte der Werkzeuge. Allerdings erkannten 12,5% von D keines der Werkzeuge, dies gilt nur für 2,4% von S; des Weiteren machten 4,8% von S und 7,5% von D keine Angabe zu den Werkzeugen (siehe Abbildung 3.147a). Die Probanden aus Südostasien schneiden hier etwas besser ab, allerdings ist dieser Unterschied nicht signifikant.

Es besteht aber eine schwache Beziehung zu den Englischkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.147b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,146, Signifikanz: 0,002). So erkannten 85,7% der Gruppe E2 alle Werkzeuge, aber nur 50% von E1. Immerhin die Hälfte aller Werkzeuge erkannten 14,3% von E1 und 8,9% von E2, allerdings erkannten 28,6% von E1 gar kein Werkzeug. Die restlichen 7,1% von E1 und 5,4% von E2 machten keine Angabe.

Nur sehr wenige Probanden (6,1%) identifizierten ein anderes Element wie eine Information als Werkzeug, die meisten (87,8%) taten dies nicht (siehe Abbildung 3.148a). Die Identifikation von anderen Elementen als Werkzeuge unterlief nur einer geringen Anzahl der Probanden, 4,8% von S und 7,5% von D identifizierten andere Elemente als Werkzeuge, wei-

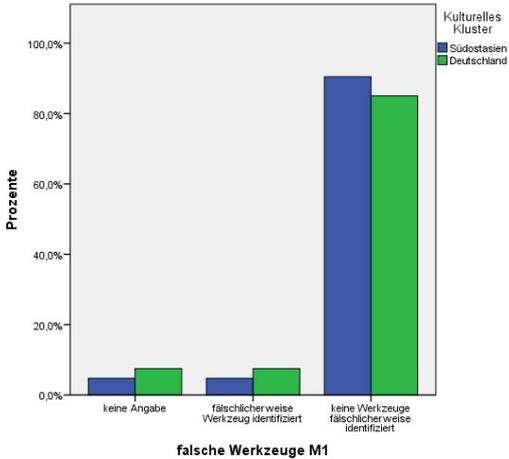


(a) kulturelles Cluster

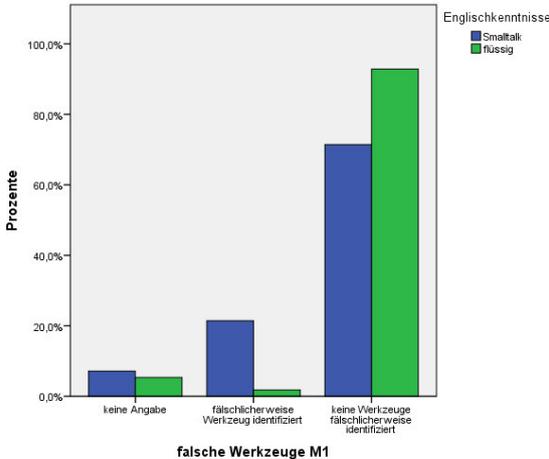


(b) Englischkenntnisse

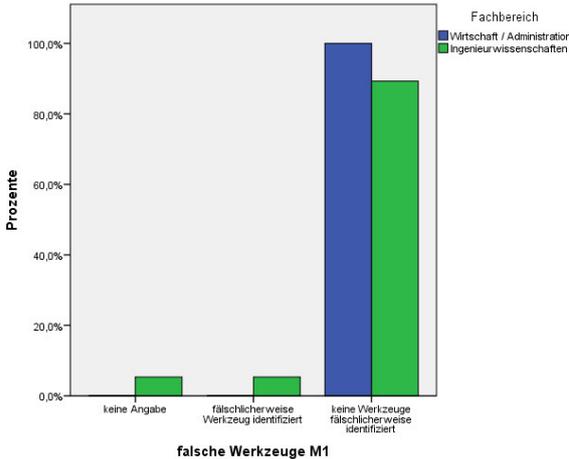
Abbildung 3.147.: Identifizieren von dargestellten Werkzeugen



(a) kulturelles Cluster



(b) Englischkenntnisse



(c) Fachbereich

Abbildung 3.148.: Identifizieren von anderen Elementen als Werkzeuge bezogen auf verschiedene Merkmale

tere 4,8% von S und 7,5% von D machten keinerlei Angaben bei den Werkzeugen. Somit identifizierten 90,5% von S und 85% von D keine anderen Elemente fälschlicher Weise als Werkzeuge. Von der kulturellen Zugehörigkeit alleine besteht hier keine Abhängigkeit.

Allerdings besteht auch hier wieder eine schwache Beziehung zu den Englischkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.148b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,103, Signifikanz: 0,043). So identifizierten 21,4% von E1 fälschlicherweise Werkzeuge, aber nur 1,8% von E2, auch hier machten 7,1% von E1 und 5,4% von E2 keine Angabe. Hier keinen Fehler machten somit 71,4% von E1 und 92,9% von E2.

Alle Probanden, die dem Fachbereich Wirtschaftswissenschaften und Administration angehörten, identifizierten keine anderen Elemente als Werkzeuge (siehe 3.148c).

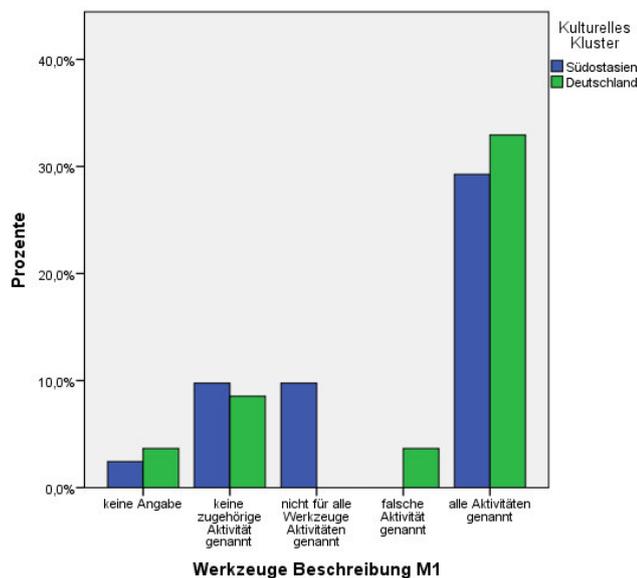


Abbildung 3.149.: Beschreibung der Werkzeuge

Die Mehrheit der Probanden (62,2%) nannten alle Aktivitäten, die ein Werkzeug benötigen, 3,7% nannten mindestens eine falsche Aktivität und 9,8% nannten nicht für alle Werkzeuge eine Aktivität. Allerdings nannten 18,3% der Probanden gar keine Aktivitäten. Die Güte der Beschreibung der Werkzeuge, die daran gemessen wurde, ob alle Aktivitäten genannt wurden, für die Werkzeuge benötigt werden, steht in einer schwachen Beziehung (siehe Abbildung 3.149) (Lambda: 0,113; Signifikanz: 0,005) zum kulturellen Cluster der Probanden. Zwar nannten jeweils mehr als die Hälfte der Probanden (S: 57,1%; D: 67,5%) alle Werkzeuge, aber 7,5% von D eine falsche Aktivität und 19% von S nannten nicht alle Aktivitäten. Des Weiteren nannten 19% von S und 17,5% von D gar

keine der zu den Werkzeugen zugehörigen Aktivitäten und 4,8% von S und 7,5% von D machten keinerlei Angabe zu den Werkzeugen und somit auch nicht zu den Aktivitäten.

3.2.10.11. Schwachstelle

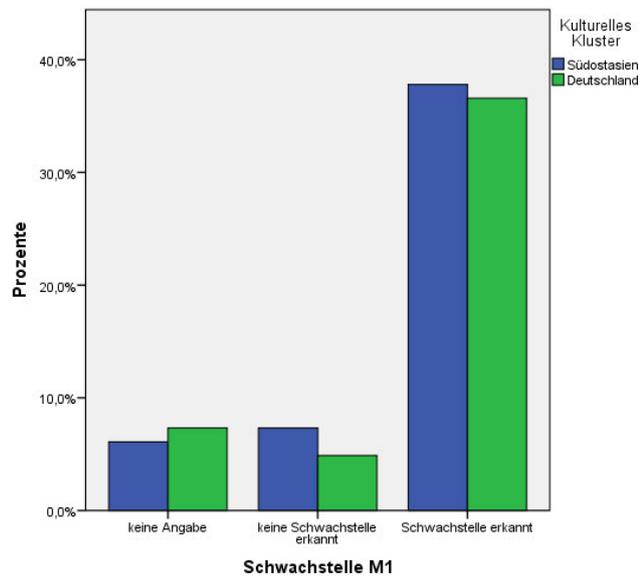


Abbildung 3.150.: Schwachstelle M1

Die Mehrheit der Probanden (74,4%) erkannte die Schwachstelle im Modell (siehe Abbildung 3.150) beschreibt sie aber nicht oder falsch. Weitere 12,2% erkennen sie nicht und identifizieren sie an einer falschen Stelle; 13,4% machen keine Angabe (siehe Abbildung 3.151).

Allgemein erkennen 73,8% von S und 75% von D die Schwachstelle im Modell, beschreiben sie aber falsch oder gar nicht, 14,3% von S und 10% von D erkennen diese nicht oder identifizieren sie an einer falschen Stelle im Modell, der Rest der Probanden macht keine Angabe zur Schwachstelle (S: 11,9%, D: 15%). Das Erkennen der Schwachstelle in diesem Modell ist somit nicht abhängig von der kulturellen Zugehörigkeit der Probanden. Allerdings scheint es allgemein schwierig zu sein, da kein einziger Proband die Schwachstelle erkennt und richtig beschreibt.

3.2.10.12. Endpunkt

Die Mehrheit der Probanden (95,1%) nannte den Endpunkte im Modell, also den richtigen Akteur oder die richtige Aktivität oder beides (siehe Abbildung 3.152). Einen falschen Akteur und eine falsche Aktivität nannten 3,7% der Probanden und nur 1,2% machten keine Angabe. Es

3. Empirische Untersuchungen

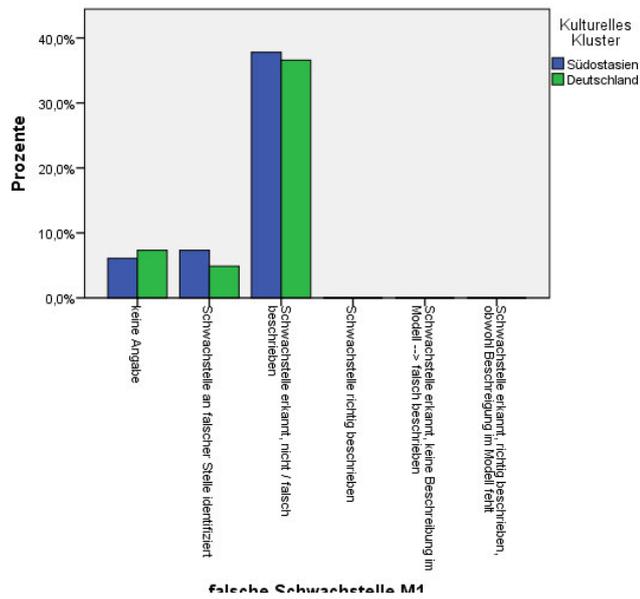


Abbildung 3.151.: Beschreibung der Schwachstelle M1

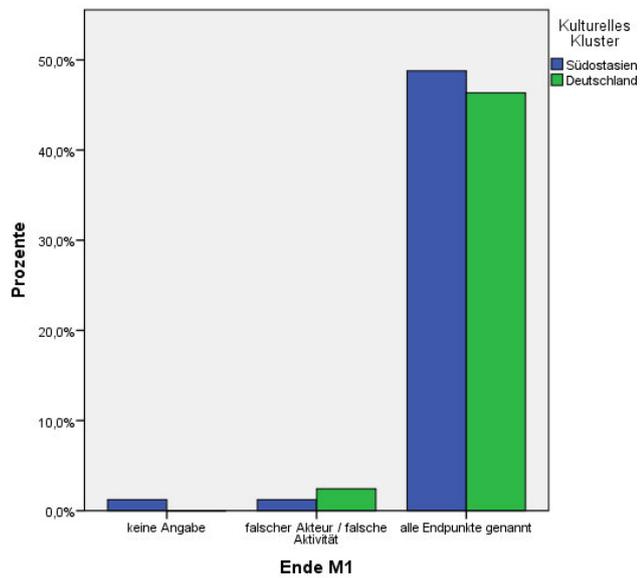


Abbildung 3.152.: Endpunkt

kann keine signifikante Beziehung für die Identifikation des Endpunktes zum kulturellen Cluster der Probanden nachgewiesen werden. Auffällig ist höchstens, dass alle Probanden mit einem Masterabschluss die Endpunkte richtig identifizierten und ebenfalls alle aus dem Fachbereich Wirtschaftswissenschaften und Administration.

3.2.10.13. Anmerkungen

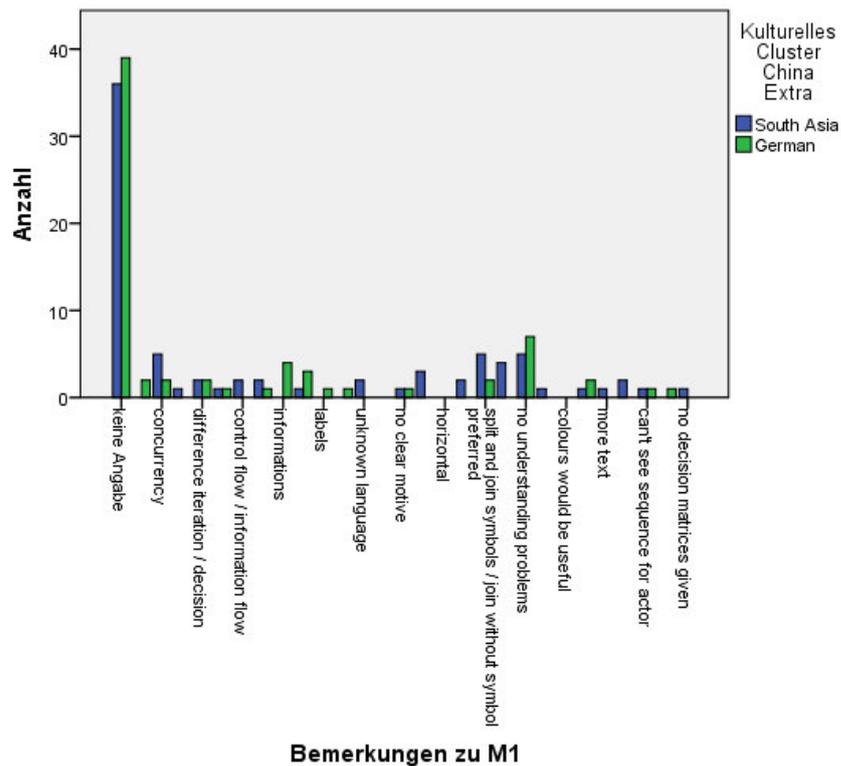


Abbildung 3.153.: Bemerkungen zum Autovermietungsmodell

Nach dem Modell sollten die Probanden Anmerkungen vornehmen. Die meisten von ihnen machten Angaben darüber, was sie schwierig an dem Modell fanden, es gab aber auch Anmerkungen, wie der hinter dem Modell liegende Prozess verbessert werden könnte. Abbildung 3.153 zeigt die Häufigkeiten der einzelnen Anmerkungen. Dabei wurden die Anmerkungen in vierzehn Kategorien eingeteilt und als fünfzehnte Kategorie "keine Angabe" hinzugefügt. Diese waren:

- Parallelitäten,
- Unterscheidung zwischen Iteration und Entscheidung,
- Kontroll- oder Informationsfluss,

- Informationen,
- Label,
- unbekannte Modellierungssprache,
- kein klares Motiv, d.h. Absicht des Modells ist nicht erkennbar,
- horizontale Darstellung,
- Split- und Join-Symbole bzw. die Bevorzugung eines Joins ohne ein extra Symbol,
- keine Verständnisprobleme,
- Darstellung würde durch Farben besser verständlich,
- mehr Text,
- Sequenz für Akteur nicht erkennbar, und
- keine Entscheidungsmatrix angegeben.

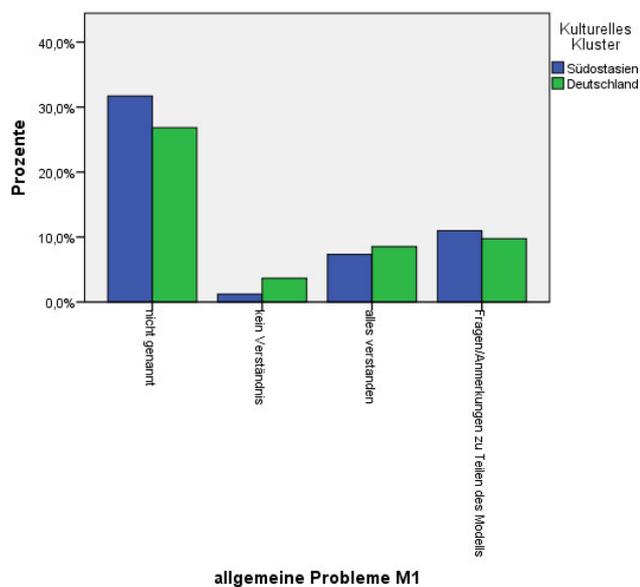


Abbildung 3.154.: Einschätzungen zum allgemeinen Verständnis des Autovermietungsmodells

Zuerst kann angemerkt werden, dass 15,9% der Probanden angaben dieses Modell vollständig verstanden zu haben, 4,9% gaben an gar kein Verständnis dieses Modells zu besitzen (siehe Abbildung 3.154). Hierbei ist auffällig, dass Probanden aus D beide Kategorien häufiger angaben als

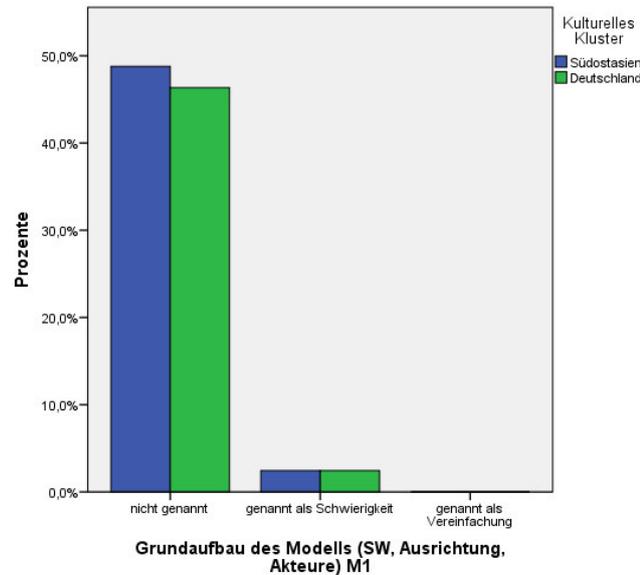


Abbildung 3.155.: Nennung des Modellaufbaus als Schwierigkeit

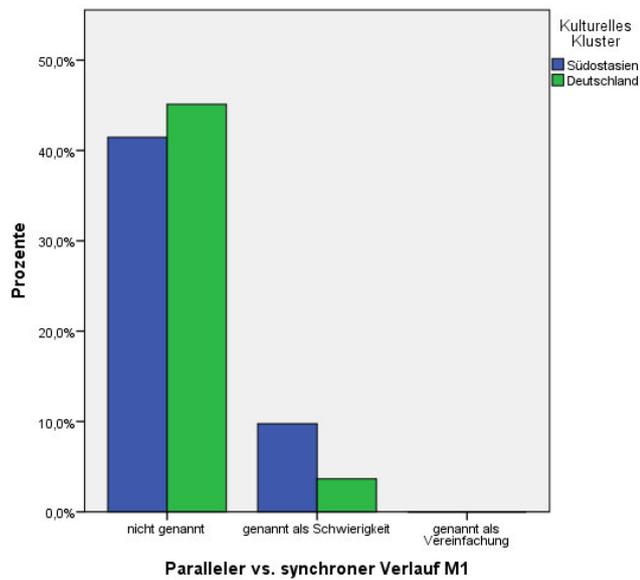
Probanden aus SA. Anmerkungen zu Teilen des Modells, auch in Form von Fragen, machten 20,7% der Probanden.

Den Grundaufbau der Modells, also Swimlanes, die Ausrichtung oder die Akteure, empfanden 4,9% der Probanden als schwierig (siehe Abbildung 3.155).

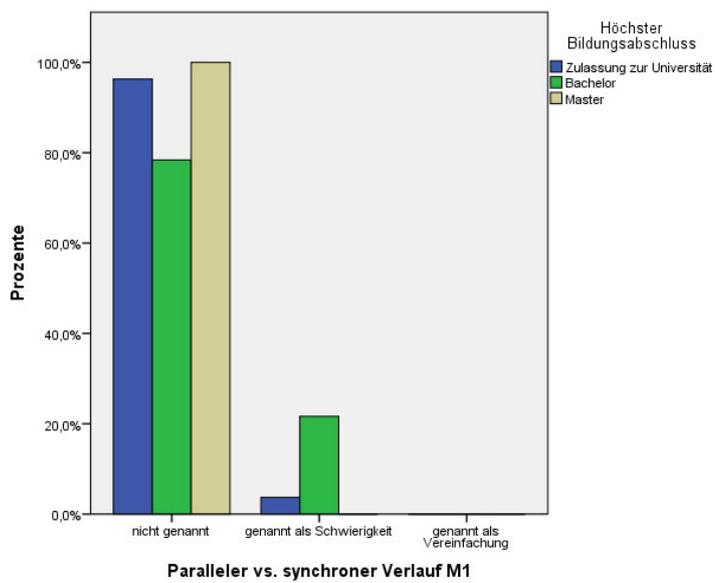
Jeweils 13,4% der Probanden empfanden, dass sie Schwierigkeiten mit den parallelen und synchronen Aktivitäten hatten und/oder mit Iterationen und Entscheidungen (siehe Abbildung 3.156 und Abbildung 3.157). Diese Angabe machten wesentlich mehr Probanden aus SA als aus D. Ob parallele und synchrone Verläufe im Modell als schwierig empfunden wurden, steht in schwacher Beziehung zum Abschluss der Probanden (Unsicherheitskoeffizient: 0,134, Signifikanz: 0,026). Während 0% von Ba3 diese als Schwierigkeit nannten, machten dies 3,7% von Ba1 und 21,6% von Ba2.

Die Darstellung der Kontroll- und Informationsflüsse bereitete 6,1% der Probanden nach eigenen Angaben Schwierigkeiten (siehe Abbildung 3.158). Auch hier gaben mehr Probanden aus SA an, die Flüsse als schwierig empfunden zu haben, als aus D, allerdings ist der Unterschied hier nicht so gravierend wie bei den Routingelementen.

Ein Teil der Probanden, 4,9%, hätte gerne mehr Text im Modell gehabt, entweder genauere Label der Elemente, längere Bedingungen oder mehr Hintergrundinformation, um den Prozess zu verstehen. Dabei be-



(a) kulturelles Cluster



(b) Abschluss

Abbildung 3.156.: Empfinden von parallelen und/oder synchronen Aktivitäten als Schwierigkeit bezogen auf verschiedene Merkmale

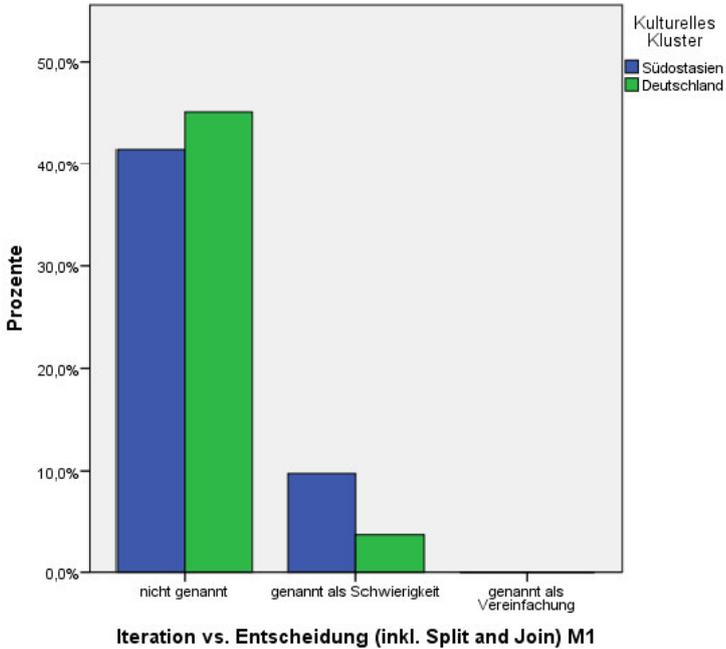


Abbildung 3.157.: Empfinden von Iterationen und/oder Entscheidungen als Schwierigkeit

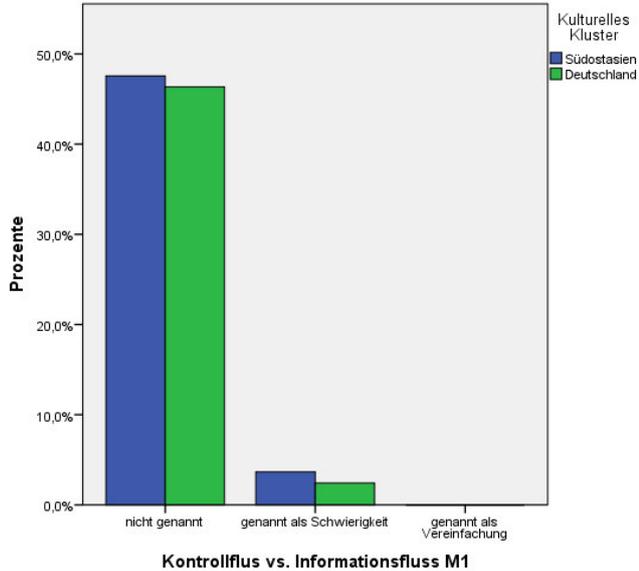
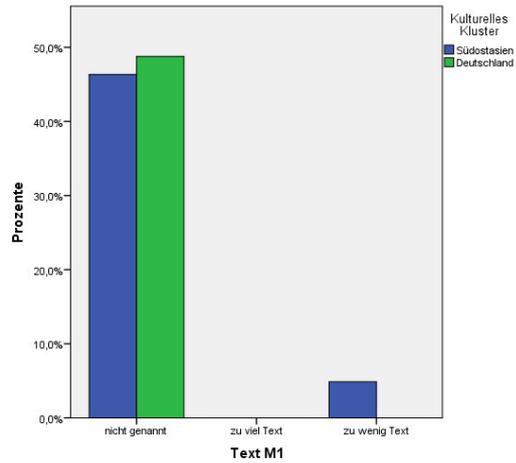
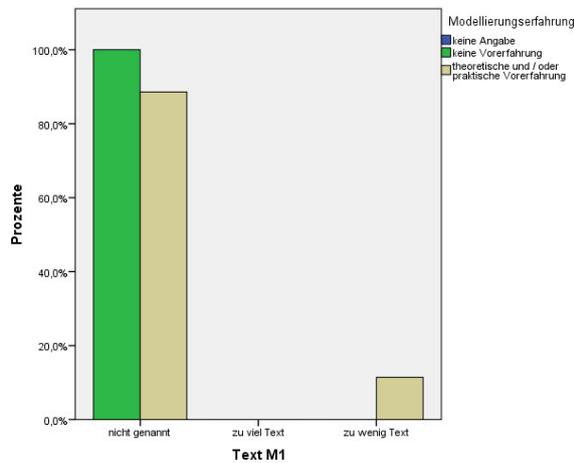


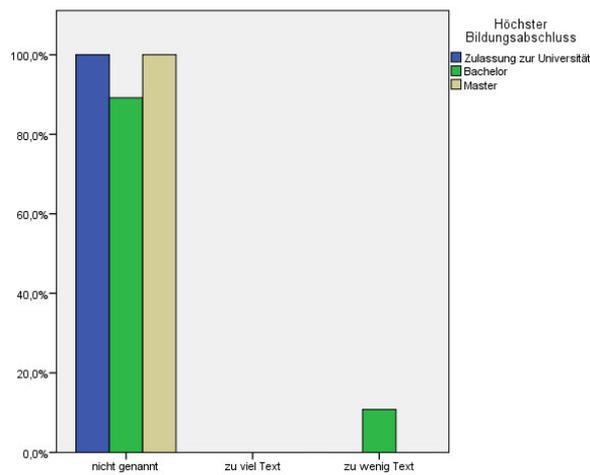
Abbildung 3.158.: Empfinden von Kontroll- und/oder Informationsflüssen als Schwierigkeit



(a) Kultur



(b) Modellierungsexpertise



(c) Abschluss

Abbildung 3.159.: Wunsch nach mehr Beschriftung im Modell bezogen auf verschiedene Merkmale

steht eine schwache Abhängigkeit vom kulturellen Cluster der Probanden im Allgemeinen (siehe Abbildung 3.159) (Unsicherheitskoeffizient: 0,174, Signifikanz: 0,019), die etwas ansteigt durch die Zugehörigkeit der Probanden zu M2 (Unsicherheitskoeffizient: 0,178, Signifikanz: 0,035). So fanden 19% von SAM2, dass zu wenig Text im Modell war, insgesamt fanden dies 9,5% von SA. Die Nennung des Textes als Anmerkung steht in einer schwachen Beziehung zum Bildungsabschluss (siehe Abbildung 3.159c) (Unsicherheitskoeffizient: 0,183, Signifikanz: 0,059). So empfanden nur Probanden aus Ba2, dass hier zu wenig Text im Modell war (10,8%).

Eine schwache Beziehung für die Nennung des Textes als Schwierigkeit besteht auch zu den Modellierungsvorkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.159b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,222, Signifikanz: 0,008). Hier gaben 11,4% der Probanden aus M2 an, dass zu wenig Text im Modell war.

Die Nennung der Flüsse als Schwierigkeit steht in einer schwachen Beziehung (Unsicherheitskoeffizient: 0,154, Signifikanz: 0,016) zu den Modellierungsvorkenntnissen der Probanden, diese fanden einzig 10,6% von M1 als schwierig.

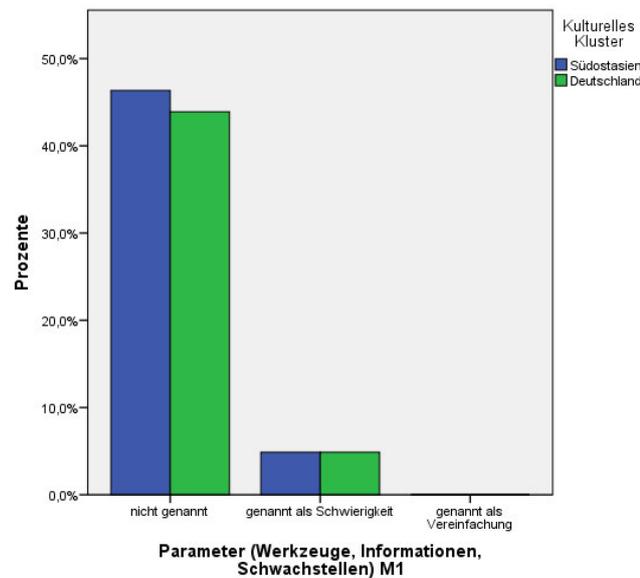


Abbildung 3.160.: Nennung der Parameter als Schwierigkeit

Schwierigkeiten mit Parametern gehabt zu haben, gaben 9,8% der Probanden an (siehe Abbildung 3.160). Für diese Schwierigkeit war der Prozentsatz an Probanden aus D und SA gleich groß.

3.2.11. Simulationsmodell

Ein weiteres Modell, das auf Verständlichkeit für die Betrachter analysiert wurde, zeigte die Entwicklung eines Simulationsmodells für ein Unternehmen in Zusammenarbeit mit einem externen Planer. Für dieses Modell wurden zwei verschiedene Varianten verwendet, die unterschiedliche Fehler aufwiesen. Dies ermöglicht hier die Analyse, ob Fehler im Modell einen signifikanten Einfluss auf dessen Verständlichkeit haben und wenn dies der Fall ist, für welche Fehler das am stärksten gilt. In Variante 1 dieses Modells (S1) sind folgende Fehler eingebaut:

- i) Eine Entscheidung fehlt vollständig.
- ii) Ein Endpunkt fehlt.
- iii) Die Schwachstelle ist nicht beschrieben.
- iv) An einer Aktivität fehlen zwei Informationen.
- v) An einer Aktivität sind diese zwei Informationen zu viel dargestellt.
- vi) Es fehlen zwei Werkzeugen.
- vii) Im Modell ist eine Iteration an einer falschen Stelle.
- viii) Die Abbruchbedingung für die richtige Iteration fehlt.
- ix) Der Modellierer hat die Akteurnamen abgekürzt.

In Variante 2 (S2) sind folgende Fehler:

- i) Ein Akteur fehlt.
- ii) Mehrere Informationen fehlen.
- iii) Eine Aktivität ist zu viel dargestellt.
- iv) Zwei Aktivitäten wurden in der Reihenfolge vertauscht.
- v) Die Beschreibung der Schwachstelle fehlt.
- vi) Es wurde eine zusätzliche Iteration eingefügt.
- vii) Zwei Aktivitäten fehlen.
- viii) Die Iterationsbedingung ist falsch.
- ix) Die Entscheidung fehlt vollständig.
- x) Ein Endpunkt fehlt.

Beide Modellvarianten wurden gleich oft an die Probanden verteilt.

3.2.11.1. Modellbeschreibung

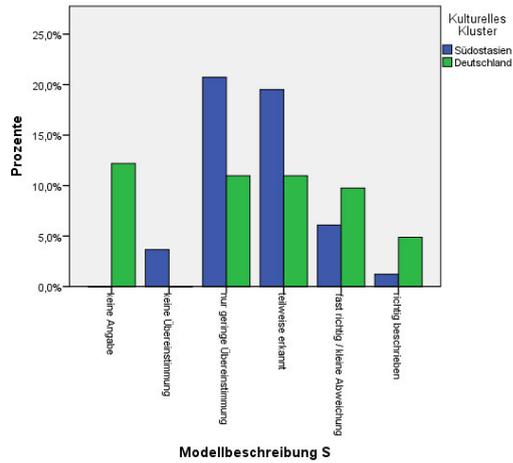
Nur 6,1% der Probanden beschrieben das Simulationsmodell richtig (S: 2,4%, D: 10%), auch fast richtig schafften es nur weitere 15,9% (S: 11,9%, D: 20%). Immerhin Teile des Prozesses beschrieben 30,5% richtig (S: 38,1%, 22,5%) und weitere 31,7% beschrieben immerhin kleine Übereinstimmungen mit dem realen Prozess (S: 20,5%, D: 22,5%). Komplet falsch beschrieben 3,7% der Probanden das Modell (S: 7,1%, D:0%) und 12,2% machten gar keine Beschreibung (S: 0%, D: 25%). Für die Modellbeschreibung besteht keine signifikante Beziehung zwischen der Güte der Modellbeschreibung und dem kulturellen Cluster, dem die Probanden angehören (siehe Abbildungen ?? und ??).

Eine schwache Beziehung besteht dazu, welche Modellvariante betrachtet wurde (siehe Abbildung 3.161b) (Λ : 0,220, Signifikanz: 0,044). Für S2 beschrieben nur 4,9% das Modell vollständig richtig, ansonsten 7,3%. Besonders groß ist der Unterschied in der Gruppe, die das Modell fast richtig beschreibt, für S2 taten dies nur 9,8%, für S1 22%. Teile der Modells beschrieben 39% richtig, wenn S2 betrachtet wurde, ansonsten 22%. Unabhängig davon, welche Variante bearbeitet wurde, wies die Modellbeschreibung von 31,7% nur geringe Übereinstimmungen mit dem realen Prozess auf. Von den Probanden, die S2 bearbeiteten, schrieben 7,3% eine Modellbeschreibung ohne Übereinstimmung mit dem dargestellten Prozess, dies machte keiner der Probanden, die S2 bekamen. Allerdings machten 14,6% keine Angabe zur Modellbeschreibung, wenn S2 bearbeitet wurde, und nur 9,8%, wenn S1 bearbeitet wurde.

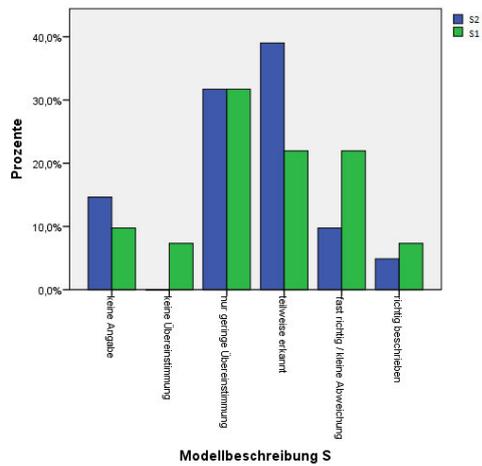
Es besteht eine schwache Beziehung der Güte der Modellbeschreibung zur Dauer des Wohnens in Deutschland der Probanden (siehe Abbildung 3.161c) (Unsicherheitskoeffizient: 0,125, Signifikanz: 0,002). D1 und D2 liefern hier sehr ähnliche Ergebnisse, die stark von denen von D3 differieren. So beschrieb kein Proband der Gruppen D1 und D2 das Modell richtig, aber 11,4% der Gruppe D3. Fast richtig beschrieben das Modell 13,0% von D1 und 13,3% von D2, aber ganze 22,9% von D3. Teilweise Übereinstimmungen mit dem realen Prozess besitzen die Modellbeschreibungen von 43,5% von D1, 40% von D2 und 22,9% von D3. Nur geringe Übereinstimmungen zum realen Prozess finden sich in den Modellbeschreibung von 39,1% von D1, 40% von D2 und 17,1% von D3. Während kein Proband von D3 das Modell komplett falsch beschrieb, machten dies 4,3% von D1 und 6,7% von D2. Allerdings machten 25,7% von D3 keine Angabe, was zu dem Schluss führt, dass diese nicht wussten, wie sie beschreiben sollten, was im Modell passiert.

Die Qualität der Modellbeschreibung steht in einer schwachen Beziehung zum Bildungsabschluss der Probanden (siehe Abbildung 3.162a) (Unsicherheitskoeffizient: 0,124, Signifikanz: 0,002). Diese war für die

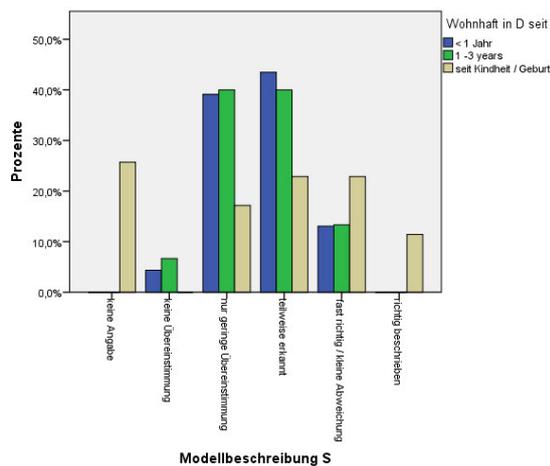
3. Empirische Untersuchungen



(a) kulturelles Cluster

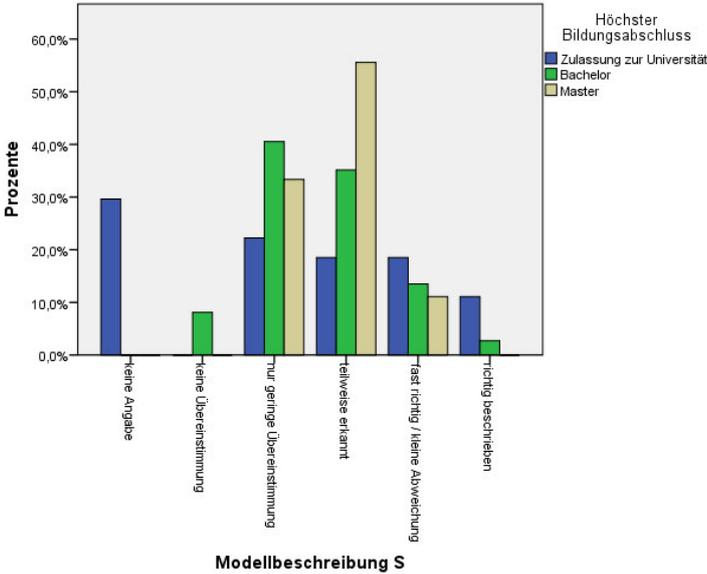


(b) bearbeitete Modellvariante

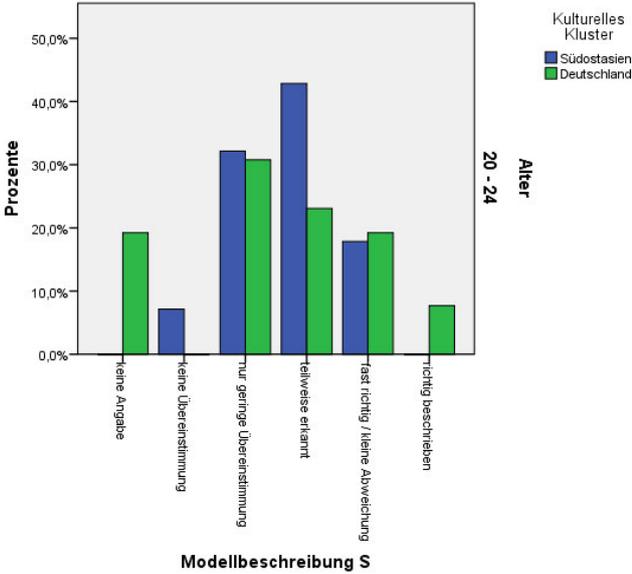


(c) Aufenthaltsdauer in Deutschland

Abbildung 3.161.: Qualität der Modellbeschreibung abhängig von verschiedenen Merkmalen (1)



(a) Bildungsabschluss



(b) Altersklasse 20 bis 24

Abbildung 3.162.: Qualität der Modellbeschreibung abhängig von verschiedenen Merkmalen (2)

Mehrheit der Probanden eher mittelmäßig und 29,6% von Ba1 machten hier keine Angabe. Für 8,1% von Ba2 enthielt ihre Modellbeschreibung keine Übereinstimmung mit dem realen Prozess. Sehr viele Probanden erkannten nur geringe Teile des Prozesses (Ba1: 22,2%, Ba2: 40,5% und Ba3: 33,3%). Ungefähr die Hälfte der Beschreibung stimmte bei 18,5% von Ba1, 35,1% von Ba2 und 55,6% von Ba3 mit dem Prozess überein. Fast richtig beschrieben den Prozessablauf 18,5% von Ba1, 13,5% von Ba2 und 11,1% von Ba3. Eine vollständig richtige Beschreibung lieferten allerdings nur 11,1% von Ba1 und 2,7% von Ba2.

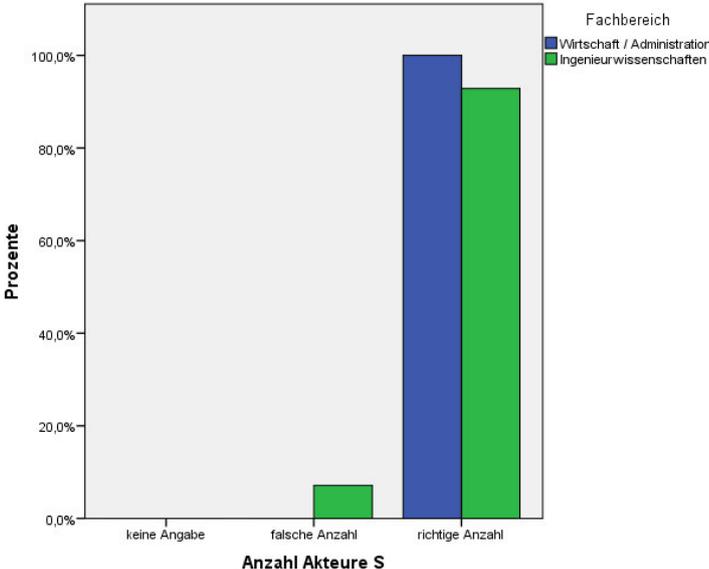
Allerdings gibt es mehrere unterschiedlich starke Beziehungen, wenn weitere Merkmale in die Betrachtung einbezogen werden. Für das Alter besteht eine schwache Beziehung für die 25- bis 29-Jährigen (Unsicherheitskoeffizient: 0,262; Signifikanz: 0,004; Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,168; Signifikanz: 0,005), und eine schwache Beziehung für die 20- bis 24-Jährigen (siehe Abbildung 3.162b) (Lambda: 0,145; Signifikanz: 0,042) von der kulturellen Zugehörigkeit. Auch hier beschrieb nur ein Bruchteil der Probanden das Modell richtig (S: 0%; D: 7,7%) oder fast richtig (S: 17,9%; D: 19,2%). Aus der Gruppe im Alter zwischen 20 und 24 erkannten 42,9% von S und 23,1% von D das Modell teilweise, nur geringe Übereinstimmungen lieferten 32,1% von S und 30,8% von D. Weitere 7,1% von S beschrieben gar nichts richtig und 19,2% von D machten keinerlei Angabe. In der Altersgruppe 25 bis 29 Jahre beschrieben die Probanden der Gruppe D das Modell überwiegend besser, je ein Viertel dieser Gruppe beschreibt das Modell richtig (S: 7,7%), fast richtig (S: 0%) oder teilweise richtig (S: 23,1%). Das letzte Viertel machte keine Angaben. Von den anderen 70,2% von S erbrachten 61,5% nur geringe Übereinstimmungen mit dem dargestellten Prozess und 7,7% gar keine.

3.2.11.2. Akteure

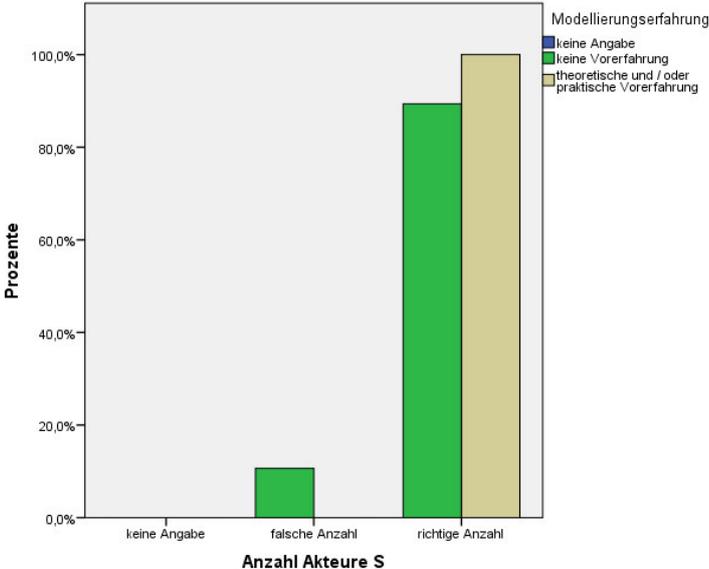
Die meisten Probanden (93,9%) nannten die richtige Anzahl von Akteuren und 91,5% erkannten alle Akteure (siehe Abbildung 3.163). Immerhin die Hälfte der Akteure identifizierten 3,7% richtig, nur 2,4% erkannten gar keinen Akteur, weitere 2,4% machten keine Angabe.

Die richtige Anzahl von dargestellten Akteuren erkannten 95,2% von S und 92,5% von D. Alle Akteure erkannten 90,5% von S und 92,5% von D, 7,1% von S erkannten die Hälfte der Akteure. Gar keine Akteure erkannten 2,4% von S und 2,5% von D, weitere 5% von D machten keine Angaben.

Weder die Anzahl noch das Erkennen der Akteure steht in einer signifikanten Beziehung zum kulturellen Cluster. Allerdings erkannten alle Probanden des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften und Administration alle Akteure (siehe Abbildung 3.163a).

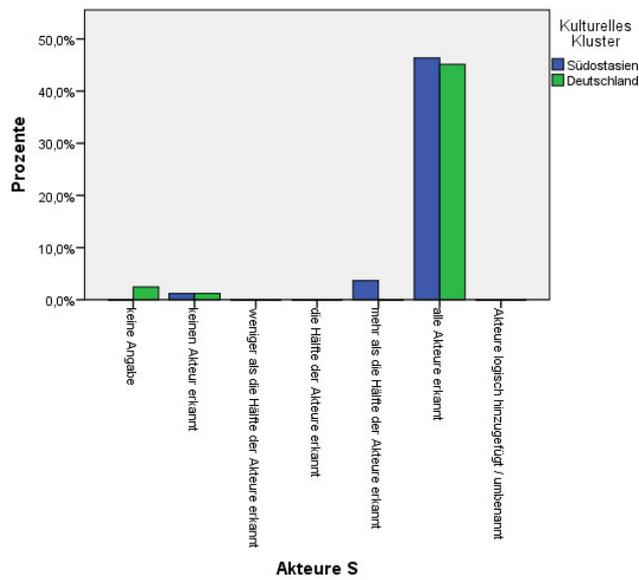


(a) Fachbereich

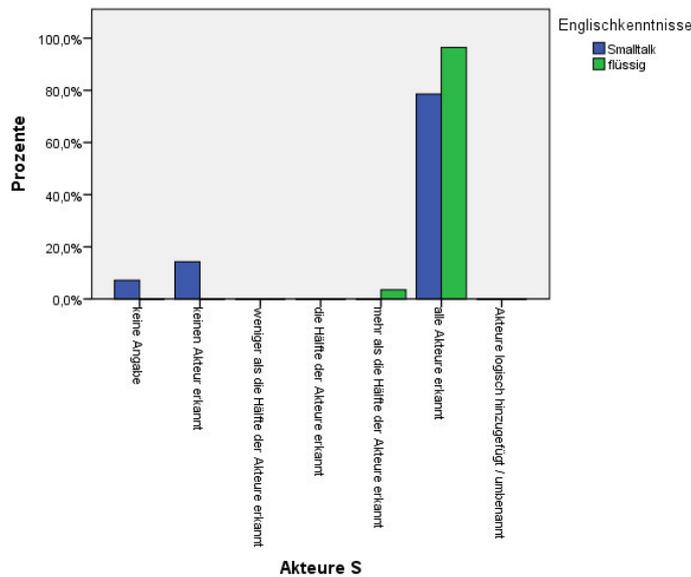


(b) Modellierungsvorerfahrung

Abbildung 3.163.: identifizierte Anzahl der Akteure abhängig von verschiedenen Merkmalen



(a) kulturelles Cluster



(b) Englischkenntnisse

Abbildung 3.164.: identifizierte Akteure abhängig von verschiedenen Merkmalen

Die Identifikation der richtigen Anzahl an Akteuren steht in einer schwachen Beziehung zur Modellierungsvorkenntnissen der Probanden (Unsicherheitskoeffizient: 0,154, Signifikanz: 0,016). Von M1 nannten 10,6% die falsche Anzahl an Akteuren, dies machte kein Proband der Gruppe M2 (siehe Abbildung 3.163b).

Die Identifikation von Akteuren steht in einer schwachen Beziehung zu den Englischkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.164b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,235, Signifikanz: 0,012). Von E2 erkennen 96,4% alle Akteure, von E1 nur 78,6%. Die restlichen 3,6% von E2 erkannten immer noch mehr als die Hälfte der Akteure, während weitere 14,3% von E1 keinen Akteur erkannten und 7,1% keine Angabe machten.

3.2.11.3. Startpunkt

Fast alle Probanden (95,1%) identifizierten den Startpunkt des Modells richtig, nur 4,9% nannten einen falschen Akteur oder eine falsche Aktivität (siehe Abbildung 3.165a). Die Mehrheit der Probanden identifizierte die richtige Aktivität und den richtigen Akteur als Startpunkt der Prozesses (S: 92,9%; D: 97,5%), die restlichen Probanden identifizierten den Startpunkt falsch. Für die Identifikation des Startpunktes besteht keine Beziehung zum kulturellen Cluster der Probanden.

Eine schwache bis mittlere Beziehung (Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,216, Signifikanz: 0,000; Unsicherheitskoeffizient: 0,355, Signifikanz: 0,004) besteht hier zum Abschluss der Probanden (siehe Abbildung 3.165b). So benannten 96,3% von Ba1 Akteur und Aktivität richtig, dies machten auch 100% von Ba2 aber nur 66, 7% von Ba3.

Zusätzlich zu den Probanden mit Bachelorabschluss, die alle den Startpunkt richtig identifizieren, gilt dies auch für Alle Probanden, die noch kein Jahr in Deutschland wohnten und auf die, die seit der Kindheit/Geburt in Deutschland wohnten (siehe Abbildung 3.165c).

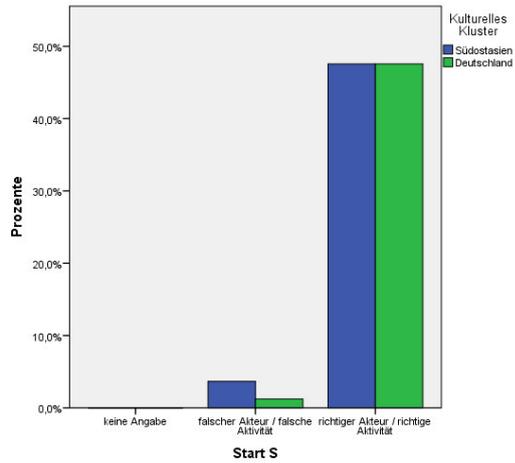
Somit scheint auch für dieses Modell die Identifikation des Startpunktes einfach zu sein.

3.2.11.4. Synchrone Aktivitäten

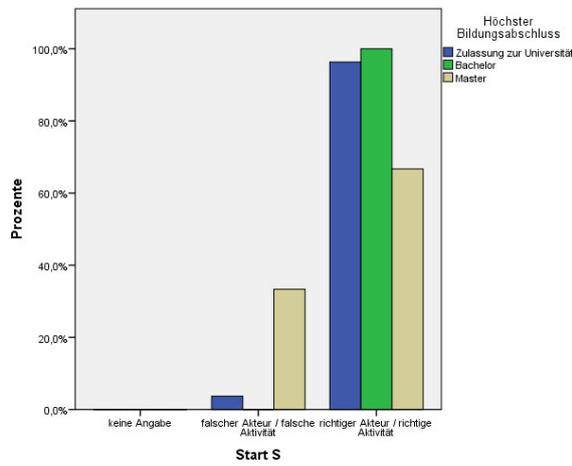
Die Mehrheit der Probanden (65,9%) erkannte alle synchronen Aktivitäten, weitere 18,3% erkannten mehr als die Hälfte und noch einmal 4,9% erkannten die Hälfte. Weniger als die Hälfte der gemeinsam durchgeführten Aktivitäten erkannten 4,9% der Probanden und 3,7% erkannten keine dieser Aktivitäten, weitere 3,7% machten hier keine Angabe.

Zwar erkannten mehr Probanden aus Südostasien alle synchronen Aktivitäten als aus Deutschland (S: 73,8%; D: 57,5%) und 7,5% von D erkannten keine synchrone Aktivität, dennoch ist die Identifikation von synchronen Aktivitäten nicht signifikant abhängig von der kulturellen Zugehörigkeit.

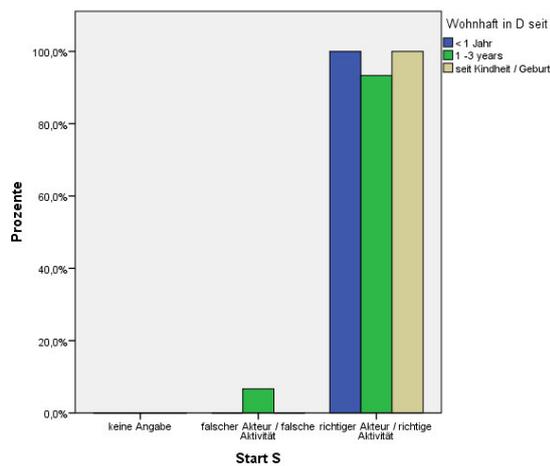
3. Empirische Untersuchungen



(a) kulturelles Cluster



(b) Abschluss



(c) Aufenthaltsdauer in Deutschland

Abbildung 3.165.: Identifizieren des Startpunktes abhängig von verschiedenen Merkmalen

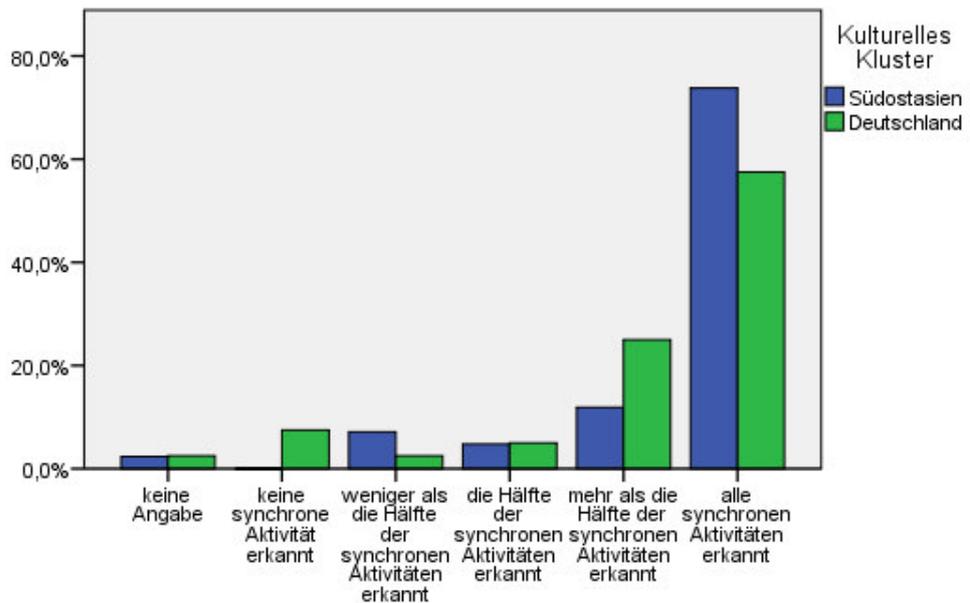


Abbildung 3.166.: Synchrone Aktivitäten

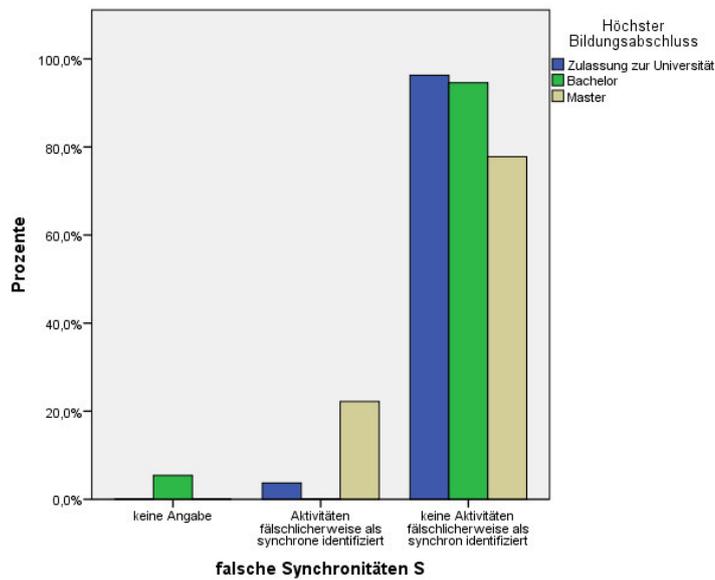
So erkannten 11,9% von S und 25% von D mehr als die Hälfte und 4,8% von S und 5% von D die Hälfte. Weniger als die Hälfte erkannten 7,1% von S und 2,5% von D, weitere 2,4% von S und 2,5% von D machten keine Angabe.

Nur 3,7% der Probanden identifizierten Aktivitäten fälschlicherweise als synchron, 93,9% taten dies nicht (siehe Abbildung 3.167).

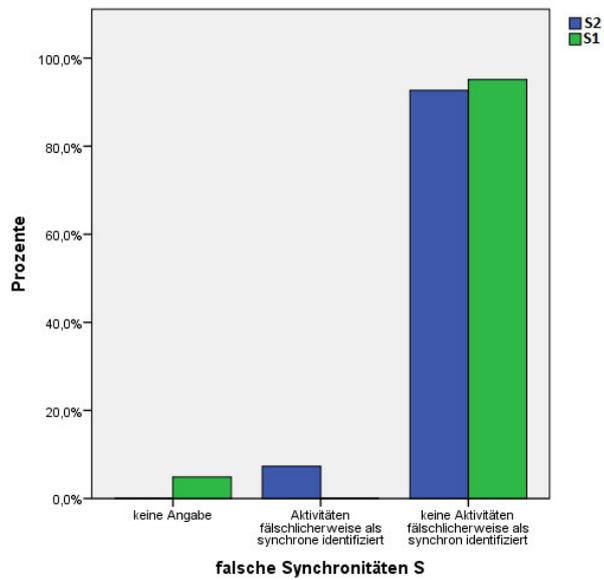
Kaum ein Proband identifizierte eine Aktivität fälschlicher Weise als synchron (S: 2,4%; D: 5%) oder enthielt sich in diesem Punkt (S: 2,4%; D: 2,5%). Somit ist auch diese Variable nicht vom kulturellen Cluster der Probanden abhängig. Dieser Fehler steht allerdings in einer schwachen Beziehung (Unsicherheitskoeffizient: 0,221; Signifikanz: 0,049) zum Abschluss der Probanden (siehe Abbildung 3.167a). Während 96,3% von Ba1 und 94,6% von Ba2 diesen Fehler nicht machten, gilt dies nur für 77,8% von Ba3. Fälschlich synchrone Aktivitäten identifizierten 3,7% von Ba1 und 22,2% von Ba3, 5,4% von Ba2 machten keine Angabe zu diesem Punkt.

Ob die Probanden fälschlicherweise Aktivitäten als synchron identifizierten, steht in einer schwachen Beziehung dazu, welche Modellvariante beschrieben wurde (siehe Abbildung 3.167b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,156, Signifikanz: 0,031). Für S1 machten diesen Fehler 95,1% nicht, die anderen 4,9% machten keine Angabe, für S2 machten 92,7% der Probanden den Fehler nicht und 7,3% identifizierten falsche Aktivitäten als synchron.

Die Benennung der Akteure, die die synchronen Aktivitäten durchfüh-



(a) Abschluss



(b) Modellvariante

Abbildung 3.167.: Identifizieren von nicht synchronen Aktivitäten als synchron abhängig von verschiedenen Merkmalen

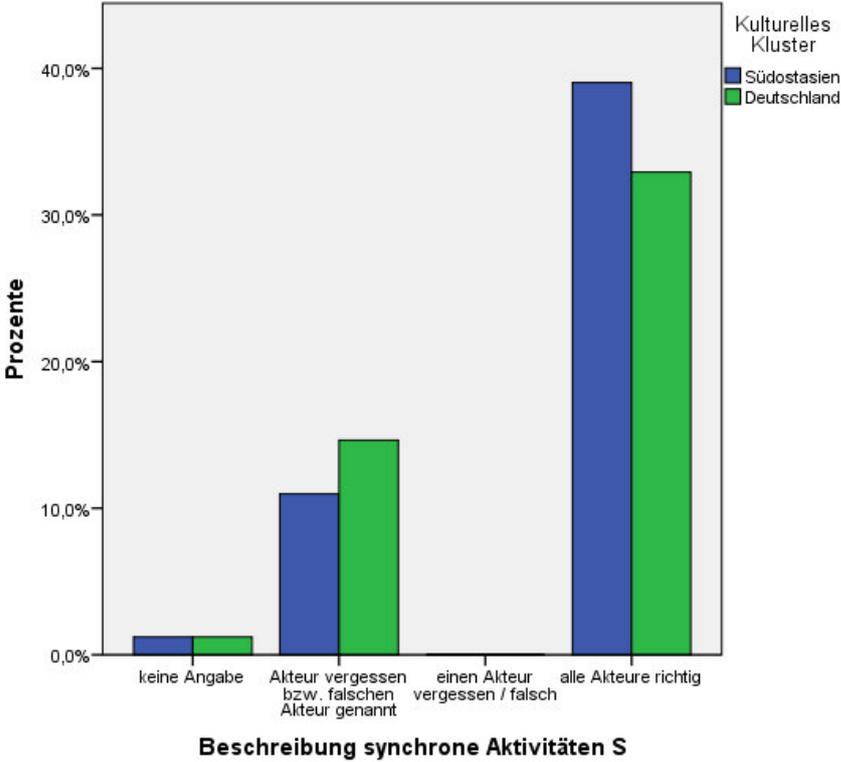


Abbildung 3.168.: Beschreibung der synchronen Aktivitäten

ren, scheint schwieriger als die Identifikation der Aktivitäten selbst, nur 76,2% von S und 67,5% von D identifizieren alle Akteure richtig, 21,4% von S und 30% von D vergessen mindestens einen Akteur oder nennen einen falschen. Die Enthaltungen entsprechen denen bei den Aktivitäten.

3.2.11.5. Parallele Aktivitäten

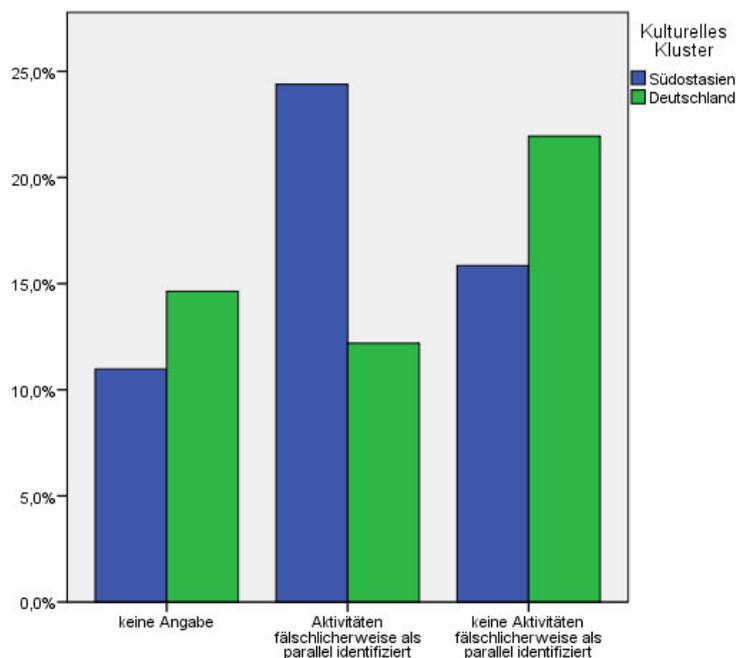


Abbildung 3.169.: Fehlerhaftes Identifizieren von Aktivitäten als parallel

Weder in S1 noch in S2 wurden Aktivitäten parallel dargestellt, dies entspricht dem realen Prozessablauf, in dem keine gleichzeitigen Aktivitäten durchgeführt werden. Dennoch identifizierten 36,6% der Probanden Aktivitäten als parallel ausgeführt, nur 37,8% tun dies nicht, 25,61 % machten keine Angaben. Dabei identifizierten 45 % der Probanden aus Deutschland keine Aktivitäten fälschlicher Weise als parallel und 30,56 % der Probanden aus Südostasien. Von den Probanden aus D machten 30 % keine Angabe, dies taten 22,22 % der Probanden aus SA. Allerdings identifizierten 47,22 % der Probanden aus SA Aktivitäten als parallel, obwohl es keine solchen Aktivitäten gab, dies machten auch 25 % der Probanden aus D.

Somit fand hier ein Drittel der Probanden parallele Aktivitäten, obwohl gar keine existierten. Dies scheint zu zeigen, dass die Identifikation von parallelen Aktivitäten kompliziert ist, da hier ein Teil der Probanden sich durch den für alle drei Modelle gleich aufgebauten Fragebogen zu

einer Angabe zu parallelen Aktivitäten verleiten ließ, obwohl keine der dargestellten Aktivitäten der Darstellung von parallelen Aktivitäten entsprach.

3.2.11.6. Anzahl der Routingelemente

Wie auch im ersten Modell identifizieren viele Probanden (75,6%, D: 72,5 %, SA: 77,78 %) eine falsche Anzahl an Entscheidungen (siehe Abbildung 3.170a), aber 64,6% (D: 65 %, SA: 61,11 %) nennen die richtige Anzahl der Iterationen (siehe Abbildung 3.170b).

3.2.11.7. Iterationen

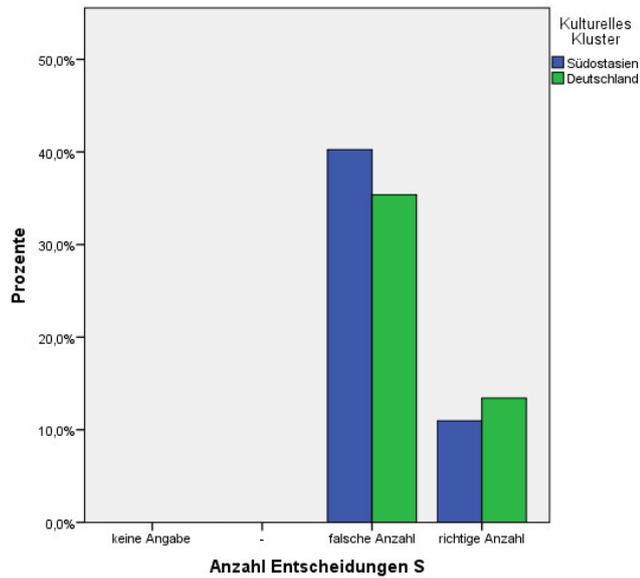
Die Mehrheit der Probanden (63,4%, D: 67,5 %, SA: 61,11 %) erkannte alle Iterationen, weitere 26,8% (D: 17,5%, SA: 36,11%) erkannten immerhin die Hälfte. Gar keine Iteration erkannten 4,9% (D: 10%, SA: 0%) und weitere 4,9% (D: 5%, SA: 2,7%) machten keine Angabe. Bei der Identifikation der iterativen Aktivitäten machten nur wenige Probanden (9,8%, D: 12,5%, SA: 8,33%) keinen Fehler, 11% (D: 12,5%, SA: 8,33%) nannten mehr als die Hälfte der Aktivitäten. Die Mehrheit der Probanden (52,4%, D: 47,5%, SA: 58,3%) nannte die Hälfte der iterativen Aktivitäten, 14,6% (D: 7,5%, SA: 22,22%) weniger als diese. Immerhin 7,3% (D: 15%, SA: 0%) nannten gar keine iterative Aktivität und 4,9% (D: 5%, SA: 2,78%) machten keine Angabe. Im Gegensatz zu den Aktivitäten bereitete die Identifikation der Akteure den meisten Probanden keine Probleme, 53,7% (D: 47,5%, SA: 61,11%) nannten alle Akteure, 2,4% (D: 0%, SA: 5,56%) nannten nur einen falsch oder vergaßen nur einen. Allerdings nannten 39% (D: 47,5%, SA: 30,56%) keinen richtigen Akteur und 4,9% (D: 5%, SA: 2,78%) machten keine Angabe (siehe Abbildung 3.172).

Nur 2,4% (D: 2,5%, SA: 0%) identifizierten eine Iteration an einer falschen Stelle, 92,7% machten dies nicht (D: 92,5%, SA: 97,22%) (siehe Abbildung 3.173). Außerdem machten 3,95% keine Angabe (D: 5%, SA: 2,78%).

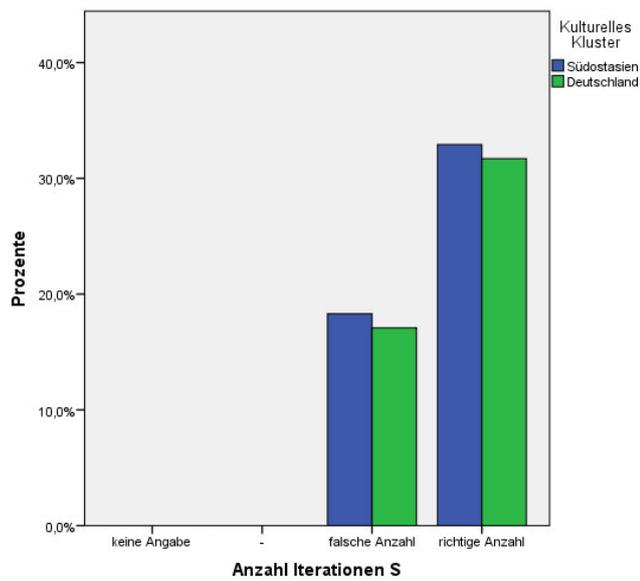
Allgemein beschrieben 12,2% (D: 10%, SA: 16,67%) der Probanden die Iterationsbedingungen richtig. Die meisten Probanden beschrieben zum Teil richtig (57,3%, D: 62,5%, SA: 55,55%) oder nannten keine der Bedingungen (25,6%, D: 22,5%, SA: 25%) (siehe Abbildungen 3.175). Außerdem machten 3,95% keine Angabe (D: 5%, SA: 2,78%).

3.2.11.8. Entscheidungen

Die Mehrheit der Probanden (54,9%, D: 52,5%, SA: 58,33%) erkannte alle Entscheidungen, 40,2% (D: 42,5%, SA: 38,89%) erkannten keine und 4,9% (D: 5%, SA: 2,78%) machten keine Angabe. Allerdings identifizierten 68,3%



(a) Entscheidungen



(b) Iterationen

Abbildung 3.170.: Identifizierte Anzahl von Routingelementen

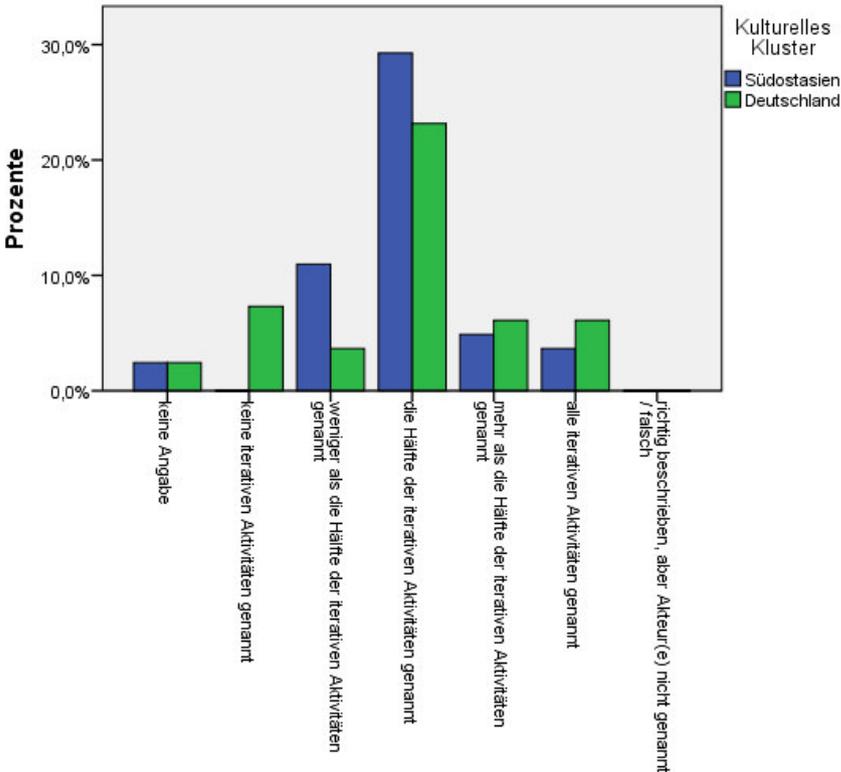


Abbildung 3.171.: Beschreibung der iterativen Aktivitäten

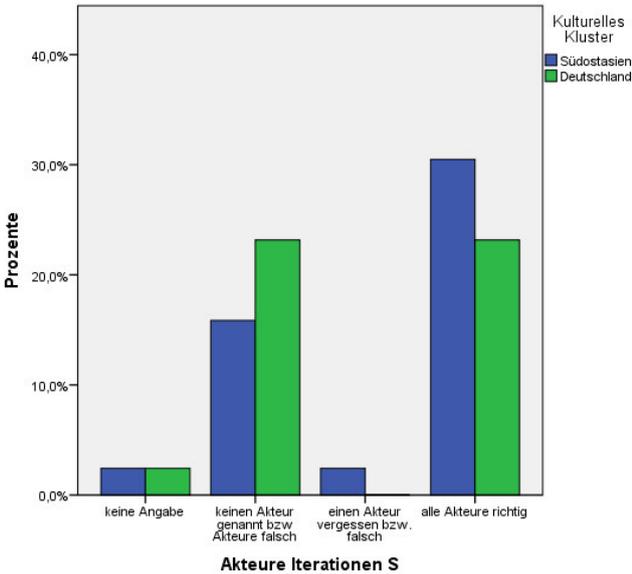


Abbildung 3.172.: Akteure der Iterationen

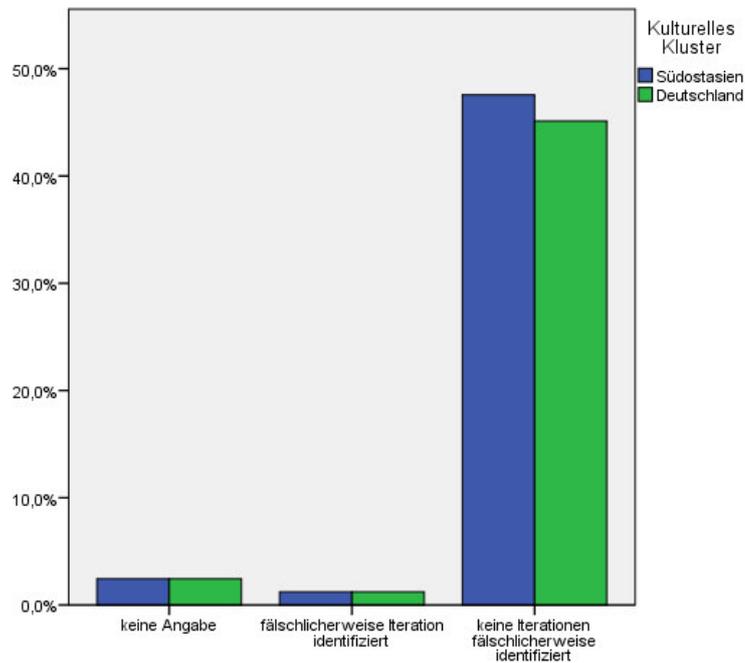


Abbildung 3.173.: Aktivitäten fälschlicherweise als iterativ identifiziert

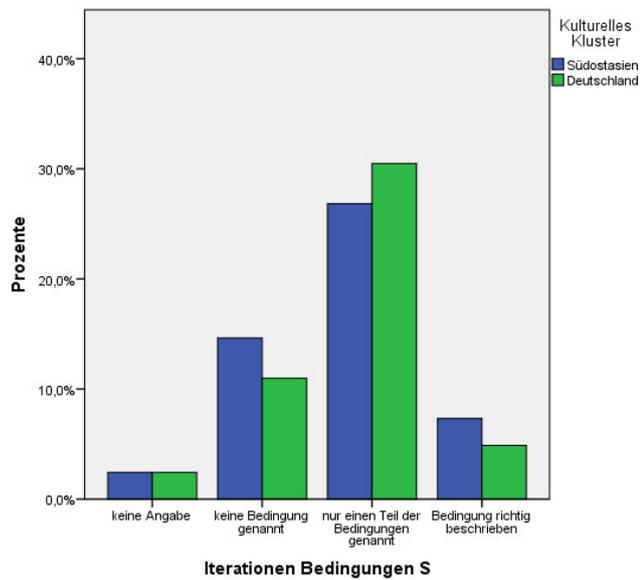


Abbildung 3.174.: Beschreibung der Bedingungen für die Iterationen

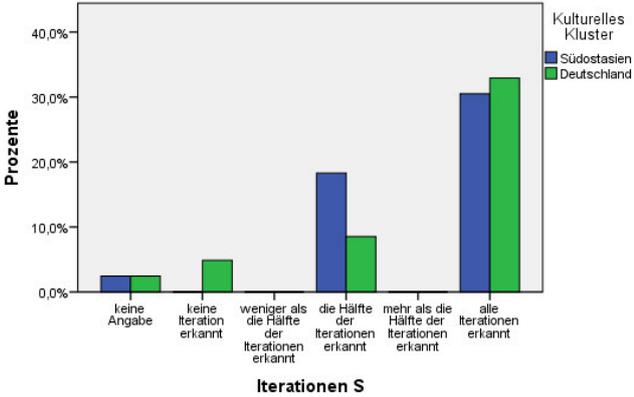


Abbildung 3.175.: Beschreibung der Iterationen

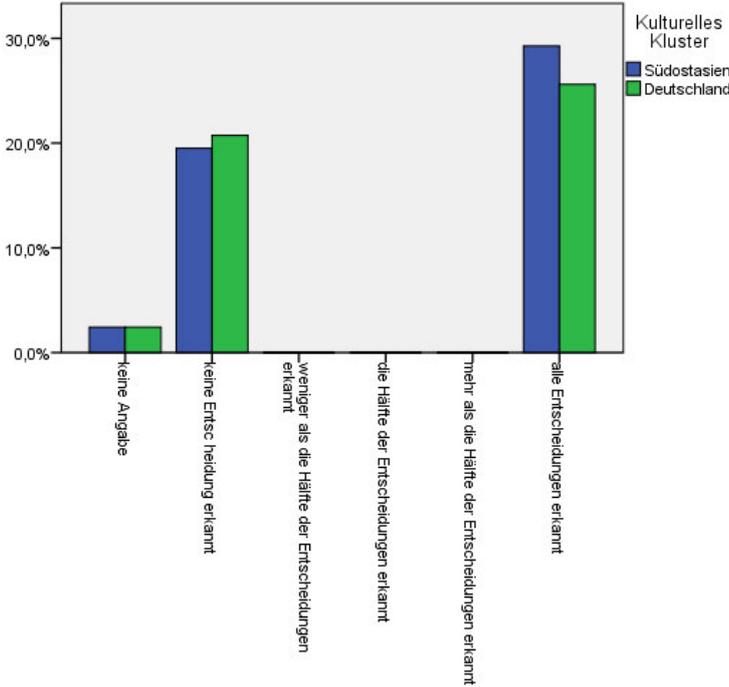


Abbildung 3.176.: Identifikation der Entscheidungen

(D: 60%, SA: 77,78%) Entscheidungen an Stellen, an denen keine abgebildet waren. Nur 25,6% (D: 32,5%, SA: 19,44%) machten diesen Fehler nicht.

Auch die Identifikation der an Entscheidungen beteiligten Akteur fiel

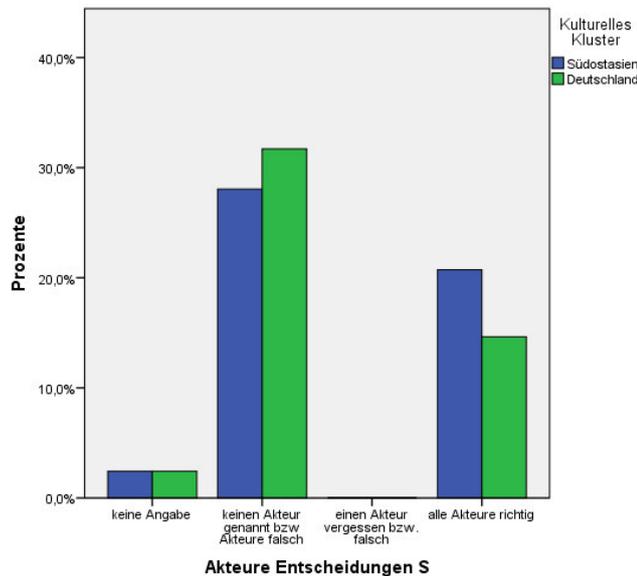
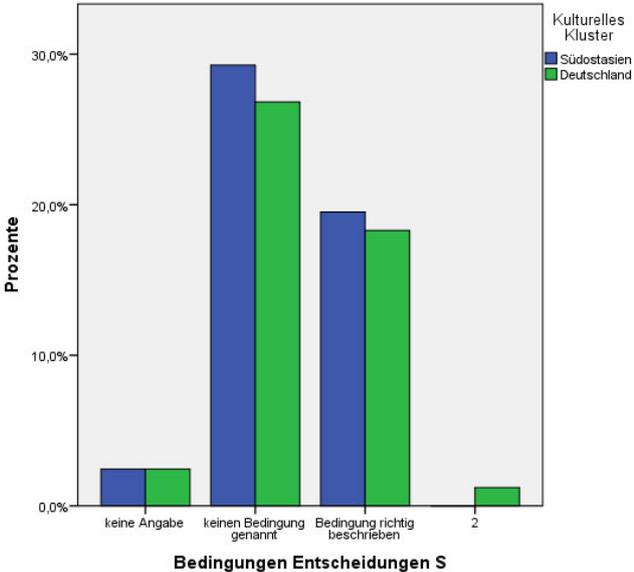


Abbildung 3.177.: Identifikation der Akteure die, die Entscheidungen treffen

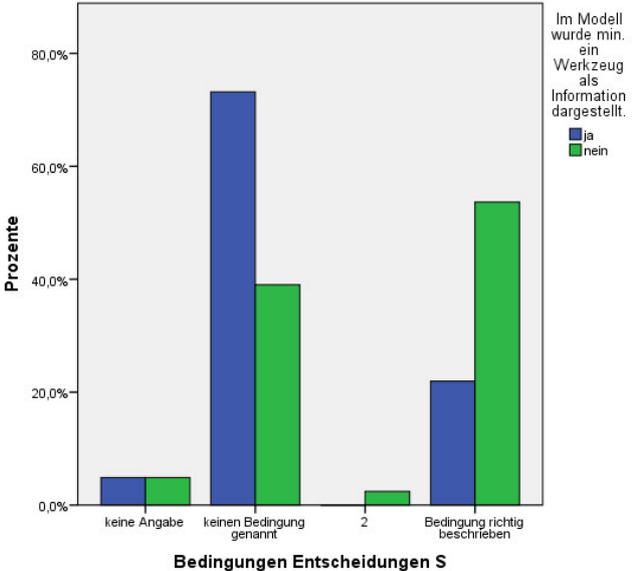
den meisten Probanden (59,8%, D: 65%, SA: 58,33%) schwer, sie nannten gar keinen Akteur oder die falschen. Nur 35,4% (D: 30%, SA: 38,89%) nannten hier die richtigen Akteure (siehe Abbildung 3.177).

Die richtigen Bedingungen für die Entscheidungen zu benennen, schafften nur 37,8% (D: 37,5%, SA: 36,11%), weitere 1,2% (D: 2,5%, SA: 0%) benannten wenigstens einen Teil der Entscheidungen. Die Mehrheit der Probanden (56,1%, D: 55%, SA: 61,11%) nannte allerdings keine richtige Bedingung (siehe Abbildung 3.178a).

Ob die Probanden die Bedingungen der Entscheidungen richtig identifizierten steht in schwacher Beziehung dazu, welche Variante betrachtet wurde (siehe Abbildung 3.178b) (Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,101, Signifikanz: 0,000). Für S1 beschrieben 22% die Bedingungen richtig, 73,2% nannten keine der Bedingungen und 4,9% machten keine Angabe. Für S2 beschrieben 53,7% die Entscheidungen richtig, weitere 2,4% beschrieben immerhin einen Teil der Bedingungen richtig; 39,0% nannten in diesem Fall keine der Bedingungen und 4,9% machten keine Angaben.



(a) kulturelles Cluster



(b) Modellvariante

Abbildung 3.178.: Beschreibung der Entscheidungsbedingungen bezogen auf verschiedene Merkmale, (2 = teilweise richtig)

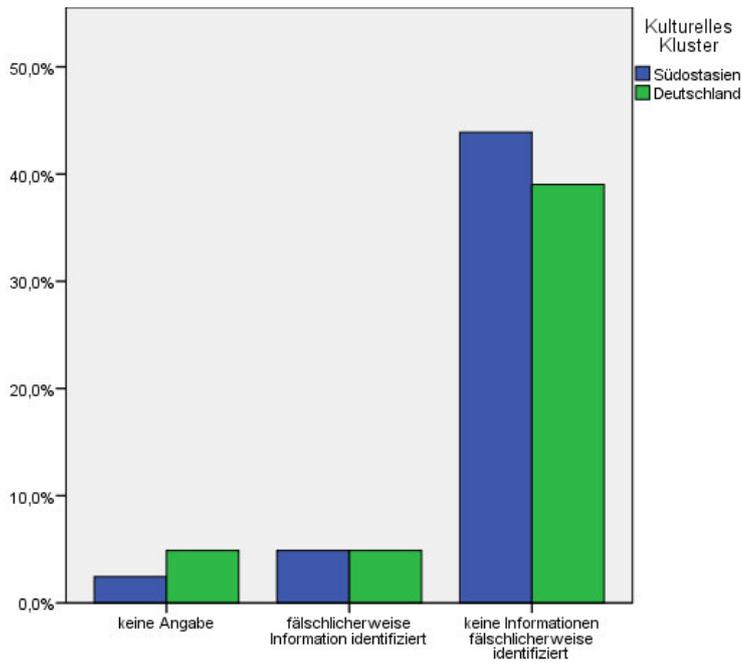


Abbildung 3.179.: Fälschliche Identifikation von Elementen als Information

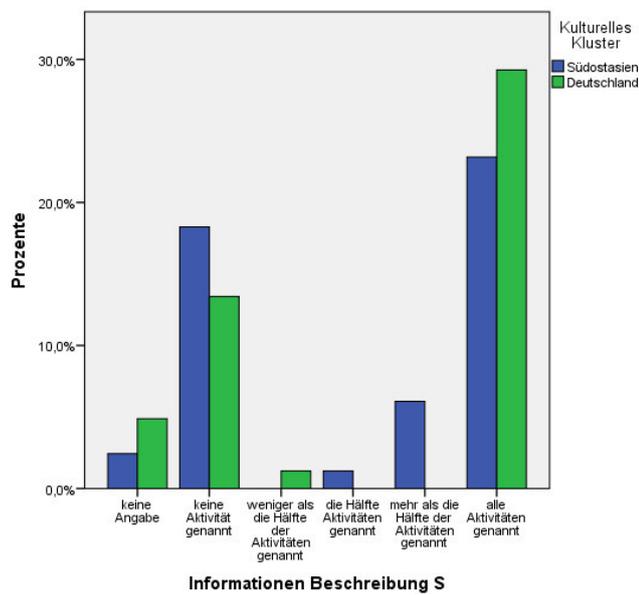


Abbildung 3.180.: Beschreibung der Informationen

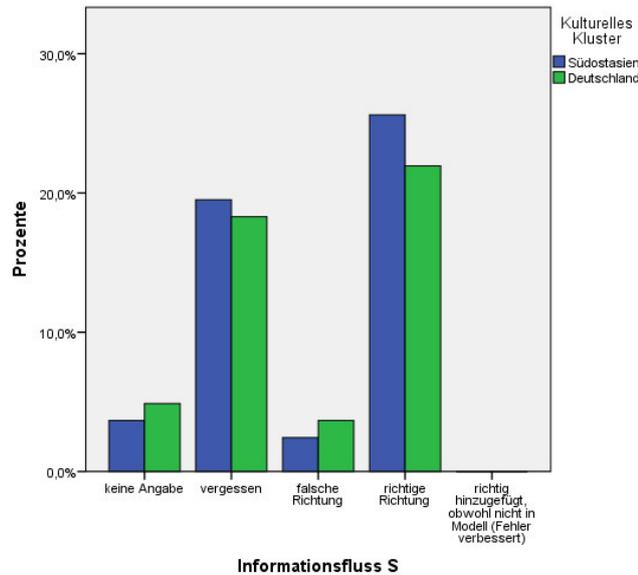


Abbildung 3.181.: Identifikation des Informationsflusses

3.2.11.9. Informationen

Ungefähr ein Drittel der Probanden (31,7%), D: 35%, SA: 27,78%) identifizierte alle Informationen, ein weiteres knappes Drittel (30,5%, D: 27,5%, SA: 36,11%) mehr als die Hälfte der Informationen. Weitere 14,6% (D: 15%, SA: 16,67%) erkannten die Hälfte der Informationen richtig und 8,5% (D: 7,5%, SA: 8,33%) zwar weniger als die Hälfte, aber immerhin einen Teil der Informationen. Nur 7,3% (D: 5%, SA: 8,33%) erkannten gar keine der Informationen und weitere 7,3% (D: 10%, SA: 2,78%) machten keine Angabe.

Die meisten Probanden (82,9%, D: 80%, SA: 91,67%) identifizierten keine anderen Elemente als Informationen, dies taten nur 9,8% (D: 10%, SA: 5,56%) (siehe Abbildung 3.179).

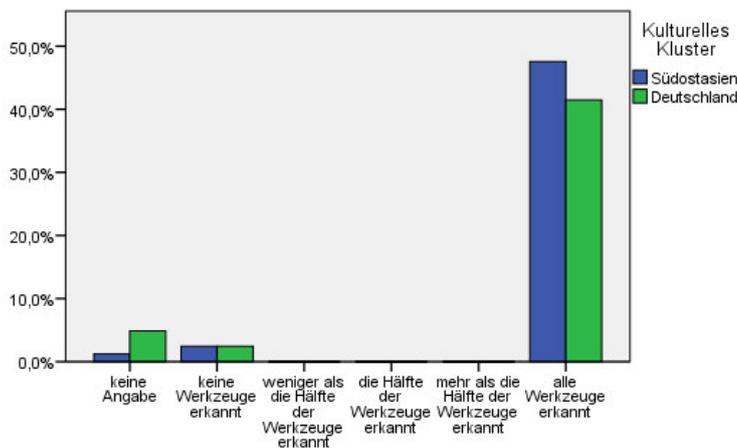
Zu den von ihnen genannten Informationen nannten 52,4% (D: 60%, SA: 47,22%) alle Aktivitäten, die diese erzeugten oder benötigten. Weitere 6,1% (D: 0%, SA: 11,11%) nannten mehr als die Hälfte dieser Aktivitäten, noch einmal je 1,2% (D: 0%, SA: 2,78%) die Hälfte oder weniger als die Hälfte. Allerdings nannten 31,7% (D: 27,5%, SA: 36,11%) gar keine der Aktivitäten (siehe Abbildung 3.180).

Knapp die Hälfte der Probanden (47,6%, D: 45%, SA: 52,78%) identifiziert den Informationsfluss richtig, 37,8% (D: 37,5%, SA: 41,67%) nennen ihn nicht und 6,1% (D: 10%, SA: 5,56%) interpretieren ihn falsch herum (siehe Abbildung 3.181).

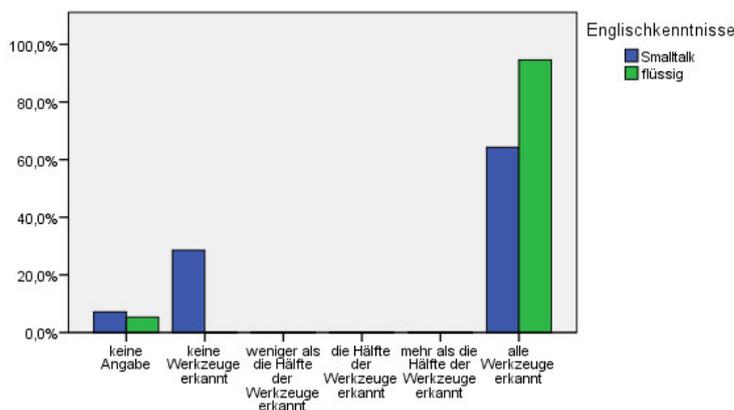
Im Simulationsmodell scheint die Identifikation von Informationen und den zugehörigen Aktivitäten relativ einfach zu sein, allerdings gaben Pro-

banden nicht an, ob die Informationen von der jeweiligen Aktivität erzeugt oder benötigt werden.

3.2.11.10. Werkzeuge



(a) kulturelles Cluster



(b) Englischkenntnisse

Abbildung 3.182.: Identifikation der Werkzeuge bezogen auf verschiedene Merkmale

Fast alle Probanden (89%, D: 85%, SA: 97,22%) identifizierten alle Werkzeuge, nur 4,9% (D: 5%, SA: 2,78%) erkannten kein Werkzeug richtig und 6,1% (D: 10%, 0%) machten keine Angabe (siehe Abbildung 3.182a).

Die Identifikation von Werkzeugen steht für das Simulationsmodell in einer schwachen Beziehung zu den Englischkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.182b) (Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,133, Signifikanz: 0,000; Unsicherheitskoeffizient: 0,233, Signifikanz: 0,001). Von E2 erkannten 94,6% alle Werkzeuge, die restlichen machten keine Angabe. Im Ge-

gensatz hierzu erkannten von E1 nur 64,3% alle Werkzeuge und 28,6% erkannten kein einziges, während 7,1% keine Angabe machten.

Allerdings nennen nur 73,2% (D: 72,5%, SA: 77,78%) alle zu den Werk-

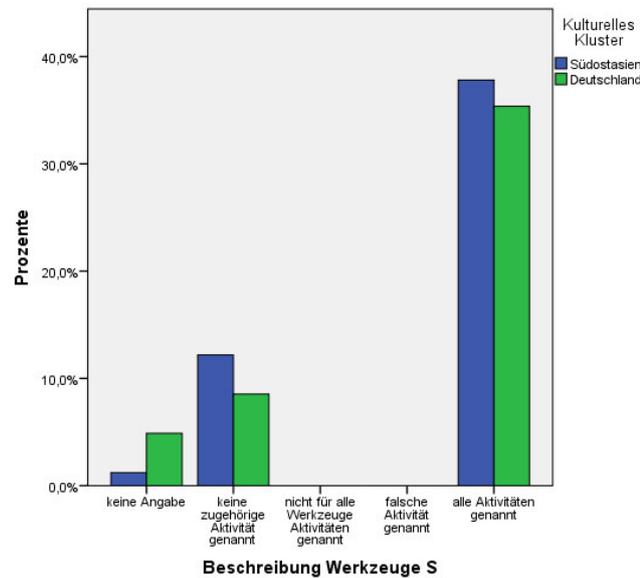


Abbildung 3.183.: Zuordnung der Werkzeuge zu Aktivitäten

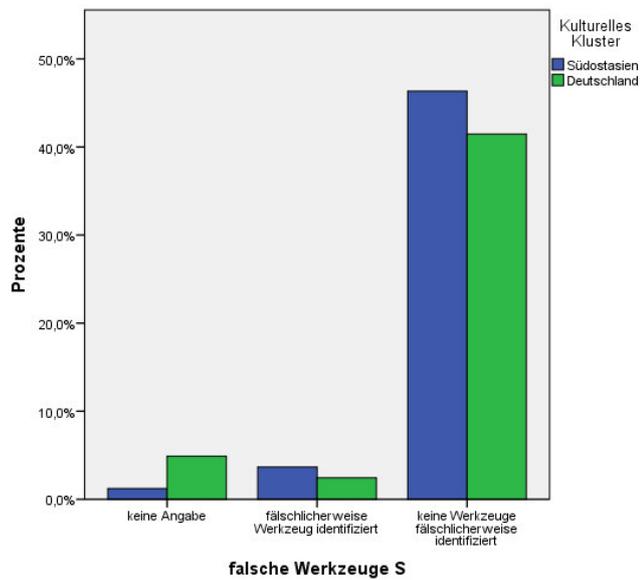
zeugen gehörenden Aktivitäten, 20,7% (D: 17,5%, SA: 22,22%) nennen keine (siehe Abbildung 3.183. Keine Angaben machten 5,56% der Probanden (D: 10%, SA: 0%).

Auch identifizierten die meisten Probanden (87,8%, D: 85%, SA: 97,22%) keine anderen Elemente als Werkzeuge, die taten nur 6,1% (D: 5%, SA: 2,78%) (siehe Abbildung 3.184a).

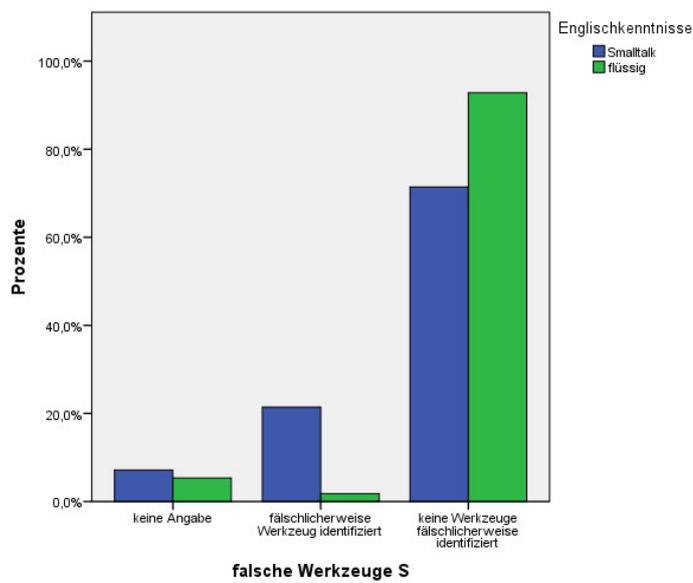
Für die Nennung falscher Werkzeuge besteht ebenfalls eine schwache Beziehung zu den Englischkenntnissen (siehe Abbildung 3.184b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,103, Signifikanz: 0,043). Hier nannten 92,9% von E2 kein falsches Werkzeug, aber nur 71,4% von E1. Falsche Werkzeuge nannten 21,4% von E1 und nur 1,8% von E2. Die restlichen Probanden machten keine Angabe zu den Werkzeugen.

3.2.11.11. Schwachstelle

Knapp drei Viertel der Probanden (74,4%, D: 70%, SA: 83,33%) erkannten die Schwachstelle, 9,8% (D: 10%, SA: 11,11%) erkannten keine Schwachstelle im Modell und 15,9% (D: 20%, SA: 5,56%) machten keine Angabe (siehe Abbildung 3.185a). Für die Identifikation der Schwachstelle besteht eine schwache Beziehung zu den Englischkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.186) (Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,110,

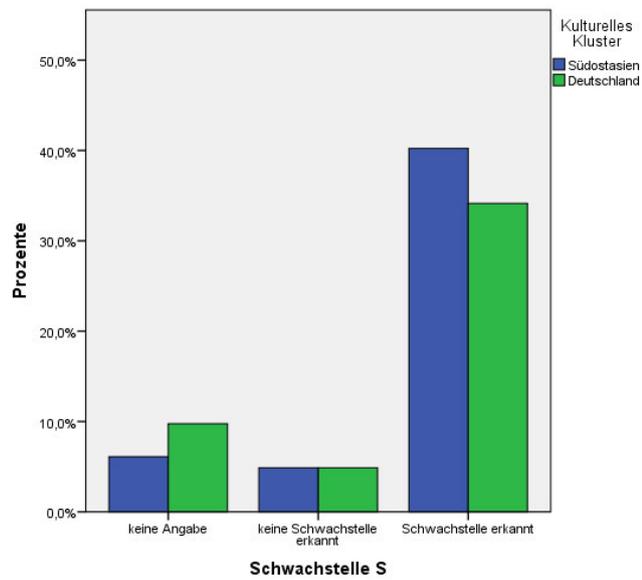


(a) kulturelles Cluster

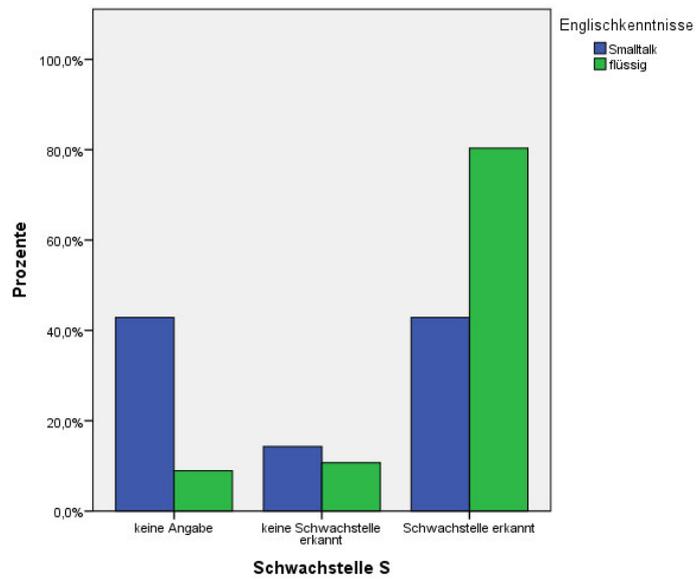


(b) Englischkenntnisse

Abbildung 3.184.: Identifikation von anderen Elementen als Werkzeuge bezogen auf verschiedene Merkmale



(a) kulturelles Cluster



(b) Englischkenntnisse

Abbildung 3.185.: Identifikation der Schwachstelle bezogen auf verschiedene Merkmale

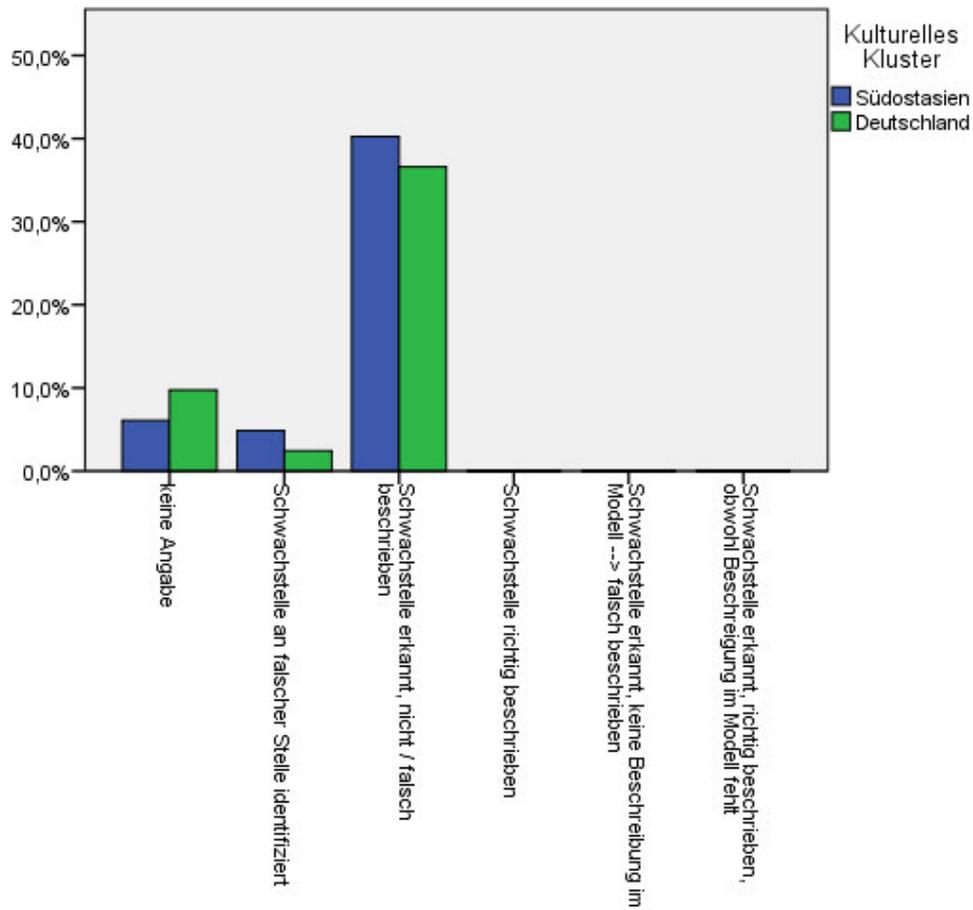


Abbildung 3.186.: Falsche Schwachstelle

Signifikanz: 0,001). Von E2 erkannten 85,7% die Schwachstelle richtig, beschrieben sie aber gar nicht oder falsch, dies gilt für 50% von E1. Weitere 7,1% von E1 und 5,4% von E2 identifizierten die Schwachstelle an einer falschen Stelle im Modell und 8,9% von E2 und 42,9% von E1 machten keine Angabe.

Allerdings beschrieben auch die meisten Probanden, die die Schwachstelle erkannten, diese nicht oder falsch (81,58%, D: 77,5%, SA: 86,11%) (siehe Abbildung 3.186). Weitere 5,26% identifizierten eine Schwachstelle an der falschen Stelle (D: 2,5%, SA: 8,33%). Keine Angaben zu dieser Frage machten 13,16% (D: 20%, SA: 5,56%).

Das eigentliche Erkennen der Schwachstelle in dieser Aufgabe ist scheinbar einfach, während die Erklärung, warum an dieser Stelle ein Schwachpunkt im Prozess ist, für die Probanden nicht ersichtlich zu sein scheint.

3.2.11.12. Endpunkte

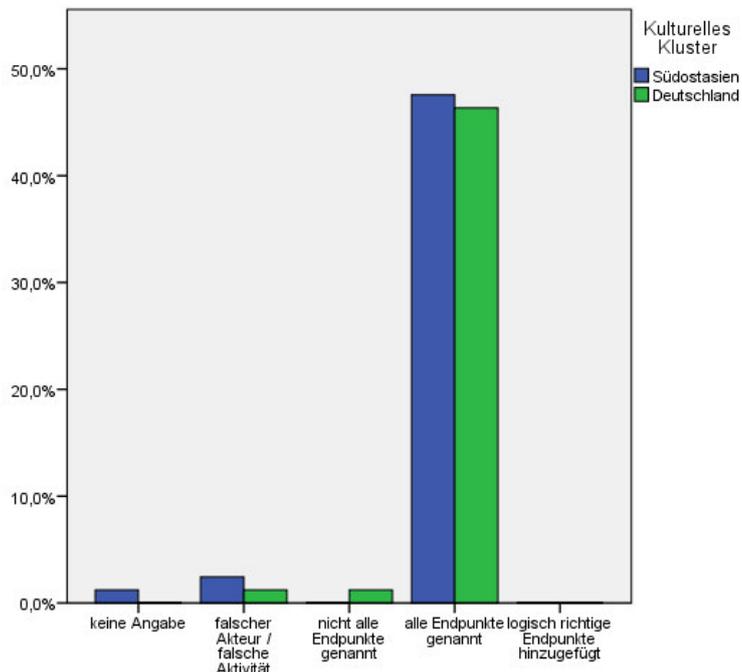
Fast alle Probanden (93,9%) erkannten alle Endpunkte des Modells, nur 1,2% nannten nicht alle Endpunkte und 3,7% nannten keinen Endpunkt richtig, 1,2% machten keine Angabe (siehe Abbildung 3.187a). Es besteht aber eine schwache Beziehung zu den Modellierungsvorkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.187b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,172, Signifikanz: 0,044). Interessanter Weise machten hier weniger Probanden ohne Vorerfahrung Fehler, als solche mit. Von den Probanden der Gruppe M1 nannten 97,9% alle Endpunkte des Modells, aber nur 88,6% von M2, 2,1% von M1 machten keine Angabe. Von M2 nannten 2,9% nicht alle Endpunkte und 8,6% identifizierten keinen Endpunkt richtig.

3.2.11.13. Anmerkungen

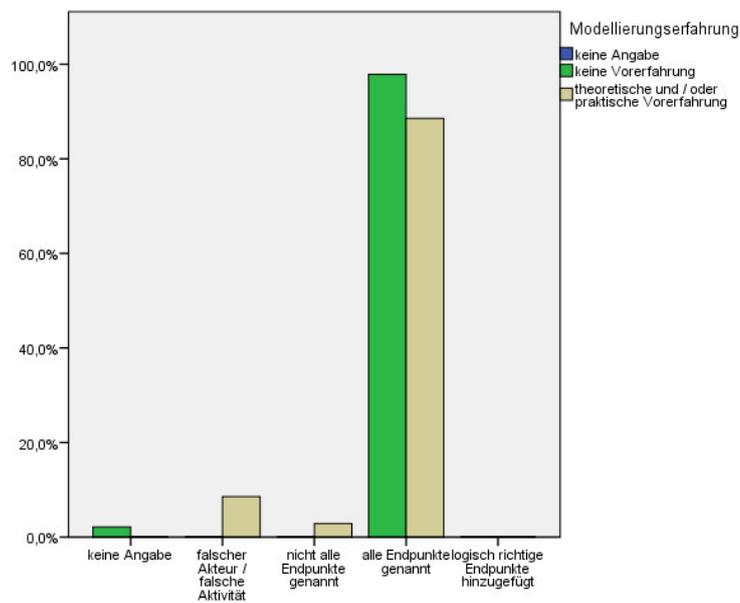
Abbildung 3.188 zeigt, welche Anmerkungen die Probanden als Anmerkungen oder Schwierigkeiten, dabei wurden diese in die gleichen Kategorien eingeteilt wie auch für das Autovermietungsmodell. Diese werden im Folgenden genauer betrachtet.

Allgemein gaben 3,7% der Probanden an, das Modell überhaupt nicht zu verstehen, auffällig ist, dass alle Probanden, die dies sagten, dem Cluster D zugeordnet werden konnten. Alles verstanden zu haben, meinten 14,6%, dabei lag der Prozentsatz der Probanden aus SA ungefähr doppelt so hoch wie der der Probanden aus D. Einige Probanden stellten Fragen oder machten Anmerkungen, dies taten 8,5%.

Den Grundaufbau des Modells nannten 3,7% der Probanden als Schwierigkeit, auch hierbei lag der Prozentsatz der Probanden aus SA deutlich höher als der der Probanden aus D. Interessant ist, dass 1,2% der Probanden den Grundaufbau als Vereinfachung empfanden, dies waren aus-



(a) kulturelles Cluster



(b) Modellierungsexpertise

Abbildung 3.187.: Identifikation der Endpunkte bezogen auf verschiedene Merkmale

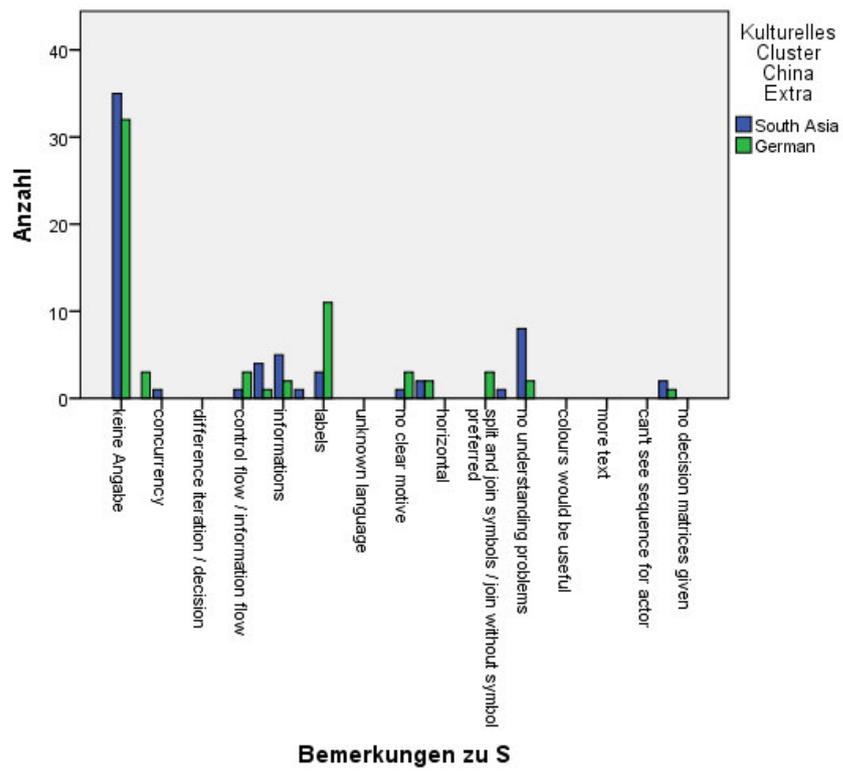


Abbildung 3.188.: Bemerkungen der Probanden zum Simulationsmodell

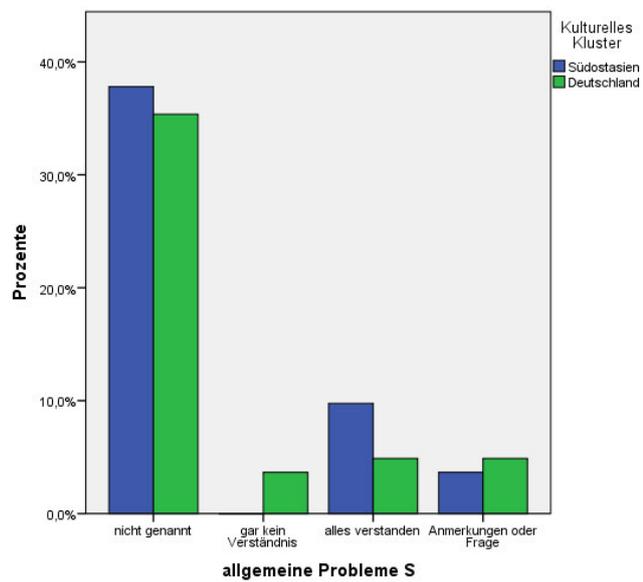


Abbildung 3.189.: Allgemeine Probleme

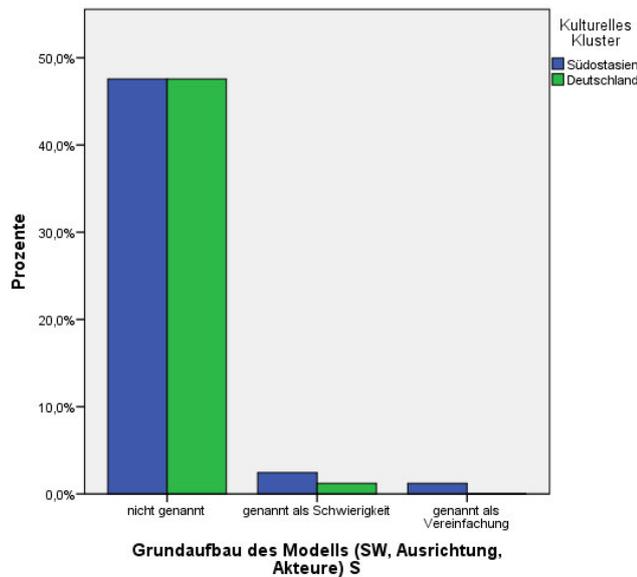


Abbildung 3.190.: Grundaufbau

schließlich Probanden aus SA.

Die meisten Probanden nannten parallele und synchrone Aktivitäten nicht als Schwierigkeit, dies taten nur 2,4%. Die doppelte Anzahl an Probanden (4,9%) gaben an, Schwierigkeiten mit Iterationen und Entscheidungen gehabt zu haben. Hier findet sich eine schwache Abhängigkeit vom kulturellen Cluster der Probanden (siehe Abbildung 3.191) (Unsicherheitskoeffizient: 0,186, Signifikanz: 0,015). Nur Probanden aus D nannten diesen Punkt als Schwierigkeit (10%).

Für die Nennung von Iterationen / Entscheidungen in den Anmerkungen, was im Modell Schwierigkeiten bereitet hat, besteht eine schwache Beziehung zur Länge des Aufenthaltes in Deutschland (siehe Abbildung 3.192c) (Unsicherheitskoeffizient: 0,198, Signifikanz: 0,47). Diese zeichnet sich darin aus, dass nur Probanden von D3 diese nannten (11,4%).

Eine mittlere Beziehung für diese Nennung besteht unter Betrachtung des Abschlusses der Probanden (siehe Abbildung 3.192a) (Unsicherheitskoeffizient: 0,247, Signifikanz: 0,045). Iterationen und / oder Entscheidungen wurden nur von Probanden der Gruppe Ba1 genannt (11,1%).

Bei der Beschriftung der Elemente und des Modells empfanden 17,1% der Probanden, dass mehr Text oder weniger Abkürzungen, Schwierigkeiten vermieden hätten, dabei überwog der Anteil der Probanden aus D an dieser Gruppe.

Die Parameter nannten 14,6% der Probanden als schwierig in diesem Modell, dabei empfand ein höherer Prozentsatz der Probanden aus SA

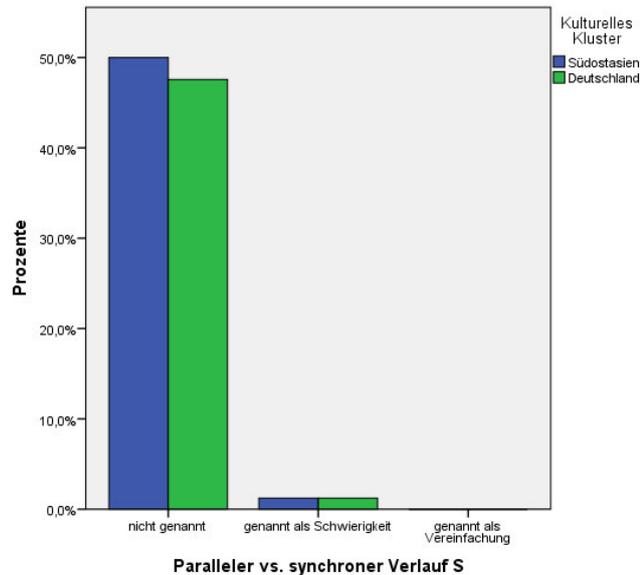
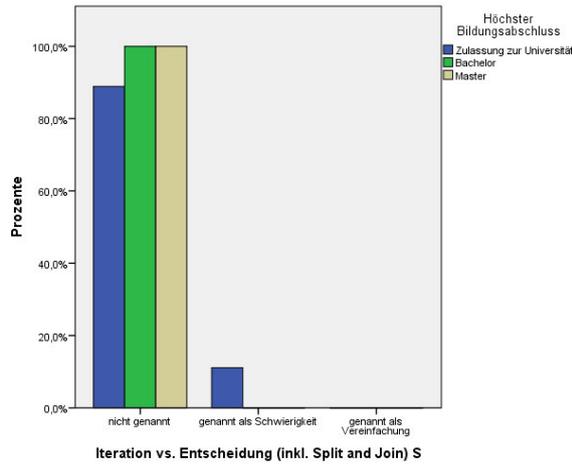


Abbildung 3.191.: Nennung von Parallelitäten und Synchronitäten als Schwierigkeit

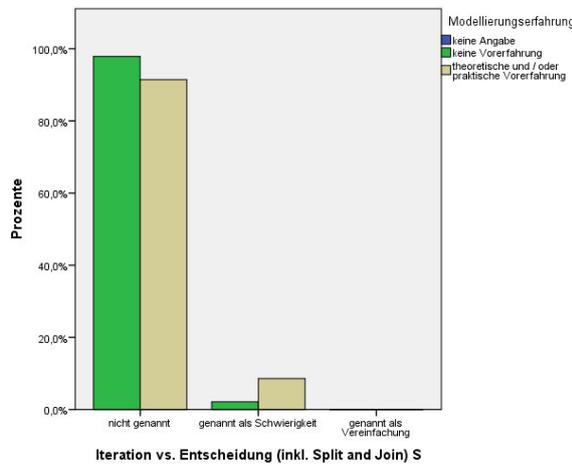
Parameter als Schwierigkeit als aus D. Die Nennung von Parametern als Schwierigkeit im Simulationsmodell steht in einer schwachen Beziehung zum Abschluss (Unsicherheitskoeffizient: 0,106, Signifikanz: 0,037). Diese nannten 7,4% von Ba1 und 24,3% von Ba2, während kein Proband mit Masterabschluss die Parameter in diesem Modell als schwierig empfand.

Kontroll- und Informationsflüsse nannten 6,1% der Probanden als Schwierigkeit, hier ist der Prozentsatz der Probanden aus D leicht höher als der der Probanden aus SA.

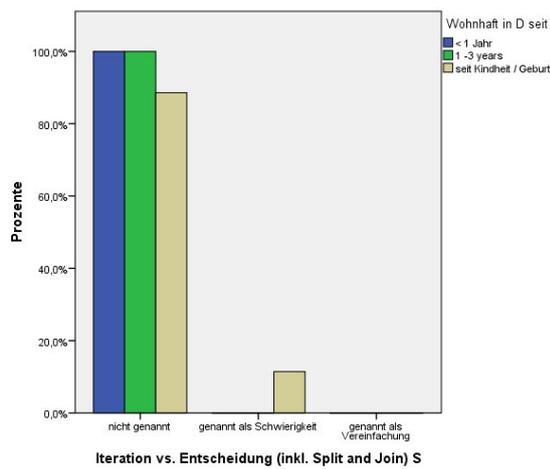
3. Empirische Untersuchungen



(a) Abschluss



(b) Modellierungsexpertise



(c) Aufenthaltsdauer in Deutschland

Abbildung 3.192.: Nennung von Iterationen und Entscheidungen als Schwierigkeit bezogen auf verschiedene Merkmale

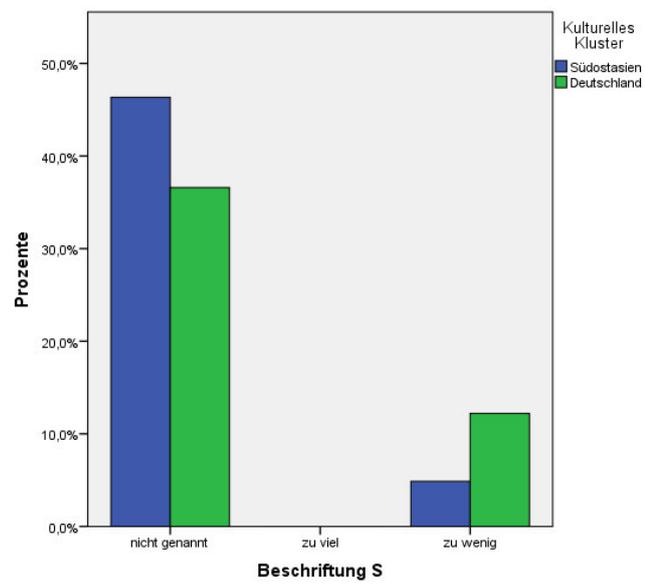
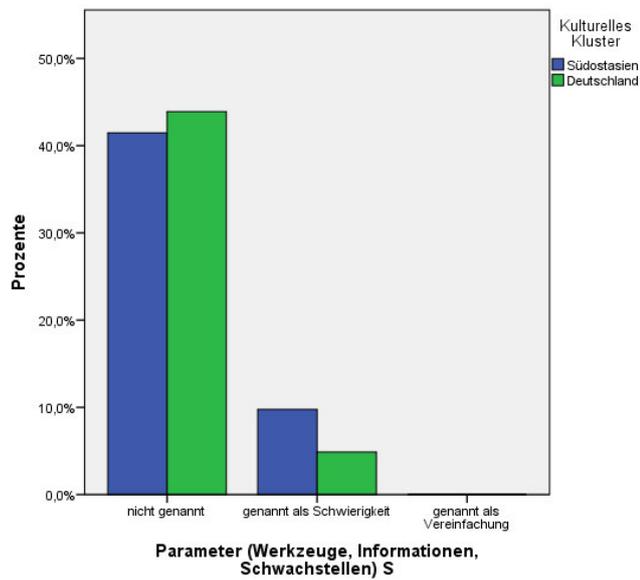
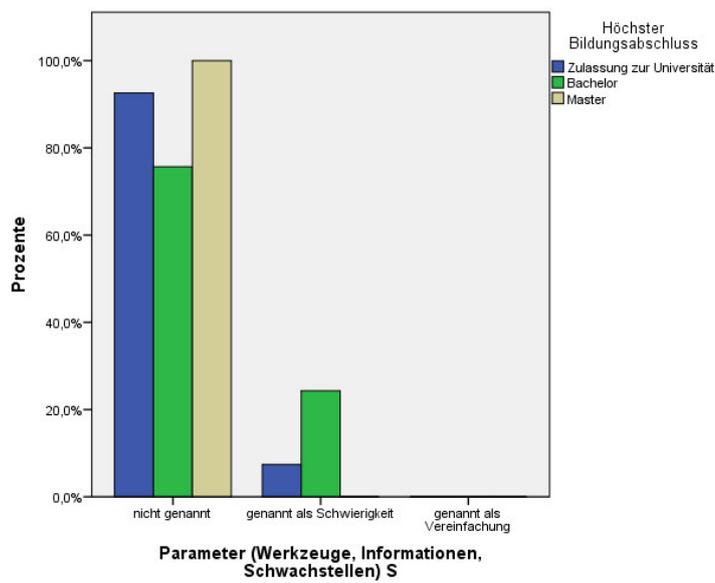


Abbildung 3.193.: Beschriftung



(a) kulturelles Cluster



(b) Abschluss

Abbildung 3.194.: Nennung von Parametern als Schwierigkeit bezogen auf verschiedene Merkmale

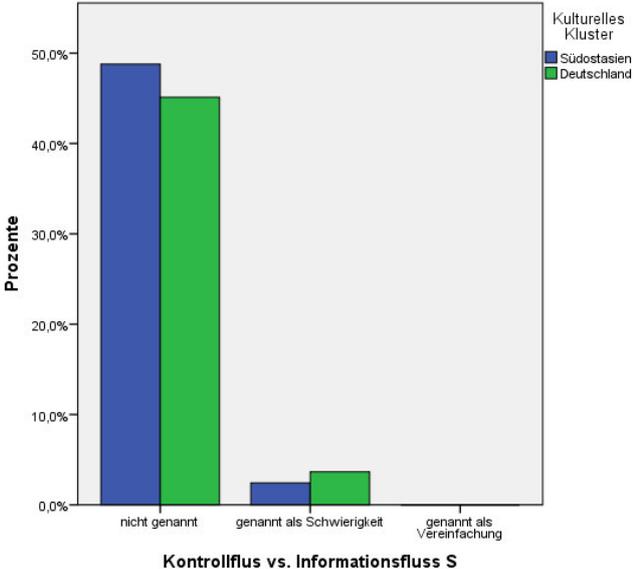


Abbildung 3.195.: Flüsse

3.2.12. Diamantenmodell

Das Diamantenmodell wurde ebenfalls in zwei Varianten herausgegeben. Dabei waren in der ersten Variante 1 (D1) folgende Fehler:

- i) Der Modellierer hat sehr viel Text abgekürzt, bleibt dabei allerdings verständlich.
- ii) Es wurde eine zusätzliche synchrone Aktivität eingefügt.
- iii) Es wurde eine zusätzliche Entscheidung eingefügt.
- iv) Es wurden drei weitere zusätzliche Aktivitäten eingefügt.
- v) Die Parallelisierung liegt an falscher Stelle im Modell.
- vi) Eine Information fehlt.
- vii) Die Schwachstelle ist nicht beschrieben.
- viii) Ein Kontrollfluss fehlt.
- ix) Ein Endpunkt fehlt.
- x) Die Iteration wird ohne Raute geschlossen.

In der zweiten Variante des Modells (D2) sind folgende Fehler:

- i) Es ist horizontal dargestellt.
- ii) Der Modellierer benutzt viele Abkürzungen, auch unverständliche.
- iii) Es werden zu viele Parallelisierungen dargestellt.
- iv) Ein Informationsfluss fehlt.
- v) Die Iteration wird ohne Raute geschlossen.

3.2.12.1. Modellbeschreibung

Das Diamantenmodell wurde von nur 10,98% der Probanden richtig beschrieben, 26,83% beschrieben es fast richtig und 34,15% erkannten wenigstens einen Teil des Modells richtig (siehe Abbildung 3.196). Nur geringe Übereinstimmungen mit dem realen Prozess fand sich in den Modellbeschreibungen von 23,17% der Probanden und bei 2,44% gab es keinerlei Übereinstimmung. Weitere 2,44% machten keinerlei Angaben. Dabei ist die Qualität der Modellbeschreibung abhängig vom kulturellen Cluster der Probanden (Cramer-V: 4,20, Signifikanz: 0,20; Goodman- und-Kruskal-Tau: 0.047, Signifikanz: 0,003). Probanden aus Deutschland

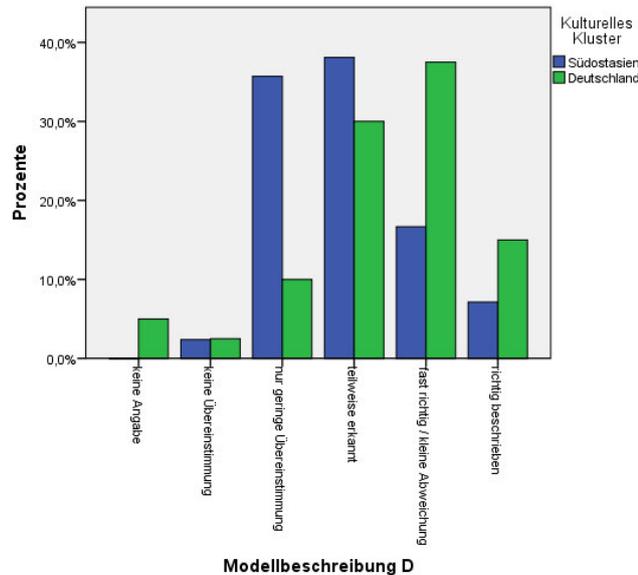


Abbildung 3.196.: Qualität der Modellbeschreibung

beschrieben das Diamantenmodell genauer als solche aus Südostasien. So beschrieben 15% von D das Modell richtig, aber nur 7,14% von SA. Des Weiteren beschrieben 37,50% von D das Modell fast richtig, aber nur 16,67% von SA. Teilweise richtig beschrieben 30% von D das Modell teilweise richtig und 38,1% von SA. Nur grobe Übereinstimmungen mit dem wirklichen Prozessablauf wiesen die Modellbeschreibungen von 10% der Probanden aus D und 35,71% der Probanden aus SA auf, keinerlei Übereinstimmung fand sich in den Beschreibungen von 2,5% von D und 2,38% von SA. Keinerlei Angabe machten 5% von D aber kein Proband von SA.

3.2.12.2. Akteure

Die meisten Probanden (86,59%, D: 87,5%, SA: 85,71%) nannten die richtige Anzahl an Akteuren, 11% (D: 5%, SA: 11,9%) die falsche (siehe Abbildung 3.197).

Auch erkannten die meisten Probanden (82,93%, D: 82,50%, SA: 4,76%) alle Akteure; 2,4% (D: 0%, SA: 4,76%) erkannten mehr als die Hälfte. Der Prozentsatz der Probanden, die jeweils die Hälfte, weniger als die Hälfte oder gar keinen Akteur erkannten beträgt 2,44% (D: 2,5%, SA: 2,38%). Die Option "Ich weiß es nicht" (-1 in 3.198) wählten 2,44% der Probanden (D: 0%, SA: 4,76%), 4,88% aller Probanden (D: 10%, SA: 0%) machten keine Angabe.

Das Erkennen der Akteure scheint im Diamantenmodell somit eher einfach zu sein.

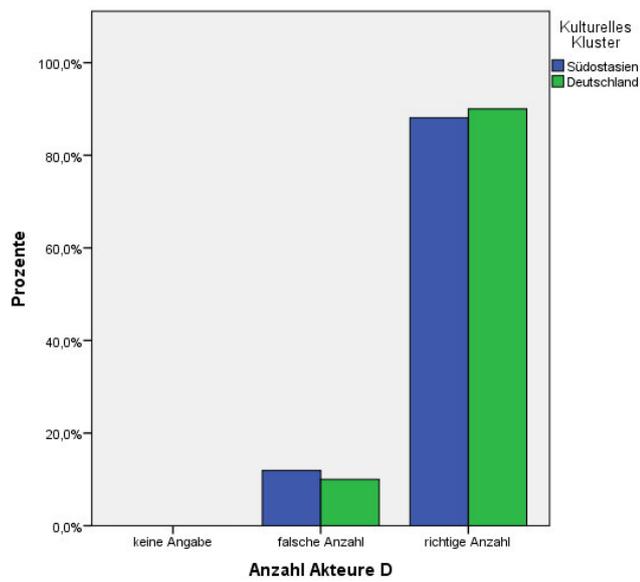


Abbildung 3.197.: Anzahl der genannten Akteure

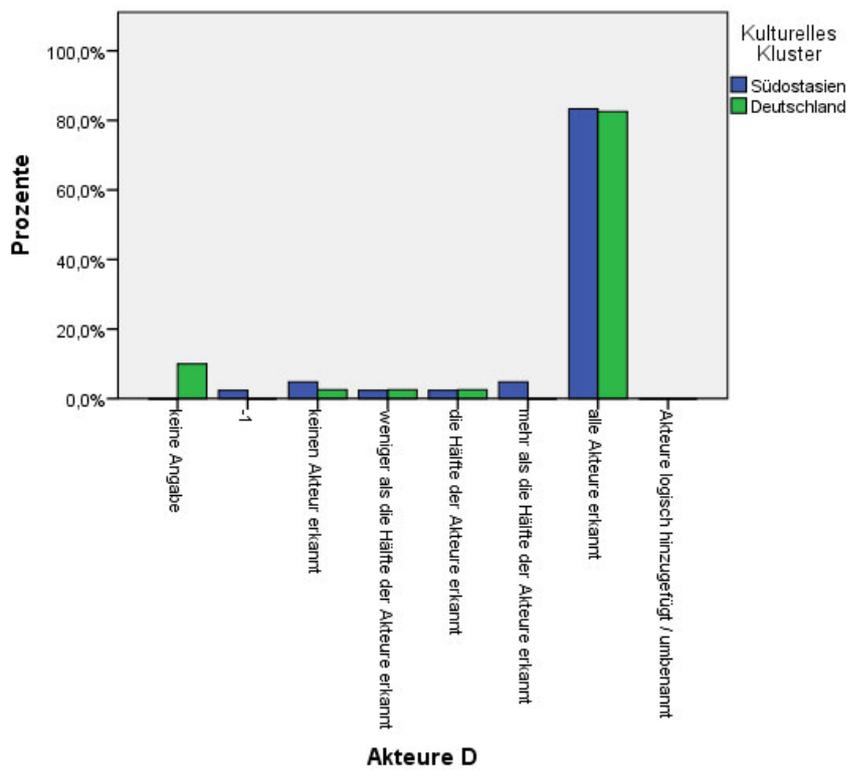


Abbildung 3.198.: Benannte Akteure (-1: weiß nicht)

3.2.12.3. Startpunkt

Fast alle Probanden (93,9%, D: 100%, SA: 88,1%) identifizierten den Startpunkt, nur 6,1% (D: 0%, SA: 11,9%) nannten einen falschen Akteur oder eine falsche Aktivität. Hier besteht eine schwache Abhängigkeit vom kulturellen Cluster der Probanden (siehe Abbildung 3.199a) (Unsicherheitskoeffizient: 0,186, Signifikanz: 0,008), da nur Probanden aus S nannten eine falsche Aktivität oder einen falschen Akteur nannten.

Die richtige Identifikation des Startpunkts steht in schwacher Beziehung zum Kulturellen Cluster der Probanden der Altersgruppe A1 (siehe Abbildung 3.199b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,177, Signifikanz: 0,43). Hier benannten alle Probanden der Gruppe D/A1 Akteur und Aktivität richtig, für SA/A1 waren es nur 89,3%.

3.2.12.4. Synchrone Aktivitäten

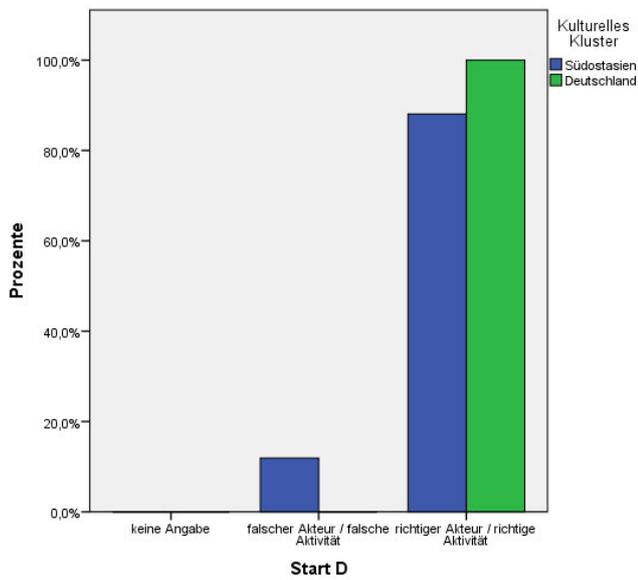
Die meisten Probanden (84,15%, D: 77,50, SA: 90,48) identifizierten alle gemeinsam ausgeführten Aktivitäten, weitere 2,4% (D: 5%, SA: 0%) die Hälfte. Insgesamt 8,5% (D: 12,5%, SA: 4,76%) erkannten keine der synchronen Aktivitäten und 4,88% (5%, SA: 4,76%) machten keine Angabe hierzu (siehe Abbildung 3.200a).

Die Identifikation von synchron ausgeführten Aktivitäten steht in schwacher Beziehung zum Kulturellen Cluster für die Probanden der Altersgruppe A1 (siehe Abbildung 3.200c) (Unsicherheitskoeffizient: 0,184, Signifikanz: 0,049). Hier erkannten alle Probanden der Gruppe SA/A1 alle synchronen Aktivitäten, aber nur 80,8% der Gruppe D/A1. Von D/A1 erkannten 3,8% die Hälfte der synchronen Aktivitäten, 11,5% keine von diesen und 1,9% enthielten sich einer Angabe.

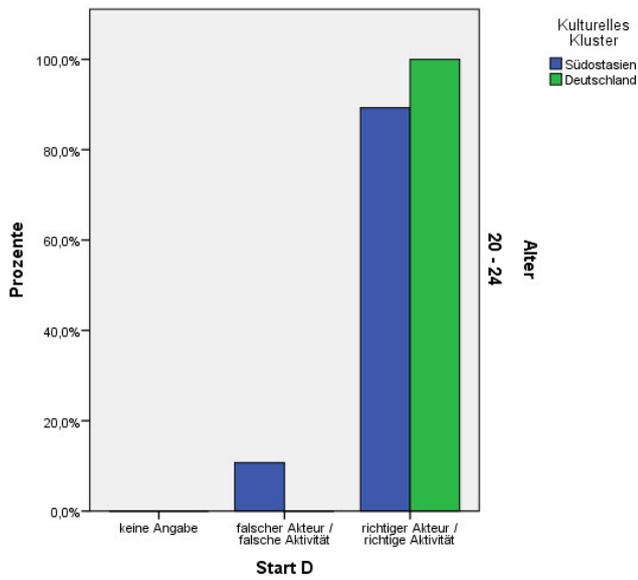
Die Identifikation von synchron ausgeführten Aktivitäten steht in einer schwachen Beziehung zu den Englischkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.200b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,133, Signifikanz: 0,036). So erkannten 92,9% von E2 alle synchronen Aktivitäten, aber nur 71,4% von E1. Weitere 7,1% von E1 erkannte die Hälfte der synchronen Aktivitäten und 21,4% keine einzige, dies taten auch 3,6% von E2. Die übrigen 3,6% von E2 machten keine Angabe zu den synchronen Aktivitäten.

Nur ein geringer Prozentsatz der Probanden (9,76%, D: 10%, SA: 9,52%) identifizierte fälschlicherweise Aktivitäten als synchron, die dies nicht waren, 85,37% (D: 85%, SA: 85,71%) unterläuft dieser Fehler nicht (siehe Abbildung 3.201a). Die restlichen 4,88% machten keine Angabe (D: 5%, SA: 4,76%).

Die Benennung von Aktivitäten, die nicht synchron waren, als solche steht in schwacher Beziehung zum Alter der Probanden (Unsicherheitskoeffizient: 0,111, Signifikanz: 0,017). So benannten nur 5,6% von A1 Aktivitäten fälschlich als synchron aber 23,8% von A2. Keine Angabe

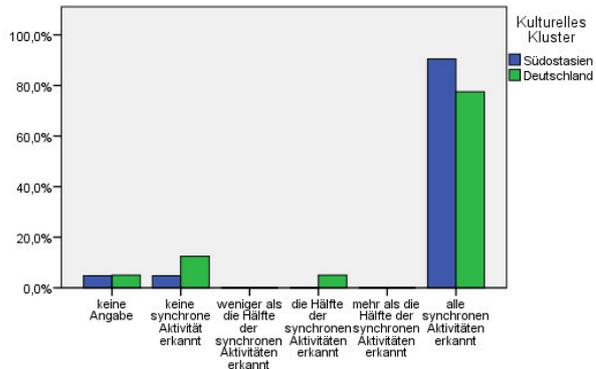


(a) kulturelles Cluster

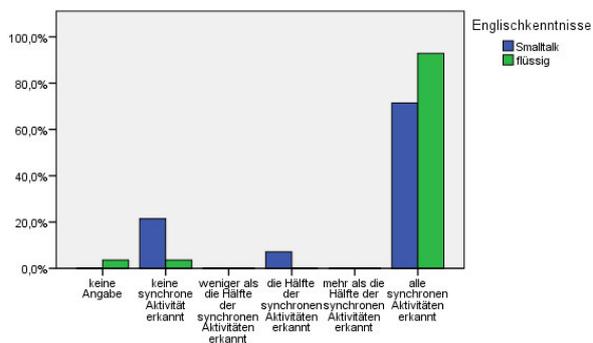


(b) A1

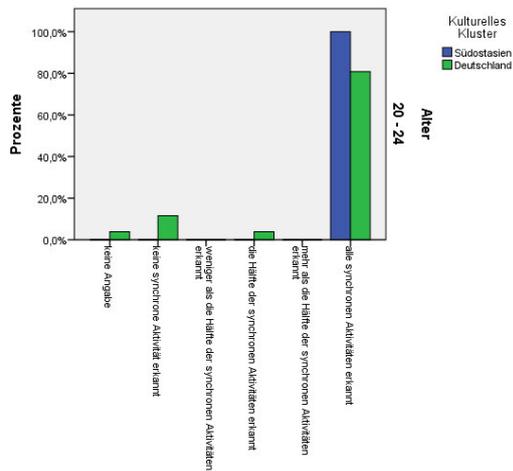
Abbildung 3.199.: Identifikation des Startpunktes bezogen auf verschiedene Merkmale



(a) kulturelles Cluster

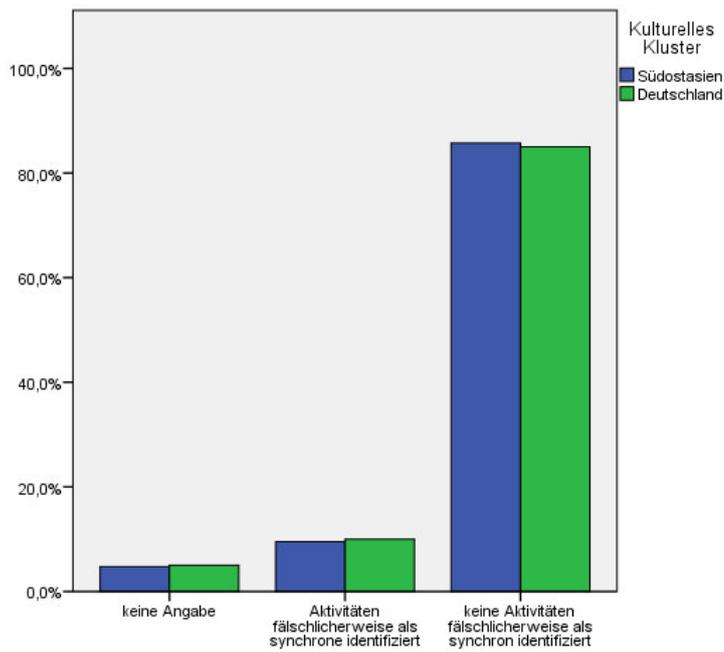


(b) Englischkenntnisse

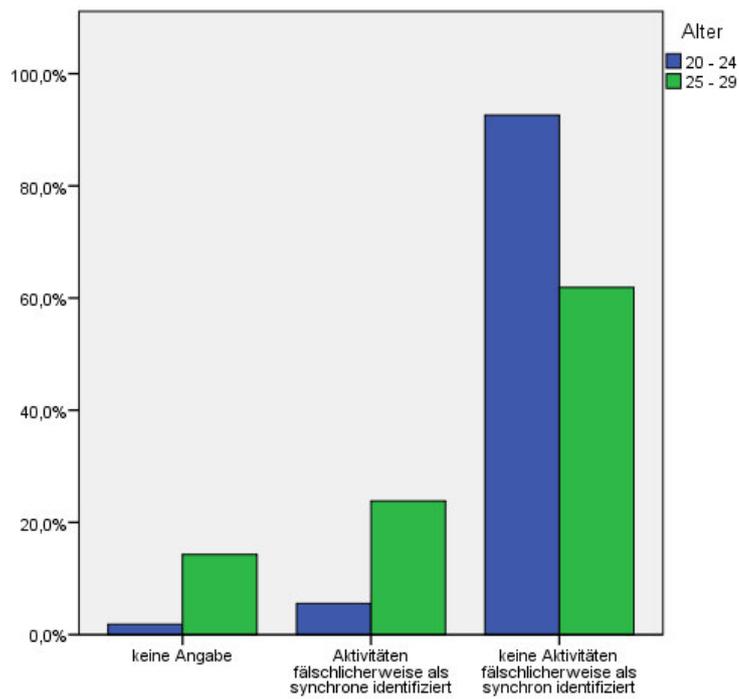


(c) Altergruppe 20-24

Abbildung 3.200.: Identifikation der synchronen Aktivitäten bezogen auf verschiedene Merkmale



(a) kulturelles Cluster



(b) Alter

Abbildung 3.201.: Fehlerhafte Identifikation von Aktivitäten als synchron bezogen auf verschiedene Merkmale

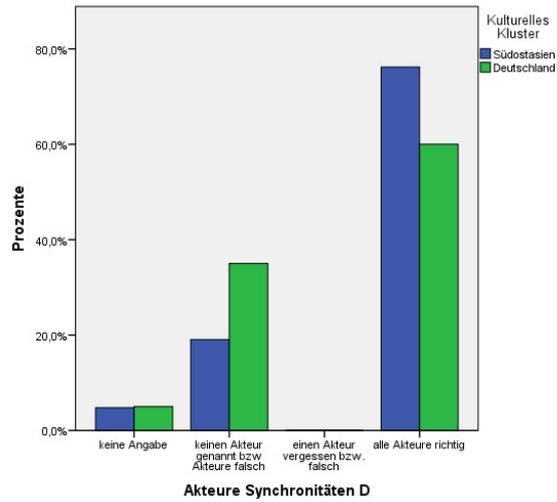
hierzu machten 1,9% von A1 und 14,3% von A2. Somit machten hier nur 61,9% von A1 keinen Fehler, aber 92,6% von A1 (siehe Abbildung 3.201b).

Die Identifikation der Akteure, die Aktivitäten gemeinsam ausführen, scheint wiederum schwieriger zu sein, hier identifizierten nur 68,29% (D: 60%, SA: 76,19%) alle Akteure richtig, 26,83% (D: 35%, SA: 19,05%) nannten keinen der Akteure (siehe Abbildung 3.202a). Wiederrum machten 4,88% (D: 5%, SA: 4,76%) keine Angabe.

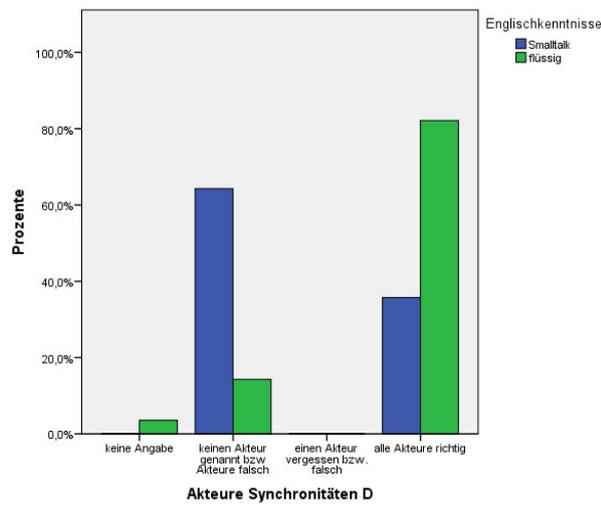
Die Benennung der die synchronen Aktivitäten durchführenden Akteure steht in einer schwachen Beziehung zu den Englischkenntnisse (siehe Abbildung 3.202b) (Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,182, Signifikanz: 0,000, Unsicherheitskoeffizient: 0,146, Signifikanz: 0,001). Von den Probanden der Gruppe E2 erkannten 82,1% alle Akteure richtig, von E1 nur 35,7%. Von E1 nannten 64,3% keinen Akteure oder falsche Akteure, dies taten nur 14,3% von E2, die restlichen Probanden machten keine Angabe (E2: 3,6%).

Die Benennung der Akteure, die Aktivitäten gemeinsam ausführen, steht in einer schwachen Beziehung zur Aufenthaltsdauer in Deutschland (siehe Abbildung 3.202c) (Unsicherheitskoeffizient: 0,107, Signifikanz: 0,016). Am Besten schneiden von den betrachteten Gruppen D2 ab. Von diesen benannten 86,7% alle Akteure, die an synchronen Aktivitäten beteiligt sind, richtig (D1: 65,2%, D3: 60%). Die übrigen 13,3% von D2 machten keine Angabe (D1: 4,3%, D3: 2,9%). Von D1 benannten 30,4% mindestens einen Akteur falsch oder gar nicht, dies taten auch 37,1% von D3.

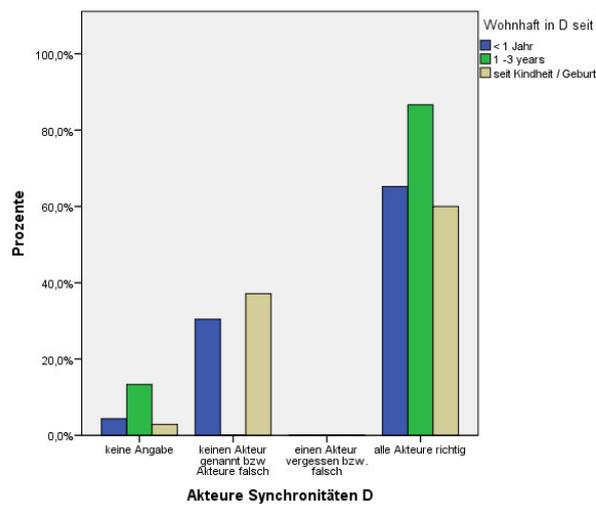
3. Empirische Untersuchungen



(a) kulturelles Cluster



(b) Englischkenntnisse



(c) Aufenthaltsdauer in Deutschland

Abbildung 3.202.: Beschreibung der synchronen Aktivitäten bezogen auf verschiedene Merkmale

3.2.12.5. Parallelitäten

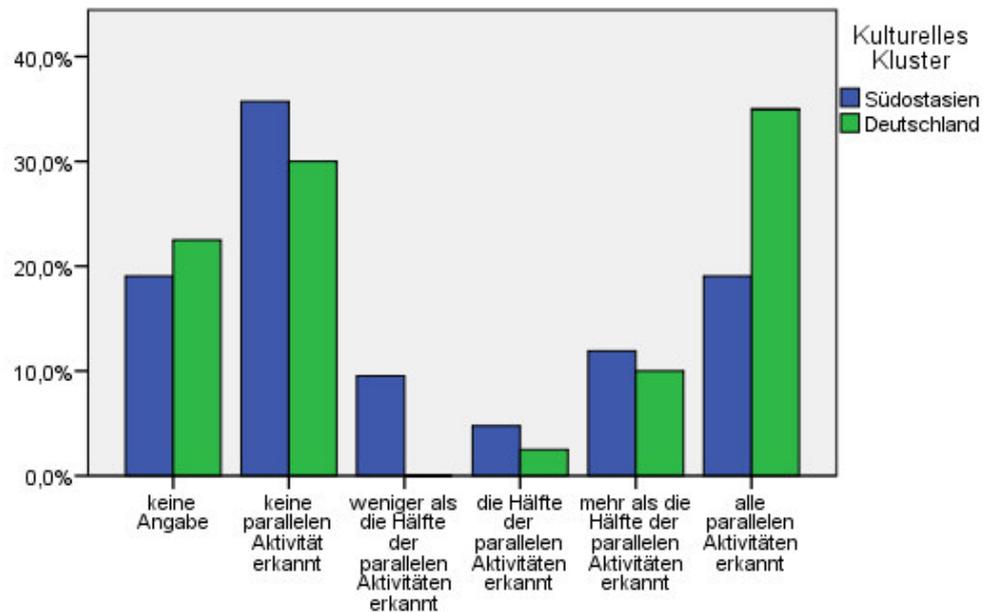


Abbildung 3.203.: Identifikation der parallelen Aktivitäten

Nur ein gutes Viertel der Probanden (26,83%, D: 35%, SA: 19,05%) erkannte alle parallel ausgeführten Aktivitäten. Immerhin mehr als die Hälfte erkannten weitere 10,98% (D: 10%, SA: 11,9%) der Probanden. Die Hälfte der Aktivitäten erkannten 3,66% (D: 2,5%, SA: 4,76%) der Probanden (siehe Abbildung 3.203). Allerdings erkannten 4,88% (D: 0%, SA: 9,52%) der Probanden nur weniger als die Hälfte der parallelen Aktivitäten und 32,93% (D: 30%, SA: 35,71%) der Probanden keine einzige, auch machten 20,73% (D: 22,5%, SA: 19,05%) keine Angaben zu den Fragen zu parallelen Aktivitäten des Fragebogens.

Auch identifizierten 40,24% (D: 37,50%, SA: 42,86%) der Probanden nicht parallele Aktivitäten als parallel, ein ähnlich großen Prozentsatz (39,02%, D: 40%, SA: 38,10%) tat dies nicht (siehe Abbildung 3.204). Des Weiteren nannten 43,9% (D: 37,5%, SA: 50%) keinen richtigen Akteur, nur 35,37% (D: 40%, SA: 30,95%) gelang es alle Akteure richtig zu identifizieren (siehe Abbildung 3.205).

Die Identifikation der parallelen Aktivitäten und der sie ausführenden Akteure bereitete vielen Probanden Schwierigkeiten.

3.2.12.6. Anzahl der Routingelemente

Für dieses Modell nannten 45,12% (D: 35%, SA: 54,76%) der Probanden die richtige Anzahl der Entscheidungen und 54,88% (D: 65%, SA: 45,24%) die falsche (siehe Abbildungen 3.206a). Die richtige Anzahl der

3. Empirische Untersuchungen

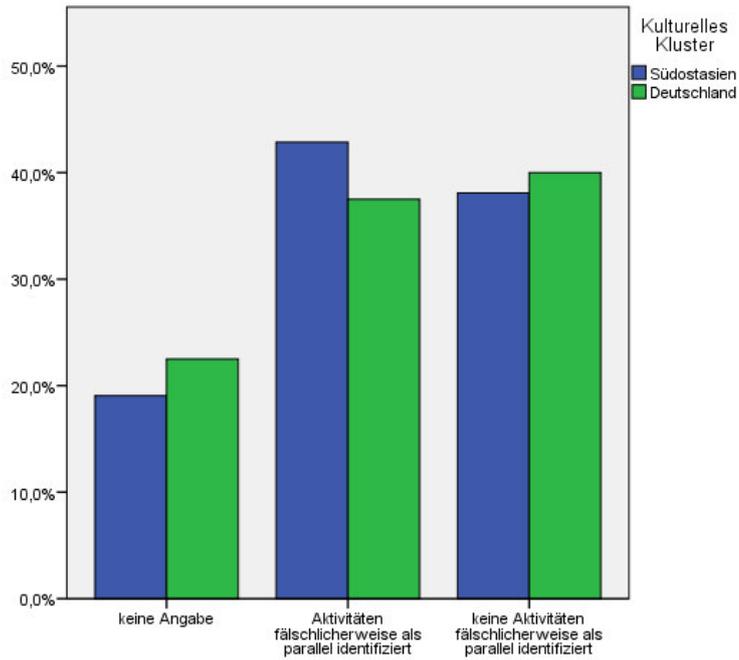


Abbildung 3.204.: Fehlerhafte Identifikation von Parallelisierungen

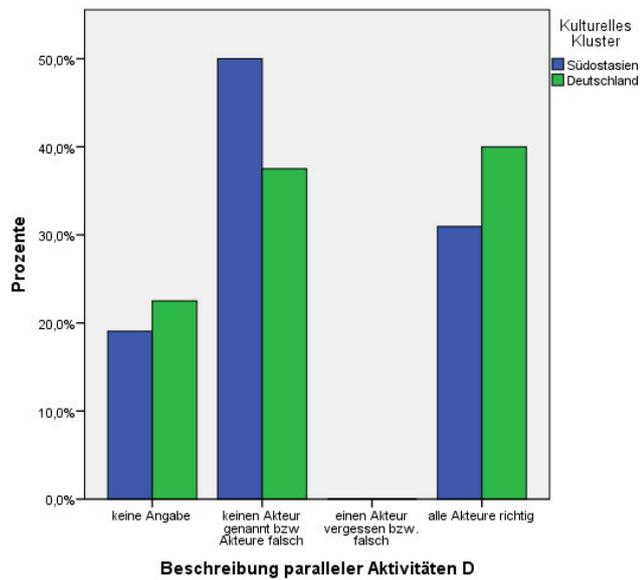
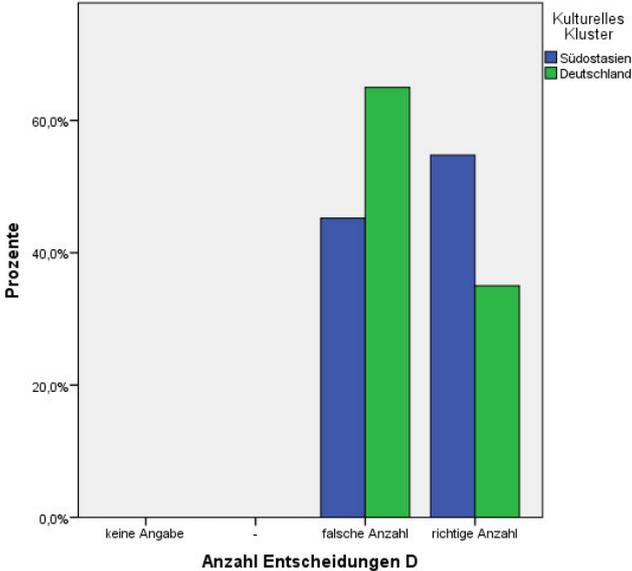
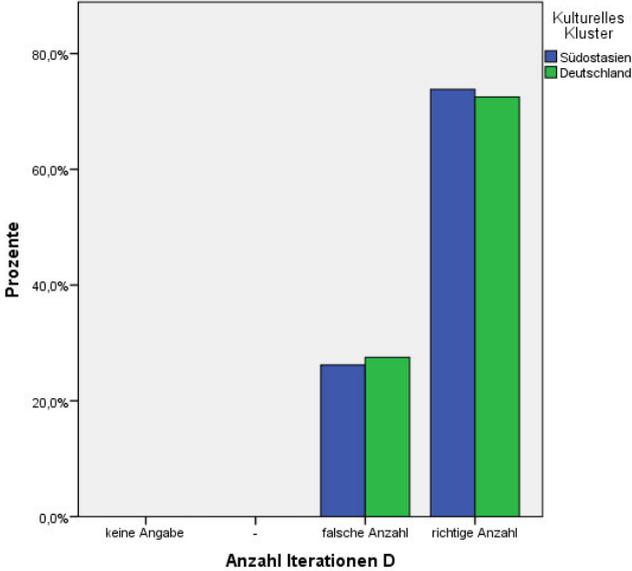


Abbildung 3.205.: Beschreibung der parallelen Aktivitäten



(a) Entscheidungen



(b) Iterationen

Abbildung 3.206.: Identifizierte Anzahl der Routingelemente

Iterationen erkannten 73,17% (D: 72,5%, SA: 73,81%) und 26,83% (D: 27,5%, SA: 26,19%) die falsche (siehe Abbildung 3.206b). Die Identifikation von Iterationen scheint somit wesentlich einfacher zu sein als die der Entscheidungen.

3.2.12.7. Iterationen

Fast alle Probanden (92,7%, D: 90%, SA: 95,24%) erkannten alle Iterationen, je 3,7% (D: 5%, SA: 2,38%) erkannten keine oder machten keine Angabe. Der Prozentsatz der Probanden, die keine Angaben machten, war für alle Fragen zu Iterationen derselbe.

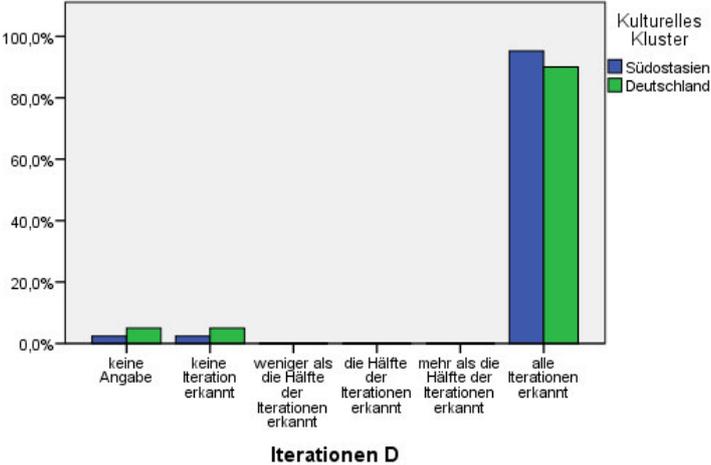
Die Qualität der Beschreibung der dargestellten Iterationen steht in einer schwachen Beziehung zum Abschluss des Probanden (siehe Abbildung 3.207b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,159, Signifikanz: 0,006). Keine einzige iterative Aktivität erkannten 11,1% von Ba1 und 5,4% von Ba2, von Ba2 erkannten weitere 2,7% weniger als die Hälfte der iterativen Aktivitäten. Die Hälfte dieser Aktivitäten erkannten 14,8% von Ba1 und 5,4% von Ba2. Mehr als die Hälfte der iterativen Aktivitäten identifizierten 5,4% von Ba2 und 55,6% von Ba2. Von Ba3 erkannten 44,4% alle iterativen Aktivitäten, von Ba1 66,7% und von Ba2 78,4%. Keine Angabe machten 7,4% von Ba1 und 2,7% von Ba2.

Die Mehrheit der Probanden (80,5%, D: 15,9%, SA: 3,7%) identifizierte ausschließlich die richtigen Abläufe als Iterationen, 15,9% (15%, SA: 16,7%) identifizierten Iterationen an falschen Stellen.

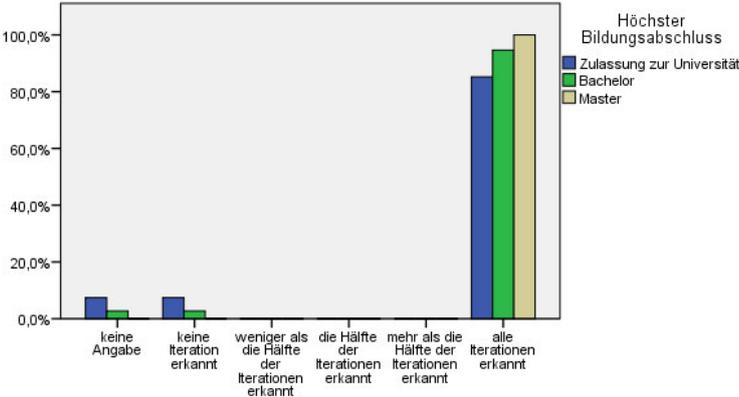
Fast drei Viertel der Probanden (72%, D: 72,5%, SA: 71,4%) nannten alle iterativen Aktivitäten (siehe Abbildung 3.207a). Mehr als die Hälfte der Aktivitäten erkannten 8,5% (D: 0%, SA: 16,7%) mehr als die Hälfte, weitere 8,5% (D: 12,5%, SA: 4,8%) der Probanden die Hälfte. Nur 1,2% (D: 0%, SA: 2,4%) nannten weniger als die Hälfte der Aktivitäten, 6,1% (D: 10%, SA: 2,4%) nannten keine.

Knapp zwei Drittel (63,4%, D: 50%, SA: 76,2%) der Probanden identifizierten alle iterativen Akteure, die an Iterationen beteiligt waren (siehe Abbildung 3.210, richtig). Einen falschen Akteur nannten 2,4% (D: 5%, SA: 0%) nannten einen falschen Akteur oder vergaßen einen. Der Prozentsatz der Probanden, die keinen Akteur, der an den iterativen Aktivitäten beteiligt war, lag allerdings bei 30,5% (D: 40%, SA: 21,4%).

Ein Viertel (25,6%, D: 27,5%, SA: 23,8%) der Probanden beschrieb die Iterationsbedingungen vollständig richtig. Knapp die Hälfte der Probanden (47,6%, D: 50%, SA: 45,2%) nannte nur einen Teil der Bedingungen und 23,2% (D: 17,5%, SA: 28,6%) nannten gar keine.



Iterationen D
(a) kulturelles Cluster



(b) Abschluss

Abbildung 3.207.: Identifizierung der Iterationen bezogen auf verschiedene Merkmale

3. Empirische Untersuchungen

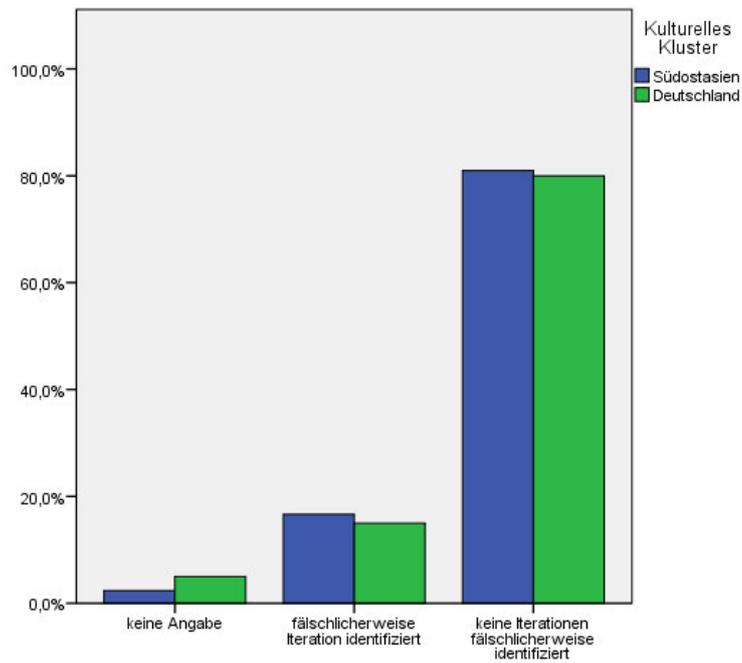


Abbildung 3.208.: Falsche Identifikation von Iterationen

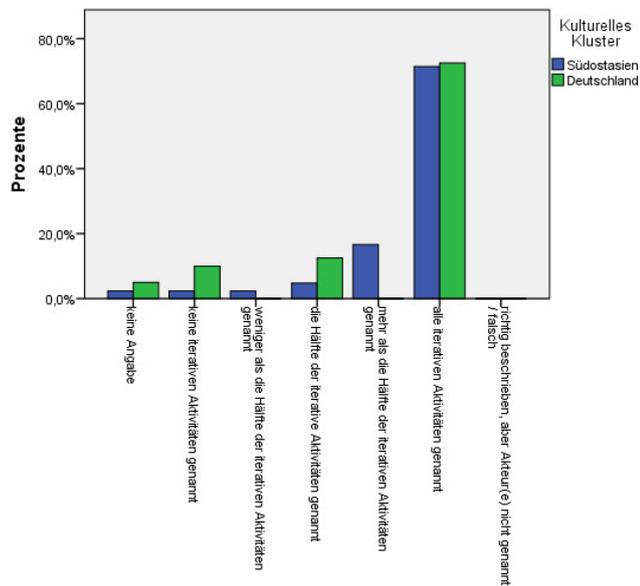


Abbildung 3.209.: Benennung der iterativen Aktivitäten

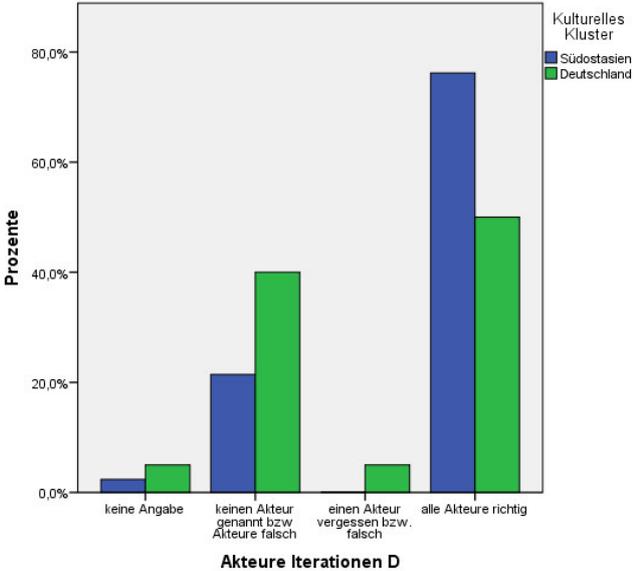


Abbildung 3.210.: Identifikation, der an der Iteration beteiligten Akteure

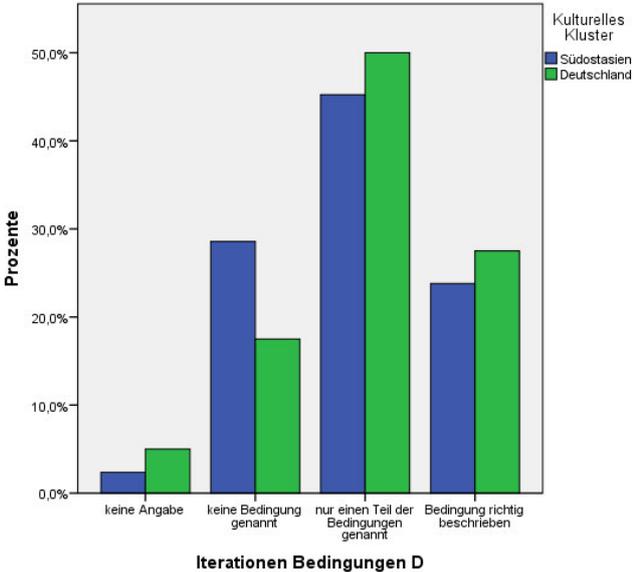


Abbildung 3.211.: Benennung der Iterationsbedingungen

3.2.12.8. Entscheidungen

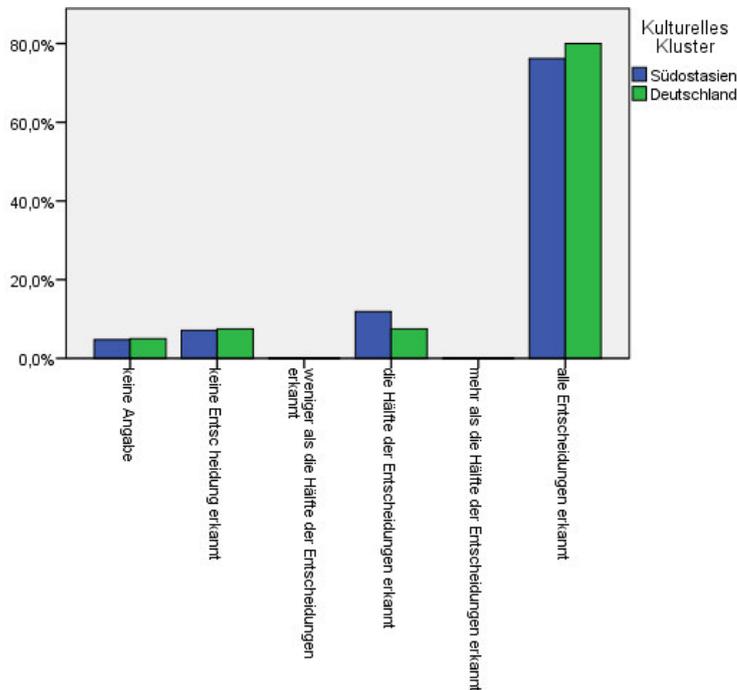


Abbildung 3.212.: Identifikation der Entscheidungen

Mehr als drei Viertel (78%, D: 80%, SA: 76,2%) der Probanden identifizierten alle Entscheidungen, weitere 9,8% (D: 7,5%, SA: 11,9%) immerhin die Hälfte (siehe Abbildung 3.212). Nur 7,3% (D: 7,5%, SA: 7,1%) erkannten gar keine der Entscheidungen und 4,9% (D: 5%, SA: 4,8%) machten zum Fragenblock zu den Entscheidungen keine Angaben.

Allerdings identifizierten 43,9% (D: 40%, SA: 47,7%) Entscheidungen an falschen Stellen, 51,2% (D: 55%, SA: 47,6%) identifizierten nur die wirklich dargestellten Entscheidungen (siehe Abbildung 3.213).

Ungefähr zwei Drittel der Probanden (65,9%) identifizierten alle Akteure, die Entscheidungen treffen, richtig. Einen Akteure falsch oder gar nicht identifizierten 4,9% und 14,4% nannten keinen der richtigen Akteure (siehe Abbildung 3.212).

Ob die Probanden die Akteure, die eine Entscheidung treffen, richtig identifiziert haben, steht in einer schwachen Beziehung zu ihrem Bildungsabschluss (Unsicherheitskoeffizient: 0,114, Signifikanz: 0,018). Von Ba1 erkannten 63% alle Akteure, von Ba2 70,3 und von Ba3 66,7%. Einen Akteur vergessen oder falsch benannt haben 2,7% von Ba2 und 33,3% von Ba3. Keinen Akteur richtig identifizierten 29,6% von Ba1 und 21,6% von Ba2. Keine Angabe zu den Akteuren der Entscheidungen machten 7,4% von Ba1 und 5,4% von Ba2.

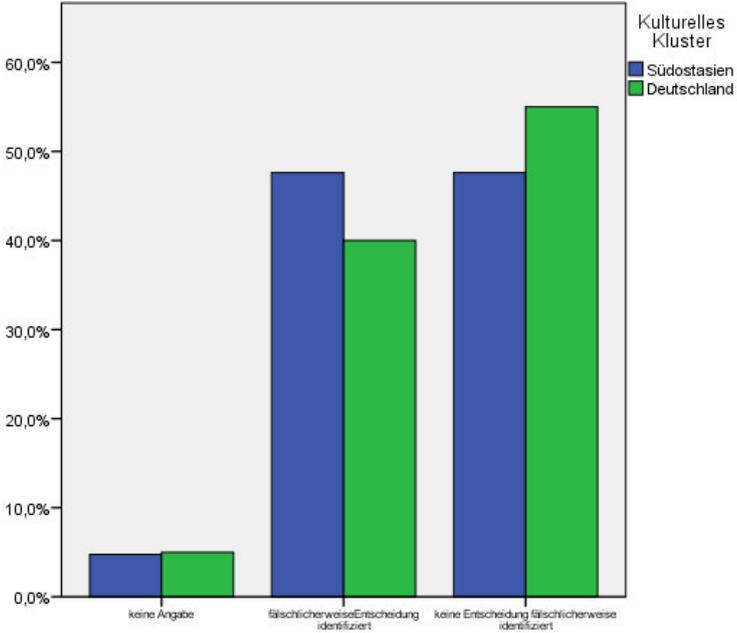


Abbildung 3.213.: Identifikation von Entscheidungen an der falschen Stelle

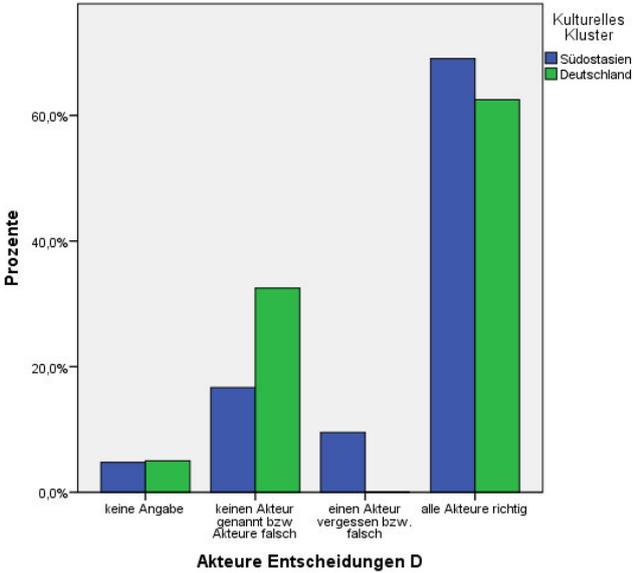


Abbildung 3.214.: Benennung der entscheidenden Akteure

Sehr viele Probanden (59,8%, D: 67,5%, SA: 52,4%) beschrieben alle Be-

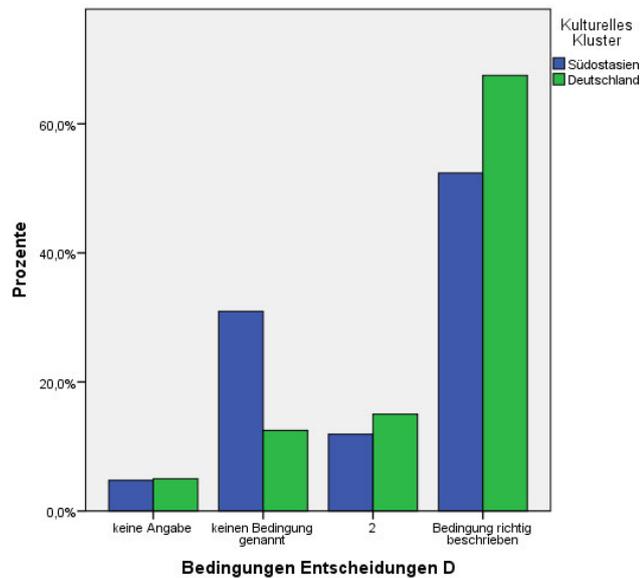


Abbildung 3.215.: Benennung der Entscheidungsbedingungen

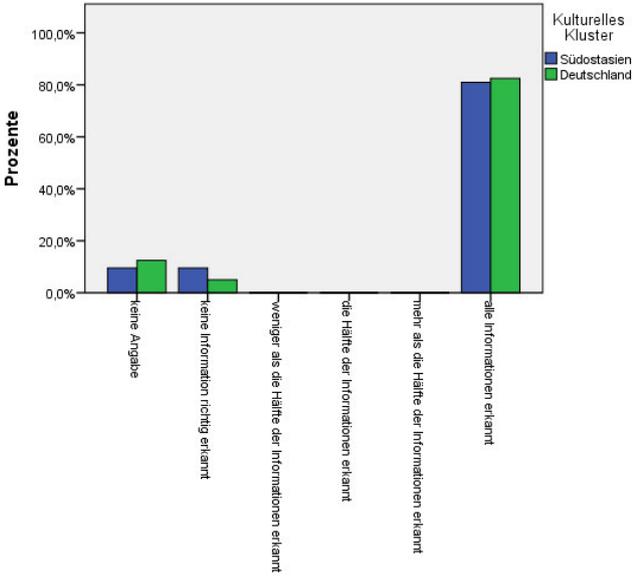
dingungen für Entscheidungen richtig, weitere 13,4% (D: 15%, SA: 11,9%) beschrieben sie immerhin teilweise richtig (siehe Abbildung 3.215). Allerdings nannten 22% (D: 12,5%, SA: 31%) keinerlei Bedingung, die zum Durchführen einer Entscheidung erfüllt sein muss.

3.2.12.9. Informationen

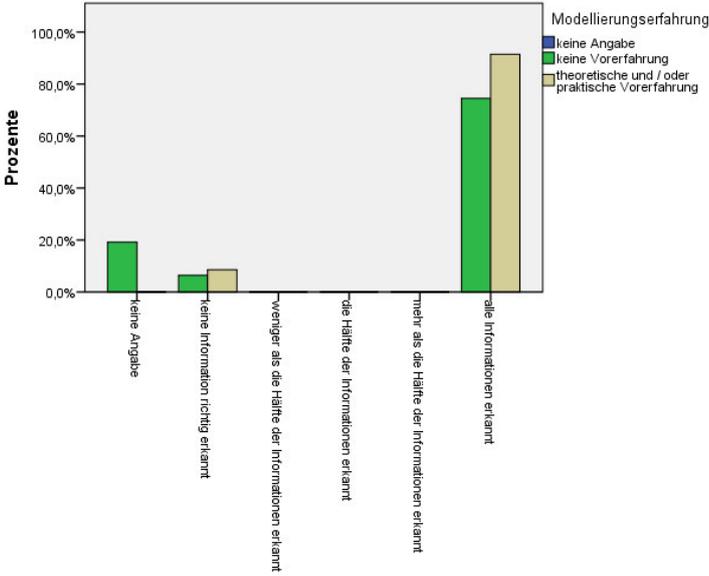
Die Mehrheit der Probanden (81,7%, D: 82,5, SA: 81%) erkannten alle Informationen, die im Modell dargestellt waren, nur 7,3% (D: 5%, SA: 9,5%) erkannten keine und 11% (D: 12,5%, SA: 9,5%) machten keine Angaben zu den Fragen, die Informationen betrafen (siehe Abbildung 3.216a).

Die Identifikation von Informationen steht in einer schwachen Beziehung zu den Modellierungsvorkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.216b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,110, Signifikanz: 0,004). Die meisten Probanden aus M2 (91,4%) erkannten alle Informationen, nur 8,6% erkannten keine. Von M1 erkannten 74,5% alle Informationen, 6,4% erkannten keine und 19,1% machten keine Angabe.

Auch identifizierten nur 7,3% (D: 5%, SA: 9,5% der Probanden andere Elemente als Informationen, 81,7% (D: 82,5%, SA: 81%) machten dies nicht (siehe Abbildung 3.217a). Die Nennung von falschen Informationen steht ebenfalls in einer schwachen Beziehung zu den Modellierungsvorkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.217b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,116, Signifikanz: 0,003). Von M2 identifizierten nur 5,7% fälsch-

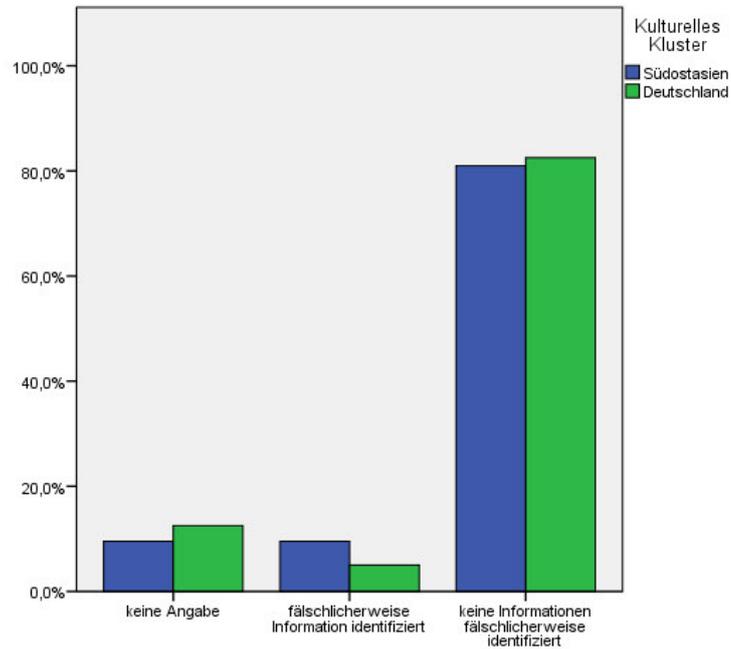


(a) kulturelles Cluster

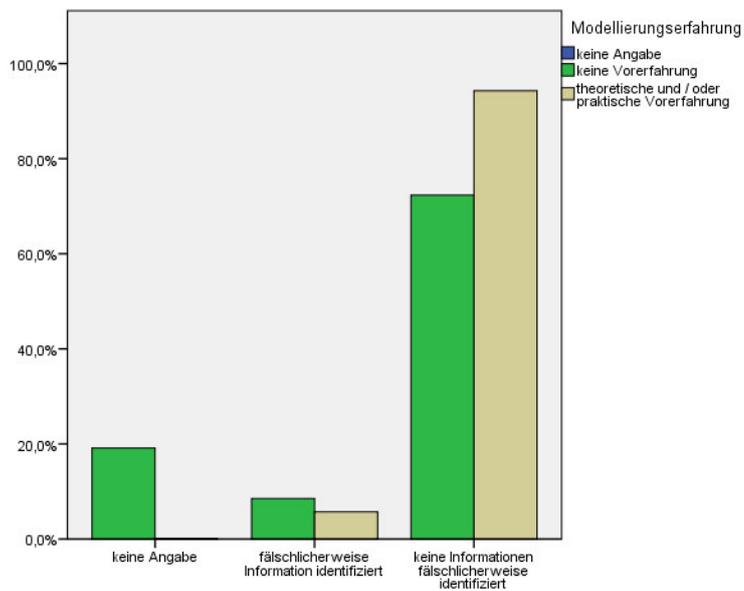


(b) Modellierungsvorerfahrung

Abbildung 3.216.: Identifizierung der Informationen bezogen auf verschiedene Merkmale



(a) kulturelles Cluster



(b) Modellierungsvorerfahrung

Abbildung 3.217.: Falsche Identifizierung von anderen Elementen als Informationen bezogen auf verschiedene Merkmale

licherweise eine Information, für M1 8,5%. Aber während für M2 93,3% richtige Informationen benannten, machten nur 72,3% von M1 keinen Fehler machten.

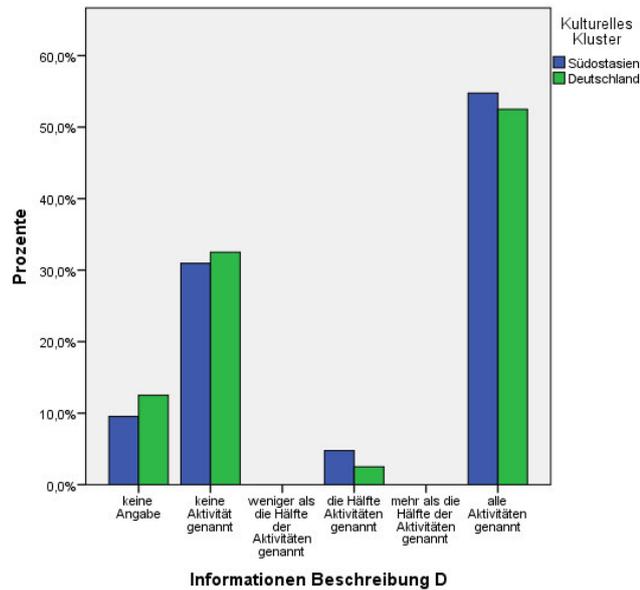


Abbildung 3.218.: Beschreibung der Informationen

Ungefähr die Hälfte der Probanden (53,7%, D: 52,5%, SA: 54,8%) nannten alle Aktivitäten, die Informationen erzeugen oder benötigen, 3,7% (D: 2,5%, SA: 4,8) nannte die Hälfte (siehe Abbildung 3.218). Allerdings nannten 31,7% (D: 32,5%, SA: 31%) gar keine der Aktivitäten.

Die Hälfte der Probanden (50%, D: 45%, SA: 54,7%) beschrieb den Informationsflusses in der richtigen Richtung, 1,2% (D: 2,5%, SA: 0%) interpretierte ihn in der falschen Richtung und 37,8% (D: 40%, SA: 35,7%) vergaßen ihn zu beschreiben (siehe Abbildung 3.219).

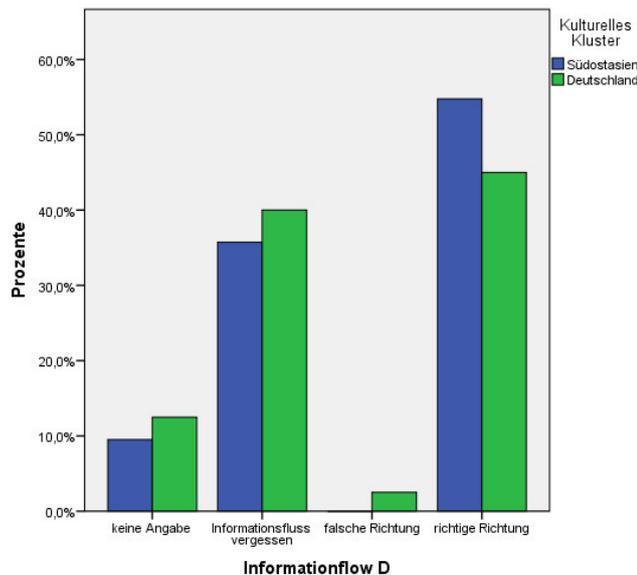


Abbildung 3.219.: Benennung der Informationsflüsse

3.2.12.10. Werkzeuge

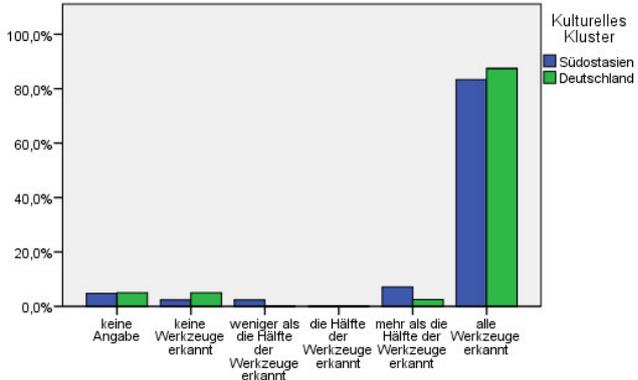
Von den Probanden machten 4,9% (D: 5%, SA: 4,8%) keine Angaben zu den Fragen, die Werkzeuge betrafen.

Die meisten (84,2%, D: 87,5%, SA: 81%) erkannten alle Werkzeuge, weitere 6,1% (D: 2,5%, SA: 9,5%) erkannte mehr als die Hälfte (siehe Abbildung 3.220a). Weniger als die Hälfte erkannten 1,2% (D: 0%, SA: 2,4%) der Probanden und 3,7% (D: 5%, SA: 2,4%) identifizierten keinerlei Werkzeug.

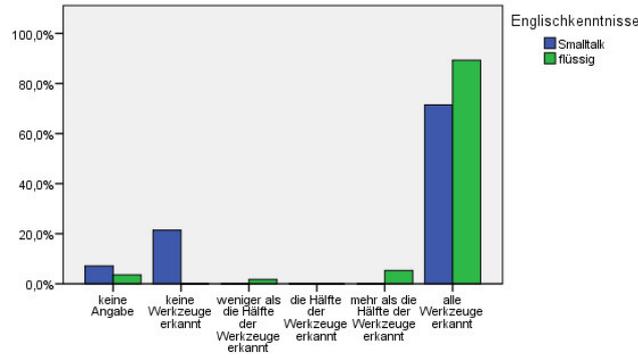
Die Identifikation von Werkzeugen im Diamantenmodell steht in einer schwachen Beziehung zu den Englischkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.220b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,145, Signifikanz: 0,016). Von E2 erkannten 89,3% alle Werkzeuge, weitere 5,4% mehr als die Hälfte und 1,8% weniger als die Hälfte; von E1 erkannten 71,4% alle Werkzeuge und 21,4% kein einziges. Keine Angabe machten 7,1% von E1 und 3,6% von E2.

Eine schwache Beziehung besteht zur betrachteten Variante des Modells (Unsicherheitskoeffizient: 0,129, Signifikanz: 0,012). Der Prozentsatz der Probanden, der alle Werkzeuge erkannte, lag unabhängig von der Variante bei ca. 85% (D1: 85,7%, D2: 85%). Für D2 erkannten aber weitere 10% mehr als die Hälfte der Werkzeuge und 2,5% immerhin noch einige Werkzeuge, aber weniger als die Hälfte. Keine Werkzeuge erkannten 2,5% für D2 und 4,8% für D1. Für D2 machten 9,4% der Probanden keine Angabe.

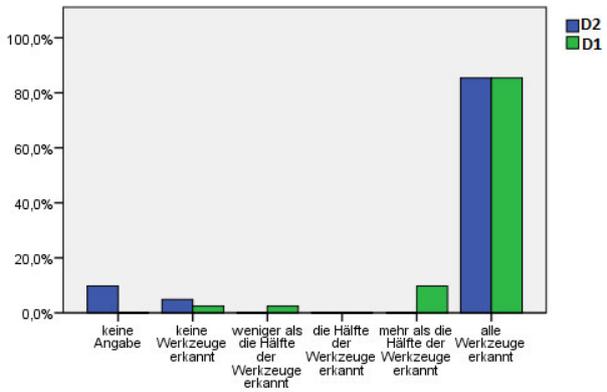
Nur 1,2% (D: 0%, SA: 2,4%) der Probanden identifizierte ein anderes



(a) kulturelles Cluster

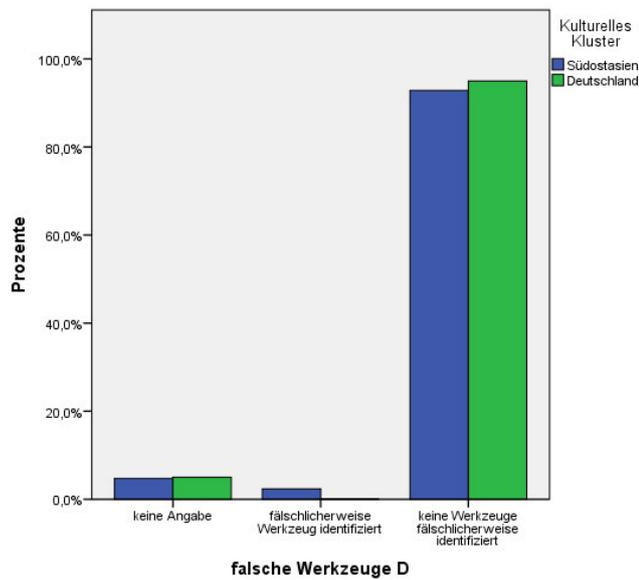


(b) Englischkenntnissen

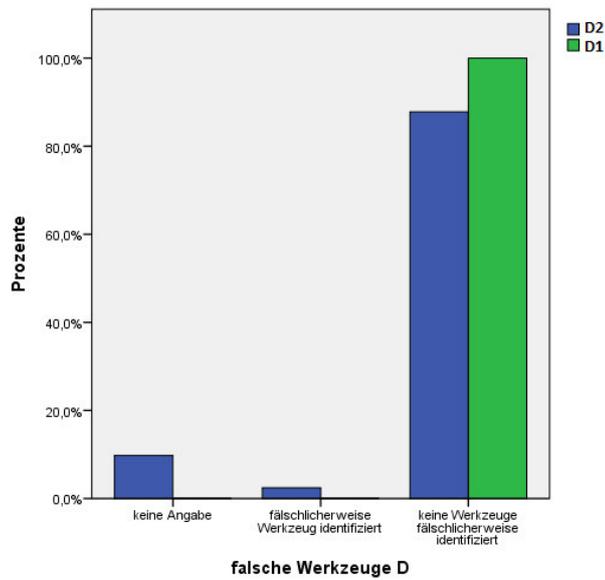


(c) bearbeitete Modellvariante

Abbildung 3.220.: Identifizierung der Werkzeuge bezogen auf verschiedene Merkmale



(a) kulturelles Cluster



(b) bearbeitete Modellvariante

Abbildung 3.221.: Fehlerhafte Identifizierung anderer Elemente als Werkzeuge bezogen auf verschiedene Merkmale

Element als Werkzeug, 93,9% (D: 95%, SA: 92,9%) unterlief dieser Fehler nicht (siehe Abbildung 3.221a).

Es besteht eine schwache Beziehung der Identifikation von anderen Elementen als Werkzeuge zur Ausrichtung des Modells (siehe Abbildung 3.221b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,164, Signifikanz: 0,03). Für D2 identifizierten 2,4% fälschlicherweise andere Elemente als Werkzeuge und 9,5% machten keine Angabe.

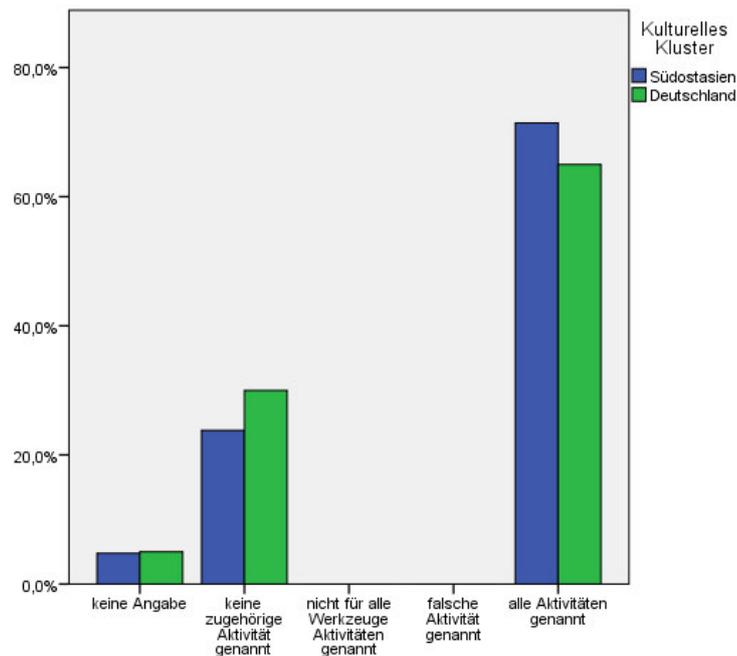


Abbildung 3.222.: Beschreibung der Werkzeuge

Bei der Beschreibung der Werkzeuge nannten 67,1% (D: 62,5%, SA: 71,4%) der Probanden alle Aktivitäten, wohingegen 28,1% (D: 32,5%, SA: 23,8%) keine einzige nannten (siehe Abbildung 3.222). Somit scheint die Identifikation der Werkzeuge zwar einfach zu sein, allerdings scheinen die meisten Probanden die Wichtigkeit der Identifikation der zugehörigen Aktivitäten nicht bewusst zu sein oder sie sind nicht in der Lage diese zu identifizieren.

3.2.12.11. Schwachstelle

Die Fragen zu der Schwachstelle im Modell beantworteten 12,2% (D: 17,5%, SA: 7,14%) der Probanden nicht.

Die meisten Probanden (80,5%, D: 75%, SA: 85,7%) erkannten die Schwachstelle, beschrieben sie aber falsch oder gar nicht; 7,3% (D: 7,5%, SA:

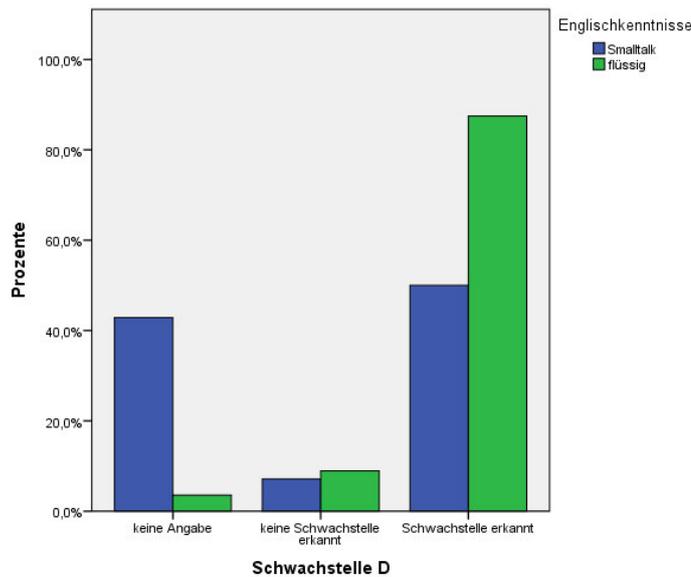


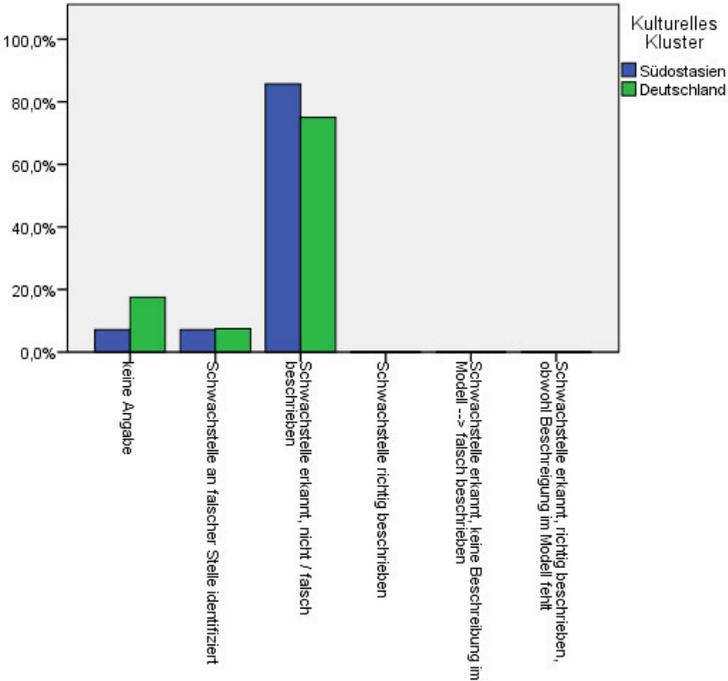
Abbildung 3.223.: Identifikation der Schwachstelle abhängig von den Englischkenntnissen

7,1%) erkannten keine oder identifizierten sie an der falschen Stelle (siehe Abbildung 3.224a).

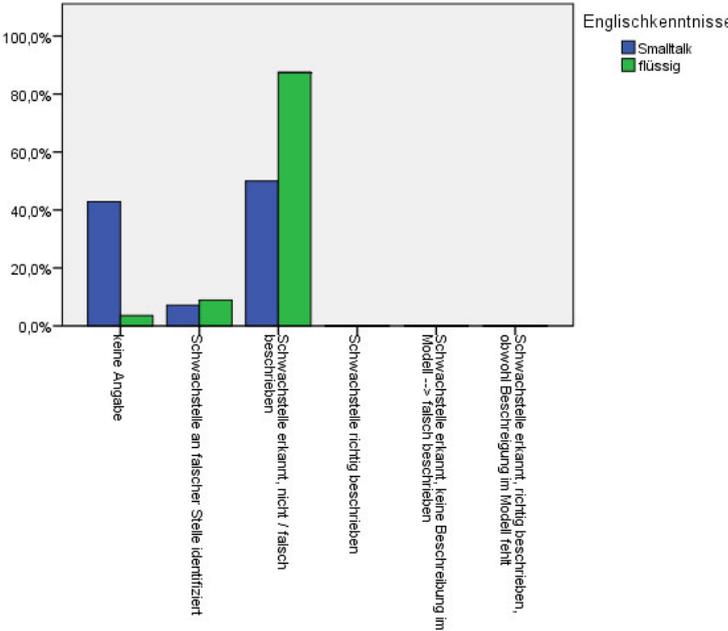
Das Erkennen und Beschreiben der Schwachstelle steht in einer schwachen Beziehung zu den Englischkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.223 und Abbildung 3.224b) (Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,139, Signifikanz: 0,000 Unsicherheitskoeffizient: 0,151, Signifikanz: 0,001). Von E2 erkannten 87,5% eine Schwachstelle, von E1 nur 50%, diese Probanden beschrieben die Schwachstelle aller gar nicht oder falsch. Keine Schwachstelle oder eine Schwachstelle an falscher Stelle erkannten 7,1% von E1 und 8,9% von E2; die Mehrheit von E1 machte keine Angabe (42,9%), dies taten nur 3,6% von E2.

3.2.12.12. Endpunkte

Mehr als ein Drittel der Probanden (36,6%, D: 40%, SA: 33,3%) identifizierten alle Endpunkte, 3,6% (D: 2,5%, SA: 4,7%) fügten einen logisch richtigen hinzu (siehe Abbildung 3.225). Mehr als die Hälfte der Probanden (54,9%, D: 52,5%, SA: 57,1%) nannten nicht alle Endpunkte und 2,4% (D: 2,5%, SA: 2,4%) gar keinen. Weitere 2,4% (D: 2,5%, SA: 2,4%) machten keine Angabe.



(a) kulturelles Cluster



(b) Englischkenntnisse

Abbildung 3.224.: Beschreibung der Schwachstelle bezogen auf verschiedene Merkmale

3. Empirische Untersuchungen

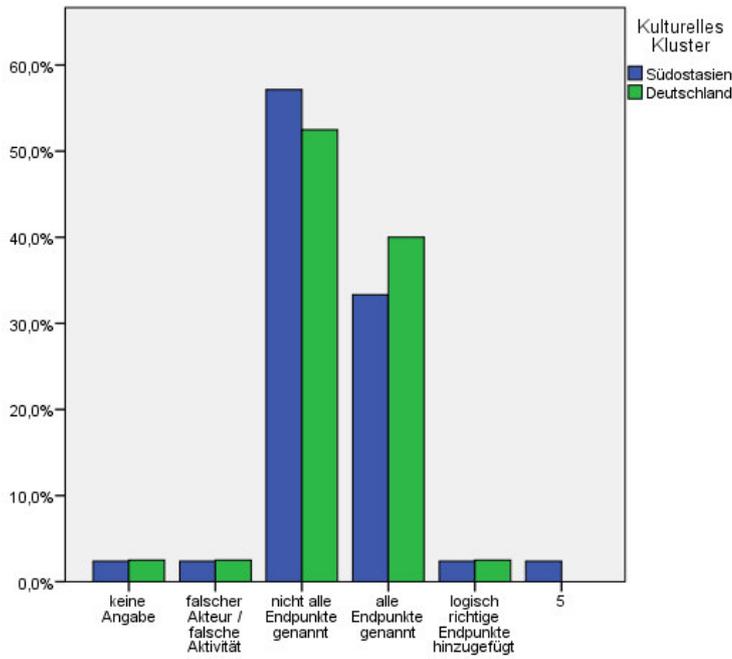


Abbildung 3.225.: Identifikation des Endpunktes bezogen auf das kulturelle Cluster

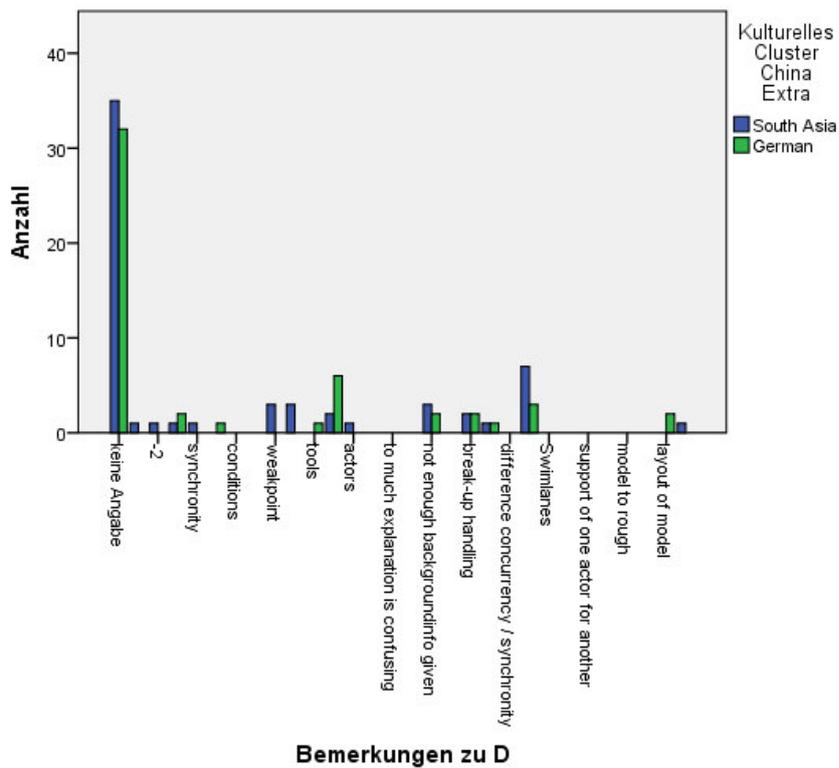


Abbildung 3.226.: Bemerkungen zum Diamantenmodell

3.2.12.13. Anmerkungen

Abbildung 3.226 stellt die Bemerkungen dar, die die Probanden zum Diamantenmodell machten. Diese wurden in die gleichen Kategorien eingeteilt, wie für die ersten beiden Modelle.

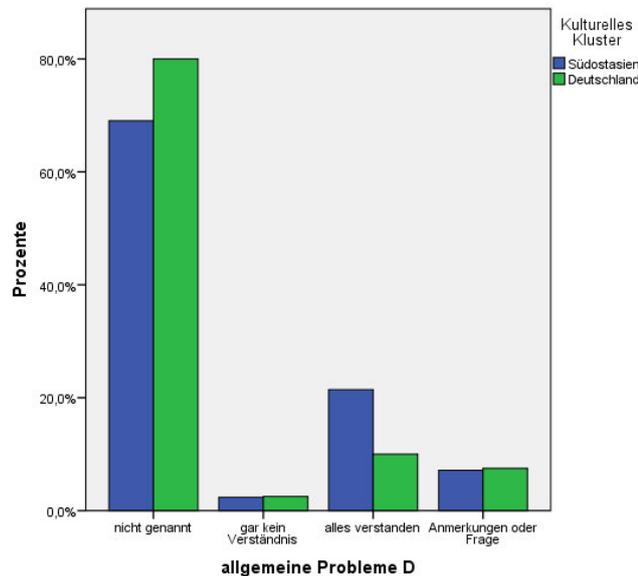


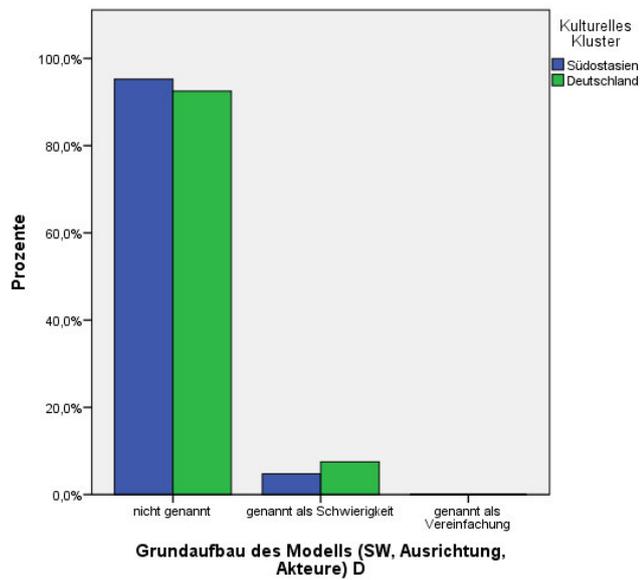
Abbildung 3.227.: Allgemeine Probleme mit dem Modellverständnis

Allgemein gaben 2,4% der Probanden an, gar kein Verständnis dieses Modells zu haben, während 15,9% angeben, alles verstanden zu haben. Dabei ist auffällig, dass die Prozentsätze der Probanden, die angaben, gar kein Verständnis für das Modell zu besitzen, für beide kulturellen Cluster ähnlich war, während der der Probanden aus SA, die angaben, das Modell vollständig verstanden zu haben, ungefähr doppelt so hoch war, wie die aus D. Sonstige Anmerkungen oder Fragen hatten 7,3% (siehe Abbildung 3.227). Den Grundaufbau des Modells bezeichneten 6,1% als Schwierigkeit (siehe Abbildung 3.228a). Dabei unterschieden sich die die Probanden der beiden kulturellen Cluster kaum.

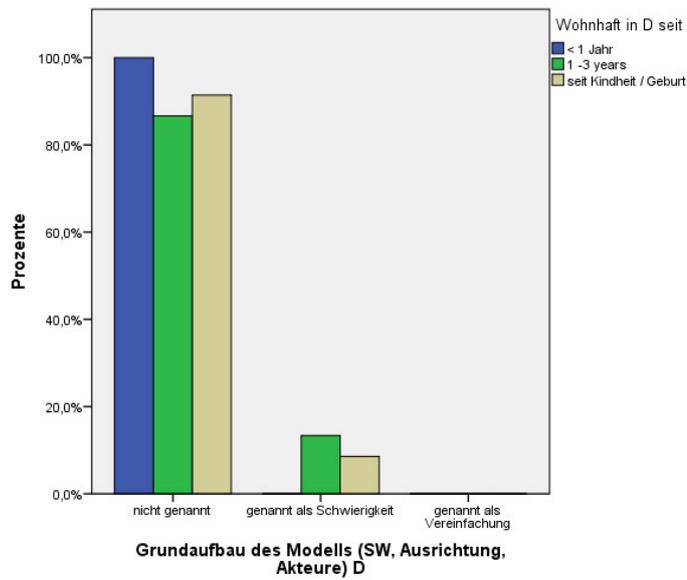
Es besteht eine schwache Beziehung der Empfindens, ob der Aufbau des Modells Ursache von Schwierigkeiten ist (siehe Abbildung 3.228a) (Unsicherheitskoeffizient: 0,175, Signifikanz: 0,008; Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,1, Signifikanz: 0,028). Hier steigt die Anzahl der Nennungen mit der Dauer des Aufenthaltes in Deutschland (D1: 0%, D2: 6,7%; D3: 22,9%).

Fast kein Proband nannte parallele und synchrone Verläufe als Schwierigkeit, dies taten nur 3,7% (siehe Abbildung 3.229). Dabei gaben mehr Probanden aus SA diese Schwierigkeiten an als aus D.

Ebenfalls 3,7% nannten Iterationen und Entscheidungen als Schwierig-



(a) kulturelles Cluster



(b) Aufenthaltsdauer in Deutschland

Abbildung 3.228.: Nennung des Aufbaus des Diamantenmodells als Schwierigkeit bezogen auf verschiedene Merkmale

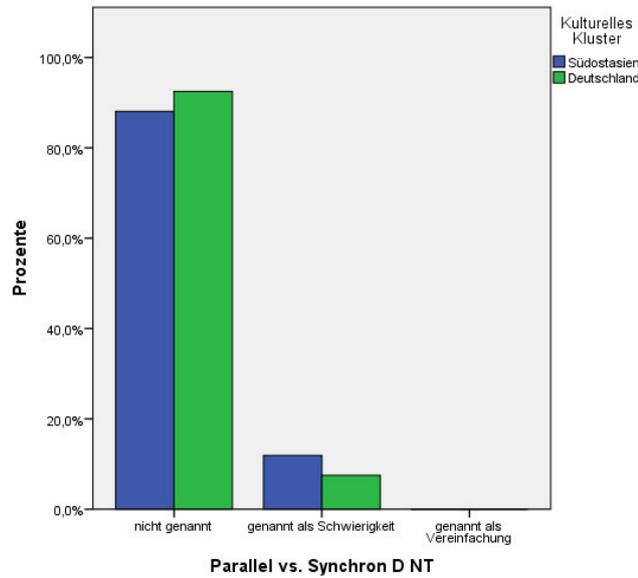


Abbildung 3.229.: Parallelitäten und Synchronitäten

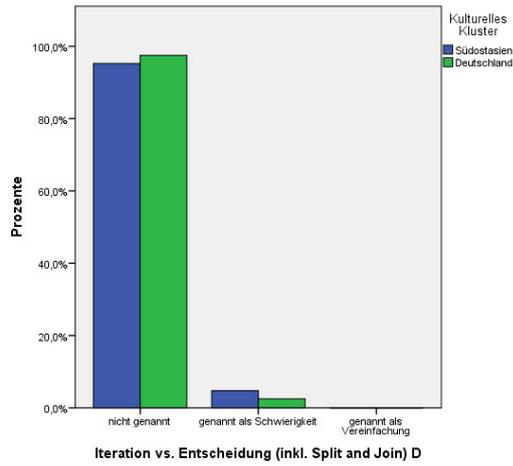
keiten im Diamantenmodell (siehe Abbildung 3.230a). Dabei lag der Prozentsatz der Probanden aus SA höher als der aus D.

Die Nennung von Iterationen und Entscheidungen als Schwierigkeiten im Diamantenmodell steht in einer schwachen Beziehung zu den Modellierungsvorkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.230b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,204, Signifikanz: 0,022), diese nannten einzig 8,6% von M2.

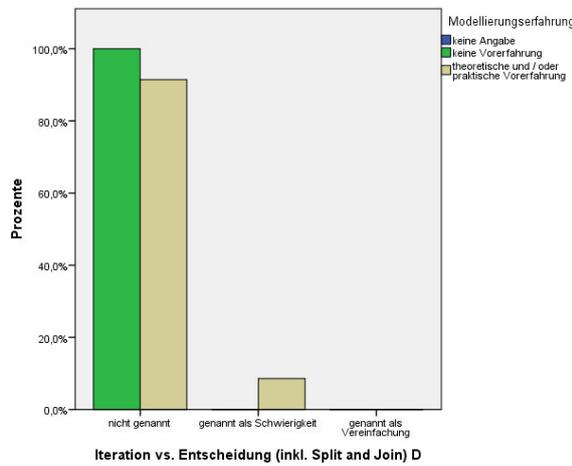
Auch eine schwache Abhängigkeit von den UML-Kenntnissen der Probanden ist vorhanden (siehe Abbildung 3.230c) (Unsicherheitskoeffizient: 0,186, Signifikanz: 0,029). Hier nannten 18,2% von UML2 und 1,4% von UML1 diese Schwierigkeit.

Kontroll- und Informationsflüsse wurden von 2,4% der Probanden als schwierig bezeichnet (siehe Abbildung 3.231a). Dabei bestand kein Unterschied für die Probanden der kulturellen Cluster.

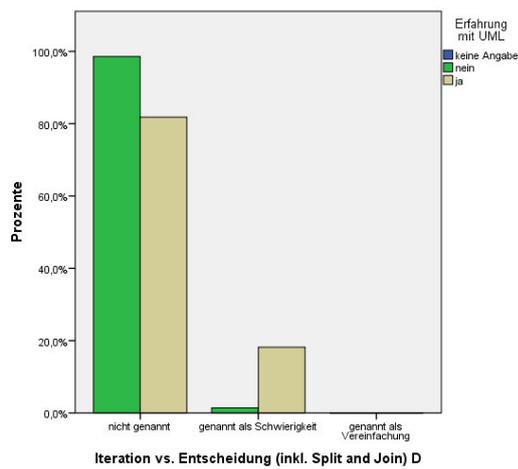
Es besteht eine schwache Beziehung der Benennung von Flüssen im Modell als Schwierigkeit zur Aufenthaltsdauer in Deutschland (siehe Abbildung 3.231b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,213, Signifikanz: 0,021). Diese nannten 14,3% von D3 als schwierig im Diamantenmodell, aber kein Proband der anderen beiden Gruppen. Für die Kombination aus Alter und kulturellem Cluster liegt eine schwache Beziehung für die Gruppe A1 vor (Unsicherheitskoeffizient: 0,217, Signifikanz: 0,013). Hier nannte keiner der Probanden aus Gruppe SA/A1 die Flüsse als Schwierigkeit, aber 15,4% von D/A1. Es besteht auch eine schwache Beziehung zu den Modellierungsvorkenntnissen der Probanden (Unsicherheitskoeff-



(a) kulturelles Cluster

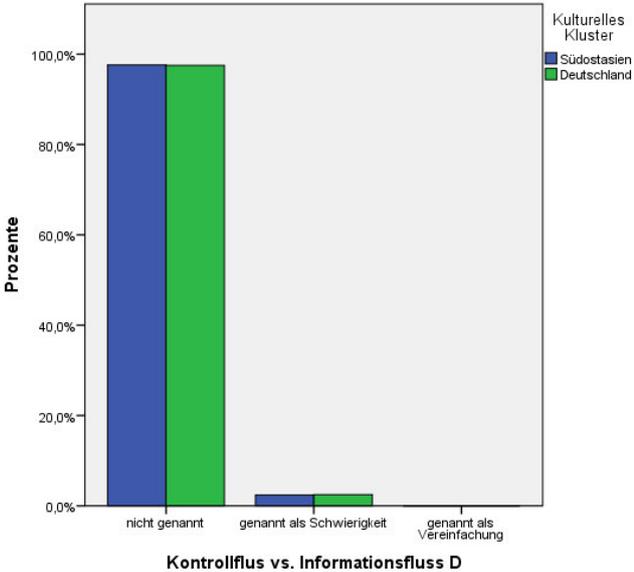


(b) Modellierungsvorerfahrung

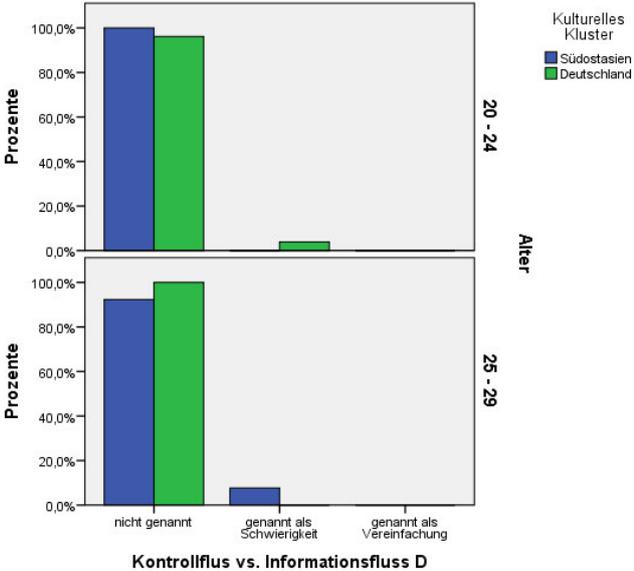


(c) UML-Kenntnisse

Abbildung 3.230.: Nennung von Iterationen und Entscheidungen als Problem des Verständnisses des Diamantenmodells bezogen auf verschiedene Merkmale



(a) kulturelles Cluster



(b) Alter

Abbildung 3.231.: Nennung der Flüsse als Schwierigkeit im Diamantenmodell bezogen auf verschiedene Merkmale

fizient: 0,144, Signifikanz: 0,032), 8,5% von M1 nannten die Flüsse als Schwierigkeit.

Einige Probanden (4,9%) gaben an, die Parameter in diesem Modell

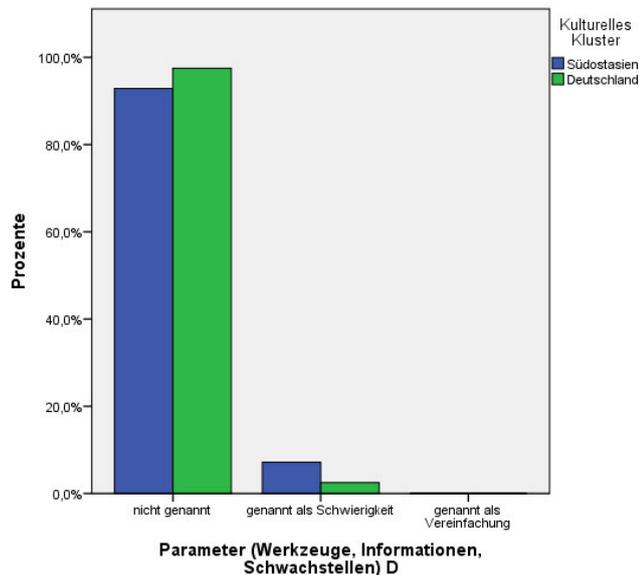


Abbildung 3.232.: Parameter als Schwierigkeit

als Schwierigkeit empfunden zu haben (siehe Abbildung 3.232). Diese Schwierigkeit gaben wesentlich mehr Probanden aus SA an als aus D. Während 13,4% der Probanden gerne mehr textuelle Beschreibungen im Modell gehabt hätten, fanden 3,7% im Modell sei zu viel Text.

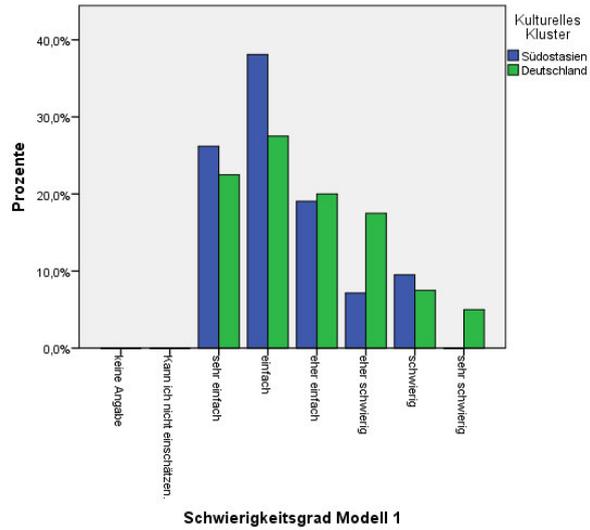
3.2.13. Nachtest

Die Probanden beantworteten einige abschließende Fragen zu den Modellen, in denen sie subjektiv die Schwierigkeit und ihr eigenes Verständnis der Modelle bewerteten. Dabei nannten sie einige Punkte, die ihnen das Verständnis der Modelle erschwerten oder dazu beitrugen.

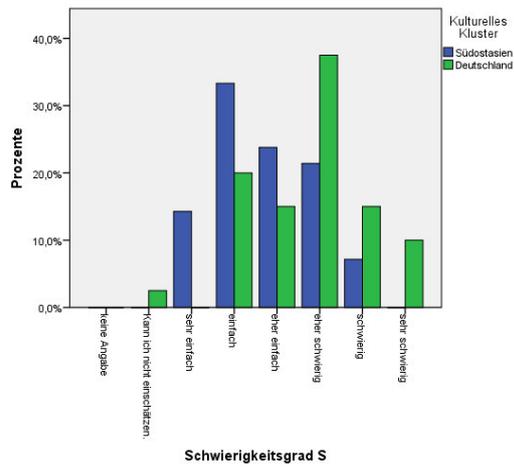
3.2.13.1. Schwierigkeitsgrad der Modells

Abbildung 3.233 zeigt die Einschätzung des jeweiligen Schwierigkeitsgrads der einzelnen Modelle. Dabei fällt auf, dass die Probanden aus Deutschland sämtliche Modelle als schwieriger einschätzten als die Probanden aus Südostasien. Für alle Modelle gaben nur Probanden aus Deutschland an, diese als sehr schwierig empfunden zu haben.

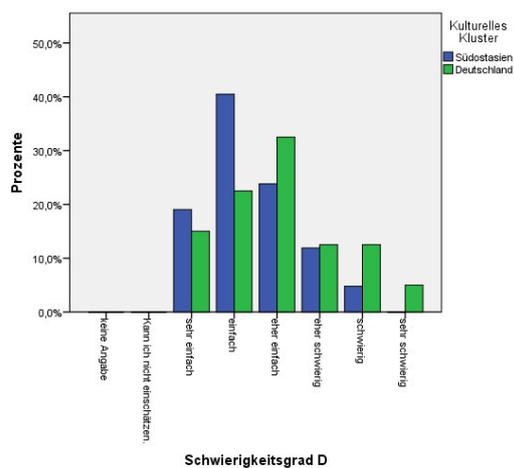
Die Mehrheit der Probanden empfand das Autovermietungsmodells als sehr einfach (24,4%), einfach (32,9%) oder eher einfach (19,5%) (siehe



(a) Autovermietungsmodell



(b) Simulationsmodell



(c) Diamantenmodell

Abbildung 3.233.: Einschätzung des Schwierigkeitsgrads der einzelnen Modelle abhängig vom kulturellen Cluster

Abbildung 3.233a. Nur wenige Probanden empfanden dieses Modell als eher schwierig (12,2%), schwierig (8,5%) oder sehr schwierig (2,4%).

Anders sah dies beim Simulationsmodell aus, hier gaben 29,3% an, das Modell eher schwierig zu finden, 19,5% fanden es eher einfach und 26,8% einfach (siehe Abbildung 3.233b). Allerdings empfanden 11% das Modell als schwierig und 4,9% als sehr schwierig. Nur 7,3% hielten es für sehr einfach und 1,2% konnten die Schwierigkeit des Modells nicht einschätzen.

Das Diamantenmodell fanden viele Probanden wieder einfacher, hier bezeichneten 17,1% das Modell als sehr einfach, 31,7% als einfach und 28% als eher einfach (siehe Abbildung 3.233c). Nur 12,2% bezeichneten dieses Modell als eher schwierig, 8,5% als schwierig und 2,4% als sehr schwierig.

Somit halten je 76,8% das Autovermietungsmodell und das Diamantenmodell für einfach, und 54,9% das Simulationsmodell. Allerdings wird das Autovermietungsmodell als einfach als das Diamantenmodell eingeschätzt, denn hier bewerteten 57,3% auf den untersten zwei Skalenpunkten, für das Diamantenmodell nur 48,8%.

3.2.13.2. Schwierigkeiten für das Autovermietungsmodell

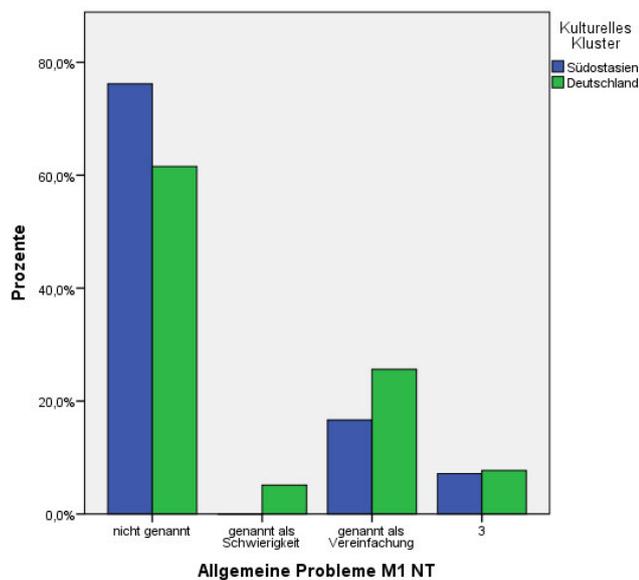


Abbildung 3.234.: Allgemein Probleme mit dem Modell, 3-Angaben und Fragen zum Modellinhalt

Während nur 2,4% angaben, dass Modell nicht verstanden zu haben, gaben 20,7% an, es vollständig verstanden zu haben oder es als sehr gut verständlich zu empfinden. Weitere 7,3% hatten Anmerkungen bezüglich

des Modellinhalts (siehe Abbildung 3.234). Dabei gaben nur Probanden aus Deutschland an, das Modell nicht verstanden zu haben, aber auch mehr Probanden aus Deutschland als aus Südostasien fanden, dass sie das Modell vollständig verstanden hatten.

3.235 Nur 2,4% empfanden den Aufbau des Modells als schwierig (siehe

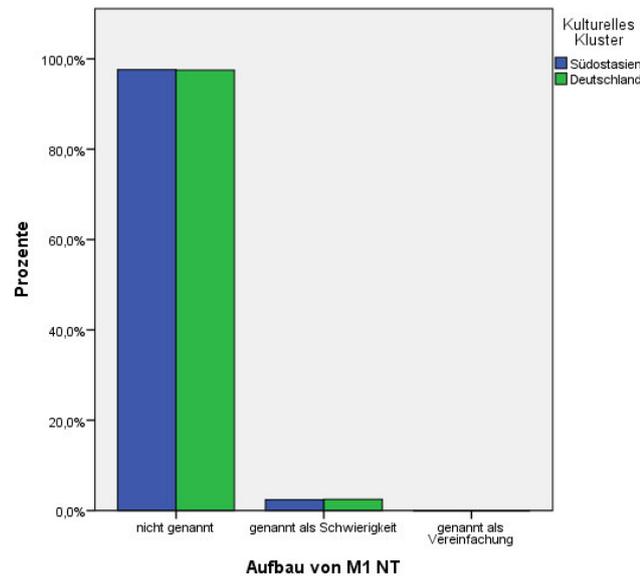


Abbildung 3.235.: Modellaufbau

Abbildung 3.235).

Im Nachtest nannten 28% der Probanden parallele und/oder synchrone Aktivitäten als Schwierigkeit (siehe Abbildung 3.236). Dabei nannten ungefähr 40% der Probanden aus Südostasien diese Schwierigkeit, aber nur ca. 18% aus Deutschland.

Iterationen und Entscheidungen nannten nur 6,1% aller Probanden (siehe Abbildung 3.237a). Dabei unterschieden sich die beiden Gruppen kaum. Allerdings besteht für die Nennung dieses Punktes eine schwache Beziehung zu den Modellierungsvorkenntnissen der Probanden (siehe Abbildung 3.237b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,13, Signifikanz: 0,043), nur Probanden ohne Modellierungsvorkenntnisse nannten diese (8,5% von M1).

Die Flüsse wurden von 4,9% der Probanden als Schwierigkeit erachtet (siehe Abbildung 3.238a). Dabei unterschieden sich die beiden Gruppen kaum.

Hier besteht eine schwache Beziehung zu den Modellierungsvorkenntnissen (siehe Abbildung 3.238b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,13, Signifikanz: 0,043). Die Flüsse wurden einzig von 8,5% von M1 als Schwierigkeit benannt.

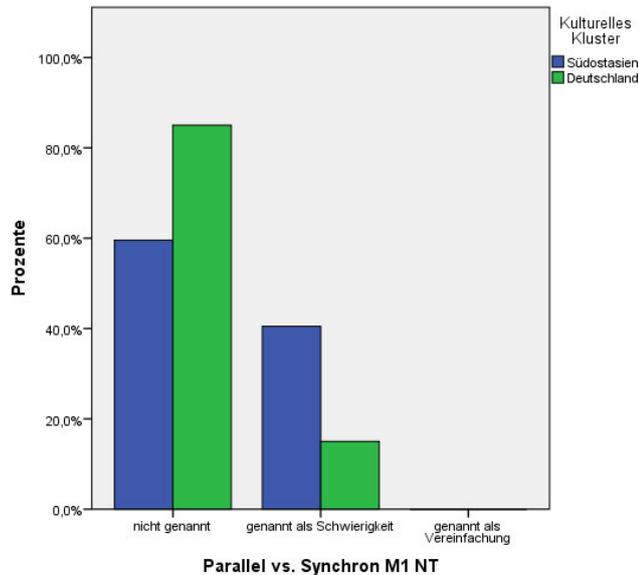
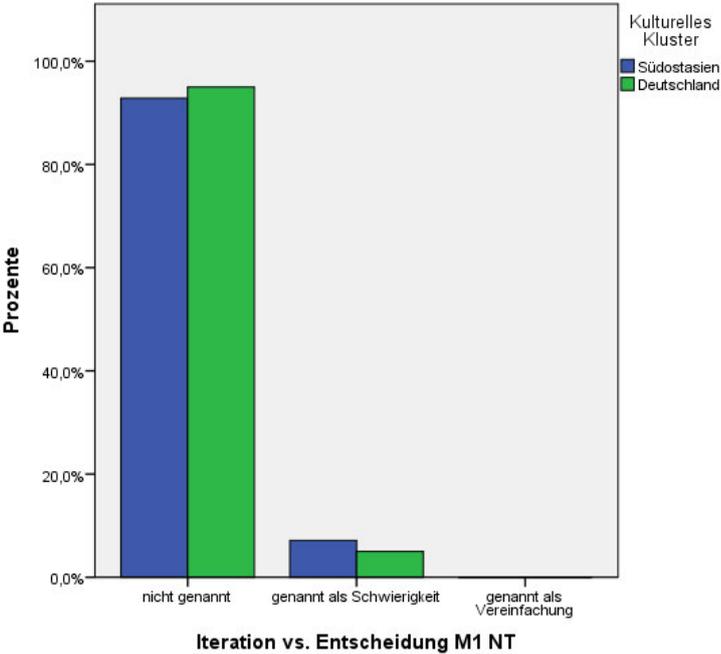


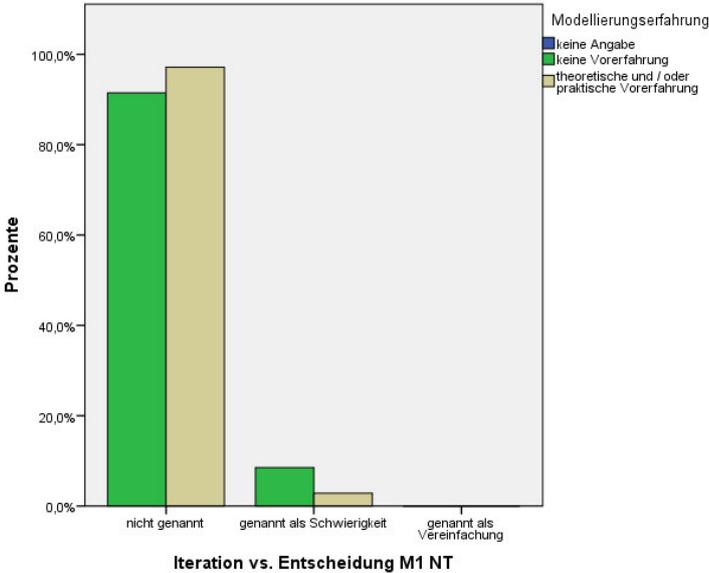
Abbildung 3.236.: Parallelität und Synchronität

Die Parameter im Autovermietungsmodell wurden von 6,1% der Probanden als schwierig empfunden (siehe Abbildung 3.239). Diese Schwierigkeit nannten etwas mehr Probanden aus Deutschland als aus Südostasien.

Von den Probanden hätten 4,9% gerne mehr erklärenden Text im Modell gelesen, aber 1,2% fühlten sich durch zu viel Text im Modell eher verwirrt (siehe Abbildung 3.240). Dabei gaben wesentlich mehr Probanden aus Südostasien an, dass sie gerne mehr Text gehabt hätten, während einige Probanden aus Deutschland sogar weniger Text bevorzugt hätten.

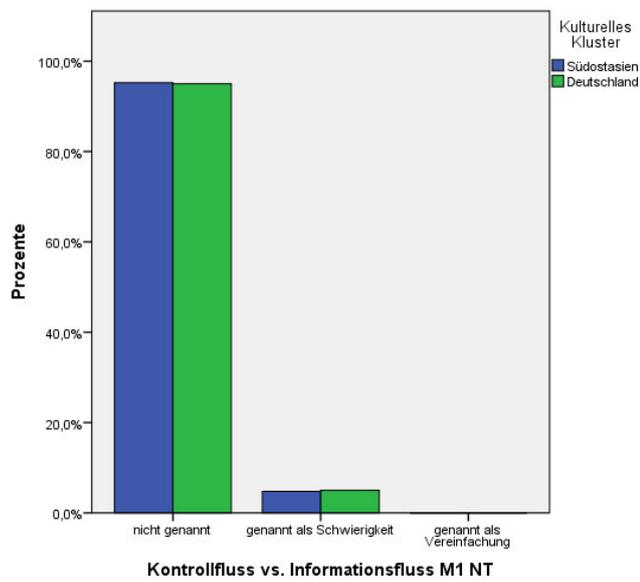


(a) kulturelles Cluster

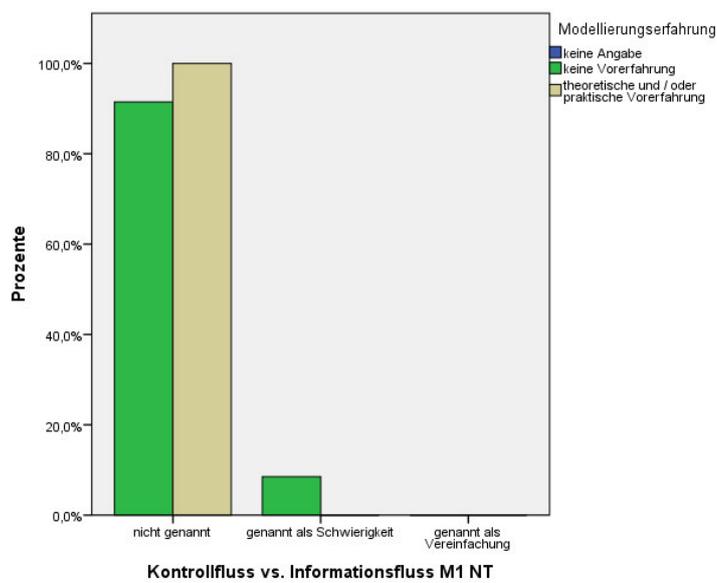


(b) Modellierungsvorerfahrung

Abbildung 3.237.: Identifizierung der Iterationen und Entscheidungen als Schwierigkeit im Autovermietungsmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest



(a) kulturelles Cluster



(b) Modellierungsvorerfahrung

Abbildung 3.238.: Identifizierung der Flüsse als Schwierigkeit im Autovermietungsmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest

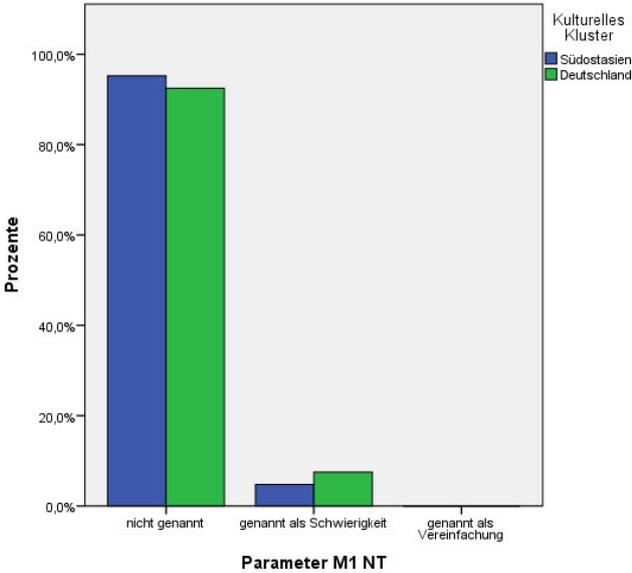


Abbildung 3.239.: Parameter

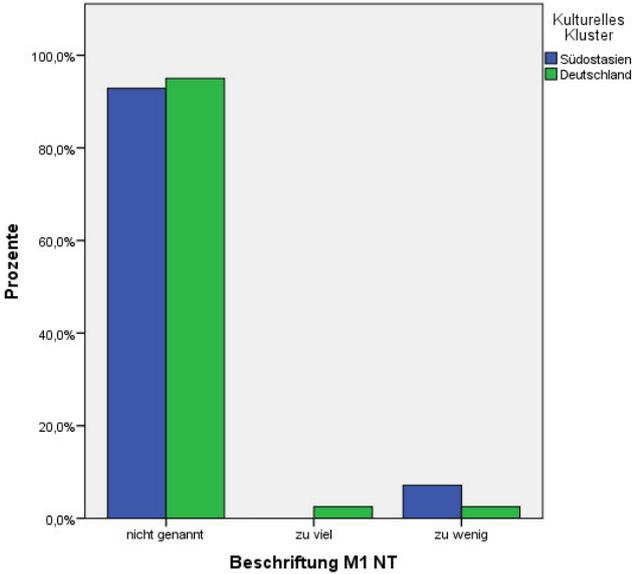


Abbildung 3.240.: Beschriftung

3.2.13.3. Schwierigkeiten für das Simulationsmodell

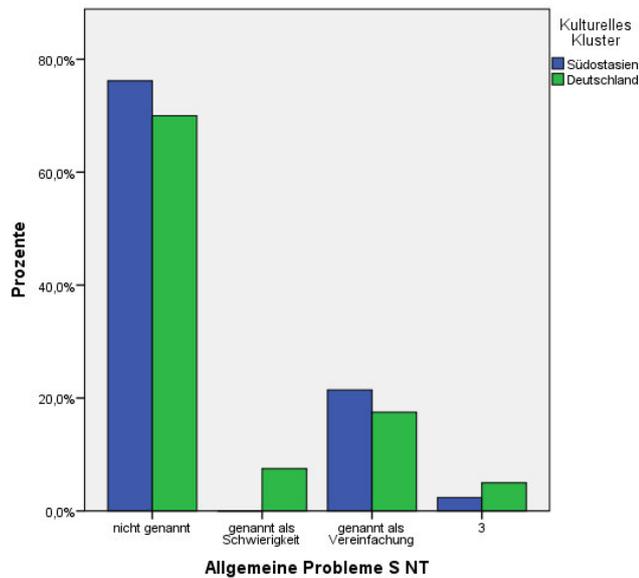


Abbildung 3.241.: Allgemein Probleme im Simulationsmodell, 3 - Fragen oder Anmerkungen

Nur 3,7% gaben an, gar kein Verständnis des Modells zu besitzen, 19,5% empfanden keinerlei Schwierigkeiten mit dem Modell und 3,7% machten Anmerkungen zum Modellinhalt (siehe Abbildung 3.242). Dabei gaben erneut nur Probanden aus Deutschland an, gar kein Verständnis des Modells zu haben.

Der Aufbau des Modells wurde nur von 2,4% als Schwierigkeit genannt (siehe Abbildung 3.241). Alle Probanden, die diesen Punkt nannten, waren aus Deutschland.

Viele Probanden (22%) fanden, mehr Text hätte ihnen zu einem besseren Modellverständnis verholfen, nur 3,7% fanden es sei zu viel Text im Modell (siehe Abbildung 3.243). Diesmal empfanden einige Probanden aus beiden Kulturräumen, dass zu viel Text im Modell war, dabei überwogen die Probanden aus Südostasien. Mehr als doppelt so viele Probanden aus Deutschland wie aus Südostasien gaben an, dass sie gerne mehr Text im Modell gehabt hätten.

Insgesamt 7,3% der Probanden nannten Parameter als Schwierigkeit im Simulationsmodell (siehe Abbildung 3.244). Es besteht kein Unterschied für die kulturellen Cluster.

Das Empfinden, ob Parameter in diesem Modell Schwierigkeiten bereiteten, stand in einer schwachen Beziehung (Unsicherheitskoeffizient: 0,106; Signifikanz: 0,037) zum Abschluss der Probanden (siehe Abbil-

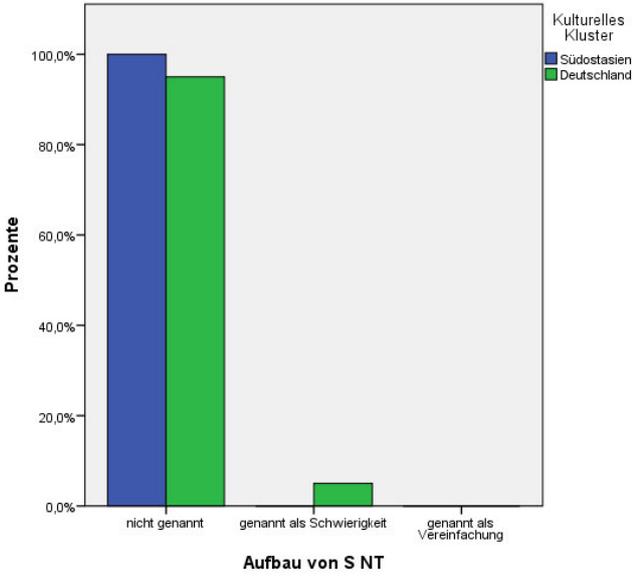


Abbildung 3.242.: Aufbau

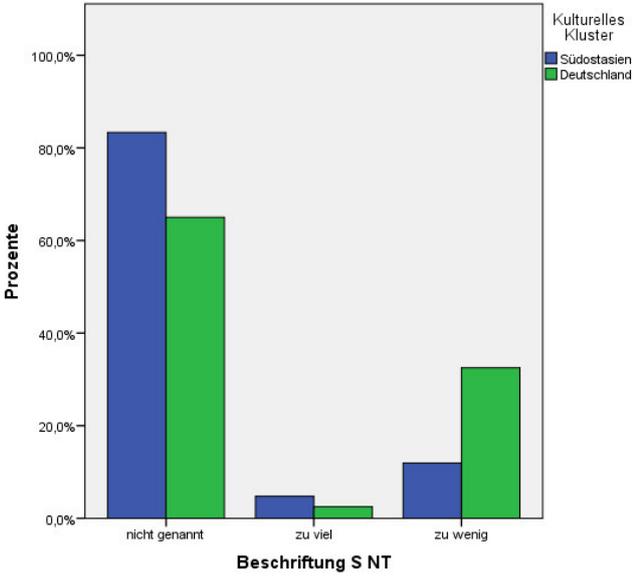
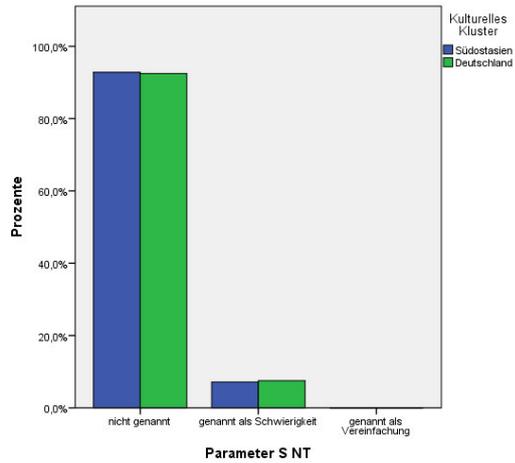
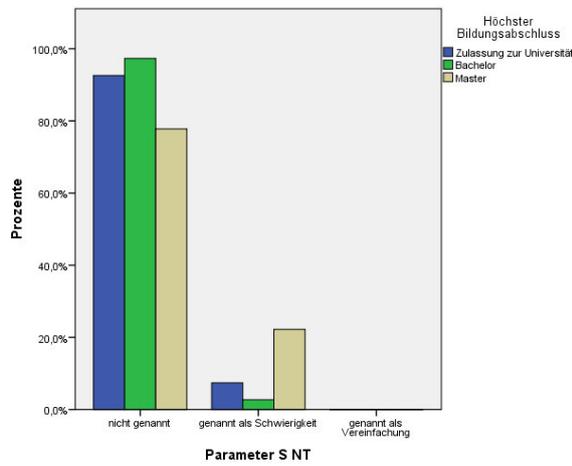


Abbildung 3.243.: Beschriftung als Problem im Simulationsmodell

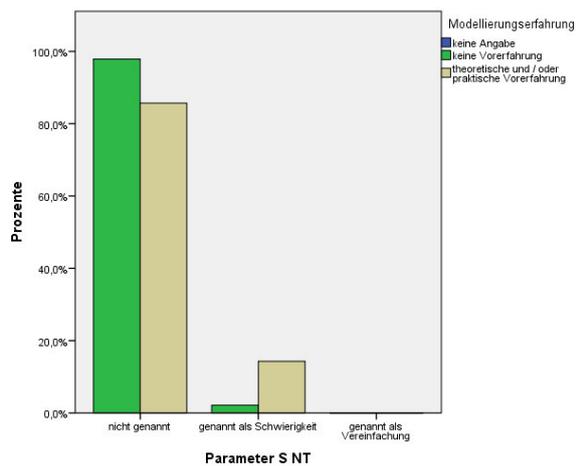
3. Empirische Untersuchungen



(a) kulturelles Cluster



(b) Abschluss



(c) Modellierungsvorerfahrung

Abbildung 3.244.: Identifizierung der Parameter als Schwierigkeit im Simulationsmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest

dung 3.244b). So empfand kein Proband aus Ba3, dass er Probleme mit Parameter hatte, während 24,3% von Ba2 und 7,4% von Ba1 diese im Simulationsmodell als schwierig empfanden.

Des Weiteren besteht eine Beziehung zu der Modellierungsexpertise der Probanden (siehe Abbildung 3.244c) (Unsicherheitskoeffizient: 0,106, Signifikanz: 0,033), nur 2,1% von M1 nannten Parameter als Schwierigkeit, aber 14,3% von M2.

Kontroll- und Informationsflüsse wurden von 6,1% der Probanden als Schwierigkeiten genannt. Hier besteht eine schwache Abhängigkeit vom kulturellen Cluster der Probanden (siehe Abbildung 3.245a) (Unsicherheitskoeffizient: 0,2, Signifikanz: 0,06). Nur Probanden aus D nannten diese Schwierigkeit (12,5%).

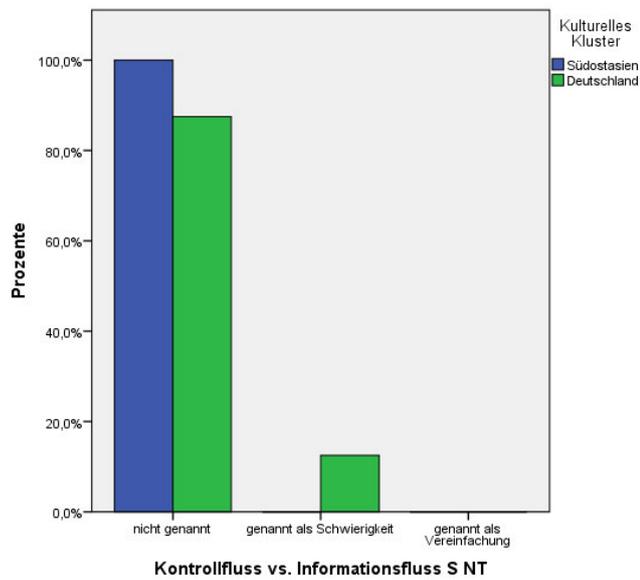
Ob die Flüsse im Modell von den Probanden als schwierig zu verstehen gewertet wurden, hing schwach von ihrem Abschluss ab (siehe Abbildung 3.245b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,27, Signifikanz: 0,015). Nur von Ba1 empfanden 14,8% die Flüsse im Simulationsmodell als schwierig. Eine mittlere Beziehung besteht zu den Englischkenntnissen der Probanden (Unsicherheitskoeffizient: 0,454, Signifikanz: 0,000). Einzig 28,6% von E1 nannten diese als Schwierigkeit im Simulationsmodell.

Schwierigkeiten mit parallelen oder synchronen Aktivitäten empfanden 4,9% der Probanden (siehe Abbildung 3.246a). Dabei nannten diesen Punkt ungefähr doppelt so viele Probanden aus SA als aus D.

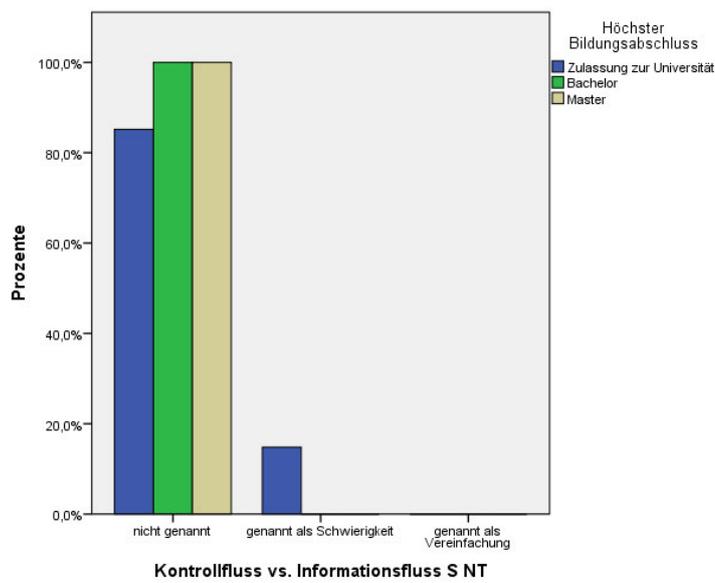
Die Nennung von Parallelitäten und Synchronitäten als Schwierigkeit steht in einer schwachen Beziehung dazu, welche Modellvariante betrachtet wurde (siehe Abbildung 3.246b) (Unsicherheitskoeffizient: 0,18, Signifikanz: 0,016). Wurde Variante S1 bearbeitet, nannten 9,8% der Probanden diese Schwierigkeit.

Iterationen und Entscheidungen wurden von einigen Probanden (1,2%) als schwierig angesehen, dabei nannten nur Probanden aus Deutschland diese als Schwierigkeit.

Es besteht eine mittlere Beziehung zum Bildungsabschluss der Probanden (siehe Abbildung 3.247) (Unsicherheitskoeffizient: 0,247, Signifikanz: 0,045). Einzig 11,1% von Ba1 gaben an, mit diesen Elementen Schwierigkeiten gehabt zu haben (Ba2 und Ba3 je 0%). Für die Nennung dieses Punktes besteht eine schwache Beziehung zu den Modellierungsvorkenntnissen der Probanden (Unsicherheitskoeffizient: 0,13, Signifikanz: 0,043), nur Probanden ohne Modellierungsvorkenntnisse nannten diese (8,5% von M1).

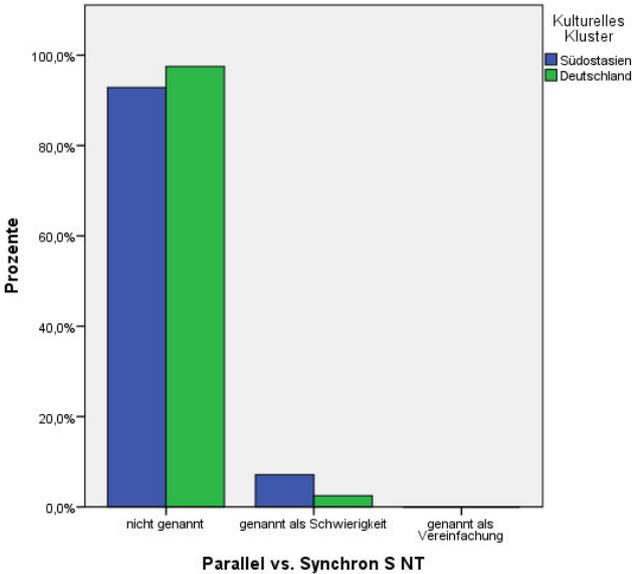


(a) kulturelles Cluster

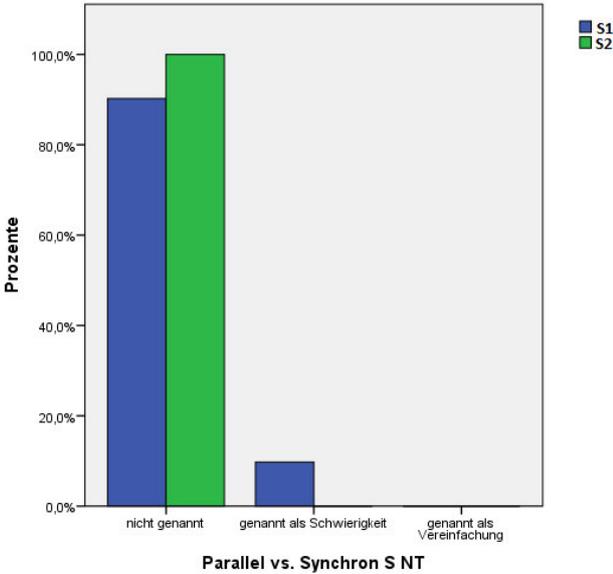


(b) Abschluss

Abbildung 3.245.: Identifizierung der Flüsse als Schwierigkeit im Simulationsmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest



(a) kulturelles Cluster



(b) bearbeitete Modellvariante

Abbildung 3.246.: Identifizierung der Parallelitäten und Entscheidungen als Schwierigkeit im Simulationsmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest

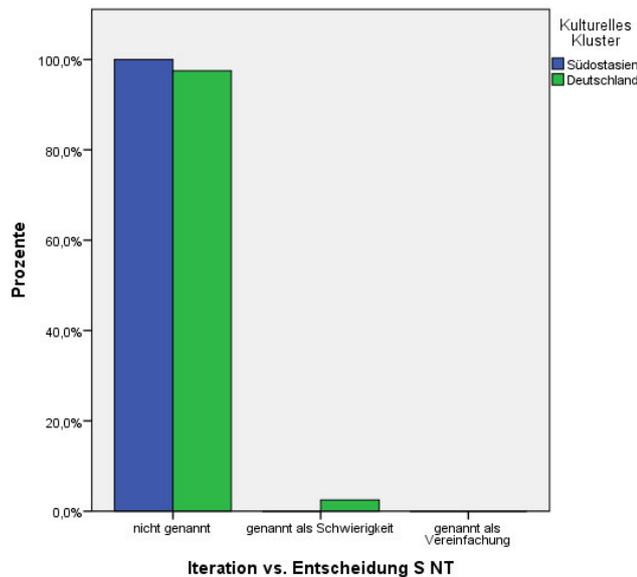


Abbildung 3.247.: Iterationen und Entscheidungen

3.2.13.4. Schwierigkeiten für das Diamantenmodell

Nur 2,4% meinten, dass Modell gar nicht verstanden zu haben, während 26,8% angaben, keinerlei Schwierigkeiten mit diesem Modell gehabt zu haben (siehe Abbildung 3.248). Dabei gaben erneut nur Probanden aus Deutschland an, das Modell überhaupt nicht verstanden zu haben. Nur 1,2% machten sonstige Anmerkungen, diese Probanden waren ausschließlich aus Südostasien.

Den Aufbau des Diamantenmodells empfanden 12,2% als schwierig. Hierbei besteht eine schwache Abhängigkeit vom kulturellen Cluster (Unsicherheitskoeffizient: 0,143, Signifikanz: 0,003) (siehe Abbildung 3.249a). Von den Probanden aus D nannten 22,5% diese Schwierigkeit, aber nur 2,4% von denen aus SA.

Der Aufbau des Modells wurde schwach abhängig vom Bildungsgrad von den Probanden als schwierig empfunden (Unsicherheitskoeffizient: 0,148, Signifikanz: 0,018) (siehe Abbildung 3.249b). Diesen nannten 25,9% von Ba1 und 5,4% von Ba2 als Schwierigkeit, aber 0% von Ba3. Somit wird für dieses Modell der Aufbau mit steigendem Bildungsabschluss als einfacher empfunden.

Ebenfalls besteht eine schwache Beziehung dieser Nennung dazu, welche Modellvariante bearbeitet wurde, (Unsicherheitskoeffizient: 0,128, Signifikanz: 0,005) (siehe Abbildung 3.249c). Wurde D1 bearbeitet, nannten nur 2,5% diesen Punkt, ansonsten 21,4%.

Einige Probanden (17,1%) fanden, dass mehr Text zu einem besseren Modellverständnis beigetragen hätte (siehe Abbildung 3.250a). Da-

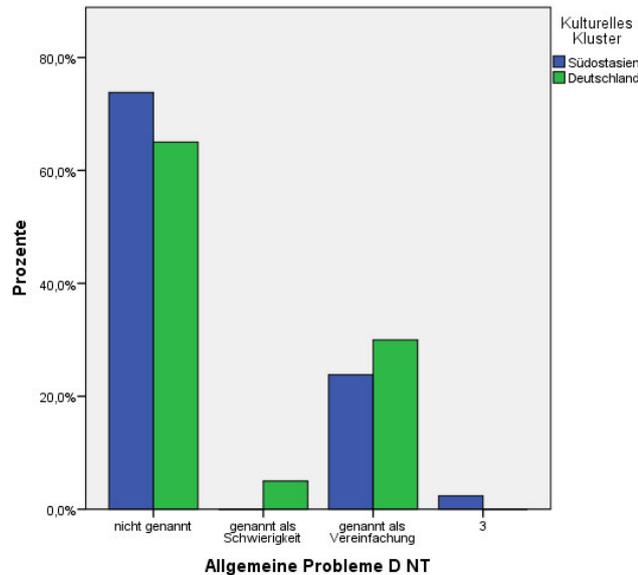


Abbildung 3.248.: Probleme, 3-Fragen oder Anmerkungen zum Prozess

bei machten diese Angabe ungefähr 25% aus D aber nur ca. 10% aus SA. Für das Diamantenmodell besteht eine mittlere Beziehung der Nennung der Beschriftung als Grund für Schwierigkeiten zum kulturellen Cluster für die Gruppe A2 (Unsicherheitskoeffizient: 0,319, Signifikanz: 0,04) (siehe Abbildung 3.250c). Keiner der Probanden aus Gruppe SA/A2 nannte die Beschriftung an dieser Stelle aber 25% von D/A2.

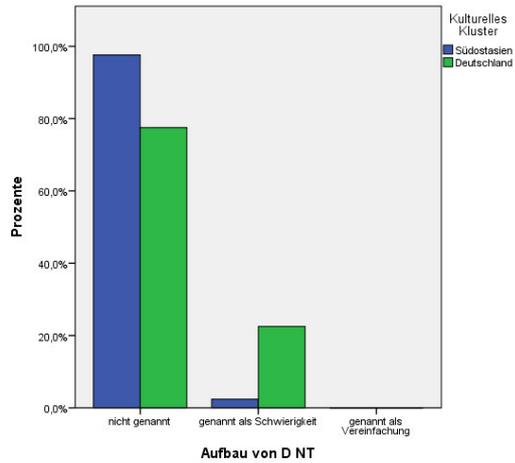
Es besteht ebenfalls eine schwache Beziehung zum Bildungsabschluss (Unsicherheitskoeffizient: 0,113, Signifikanz: 0,037) (siehe Abbildung 3.250b). Hier empfanden 25,9% von Ba1 und 8,1% von Ba2, dass im Modell zu wenig durch Text erklärt wurde, aber kein Proband von Ba3.

Keiner der Probanden nannte die Kontroll- und Informationsflüsse als Schwierigkeit im Diamantenmodell (siehe Abbildung 3.251). Iterationen oder Entscheidungen gaben nur 2,4% als Schwierigkeit an, dabei gab es keinen Unterschied für die Zugehörigkeit zu den kulturellen Cluster (siehe Abbildung 3.252).

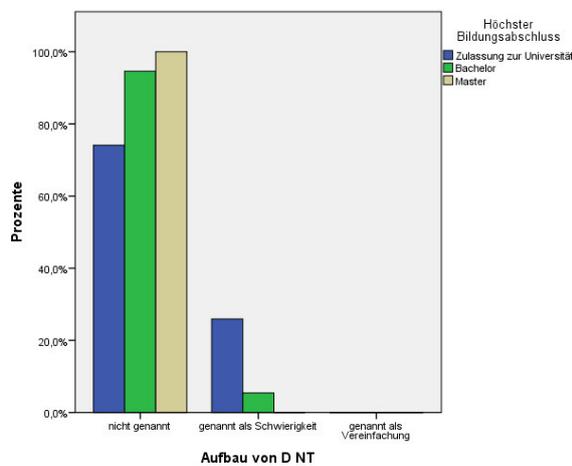
Parallele und synchrone Aktivitäten nannten 9,8% als Schwierigkeit.

Die Parameter dieses Modells empfanden 7,3% als Schwierigkeit, dabei gaben ungefähr doppelt so viele Probanden aus Deutschland diese Schwierigkeit an als aus Südostasien (siehe Abbildung 3.253).

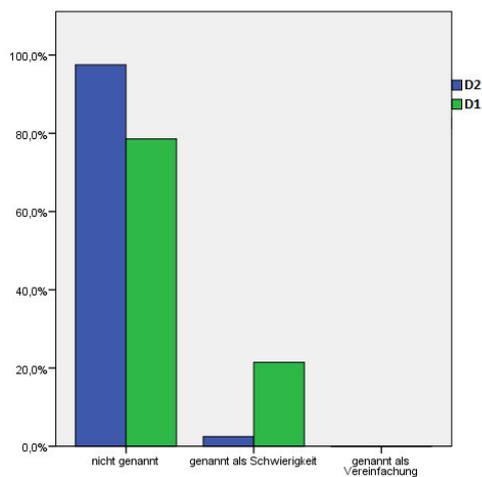
3. Empirische Untersuchungen



(a) kulturelles Cluster

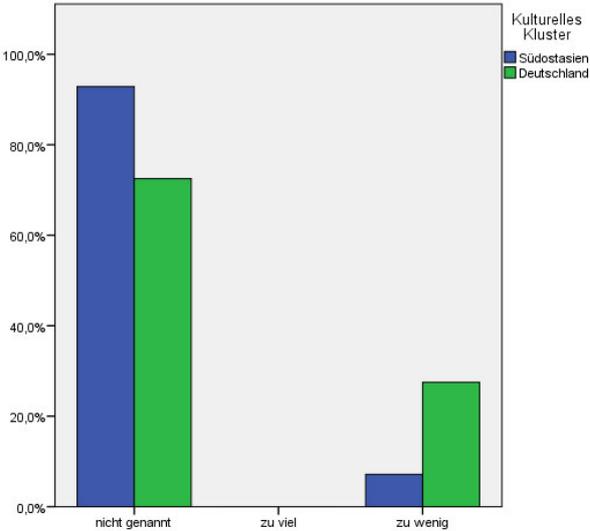


(b) Abschluss

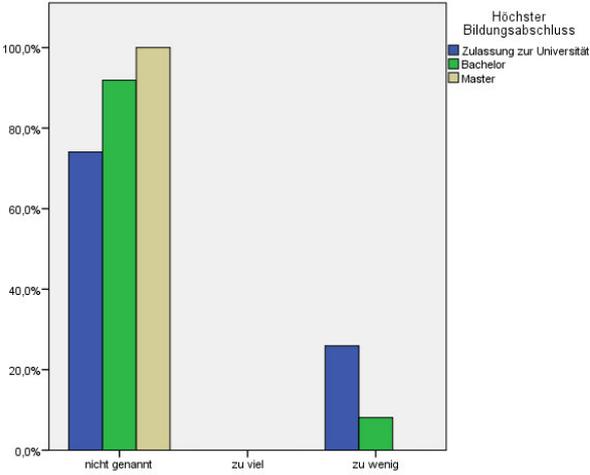


(c) bearbeitete Modellvariante

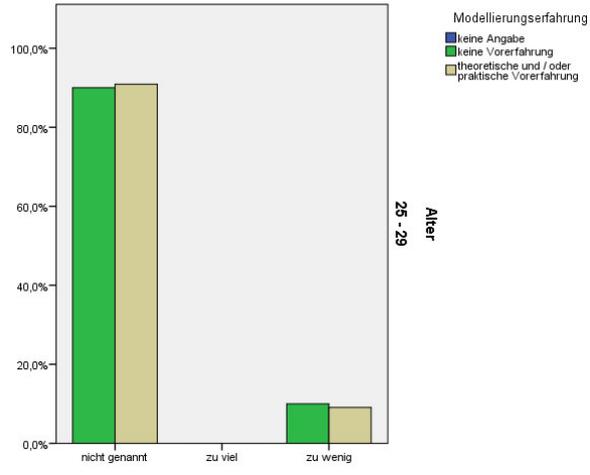
Abbildung 3.249.: Identifizierung des Modellaufbaus als Schwierigkeit im Diamantenmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest



(a) kulturelles Cluster



(b) Abschluss



(c) Modellierungsvorerfahrung für Gruppe A2

Abbildung 3.250.: Identifizierung der Beschriftung als Schwierigkeit im Diamantenmodell bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest

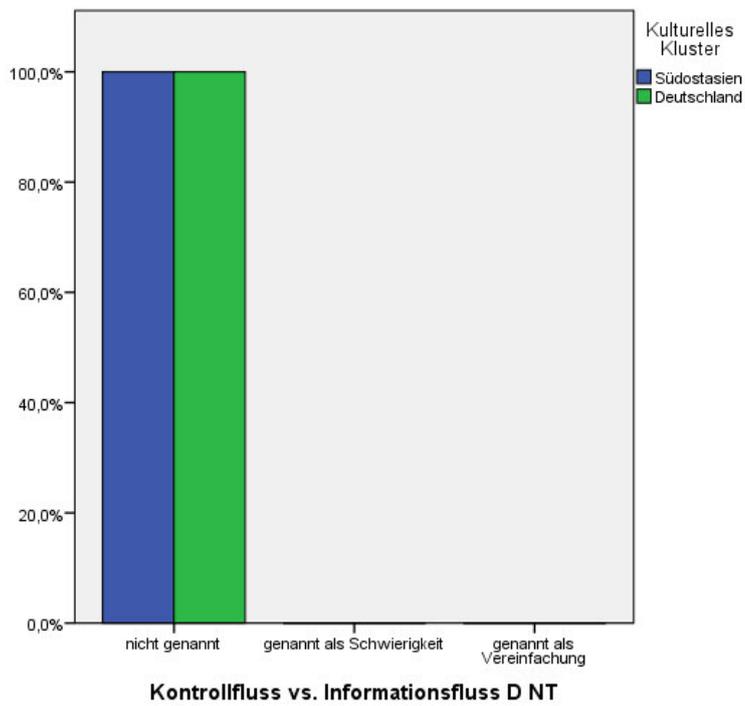


Abbildung 3.251.: Identifizierung der Flüsse als Schwierigkeit im Diamantenmodell

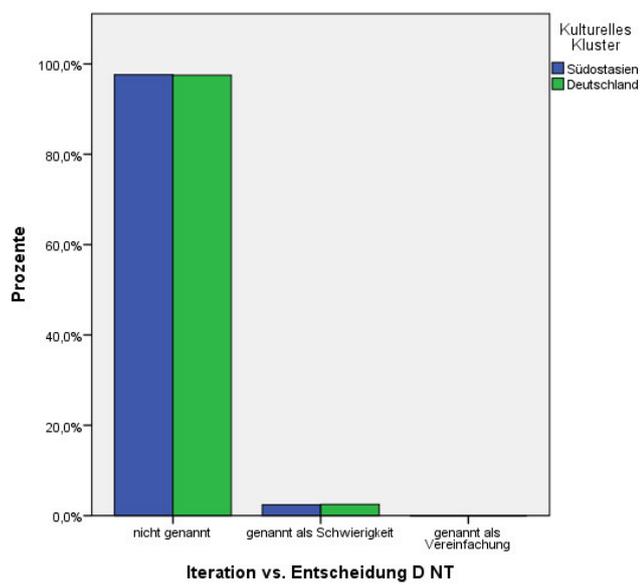


Abbildung 3.252.: Iterationen und Entscheidungen

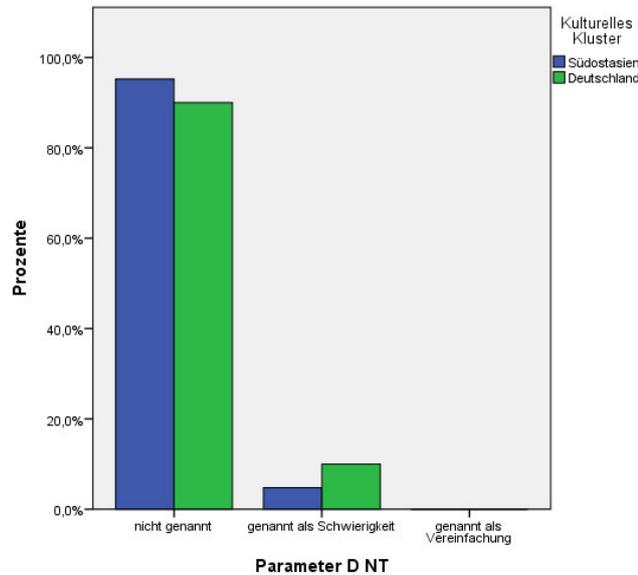


Abbildung 3.253.: Parameter

3.2.13.5. Verständnis des Autovermietungsmodells

Mehr als ein Drittel der Probanden (39%) schätzen ihr Verständnis des Autovermietungsmodells als gut ein, weitere 29,3% als eher gut. Für durchschnittlich halten 18,3% ihr Verständnis (siehe Abbildung 3.254). Eher kein Verständnis oder kein Verständnis meinten 8,5% bzw. 3,7% zu besitzen. Nur 1,2% konnte sein Verständnis dieses Modells nicht einschätzen.

3.2.13.6. Verständnis des Simulationsmodells

Ihr Verständnis des Simulationsmodells schätzten die Probanden schlechter ein, als das des Autovermietungsmodells (siehe Abbildung 3.255a). Hier meinen nur 25,6%, ein gutes Verständnis zu haben und 22% ein eher gutes. Die meisten Probanden schätzen ihr Verständnis als durchschnittlich ein (30,5%). Allerdings geben auch 17,1% an eher kein Verständnis dieses Modells zu besitzen, 3,7% meinen keins. Wiederum können 1,2% ihr Verständnis nicht einschätzen.

Die Einschätzung, wie gut sie das Simulationsmodell verstanden haben, steht in einer schwachen Beziehung zum kulturellen Cluster für die Probanden der Gruppe A1 (Unsicherheitskoeffizient: 0,105, Signifikanz: 0,003) (siehe Abbildung 3.255b). Die Probanden der Gruppe SA/A1 schätzten ihr Verständnis höher ein als die der Gruppe D/A1. Als gut oder eher gut bezeichneten 35,7% bzw. 42,9% von SA/A1, aber nur 11,5% und 15,4% von D/A1. Als durchschnittlich empfanden nur 14,3% von

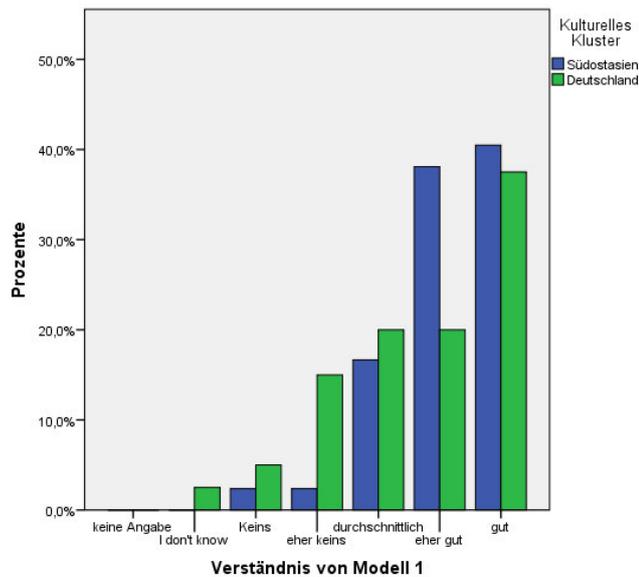


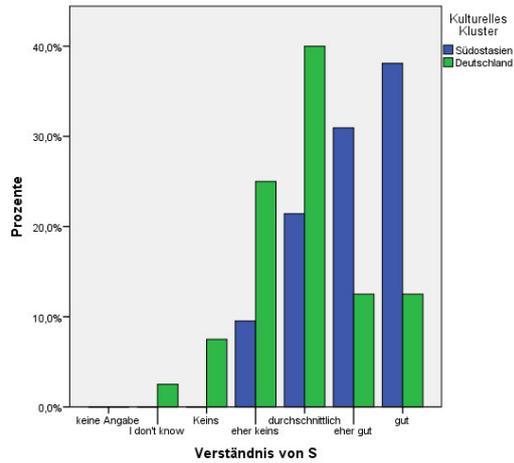
Abbildung 3.254.: Einschätzung des Verständnis des Automobilmodells

SA/A1 ihr Modellverständnis aber 38,5% von D/A1. Eher kein Verständnis zu haben meinten 7,1% von SA/A1 und 19,2% von D/A1. Während keiner der Probanden der Gruppe SA/A1 meinte, kein Verständnis des Modells zu besitzen oder sich nicht einschätzen konnte, gaben 11,5% von D/A1 an, gar nichts verstanden zu haben, und weitere 3,8% konnten ihr Verständnis nicht einschätzen.

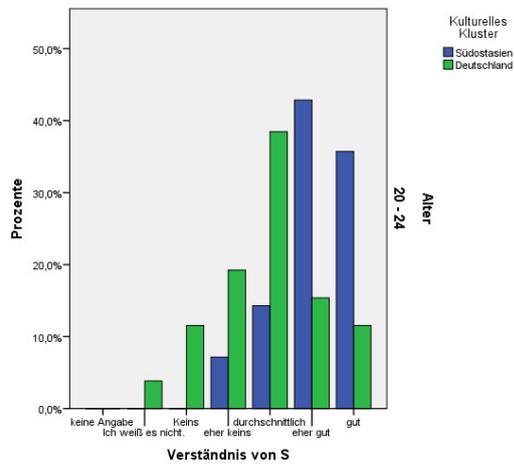
Des Weiteren besteht eine schwache Beziehung zum Abschluss der Probanden (Goodman-und-Kruskal-Tau: 0,109, Signifikanz: 0,000; Lambda: 0,231, Signifikanz: 0,005; Unsicherheitskoeffizient: 0,15, Signifikanz: 0,000) (siehe Abbildung 3.255c). Hier empfanden 7,4% von Ba1, 43,2% von Ba2 und 22,2% von Ba3 ihr Verständnis als gut. Als eher gut empfanden 7,4% von Ba1, 32,4% von Ba2 und 22,2% von Ba3 ihr Verständnis des Modells. Als durchschnittlich bewerteten 48,1% von Ba1, 10,8% von Ba2 und 44,4% von Ba3 ihr Modellverständnis. Eher kein Verständnis zu haben meinten 25,9% von Ba1 und 13,5% von Ba2, weitere 7,4% von Ba1 und 11,1% von Ba3 gaben an, das Modell nicht verstanden zu haben. Schließlich machen 3,7% von Ba1 keine Angabe zu ihrem Verständnis dieses Modells.

3.2.13.7. Verständnis des Diamantenmodells

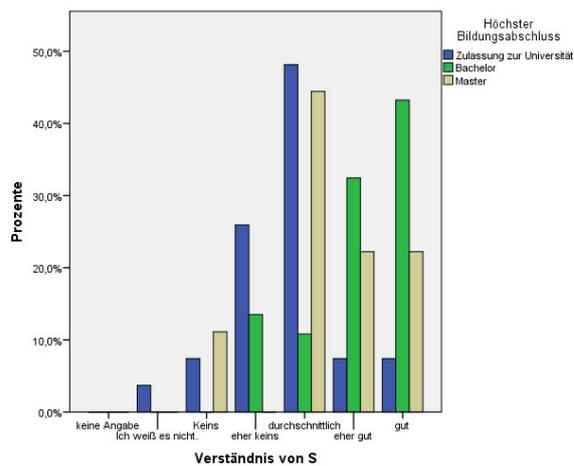
Ihr Verständnis des Diamantenmodells schätzen die Probanden ähnlich ein wie das des Autovermietungsmodells (siehe Abbildung 3.256a), 37,8% geben an, ein gutes Verständnis des Modells zu besitzen, 28% ein eher gutes. Für durchschnittlich halten 23,2% ihr Verständnis. Eher kein Ver-



(a) kulturelles Cluster

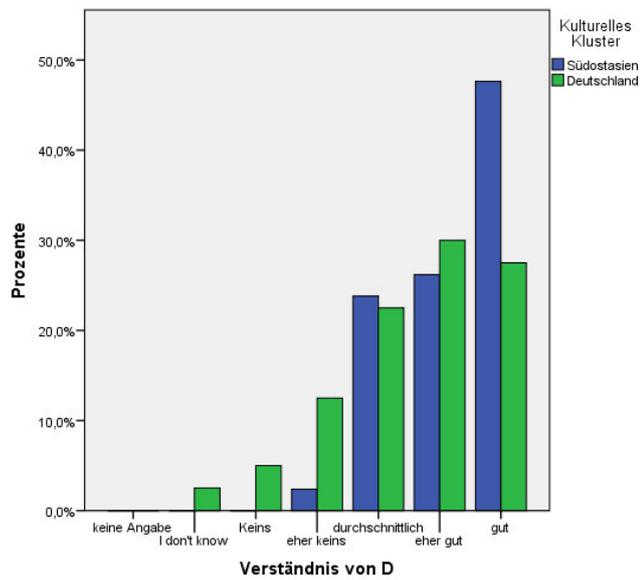


(b) Kulturelles Cluster in Gruppe A1

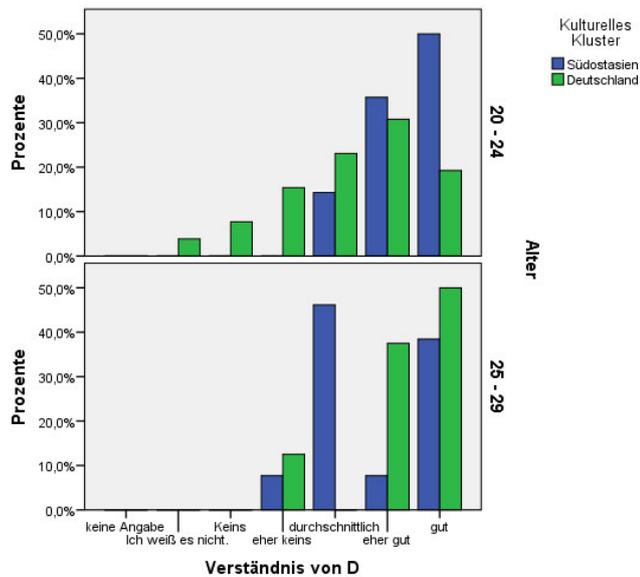


(c) Abschluss

Abbildung 3.255.: Einschätzung des Verständnis des Simulationsmodells bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest



(a) kulturelles Cluster



(b) Alter

Abbildung 3.256.: Einschätzung des Verständnis des Diamantenmodells bezogen auf verschiedene Merkmale im Nachtest

ständnis oder kein Verständnis meinen 7,3% bzw. 2,4% der Probanden zu besitzen. Erneut geben 1,2% an ihr Verständnis nicht einschätzen zu können.

Die Einschätzung, wie gut sie das Diamantenmodell verstanden, steht in einer schwachen Beziehung zum kulturellen Cluster für die Probanden der Gruppe A2 (Unsicherheitskoeffizient: 0,156, Signifikanz: 0,041) (siehe Abbildung 3.256b). Als gut oder eher gut bezeichneten 38,5% bzw. 7,7% von SA/A2 und 50% und 37,5% von D/A2. Als durchschnittlich empfanden 46,2% von SA/A2 ihr Modellverständnis aber 0% von D/A2. Eher kein Verständnis zu haben meinten 7,7% von SA/A2 und 12,5% von D/A2.

4. Ergebnisse

Die Ergebnisse der beiden Studien dienen als Grundlage zum Aufbau von Trainingskonzepten von Modellierern. Da die Ergebnisse der zweiten Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen kulturellen Gruppen aufweisen, werden vor Allem die Ergebnisse der ersten Studie betrachtet, da diese signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen mit unterschiedlicher Modellierungsvorerfahrung zeigen.

Zur Erstellung eines Trainingskonzepts werden die Fehlertypen betrachtet, die den Probanden mit steigender Modellierungsexpertise seltener unterliefen. Dabei werden solche unterschieden, die alleine durch theoretische Vorkenntnisse eliminiert werden können, und solche, deren Vorbeugung praktisches Vorwissen benötigt.

Fehler, die unabhängig der Modellierungsexpertise den Probanden gehäuft unterliefen, werden dahingehend überprüft, ob sie durch eine Softwareunterstützung vermieden werden können. Dabei ist zu beachten, wo diese Unterstützung ansetzen kann und inwiefern diese überhaupt möglich ist.

Zusätzlich wird überprüft, welche Fehler dadurch seltener werden könnten, dass die zugehörigen Modellierungselemente verändert werden. Allerdings ist dies nicht für alle Elemente sinnvoll, sondern nur für solche, deren Bedeutung sich scheinbar fast allen Probanden verschließt beziehungsweise die beständig falsch gedeutet werden.

Die Ergebnisse der ersten Studie sind in Tabelle 4.1 zusammengefasst. Dabei fällt auf, dass für einige Fehlertypen (Gesamtfehlerzahl, Auslassungsfehler, Vergessen von Aktivitäten, Objekt-Verb-Label) die Anzahl mit jeder Expertisestufe sinkt, während für andere praktische Modellierungsvorkenntnisse benötigt werden. Eine auffällige Ausnahme bildet die Vertauschung von Informationen und Werkzeugen, da hier die Intermediates am Besten abschneiden. Fehler mit synchroner Zusammenarbeit sind nur schwach abhängig von der Modellierungsexpertise. Einzig Fehler mit Vertauschungen oder Parallelisierungen weisen keinerlei Abhängigkeit von der Modellierungsexpertise auf.

Auffällig ist, dass die Mehrheit der Fehlertypen abhängig von der Aufgabenstellung ist. Drei Fehlertypen (Vergessen von Aktivitäten, Vertauschungen, und Iterationsfehler) werden von Probanden aus den Fachbereichen Naturwissenschaften, Ingenieurwissenschaften und BWL seltener begangen. Das Alter scheint nur einen Einfluss auf Konfigurations-

Tabelle 4.1.: Einflüsse auf Modellqualität

Fehlertyp	Modellierungsexpertise	weitere Einflüsse
Gesamtfehlerzahl	N<I<E	Aufgabenstellung
Auslassungsfehler	N<I<E	
Vergessen von Aktivitäten	N<I<E	Kenntnis einer Modellierungssprache, Fachbereich Naturwissenschaften, Ingenieurwesen oder BWL, Aufgabenstellung
Konfigurationsfehler	N,I<E	Alter > 27, Aufgabenstellung
Vertauschungen		Fachbereich Naturwissenschaften, Ingenieurwesen oder BWL
Vertauschung Information und Werkzeug	N<I>E	
Labelingfehler	N,I<E	Aufgabenstellung
Substantivierung	N,I<E	Aufgabenstellung
Objekt-Verb-Label	N<I<E	Aufgabenstellung
Reihenfolgefehler	N,I<E	Aufgabenstellung
Iterationen	N<I,E	Aufgabenstellung, Studium, Kenntnis einer Modellierungssprache
Parallelisierungen		Modellierungsrichtung
synchrone Zusammenarbeit	Zusam- N<I<E (nur schwach abhängig)	Aufgabenstellung

fehler zu besitzen, da diese seltener Probanden, die älter sind als 27 unterlaufen. Die Kenntnis einer Modellierungssprache wirkt sich positiv auf zwei Fehlertypen aus; so vergessen Probanden mit Kenntnis einer Modellierungssprache seltener Aktivitäten und stellen Aktivitäten eher in der richtigen Reihenfolge dar. Die Richtung, in der das Modell dargestellt wird, hat nur einen Einfluss auf die Anzahl der Fehler mit Iterationen und Parallelisierungen.

Tabelle 4.2.: Ergebnisse des Vortests

Annahme	Einfluss	Anmerkung
"Prozessmodellierungssprachen sind leicht zu erlernen"	Modellierungsexpertise	Zustimmung
"Symbolde sind verständlich"	Modellierungsexpertise	
"Prozessmodellierungssprachen sind nützlich für mein Studium / meinen Beruf"		Zustimmung
"Ich würde gerne mehr über Prozessmodellierungssprachen erfahren"	Südostasien	Zustimmung
Schwierigkeiten mit Symbolen		eher nein
Fehlinterpretation von Prozesse		nur 34,1 % Zustimmung

In Tabelle 4.2 ist zu erkennen, dass fast alle Annahmen, die im Vortest abgeprüft wurden, bei den meisten Probanden Zustimmung fanden. Dabei stimmten den ersten beiden Aussagen eher Probanden mit Modellierungsexpertise zu und der letzten eher die Probanden aus Südostasien. Des Weiteren nahmen die meisten Probanden an, dass es keine Schwierigkeiten mit Symbolen gäbe, wenn es um das Verständnis der Modelle ginge. Ebenso meinte nur ein Drittel der Probanden, dass es zu Fehlinterpretationen der Prozesse durch Schwierigkeiten mit Symbolen kommen könnte.

Die Tabellen 4.3 und 4.4 zeigen, dass die meisten Verständnisprobleme abhängig von den Modellen, die betrachtet werden sind. Dafür können sowohl die dargestellten Prozesse selber, dadurch, dass sie unbekannt sind, als auch die Fehler in ihnen Ursache sein. So zeigte sich, dass nur das fehlerfreie Autovermietungsmodell für die Probanden gut verständlich war. Was allerdings in den Tabellen besonders auffällt, ist, dass nur wenige Probanden später angaben, Schwierigkeiten mit dem Verständnis

4. Ergebnisse

Tabelle 4.3.: Einflüsse auf das Verständnis

Verständnis von	Einfluss	Anmerkung	Nachtest
Modellbeschreibung	Modellabhängig	nur fehlerfreies Modell gut verständlich	Verständnis für alle Modelle wurde gleich gut eingeschätzt / überschätzt
Akteure		allgemein gut	
Startpunkt		allgemein gut	
synchrone Aktivitäten	Modell, Modellierungsexpertise	gut erkannt	von wenigen als schwierig genannt
Akteure synchroner Aktivitäten	Modell, Modellierungsexpertise, Englisch	Erkennungsrate 70%	
parallele Aktivitäten		schwierig	von wenigen als schwierig genannt
Anzahl Iterationen		richtig	
Anzahl Entscheidungen		falsch	
Iterationen	Modell	viele Fehler	von wenigen als schwierig genannt
Entscheidungen	Modell	viele Fehler	von wenigen als schwierig genannt
Bedingungen	Fehler in S1 (Entscheidung)	schwierig	
Informationen	Modell	wenige Fehler	nur von wenigen als schwierig genannt
Werkzeug	Englisch	eher richtig	nur von wenigen als schwierig genannt
Schwachstelle		364 falsche Beschreibung	Be-
Endpunkte	Modell		

Tabelle 4.4.: Einflüsse auf das Verständnis

Verständnis von	Einfluss	Anmerkung	Nachtest
Informationsflüsse		nur von der Hälfte der Probanden beachtet	von wenigen als schwierig genannt
Kontrollflüsse		kaum Reihenfolgefehler	von wenigen als schwierig genannt
Beschriftung			zu wenig
Grundaufbau	Modell S1, D nannte diesen Punkt eher als SA, sank mit steigendem Berufsabschluss		von wenigen als schwierig genannt

der Modelle oder einzelner Elemente zu haben, obwohl den meisten Fehler unterliefen. Somit erkannten die meisten nicht, wenn sie einen Fehler machten.

4.1. Zusammenfassung und Implikationen

Bei der Modellierung von Prozessen können sehr viele verschiedene Fehlerarten auftreten, diese können durch verschiedene im Folgenden gegebenen Möglichkeiten behoben werden. Da auch das Verständnis von Modellen stark durch Modellierungsvorerfahrung geprägt ist, sollten auch Mitarbeiter, die Modelle "nur" verstehen sollen, mindestens am Training für theoretische Modellierungsexpertise teilnehmen.

Auffällig für das Verständnis von Modellen ist, dass vor Allem bekannte Abläufe gut erkannt werden. Somit ist es wahrscheinlich von Vorteil nur Mitarbeiter Modelle erklären und auch modellieren zu lassen, die sich gut mit den Prozessabläufen auskennen, damit diese sowohl möglichst fehlerfrei dargestellt als auch später verstanden werden. Dies lässt es fraglich erscheinen, ob Menschen, die nicht im Unternehmen arbeiten, sondern im Zuge einer Kooperation nur phasenweise mit dem Unternehmen zusammenarbeiten, die dargestellten Prozesse verstehen. Die Nichtkenntnis des Prozesse könnte gerade dann zu Fehlern führen, wenn ein beauftragter

Systementwickler, eine die Geschäftsprozesse des Unternehmens unterstützende Software entwickeln soll, die abgebildeten Prozesse aber nicht richtig versteht.

4.1.1. Trainingskonzepte

Da es unterschiedliche Möglichkeiten gibt, wie Modellierungsexpertise die Modellqualität beeinflusst, und auch verschiedene andere Faktoren hierbei eine Rolle spielen, kann ein stufenweises Trainingskonzept entwickelt werden.

4.1.1.1. Stufe 1: Wahl der Mitarbeiter

Zuerst sollten die anderen, die Modellqualität beeinflussenden Faktoren bereits bei der Auswahl der Mitarbeiter, die Modelle erstellen oder verstehen sollten, beachtet werden. So sollten Unternehmen hierzu vorzugsweise Mitarbeiter wählen, die bereits eine Modellierungssprache beherrschen. Des Weiteren sollten Probanden, die älter als 27 Jahre alt sind, für diese Aufgabe vorgezogen werden. Des Weiteren sollten Mitarbeiter ausgewählt werden, die aus ein naturwissenschaftliches, ingenieurwissenschaftliches oder wirtschaftswissenschaftliches Studium abgelegt haben. Die in diesen Studiengängen erworbenen Kenntnisse und Denkweisen beeinflussen die Qualität von Modellen positiv. Außerdem sollten Mitarbeiter gewählt werden, deren Englischkenntnisse möglichst hoch sind, da bei der Darstellung von Geschäftsprozessen im internationalen Umfeld, Englisch die Sprache der Wahl bei der Darstellung von Modellen ist.

4.1.1.2. Stufe 2: Erlangung von theoretischer Modellierungsexpertise

Ein Großteil der Fehler beim Erstellen eines Modelles wird bereits durch die theoretische Modellierungsexpertise vermieden. Somit sollten alle ausgewählten Mitarbeiter die im Unternehmen verwendeten Modellierungssprache kennenlernen. Existiert im Unternehmen noch keine festgesetzte benutzte Modellierungssprache sollte das Unternehmen eine möglichst bekannte Standardsprache wählen, wie UML oder BPMN. Dies ermöglicht es auch Mitarbeiter einzustellen, die die verwendete Modellierungssprache bereits beherrschen. Neben der eigentlichen Modellierungssprache sollten den Mitarbeitern auch Standards zur Entwicklung von Modellen, die eingehalten werden sollen, beigebracht werden. Dabei sollten die 7PMG als Grundlage gewählt werden. Die Mitarbeiter sollten also lernen, wie Modelle beschriftet werden sollten, wie sie aufgebaut sein sollten, welche Modellierungsrichtung verwendet werden und wie viele Elemente ein

Modell maximal enthalten soll, damit es übersichtlich ist. Für diese Schulung sollte das Unternehmen textuelle Beschreibungen und dazugehörige Geschäftsprozessmodelle erstellen, anhand derer die Mitarbeiter lernen, wie ein beschriebener Prozessablauf durch ein Modell dargestellt wird. Da bekannte Prozesse einfacher zu verstehen sind, sollte dabei mit Prozessen begonnen werden, die den Mitarbeitern geläufig sind. Dazu können gerade zu Beginn Modelle genutzt werden, die alltägliche Abläufe darstellen, so dass die Konzentration der Mitarbeiter auf den Modellelementen und dem Modellaufbau liegt und nicht auf dem Inhalt des Modells.

Besonders für das Verständnis von Geschäftsprozessmodellen reicht diese Fortbildungsstufe bereits aus.

4.1.1.3. Stufe 3: Erlangung von praktischer Modellierungsexpertise

Da einige Fehler nur durch praktische Modellierungsexpertise verbessert werden, sollten Mitarbeiter, zu deren Aufgaben es gehört, Prozesse wirklich als Modell abzubilden, das Erstellen von Modellen anhand textueller Beschreibungen einüben. Dazu sollte ähnlich wie auf Stufe 2 der Schwierigkeitsgrad der abzubildenden Prozesse langsam gesteigert werden. Auch hier sollte wiederum mit Prozessen begonnen werden, die den Mitarbeitern bekannt sind, am Anfang ebenfalls Alltagssituationen. Dabei sollte der Schwierigkeitsgrad der abzubildenden Prozesse langsam gesteigert werden und zu Anfang Prozesse genutzt werden, die dem jeweiligen Mitarbeiter sicher geläufig sind. So ist es möglich, dass der Mitarbeiter sich zunächst auf das Erlernen des Modellierungsprozesses konzentrieren kann, um wenn dieser sicher erlernt sind, auf das richtige Umsetzen von unbekannteren Prozessen zu konzentrieren.

4.1.2. Softwareunterstützung

Auf Modellelemente, die für alle Modellierungsexpertisestufen häufig zu Fehlern bei der Modellierung führen, werden Trainingseinheiten wenig oder keinen Einfluss besitzen. Für diese Modellelemente sollten im Unternehmen folgende Möglichkeiten in Betracht gezogen werden. In der ersten Studie waren dies einerseits Informationen und Werkzeuge, die sogar mit steigender Modellierungsexpertise eher verwechselt wurden, als auch Routingelemente, dabei insbesondere Entscheidungen und Iterationen. Hier sollte überlegt werden, ob die firmenintern verwendete Modellierungsnotation abgeändert werden sollte. Dies macht allerdings nur dann Sinn, wenn das Unternehmen keine Standardmodellierungssprache verwendet, denn die Unterscheidung von Informationen und Werkzeugen, die in der UML-basierten Modellierungssprache der Studie benutzt wurden, findet in den häufig verwendeten Modellierungssprachen UML und

BPMN nicht statt und führte somit gerade bei erfahrenen Modellierern hier zu Fehlern. In den meisten Standardmodellierungssprachen werden nur Informationen dargestellt. Sollte ein Unternehmen die Trennung von Informationen und Werkzeugen als notwendig betrachten, so müssen alle, auch die Mitarbeiter, die über Modellierungsvorerfahrung verfügen, diese Unterscheidung genau erlernen.

Ebenso hatten die meisten Probanden Schwierigkeiten mit der Unterscheidung von Entscheidungen und Iterationen, da diese durch die gleichen Elemente dargestellt werden. Auch hier muss jedes Unternehmen wieder entscheiden, ob es die benutzte Modellierungsnotation so erweitern möchte, dass für Entscheidungen und Iterationen verschiedene Elemente genutzt werden, oder ob die Standardnotation beibehalten wird. Ob eine solche Unterscheidung wirklich zu weniger Fehlern führen würde, müsste allerdings auch noch genauer untersucht werden, da die für diese Arbeit durchgeführten Studien darüber keine Aussage machen können.

Eine andere Möglichkeit wäre es, eine Software zur Unterstützung der Modellierer zu verwenden. In dieser Software sollte es möglich sein, auswählen zu können, ob es sich bei dem verwendeten Element um ein Werkzeug oder eine Information handelt. Des Weiteren sollte der Benutzer die Aktivität auswählen müssen, für die das Werkzeug verwendet wird, sodass diese gesichert im Modell dargestellt wird. Ebenso sollte er für Informationen die Aktivitäten auswählen müssen, die diese erzeugen und die diese benötigen, so dass der Informationsfluss gesichert richtig dargestellt wird. Wird die Information als Input des gesamten Prozesses benötigt oder als Output des Prozesses geliefert, muss der Prozess angegeben werden, der die Information liefern muss oder der die Information als Eingang benötigt.

Für Entscheidungen muss die Software alle zur Entscheidung gehörigen Elemente abfragen. Das heißt, der Nutzer muss angeben, auf welche Aktivität die Entscheidung folgt, und was entschieden werden muss. Genauso muss eingegeben werden, welche möglichen Entscheidungen getroffen werden können, also die Entscheidungsbedingungen, und welche Aktivität auf welche Entscheidung folgt. Für Iterationen muss zusätzlich angegeben werden, wie oft der Ablauf maximal wiederholt wird, und welche Aktivitäten wiederholt werden. Zusätzlich können weitere Aktivitäten eingegeben werden, die als Rücklaufschleife vor den ansonsten zu wiederholenden Modellen eingebaut werden.

Eine Softwareunterstützung ist ebenfalls für synchron durchgeführte Aktivitäten und parallele Aktivitäten möglich. Für synchrone Aktivitäten müssten lediglich alle an der Aktivität beteiligten Akteure eingegeben werden. Sollte die Modellierung gesamt durch Software unterstützt werden, ist dies sehr einfach möglich, indem anstatt eines einzelnen Akteurs pro Aktivität auch mehrere Akteure eingetragen werden können.

Für parallel durchgeführte Aktivitäten muss die Software die Möglichkeit bieten, eingeben zu können, welche Aktivitäten gleichzeitig ablaufen müssen. Denkbar ist auch bei der Softwareunterstützung der gesamten Modellierung, dass der Modellierer für jede Aktivität auswählen muss, welche Aktivitäten direkt vor ihr abgearbeitet sein müssen und welche folgen. So kann die Software automatisch die Aktivitäten so anordnen, dass der Ablauf stimmt und Aktivitäten, die gleichzeitig ablaufen können, da sie unabhängig voneinander sind, als parallel darstellen.

5. Diskussion der Ergebnisse

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Einfluss verschiedener Aspekte auf die Darstellung und das Verständnis von Geschäftsprozessmodellen, die unternehmensübergreifende Prozessabläufe darstellen. Durch die zunehmende Vernetzung von Unternehmen, die durch den Globalisierungsdruck verstärkt wird, konzentrieren sich viele Unternehmen heute nur noch auf ihre Kernprozesse und lagern andere Prozesse an Kooperationspartner aus (Ringle u. a., 2005). Diese Veränderungen führen dazu, dass Unternehmen heute nicht nur Prozesse verstehen müssen, die innerhalb ihrer eigenen Unternehmensgrenzen liegen, sondern solche, die Unternehmens- und auch Ländergrenzen überschreiten. Zusätzlich sehen sich Unternehmen heute einer schnellen Entwicklung und Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien gegenüber. Diese Entwicklungen auf den globalen Märkten führen dazu, dass Unternehmen flexibel agieren können müssen und sowohl bei verkürzten Markteinführungszeiten als auch verkürzten Produktlebenszyklen wettbewerbsfähig sein müssen (Ernst und Kim, 2002).

Die Abstimmung der Geschäftsprozesse der kooperierenden Unternehmen aufeinander ist dabei aus Sicht der Wirtschaftsinformatik ein wichtiger Faktor, damit das Management die daraus resultierenden gestiegenen Anforderungen, die die Steuerung ganzer Netzwerke mit sich bringt, bewältigen kann (Dicken, 2003). Das bedeutet, alle Entscheidungen, die Unternehmen bezüglich ihrer organisatorischen Strukturen und vertraglichen Vereinbarungen treffen, sowie die Koordination betrieblicher und überbetrieblicher Geschäftsprozesse sind erfolgsentscheidende Faktoren.

Zur Abstimmung ihrer Prozesse müssen Unternehmen diese erfassen und verständlich darstellen, ein wichtiges, heute viel verwendetes Werkzeug hierzu ist die grafische Geschäftsprozessmodellierung. Es existiert eine Vielzahl an Verwendungszwecken, Modelltypen und Modellierungstechniken für die Prozessmodellierung. Unternehmen müssen nun aus diesen vorhandenen die geeigneten auswählen, die ihnen die Gestaltung von Lösungen für Unternehmensschnittstellen ermöglichen und den Austausch von Informationen über die Unternehmensgrenzen hinweg fördern. Gleichzeitig müssen die gewählten Techniken das Vertrauen der Kooperationspartner ineinander stärken und das Controlling der Kooperationsbeziehungen erleichtern.

Durch dieses globale Agieren von Unternehmen und Unternehmens-

netzwerken wird ihr Erfolg durch kulturelle Faktoren beeinflusst, da ihre Mitarbeiter über mehrere Länder verteilt sein können. Gleichzeitig besitzen die Mitarbeiter verschiedene methodische Vorkenntnisse und kognitive Fähigkeiten, so dass der Austausch von Informationen besonders über Unternehmensgrenzen sich oftmals als schwierig gestaltet (Hinds und Pfeffer, 2003).

Der Erfolg der Prozessmodellierung ist somit heute von besonderer Bedeutung. (Bandara, 2007) identifiziert in ihrer Dissertation mehrere Erfolgsfaktoren für die Geschäftsprozessmodellierung. Von diesen wird in dieser Arbeit der Forschungsschwerpunkt auf die Modellierungskennntnis bezogen auf die Modellqualität gelegt. Obwohl laut (Schmelzer und Sesselmann, 2008) fast alle Managementkonzepte von der Geschäftsprozessmodellierung beeinflusst werden oder mit dieser im Zusammenhang stehen, existierten bis vor Kurzem laut (Moody, 2005) weder ein Standard noch Richtlinien zur Qualitätsmessung von Geschäftsprozessmodellen. Ein solcher Ansatz wurde von (Overhage u. a., 2012) beschrieben, dieser wurde in der vorliegenden Arbeit zur Bestimmung der Qualität der in den Studien verwendeten Modelle genutzt.

Der Schwerpunkt der Geschäftsprozessmodellierungsforschung liegt heutzutage auf den Vorteilen dieser Methode für einzelne Unternehmen, während Unternehmensnetzwerke kaum Betrachtung fanden. Dasselbe gilt für den Einfluss des Vorwissens der Mitarbeiter und deren kulturellen Zugehörigkeit auf die Qualität der erstellten Geschäftsprozessmodelle als auch auf deren Verständnis.

Im Zuge der Globalisierung wächst der Rahmen dieser Geschäftsprozesse an, und es muss nicht nur ein Unternehmen sondern ein ganzes Produktionsnetzwerk dargestellt werden. Die Darstellung ihrer gemeinsamen Geschäftsprozesse ermöglicht es den Unternehmen ihre Zusammenarbeit effektiv und effizient zu planen, so dass sie wie von (Hansmann und Ringle, 2005) beschrieben wird. Eine solche Art der Darstellung benötigt einen Rahmen, anhand dessen die Unternehmen sich bei der Darstellung ihrer Geschäftsprozesse orientieren können. Einen Rahmen für eine derartige Darstellung liefert das in dieser Arbeit entwickelte Metamodell zur Modellierung von Produktionsnetzwerken. Dieses liefert eine Möglichkeit unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse darzustellen, um so auch mögliche Herausforderungen für das Management der Unternehmensnetzwerke einzugrenzen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden zunächst die Ansprüche, die ein solcher Ordnungsrahmen erfüllen muss, in einer Literaturanalyse identifiziert, dabei wurden einerseits die Elemente betrachtet, die für die Darstellung von grafischen Geschäftsprozessmodellen benötigt werden. Zusätzlich betraf die Literaturanalyse auch die Auswahl der Modellierungssprachen, die in der Lage sind, die identifizierten Modelle darzustellen. Des Weiteren wurde Lite-

ratur analysiert, um Schwierigkeiten bestimmen zu können, die während der Modellierung von komplexen Strukturen dadurch auftreten können, dass Unterschiede zwischen dem mentalen Modell des Modellierers und den durch die gewählte Modellierungssprache gegebenen Möglichkeiten dieses Modell grafisch darzustellen gibt. Anschließend an die Identifikation der Anforderungen während der Literaturanalyse wurden diese im Rahmen eines Expertenworkshops diskutiert, ausgewählt und erweitert. Dies diente dazu, abzusichern, dass der entwickelte Ordnungsrahmen für globale Produktionsnetzwerke vollständig und allgemeingültig ist. Die teilnehmenden Experten waren dabei aus den Bereichen Wirtschaftsinformatik und Arbeitsingenieurwesen. Hier könnte ein erster Kritikpunkt ansetzen, denn nicht alle Unternehmen verfügen über Mitarbeiter dieser Bereiche und sind zwangsläufig in Branchen tätig, die Wissen über einen dieser Bereiche erfordern. Somit könnte argumentiert werden, dass die Vollständigkeit und Allgemeingültigkeit des Ordnungsrahmens nicht garantiert sei. Dem setzt die Autorin entgegen, dass sich die Arbeitswissenschaft mit der "Analyse, Ordnung und Gestaltung der technischen, organisatorischen und sozialen Bedingungen von Arbeitsprozessen" (Luczak, 1987) beschäftigt, und die teilnehmenden Experten dieses Bereiches sich beruflich mit der Gestaltung und Optimierung eben dieser Arbeitsprozesse in Entwicklung, Prozessen und Service beschäftigen. Zusätzlich nimmt die Wirtschaftsinformatik "eine Schnittstellenfunktion zwischen der technisch ausgerichteten Informatik und der anwendungsorientierten Betriebswirtschaftslehre" (Lackes) ein. Somit betrachtet es die Autorin als sicher zu sagen, dass der in dieser Arbeit entwickelte Ordnungsrahmen allenfalls minimale Lücken aufweisen kann, und selbst diese sind eher unwahrscheinlich, da die befragten Experten gemeinsam über das Wissen verfügen, das für die Analyse der Anforderungen, die Unternehmen an die Darstellung ihrer Geschäftsprozessmodelle stellen, benötigt wird. Die identifizierten Anforderungen beinhalten

- die zwischenbetriebliche Arbeitsaufteilung,
- spezifische Charakteristika von Produktions-, Entwicklungs- und Dienstleistungsprozessen,
- die Aufteilung der Unternehmensmacht,
- den Einfluss von Institutionen und
- den Zugang der teilnehmenden Firmen zu natürlichen und technischen Ressourcen und dem Arbeitsmarkt.

Das in dieser Arbeit entwickelte Metamodell wurde mit dem von (Breton und Bézin, 2001) entwickelten Metamodell, das den Verbund von

Prozess- und Produktmetamodellen beschreibt, verglichen. Dabei zeigte sich, dass diese beiden Metamodelle nahezu dasselbe darstellen, wenn auch unter anderen Bezeichnungen, wobei das im Zuge dieser Arbeit entwickelte Metamodell, dass von (Breton und Bézivin, 2001) um Informationen über Flüsse, Netzwerksteuerungsstile und Netzwerktopologien erweitert. Das Metamodell ist in neun Teilmodelle eingeteilt, die jeweils einen anderen Aspekt der Darstellung von Unternehmensnetzwerken betrachten. Diese Teilmodelle sind

- Netzwerksteuerungsstil,
- Netzwerktopologien,
- Netzwerkakteuren,
- Institutionen,
- Ressourcen,
- Prozesse,
- Ziele,
- Flüsse und
- Neue Institutionenökonomie.

Nach der Entwicklung des Metamodells wurde dieses in einem zweiten Expertenworkshop und durch ein Fallbeispiel aus dem Bereich der Elektromobilität validiert. Dabei ergab der Expertenworkshop, dass die identifizierten Elemente durch gängige Modellierungssprachen wie UML oder BPMN dargestellt werden können, wenn diese leicht abgeändert oder erweitert werden, um die kooperativen Aspekte darstellen zu können. Durch die Möglichkeit sowohl die globale Warenkette als auch die globale Wertschöpfungskette darzustellen, ist es möglich die vorher geforderten Arten der Arbeitsteilung darzustellen. Ebenso ist die geforderte Darstellung der verschiedenen Prozesstypen möglich. Die Aufteilung der Unternehmensmacht kann ebenso dargestellt werden wie der Einfluss der Institutionen. Somit erfüllt das entwickelte Metamodell alle Anforderungen, die vorher an es gestellt wurden. Die Kritikpunkte an diesem zweiten Expertenworkshop decken sich mit denen des ersten. Zusätzlich wurde das Metamodell mit Hilfe eines Fallbeispiels validiert. Mit Hilfe des Metamodells wurden die benötigten Elemente der genutzten Modellierungssprache, BPMN, identifiziert, und mit diesen drei Prozessmodelle erstellt. Die meisten benötigten Elemente sind standardmäßig in BPMN vorhanden, allerdings musste die Geschäftsprozessmodellierungssprache um ein Element für Werkzeuge erweitert werden, dazu wurde das

Element für Informationen rot hinterlegt. Die drei entworfenen Prozessmodelle wurden einzeln mit Experten aus verschiedenen Branchen, die mit der Elektromobilität verbunden sind, validiert und anschließend an die aufgetretenen Anforderungen der jeweiligen Experten angepasst. Alle Experten empfanden, dass die mit Hilfe von BPMN unter Berücksichtigung des Metamodells erstellten Prozessmodelle treffend sowie intuitiv und leicht nachvollziehbar dargestellt waren. Dies unterstützt zusätzlich die These, dass das Metamodell vollständig und allgemeingültig ist. Zusätzlich wurde das Metamodell in einer Ontologie abgebildet, um sicherzustellen, dass es keine unnötigen Elemente, Kreisschlüsse oder logischen Lücken aufweist.

Mitarbeiter der verschiedenen Abteilungen und mit unterschiedlichen Vorkenntnissen in der Modellierung werden mit der Aufgabe, die Geschäftsprozesse darzustellen, betraut. (Recker u. a., 2006) zeigten, dass Fehler in grafischen Geschäftsprozessmodellen zu einem verminderten Informationsgehalt des dargestellten Modelles führen, somit sollten zur Erstellung von Geschäftsprozessmodellen Mitarbeiter eingesetzt werden, die mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auf Grund ihrer Voraussetzungen wenige Fehler bei der Erstellung machen. Um Hinweise geben zu können, welche Mitarbeiter dies sind und somit am Besten zur Darstellung von Modellen eingesetzt werden sollten, und inwieweit diese bereits über Modellierungsvorkenntnisse verfügen sollten, wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Studie zur Modellerstellung durchgeführt. Im Zuge dieser Studie erstellten Probanden mit unterschiedlichen Graden an Modellierungsvorerfahrung jeweils drei Geschäftsprozessmodelle anhand von Texten, die die Prozesse beschrieben. Dazu nutzten sie eine UML-basierte Modellierungssprache, die unter Berücksichtigung des entwickelten Metamodells erweitert wurden war. Die drei Prozesse, die in den Texten beschrieben wurden, sind als den Probanden unbekannt zu werten, da es sich um den internationalen Kaffeehandel, die internationale Produktion von Schleifmittel aus Diamanten und ein Simulationsprojekt mit externem Berater handelte. Dies waren die Herstellung von Diamantschleifmittel und ein Simulationsprojekt. Zur Auswertung wurden die Probanden in drei Gruppen bezogen auf ihre Modellierungsexpertise eingeteilt. Diese drei Gruppen waren erfahrene Modellierer, Intermediates mit theoretischen Modellierungskenntnissen und Novizen ohne Modellierungskenntnisse.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die meisten Fehlertypen durch vorhandene Modellierungsexpertise seltener werden, in den meisten Fällen sinkt die Anzahl der Fehler schon bei theoretischer Modellierungsvorerfahrung ab und sinkt durch praktische noch weiter. So sank die Anzahl der Auslassungsfehler und vergessenen Aktivitäten kontinuierlich mit steigender Modellierungsexpertise, und die Zahl der mit einem

Objekt-Verb-Label versehenen Aktivitäten stieg an. Dies reichte aus, um die Gesamtfehlerzahl abhängig von der Modellierungsexpertise sinken zu lassen. Allerdings verbesserte sich die Anzahl der Konfigurations- und Reihenfolgefehler, sowie der Labelingfehler und Substantivierungen als Label erst mit praktischer Modellierungsvorerfahrung. Somit ist die zu Beginn der Studie aufgestellte Hypothese, dass die Fehlerzahl mit steigender Modellierungsexpertise sinkt, zwar für einige Fehlertypen richtig, für andere allerdings erst mit einer höheren Modellierungsexpertise als für andere. Interessant ist allerdings, dass es auch Fehlertypen gab, die gar nicht von der Modellierungsexpertise beeinflusst zu sein scheinen oder sogar negativ korreliert sind, wenn die Modellierungsexpertise hoch ist. So unterliefen allen Probandengruppen gehäuft Fehler mit Routingelementen und Verzweigungen des Prozessflusses, auch die Darstellung des Informationsflusses ist fehleranfällig. Zusätzlich zeigte sich, dass auch andere Einflüsse eine Rolle auf die Qualität des erstellten Modelles hatten. Die Aufgabenstellung beeinflusst dabei das Auftreten der meisten Fehlertypen, so dass diese als ähnlich wichtig für die Qualität des aus ihr erstellten Modelles zu sein scheint, wie die Modellierungsexpertise des Modellierers.

Viele deutsche Unternehmen beklagen, dass gerade Outsourcing nach Südostasien häufig nicht zu den gewünschten Ergebnissen führt. Da gerade in der Software- und Systementwicklung häufig mit Prozessmodellen gearbeitet wird, die in einem Land erstellt werden und anhand derer im anderen Land die Software oder das System entwickelt werden soll, wurde in dieser Arbeit betrachtet, ob es Verständnisunterschiede von Modellen zwischen Deutschen und Südasiaten gibt. Dazu bearbeiteten Probanden, die in zwei Gruppen entsprechend ihrer kulturellen Zugehörigkeit eingeordnet wurden, jeweils drei Geschäftsprozessmodelle und beantworteten zu diesen Fragen. Diese Geschäftsprozessmodelle waren zum Einen ein fehlerfreies Modell einer Autovermietung und solche, die von Probanden der ersten Studie erstellt wurden waren, dabei bekam jeder Proband ein Modell zur Herstellung von Schleifmittel aus Diamanten und eines, das das Simulationsprojekt beschrieb. Um nicht nur den Einfluss von Kultur sondern auch von Fehlertypen bestimmen zu können, wurden dazu Modelle aus der ersten Studie ausgewählt, in denen jeweils unterschiedliche Fehler waren. Damit diese Modelle in etwa solchen entsprachen die auch in Unternehmen erstellt werden, wurden sie mit der Methode von (Overhage u. a., 2012) auf ihre Qualität hin überprüft. Die ausgewählten Modelle hatten alle mindestens eine Modellqualität von 85%, somit waren alle verwendeten Modelle als hochwertig zu betrachten. Als Ergebnis dieser zweiten Studie wurde erwartet, dass sich das Verständnis von Probanden der beiden Gruppen durch ihre kulturelle Zugehörigkeit unterschied. Da die Modelle von Personen, die dem deut-

schen Cluster zuzurechnen sind, erstellt wurden, besagte die Hypothese für diese Studie, dass die Probanden, die dem deutschen Cluster angehören weniger Verständnisschwierigkeiten haben werden als die, die dem südostasiatischen Cluster angehören. Diese Hypothese wurde nicht bestätigt, sondern die beiden Gruppen wiesen ähnliche Verständnisprobleme auf. Allerdings beeinflussen andere Faktoren das Verständnis der betrachteten Geschäftsprozessmodellen verstärkt. So zeigte sich, dass auch hier die Modellierungsexpertise der Probanden einen Einfluss darauf hatte, wie gut sie die Modelle verstanden und beschreiben konnten. Da die Modelle in diesem Fall auf Englisch dargestellt wurden, hatten auch die Englischkenntnisse einen Einfluss auf das Verständnis der Modelle. Den stärksten Einfluss hatte allerdings das dargestellte Modell selber. Dabei beeinflussten aber nicht nur Fehler im Modell das Verständnis der Probanden, sondern auch welcher Prozess dargestellt wurde. Die Kenntnis des Prozesses spielt eine entscheidende Rolle, ob das Modell verstanden wird oder nicht.

Diese Arbeit liefert anhand der ausgewerteten Studien Entscheidungsempfehlungen bei der Wahl der Mitarbeiter, die Geschäftsprozesse modellieren und verstehen sollen. Einerseits werden Hinweise darauf gegeben, welche Mitarbeiter am Besten eingestellt werden sollten, um mit diesen Aufgaben betraut zu werden, andererseits wurde ein Trainingskonzept entwickelt, um Mitarbeiter für diese Aufgaben zu schulen.

Des Weiteren identifiziert diese Arbeit Fehlertypen, die nur oder zusätzlich durch eine Softwareunterstützung bei der Modellierung vermindert werden können.

An beiden Studien dieser Arbeit nahmen nur Personen teil, die an der RWTH Aachen University studierten oder als Mitarbeiter beschäftigt waren, dies kann als kritisch betrachtet werden. Schon bei der Vorauswahl der Probanden kann es so eventuell zu einem Bias durch die technische Ausrichtung der Hochschule gekommen sein. Dies trifft insbesondere auf die Probanden, die dem südostasiatischen Cluster angehörten zu, da gerade Studierende aus dem Ausland eher zum Studium eines naturwissenschaftlichen oder technischen Faches an die RWTH Aachen kommen. Die Probanden, die dem deutschen Cluster zugerechnet werden, waren im Gegensatz dazu stärker durchmischt, was die Studienrichtung anging. Auch ist fraglich, ob es ein Abbild der Firmenrealität ist, wenn sich einzig Mitarbeiter, die mindestens über eine Hochschulzulassung verfügen, mit der Darstellung von Prozessen beschäftigen und diese verstehen müssen. Die Autorin sieht an dieser Stelle weiteren Untersuchungsbedarf hinsichtlich der Firmenpraktiken. Je nachdem, wie sich diese darstellen, müssten ähnliche Studien, wie in dieser Arbeit erneut mit Probanden der entsprechenden Gruppen durchgeführt werden.

Es ist zwar erfreulich, dass sich keine kulturellen Unterschiede zwischen

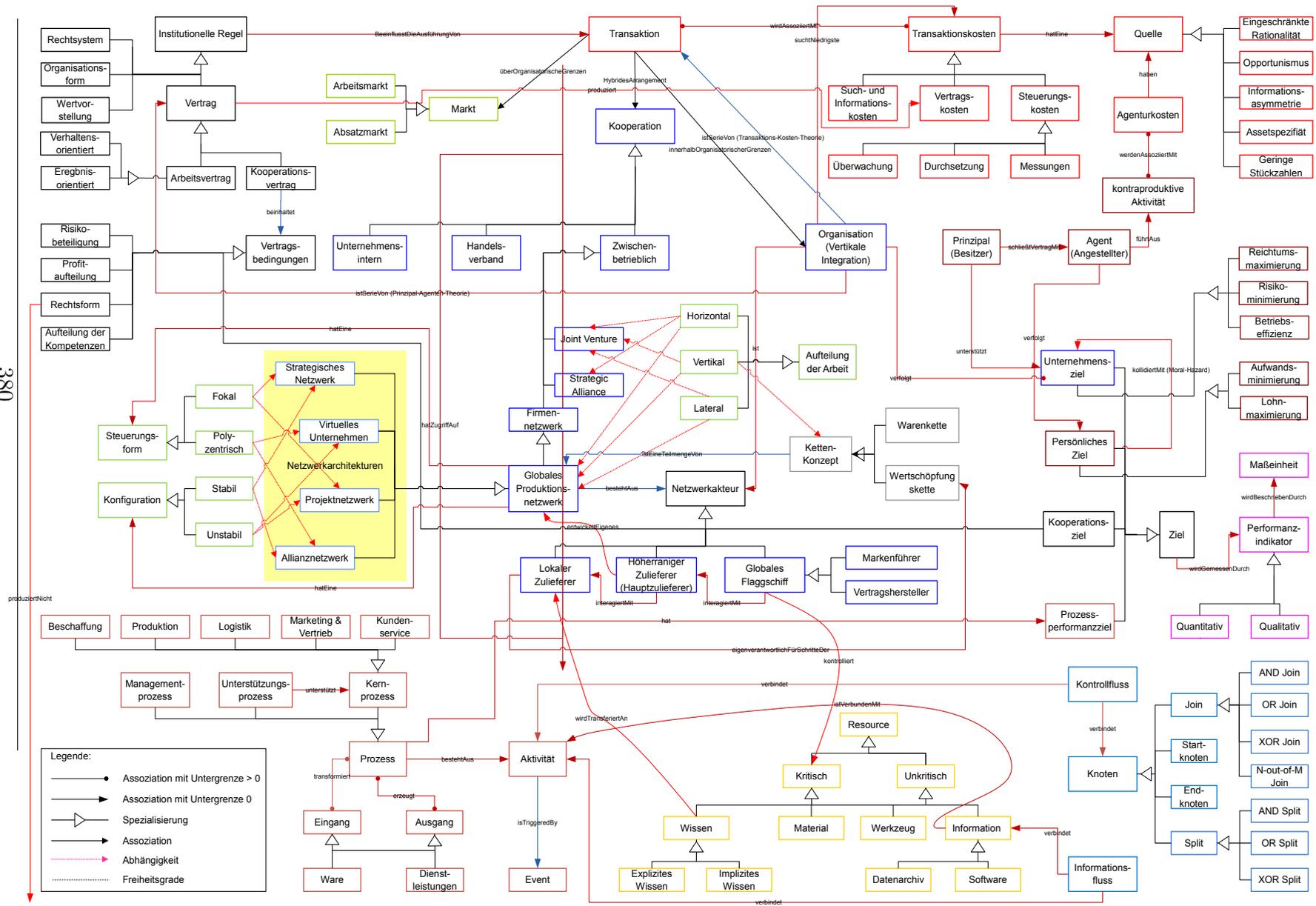
Deutschen und Südasiaten beim Verständnis von Geschäftsprozessmodellen zeigten. Kritisch zu werten ist jedoch, dass alle Teilnehmer an einer deutschen Universität studierten oder arbeiteten, so dass hier bereits ein Einfluss auf die südostasiatischen Teilnehmer durch das deutsche Lehrsystem und Denken nicht ausgeschlossen werden kann. Um wirklich sicherzustellen, dass dies nicht der Fall war, müsste die Studie zum Verständnis von Geschäftsprozessmodellen in Asien mit dort studierenden und arbeitenden Teilnehmern durchgeführt werden.

Ein für die Autorin überraschendes Ergebnis war, dass selbst Modelle von relativ hoher Qualität nicht richtig verstanden und beschrieben werden. Dies stellt das ganze Konzept der Modellierung in Frage, da offenbar selbst ein qualitativ hochwertiges Modell nicht einfach verständlich ist. Dies führt zu der Frage, ob es überhaupt sinnvoll ist, das Firmen Mitarbeiterschulungen zur Modellierung anbieten oder eine unterstützende Software anfertigen lassen beziehungsweise einkaufen. Da heutzutage Geschäftsprozessmodellierung aber als Standard in den Unternehmen angesehen wird und Unternehmen diese benötigen, da ihre kooperierenden Unternehmen es erwarten, ist es als sinnvoll anzusehen.

Es sollte aber überdacht werden, ob die Weitergabe von Geschäftsprozessen nur als Modell sinnvoll ist. Da viele Probanden sich in den Modellen mehr Text für ein besseres Verständnis gewünscht haben, ist es zielführend, nicht nur grafische Geschäftsprozessmodelle weiterzugeben. Vielmehr sollten diese als Teil einer Beschreibung betrachtet werden, mit dessen Hilfe der Prozess zusätzlich dargestellt wird. Auf eine textuelle Beschreibung sollte allerdings nur verzichtet werden, wenn die Modelle von einem Mitarbeiter, der die Prozesse gesichert kennt, demjenigen, der die Modelle erhält, erklärt werden. Dies hilft dabei, sicherzustellen, dass der Geschäftsprozess auch wirklich verstanden wird.

A. Anhang

A.1. Metamodell



A.2. Prozessmodelle des E-Roamings

4 Einführung in die Prozessmodelle des E-Roamings

4.1 Begriffsdefinitionen für die modellierten E-Roaming Prozesse

Für ein eindeutiges Verständnis der folgenden Kapitel und der modellierten E-Roaming Prozesse sollen folgende Definitionen gelten (s. Tabelle 4—A):

Definition	Beschreibung
Ladestation (EVSE: Electrical Vehicle Supply Equipment)	Eine Ladestation kann einen oder mehrere Ladepunkte besitzen.
Ladestationsbetreiber (EVSE Operator)	Betreiber von mindestens einer oder mehreren Ladestationen. Der Ladestationsbetreiber kann auch gleichzeitig als Ladestromanbieter fungieren.
Ladepunkt- und Ladestationsbetreiberkennung (EVSE ID)	Identifiziert den Ladestationsbetreiber und den Ladepunkt eindeutig.
Ladestromanbieter (E-Mobility Provider)	Vertragspartner des Ladestationsnutzers und Ausgeber der Contract ID.
Ladestationsnutzer (EV User)	Endkunde und Vertragspartner des Ladestromanbieters.
Vertrags ID (Contract ID)	Die Contract ID ist als eindeutiges Nummernschemata zu verstehen.

Tabelle 4—A: Definitionen für die E-Roaming Prozessmodelle (vgl. AIDA 2010, S. 2-3)

4.2 Motivation zur Entwicklung von E-Roaming Prozessmodellen für die Elektromobilität

Der Erfolg eines jeden nationalen Elektromobilitätskonzeptes hängt, wie bereits in Kapitel 3.3 erwähnt, unter anderem von einem schnellen und zielgerichteten, d.h. flächendeckenden Aufbau einer allgemein zugänglichen Ladeinfrastruktur ab. Um diese in näherer Zukunft zu gewährleisten und jedem Elektromobilitätsnutzer einen möglichst uneingeschränkten und komfortablen Zugang national wie grenzübergreifend zu ermöglichen, bedarf es eines funktionierenden und kundenfreundlichen E-Roaming

Modells mit einer einheitlichen Kommunikation zum Datenaustausch mit Hilfe des Einsatzes von geeigneten IKT-Technologien und einer Standardisierung der hierfür nötigen Prozessabläufe (Mayer et al. 2010).

Die RWE Effizienz GmbH plädiert dafür, den Aufbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur mit einem wettbewerblichen Ansatz in Kombination mit einem E-Roaming Modell zu realisieren (Fest et al. 2010c). Dies hat im Wesentlichen den Vorteil, dass Ladestationsbetreiber Ladestationen in Eigenverantwortung nur an für sie wirtschaftlich interessante Standorte aufstellen und zudem durch E-Roaming die Nutzung der Ladestationen durch Dritte gestatten können. Dritte können weitere Ladestationsbetreiber sein, die auch in eine eigene Ladeinfrastruktur investieren und gleichzeitig als Ladestromanbieter agieren. Andererseits ermöglicht E-Roaming aber auch die flächendeckende Versorgung der Kunden von Ladestromanbietern, die selbst nicht in eine Ladeinfrastruktur investieren, sondern nur Mobilitätsdienstleistungen (z.B. Autostromverträge) anbieten. Umgekehrt erhöht E-Roaming die Auslastung der eigenen installierten Ladestationen. Somit lassen sich zudem die Investitionen in eine eigene Ladeinfrastruktur verringern, da E-Roaming wiederum den eigenen Kunden die Nutzung der Ladestationen anderer Ladestationsbetreiber ermöglicht (Fest et al. 2010b). E-Roaming erhöht folglich den Aktionsradius von Elektrofahrzeugen aufgrund der Möglichkeit des Zugriffs auf ein engmaschigeres überregionales und auch grenzübergreifendes Ladeinfrastrukturnetz und vermeidet zudem teure Doppelinvestitionen. Hierdurch werden besonders in der Startphase der Elektromobilität durch E-Roaming die Kosten gering gehalten.

Bevor Kunden jede Lademöglichkeit unabhängig vom jeweiligen Betreiber oder Ladestromanbieter für die Beladung ihres Elektrofahrzeuges nutzen können, müssen die beteiligten Unternehmen einen Rahmenvertrag bzw. E-Roamingvertrag (engl. E-Roaming Agreement) untereinander schließen (Fest et al. 2010b). In diesem sind die Geschäftsbedingungen für die beim E-Roaming abzurechnenden Leistungen vertraglich vereinbart und festgehalten.

Hinzu kommt, dass bei jedem einzelnen Ladevorgang an einer öffentlichen Ladestation eine Berechtigungsprüfung in Form von einer Authentifizierung und Autorisierung durchgeführt werden muss, um unterschiedliche Kunden von verschiedenen Anbietern differenzieren zu können und eine Freischaltung des Ladepunktes einer Ladestation zu erwirken (Benoit et al. 2010, S. 104). Die eindeutige Zuordnung eines Kunden ist zudem

erforderlich, damit Datenaustauschprozesse für Mess- und Abrechnungsdaten durchgeführt werden können (LBD 2010, S. 35). Außerdem können dadurch u.U. spezielle Tarif- und Servicedaten abgerufen und bereitgestellt werden. Hinsichtlich der Nutzerakzeptanz und -freundlichkeit ist die Identifikation von unternehmensübergreifenden Kundenverträgen eines Ladestromanbieters und von Ladepunkten eines Ladestationsbetreibers ebenso von wesentlicher Bedeutung (DIN 2011).

In Abbildung 4—A ist ein Ladevorgang eines Elektrofahrzeuges mit einer E-Roaming Anfrage in schematischer Form dargestellt. Das Elektrofahrzeug und die Ladestation sind direkt mit einer elektrischen Verbindung über das Ladekabel miteinander verbunden. Im Weiteren wird unterschieden zwischen einer Kommunikationsverbindung, die den Austausch von den benötigten Daten sicherstellt, und den vertraglichen Beziehungen der einzelnen Rollen zueinander. So steht die Ladestation in einer Kommunikationsverbindung mit dem Back-End-Server des zugehörigen Ladestationsbetreibers, um die Übermittlung der benutzerspezifischen Authentifizierungsdaten zu ermöglichen. Der Ladestationsbetreiber und der Ladestromanbieter stehen einerseits in einem vertraglichen Verhältnis (E-Roaming Agreement) zur Abrechnung des Stromverbrauchs zueinander (Mayer et al. 2010) und andererseits finden bei einer E-Roaming Anfrage zur Authentifizierung und Autorisierung Datenaustauschprozesse statt. Der Ladestromanbieter steht wiederum für Abrechnungsprozesse in einer vertraglichen Beziehung mit dem Ladestationsnutzer (Mayer et al. 2010).

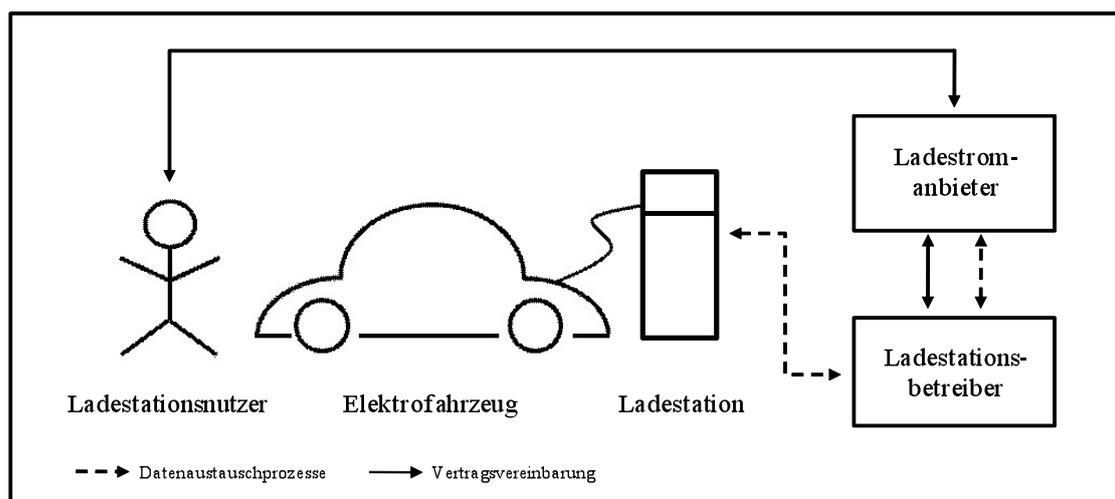


Abbildung 4—A: E-Roaming Ladevorgang

Die Prozesse der Authentifizierung, Autorisierung und auch der späteren Abrechnung sollen dann weitestgehend automatisiert und in Echtzeitkommunikation durchgeführt

werden (LBD 2010, S. 35). Damit dies gewährleistet werden kann, und ein solcher Ladevorgang mit all seinen Kommunikations- und Datenaustauschprozessen zwischen den verschiedenen beteiligten Geschäftspartnern unabhängig vom Versorgungsgebiet friktionslos funktioniert und zudem niedrige Abwicklungskosten verursacht, ist der Einsatz von leistungsfähigen und standardisierten IKT-Systemen entscheidend (BMWi 2010, S. 14; Thomas et al. 2010). Zusätzlich bedarf es für eine nationale sowie grenzübergreifende Sicherstellung der Kompatibilität der Schnittstellen und zur Vorbereitung für spätere intelligente Lademanagementsysteme einer Standardisierung dieser Prozesse nach dem Prinzip der GPKE oder der Prozesse im Messwesen (LBD 2010 S. 35; Mayer et al. 2010).

Es handelt sich bei dem hier beschriebenen E-Roaming Modell um einen komplexen, unternehmensübergreifenden und IKT-gestützten Prozessablauf, dessen Darstellung in einem Prozessmodell hohe Komplexität aufweist. Dieses Modell kann einen entscheidenden Beitrag zum Markterfolg der Elektromobilität erbringen und außerdem in die nationalen und internationalen Standardisierungsbemühungen eingebracht werden.

4.3 Identifikation und Auswahl der relevanten E-Roaming Prozesse

Unter E-Roaming wird im Allgemeinen die Authentifizierung, Autorisierung und Abrechnung eines Ladeprozesses verstanden. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf den Prozessen der Authentifizierung und Autorisierung. Unter der Authentifizierung soll die Verifizierung einer erklärten Eigenschaft, die z.B. eine Information darstellen kann, verstanden werden. Das heißt, es wird der Nachweis erbracht, dass es sich dabei um die Echtheit der Eigenschaft bzw. Information handelt. Nach erfolgreicher Authentifizierung erfolgt die Autorisierung. Eine Autorisierung gewährleistet Dritten anhand von festgelegten Kriterien eine explizite Zulassung spezieller Rechte oder die Nutzung angebotener Dienste. Es erfolgt keine Personalisierung eines Benutzers durch die Authentifizierung und Autorisierung.

Die für das E-Roaming erwähnte Authentifizierung der beteiligten Akteure wird über spezielle Nummernschemata (IDs) sichergestellt. Die Ausgestaltung dieser IDs erfolgt mit dem PAS-Verfahren und befindet sich seit diesem Jahr in einem laufenden Normierungsverfahren unter der geplanten Dokumentennummer DIN SPEC 91286. Die Ladestromanbieter und Kundenverträge sind über eine Contract ID und die

Ladestationsbetreiber und deren Ladepunkte über eine EVSE ID eindeutig identifizierbar (DIN SPEC 91286 2011).

Die Informationen, die zur Authentifizierung der Ladestationsnutzer benötigt werden, können mittels verschiedener Token gespeichert und von diesen über unterschiedliche Wege an das jeweilige IT-System des Vertragspartners übertragen werden. In Tabelle 4—B sind alle aktuell denkbaren Speicherorte der Authentifizierungstoken unter Angabe des Übertragungsweges aufgeführt.

Speicherort Auth-Token Übertragungsweg		RFID-Karte	NFC-Handy	SIM-Karte	Smart Card	Fzg. Schlüssel	Fzg. IKT-Box
Lokal	An Ladestation	x	x		x	x	
	Über Ladekabel	x	x		x	x	x
Remote	Über Mobilfunk			x			
	Über „Internet“	x	x		x	x	x

Tabelle 4—B: Mögliche E-Roaming Anwendungsfälle (Fluhr und Lohmann 2011)

Es wird zwischen den Technologien RFID-Karte (Radio Frequency Identification Card), NFC-Handy (Near Field Communication Handy), SIM-Karte (Subscriber Identity Module Card), Smart Card, Fzg. Schlüssel und Fzg. IKT-Box unterschieden.

Durch die weitere Unterscheidung anhand des Übertragungsweges ergeben sich die verschiedenen technisch umsetzbaren E-Roaming Anwendungsfälle. Der Einsatz aller aufgeführten Technologien ist aktuell möglich. Zum jetzigen Zeitpunkt befinden sich jedoch vorwiegend die in der Tabelle 4—B markierten Anwendungsfälle innerhalb des BMWi Technologiewettbewerbs „IKT für Elektromobilität II“ in der Entwicklungs- und Erprobungsphase. Diese unterscheiden sich neben dem Speicherort des Authentifizierungstokens auch in der prozessualen Darstellung aufgrund der unterschiedlichen Übertragungswege, mit denen die Authentifizierungsinformationen bereitgestellt werden. Die Authentifizierungsinformationen der RFID-Karte und der

Fzg. IKT-Box werden lokal an der Ladestation ausgelesen, wobei die Übertragung der auf der RFID-Karte gespeicherten Informationen induktiv an der Ladestation und bei der Fzg. IKT-Box direkt über das Ladekabel stattfindet. Im Gegensatz dazu nutzt die SIM-Karte das bestehende Mobilfunknetz als Übertragungsweg. Aus Gründen der Forschungsaktivitäten und der unterschiedlichen prozessualen Darstellungsweise wurden diese E-Roaming Anwendungsfälle für die Prozessmodellierung ausgewählt. Tabelle 4—C zeigt die ausgewählten E-Roaming Prozesse und ihre Bezeichnung unter Angabe des Authentifizierungstokens. Diese drei E-Roaming Anwendungsfälle ermöglichen zudem jedem potentiellen Ladestationsnutzer den Zugang zur öffentlichen Ladeinfrastruktur. Hierbei bietet das Roaming Phone Access Konzept die ideale Ergänzung zu den Roaming Card und EV Access Lösungen.

Prozessmodelle des E-Roamings		
Roaming Card Access (RFID)	Roaming Phone Access (SIM)	Roaming EV Access (IKT-Box)

*Tabelle 4—C: Ausgewählte Prozessmodelle des E-Roamings
(Authentifizierungstoken: RFID, SIM, IKT-BOX)*

4.4 Annahmen für die Entwicklung der Prozessmodelle

Im Weiteren sind für die Modellierung der ausgewählten E-Roaming Prozesse einige spezifische Annahmen bzgl. der Rollen des Prozessmodells, der Charakterisierung der Ladeinfrastruktur, dem Zugang zur Ladestation, den Ladefunktionen und der IT-Systeme zu treffen.

Rollen des Prozessmodells

Für die Modellierung der E-Roaming Anwendungsfälle sind im Vorfeld die beteiligten Rollen für alle Prozessmodelle einheitlich festzulegen. Hier wurden in Anlehnung an die in Kapitel 4.1 eingeführten Definitionen folgende allgemeine Rollen ausgewählt:

- Elektrofahrzeug
- Ladestationsnutzer
- Ladestation
- Ladestationsbetreiber
- Ladestromanbieter

Wobei die Rolle des Ladestationsbetreibers und des Ladestromanbieters von verschiedenen Marktakteuren wahrgenommen werden kann, und zudem die Möglichkeit besteht, dass beide Rollen von einem Marktakteur ausgeübt werden. So ist es z.B. denkbar, dass ein Energieversorger die Rolle des Ladestationsbetreibers einnimmt, aber gleichzeitig auch die Rolle des Ladestromanbieters inne hat. Die gewählten Rollen ermöglichen die Darstellung jedes denkbaren Kommunikationsszenarios einer E-Roaming Anfrage.

Die energiewirtschaftliche Marktkommunikation wie z.B. Abrechnungsprozesse zwischen dem Messstellenbetreiber und dem Ladestationsbetreiber, wurde in den Prozessmodellen nicht berücksichtigt bzw. auf ein Minimum begrenzt.

In Anlehnung an das Metamodell der RWTH Aachen erfolgt die Darstellung der Rollen der Prozessmodelle in Pools bzw. Lanes. Die Kontroll- und Informationsflüsse werden innerhalb eines Pools mit Sequenzverbindungen (Sequence Flows) und übergreifend mit Nachrichtenflüssen (Message Flows) dargestellt (Költer et al. 2011).

Charakterisierung der Ladeinfrastruktur

Bisher wurde bei dem E-Roaming Modell stets von einer öffentlichen allgemein zugänglichen Ladeinfrastruktur gesprochen. In der Literatur wird neben einer öffentlichen noch zwischen einer privaten und halböffentlichen Ladeinfrastruktur unterschieden (NPE 2010, S. 11). Bei einer privaten Ladeinfrastruktur handelt es sich überwiegend um einen Ladepunkt, der die Beladung des Elektrofahrzeuges mit Haushaltsstrom von zu Hause aus ermöglicht. Mit einer halböffentlichen Ladeinfrastruktur sind Ladestationen gemeint, die sich z.B. auf einem Unternehmensgelände befinden, und Mitarbeitern und Besuchern vorbehalten sind. Ebenso ist die Bereitstellung von Ladestationen durch Parkhaus-Betreiber denkbar, die Park&Charge-Konzepte in Erwägung ziehen (Meister 2010, S. 27).

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, dass eine E-Roaming Anfrage bei allen drei genannten Varianten gestellt werden kann. In dieser Arbeit werden mögliche E-Roaming Anfragen bei einer privaten und halböffentlichen Ladeinfrastruktur nicht berücksichtigt. Ohnehin wird davon ausgegangen, dass E-Roaming in der jetzigen Marktphase und auch in Zukunft bei einer höheren Marktdurchdringung eher die öffentliche Ladeinfrastruktur betreffen wird. Daher sind die hier modellierten E-Roaming Prozesse für eine öffentliche Ladeinfrastruktur konzipiert worden. Die Ladestationen verfügen zudem über ein Display zur Anzeige von Informationen.

Zugang zur Ladestation

Die Ladepunkte der Ladestationen sind für die beiden modellierten E-Roaming Anwendungsfälle Card Access (RFID) und Phone Access (SIM) im Ausgangszustand mit einer mechanischen Verriegelung, z.B. einer Fallklappe verschlossen. Es ist also erst nach erfolgreicher Autorisierungsprüfung möglich, das Ladekabel in die Ladestation einzustecken.

Bei der Roaming EV Access Lösung sind die Ladepunkte im Ausgangszustand permanent unverschlossen, da die Übertragung der Authentifizierungsinformationen direkt über das Ladekabel initiiert wird. Aus diesem Grund muss jederzeit die Möglichkeit gegeben sein, dass das Ladekabel durch den Ladestationsnutzer in die Ladestation eingesteckt werden kann.

Vollständigkeitshalber sei erwähnt, dass die Ladepunkte bei den E-Roaming Anwendungsfällen Card Access und Phone Access auch unverschlossen sein können. Analog zum Roaming EV Access lässt sich das Ladekabel somit jederzeit einstecken.

Die Spannung wird aber in allen möglichen Szenarien erst nach erfolgreicher Autorisierung und der anschließenden fahrzeug- und ladestationsseitigen Verriegelung der Stecker freigeschaltet.

Ladefunktionen (Technik und Kommunikation)

Es wird von einer genormten Typ 2 Steckverbindung und der Mode 3 Ladeart ausgegangen. Dies ermöglicht einerseits eine 3 phasige Ladung bis 63 A und andererseits eine bidirektionale ChargePoint-Kommunikation (CP-Kommunikation) für einen automatischen Datenaustausch zwischen Elektrofahrzeug und Ladestation gemäß ISO/IEC 15118 (2011).

IT-Systeme

Die Aktivitäten innerhalb und an den Schnittstellen der definierten Rollen werden jeweils mit einem geeigneten IT-System ausgeführt. Es liegt im Aufgabenbereich der späteren Akteure einen komplikationslosen Ablauf sicherzustellen. Wie und mit welchen Technologien eine Umsetzung stattfindet, wird hier nicht näher thematisiert. IT-Teilsysteme, die unter anderem für das Abfragen oder Abgleichen von Daten aus einer Datenbank benötigt werden, sind in den Prozessmodellen als separate IT-Systeme

gekennzeichnet. IT-Systeme können analog zu den Rollen ebenfalls identisch sein und ein zentrales IT-System bilden.

4.5 Übersicht und Beschreibung der Prozessmodelle des E-Roamings

Die in den folgenden Kapiteln dargestellten und beschriebenen E-Roaming Prozessmodelle sind aus Überlegungen des Autors unter Verwendung der vorangegangenen Literatur und mehreren fachlichen Diskussionen mit dem externen Betreuer entwickelt und umgesetzt worden. Der Roaming Card Access Prozess wurde in einem ersten Schritt konzipiert und diente daraufhin den anderen Prozessmodellen bei der Entwicklung als Grundlage. Deshalb dient das Roaming Card Access Prozessmodell zur ausführlichen Vorstellung und Beschreibung. Bei vorhandenen Redundanzen der weiteren Prozessmodelle wird daher auf den Roaming Card Access Prozess verwiesen.

Abbildung 4—B zeigt eine in BPMN dargestellte Übersicht der in Kapitel 4.3 ausgewählten E-Roaming Anwendungsfälle: Roaming Card Access, Roaming Phone Access und Roaming EV Access. Diese beinhaltet für jeden Anwendungsfall eine Grobstruktur d.h. eine übergeordneten Sicht der wesentlichen Prozessschritte und das dazugehörige detaillierte Prozessmodell.

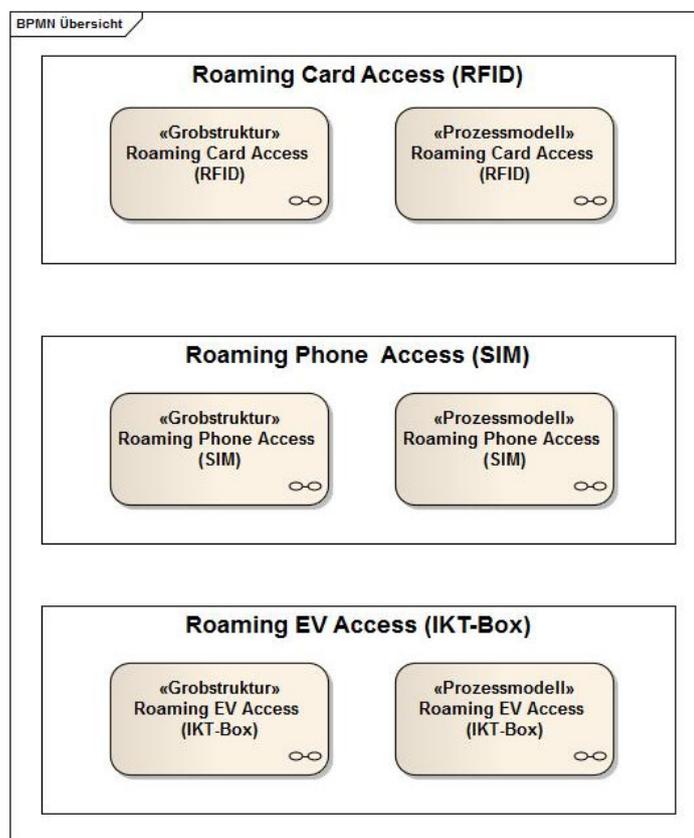


Abbildung 4—B: Übersicht der E-Roaming Prozessmodelle

Die detaillierten Prozessmodelle sind jeweils in sechs Ausschnitte unterteilt, damit eine übersichtliche und verständliche Darstellung sowie Beschreibung möglich ist. Die Auswahl der Ausschnitte orientiert sich an den Prozessschritten der Grobstrukturen.

4.5.1 Prozessmodell – Roaming Card Access

Die Grobstruktur des Prozessmodells Roaming Card Access (RFID) ist in Abbildung 4—C dargestellt. Der Prozess beginnt mit der Initialisierung des Ladevorgangs durch den Ladestationsnutzer. Im Anschluss werden die benötigten Berechtigungsprüfungen zuerst bei dem Ladestationsbetreiber (LSB) und danach bei dem Ladestromanbieter (LSA) durchgeführt. Bei positiver Prüfung der Authentifizierung und Autorisierung des Nutzers kann die Beladung des Elektrofahrzeuges gestartet werden. Nach erfolgter Aufladung des Elektrofahrzeuges werden in einem letzten Schritt die Verbrauchsdaten an den LSB und den LSA versandt und für die Abrechnungsprozesse bereitgestellt.

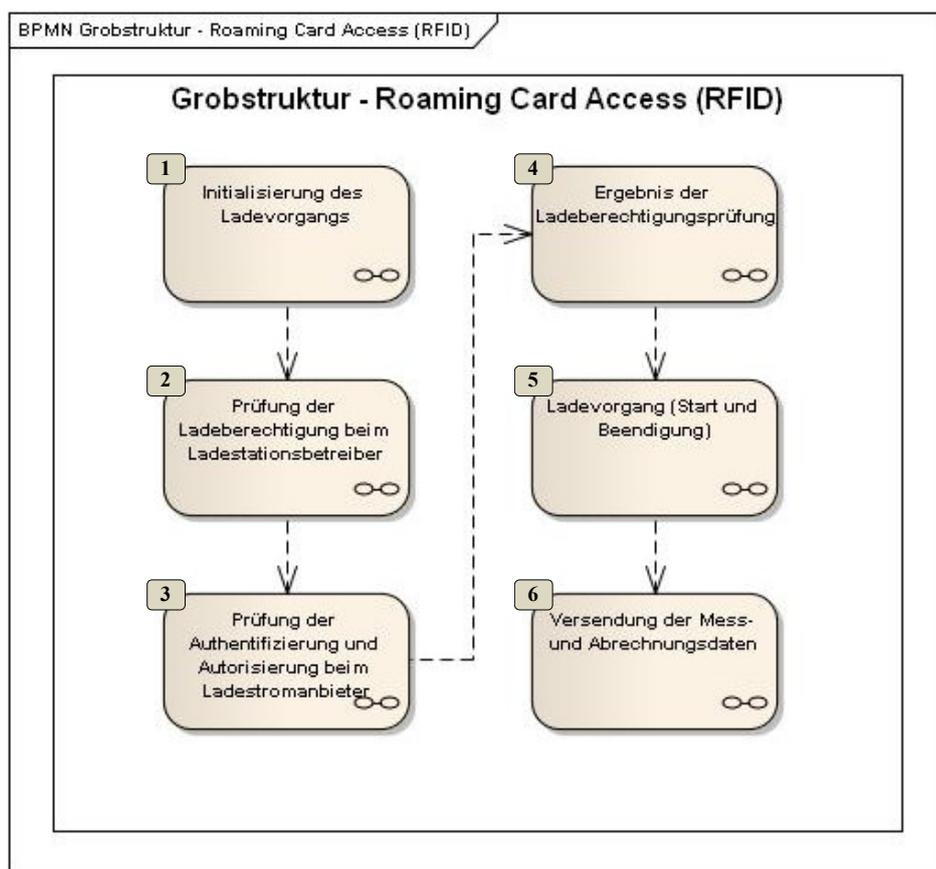


Abbildung 4—C: Grobstruktur – Roaming Card Access

In Abbildung 4—D ist der detaillierte Prozess in einer verkleinerten Darstellung gezeigt, um einerseits die Prozessstruktur zu verdeutlichen, insbesondere die Anordnung der

Rollen, und andererseits um die gewählten Prozessausschnitte zu veranschaulichen. Die Nummerierung orientiert sich an den oberhalb gezeigten Prozessschritten der Grobstruktur.

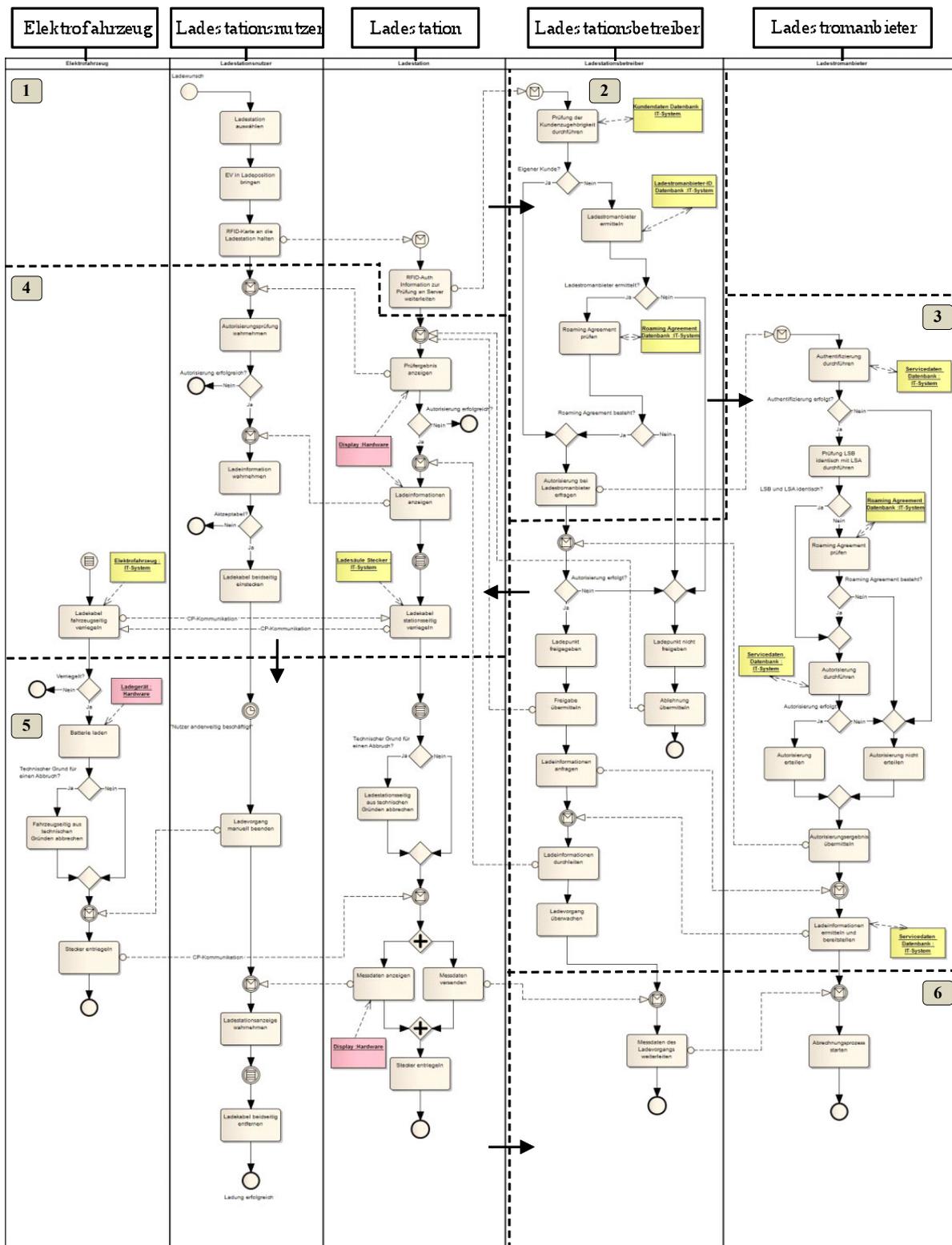


Abbildung 4—D: Prozessmodell - Roaming Card Access

Der E-Roaming Prozess mit einer RFID-Karte als Authentifizierungstoken beginnt in der Lane des Ladestationsnutzers, indem dieser eine Ladestation auswählt und sein EV positioniert. Die Initiierung des Ladevorgangs erfolgt, sobald die RFID-Karte an die Ladestation gehalten wird. Die auf der RFID-Karte gespeicherte Authentifizierungsinformation beinhaltet die Contract ID, die nach Registrierung und Erkennung durch die Ladestation an den Back-End-Server des LSBs weitergeleitet wird (s. Abbildung 4—E).

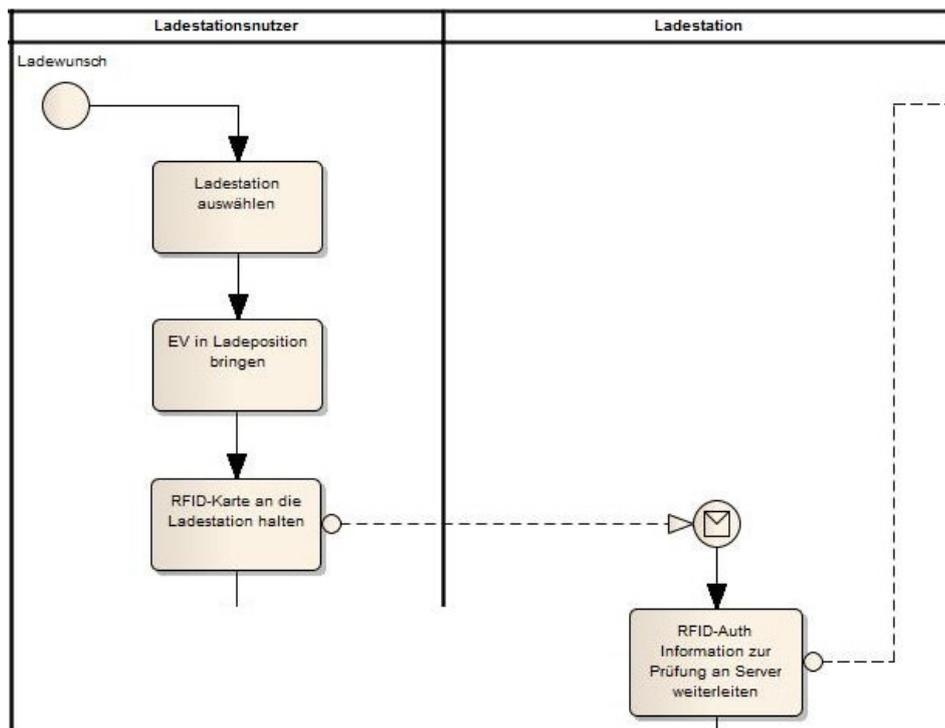


Abbildung 4—E: Initialisierung des Ladevorgangs – Roaming Card Access

In Abbildung 4—F unterscheidet der LSB bei der Prüfung der Kundenzugehörigkeit zwischen Eigen- und Fremdkunden, d.h. einer eigenen oder einer fremden Contract ID. Handelt es sich aufgrund einer eigenen Contract ID um einen Kunden des LSBs, agiert dieser gleichzeitig als LSA und kann direkt die Autorisierungsanfrage stellen. Hiermit wird das durchaus denkbare Szenario, dass beide Rollen von einem Marktakteur eingenommen werden, übersichtlich in das Prozessmodell integriert. Bei einer fremden Contract ID kann diese erst nach erfolgreicher Ermittlung des zugehörigen LSAs und der positiven Überprüfung des Roaming Agreements erfolgen (s. Abbildung 4—F). In der Aktivität *Prüfung der Kundenzugehörigkeit* wird aus Sicherheitsgründen außerdem die Prüfziffer gemäß DIN SPEC 91286 (2011) geprüft, um eine Validität der Contract ID sicherzustellen.

Es besteht neben der hier modellierten bilateralen Autorisierungsanfrage zwischen den Marktakteuren LSB und LSA auch die Möglichkeit, dass sich am Markt ein zentraler Verzeichnisdienst positioniert. In diesem Fall würde bei einer dem LSB unbekanntem Contract ID die Anfrage an dieses zentrale System weitergeleitet werden. Ein wesentlicher Nachteil eines zentralen Verzeichnisdienstes ist in dessen Monopolstellung zu sehen.

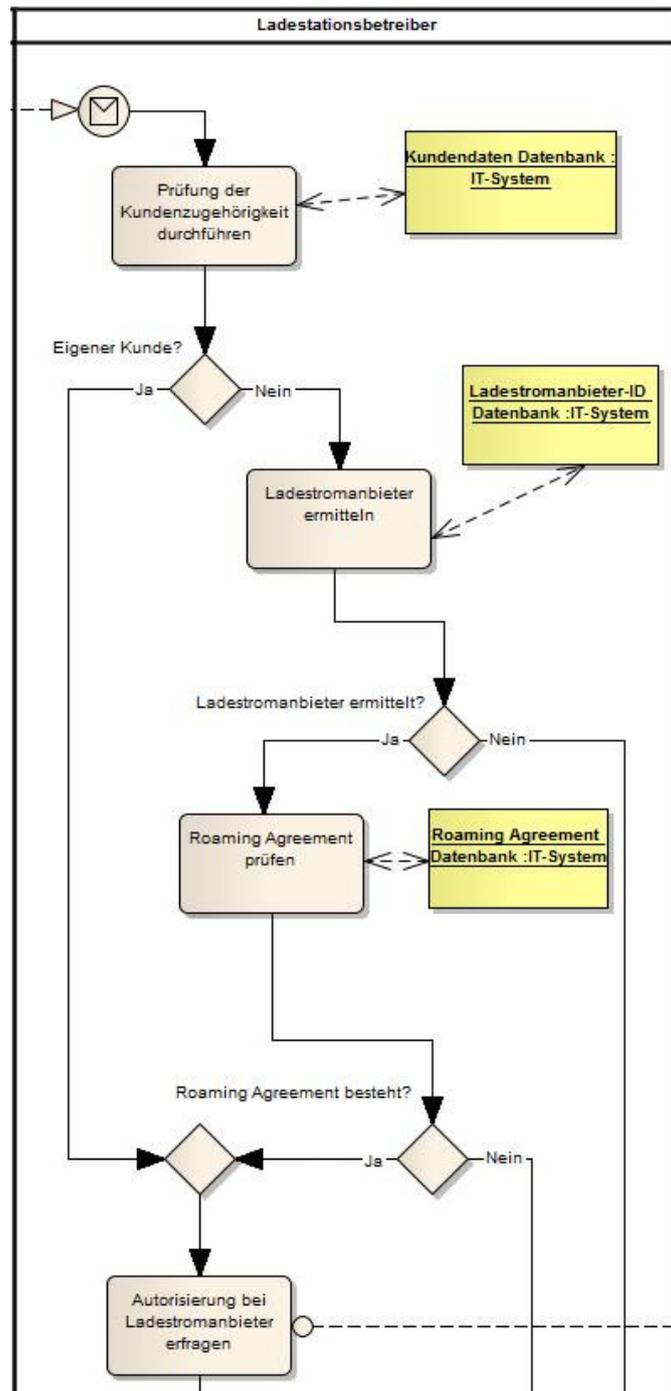


Abbildung 4—F: Prüfung der Ladeberechtigung beim Ladestationsbetreiber – Roaming Card Access

Bei einem positiven Prüfungsergebnis kann die Autorisierung bei dem LSA angefragt werden. Fällt eine dieser Prüfungen negativ aus wird der Ladepunkt nicht freigegeben. Die Ablehnung wird direkt an die Ladestation übermittelt, welche in der Abbildung 4—G dargestellt ist.

Der Back-End-Server des LSAs führt nun eine Authentifizierung anhand der Contract ID durch. In der Servicedaten-Datenbank sind die entsprechenden Vertrags- und Tarifdaten gespeichert.

Werden die Rollen des LSBs und des LSAs von einem Marktakteur eingenommen, entfällt die Prüfung des Roaming Agreements in der Lane des LSAs, und die Autorisierungsprüfung kann direkt durchgeführt werden. Sofern verschiedene Marktakteure Inhaber der Rollen sind, wird analog zum LSB das Roaming Agreement nochmals geprüft.

Eine Autorisierung wird dementsprechend auf Basis verschiedener Nutzungsrechte einzelner Kunden durchgeführt und kann, infolge vertraglich vereinbarter Konditionen, Beschränkungen für den jeweiligen Kunden beinhalten. Nutzungsrechte können z.B. verschiedene spezifische Tarifvarianten, Begrenzung der Ladeleistung, Berechtigungen nur für spezielle Ladestationen etc. beinhalten. Auch eine Verweigerung der Autorisierung ist möglich, z.B. als Folge einer Sperrung des Kunden aufgrund ausstehender Zahlungen.

Das Ergebnis der Autorisierungsprüfung wird anschließend dem LSB übermittelt, und gemäß diesen Informationen wird der Ladepunkt freigegeben oder bleibt gesperrt.

Nach Übermittlung der Freigabe an die Ladestation werden als nächstes die Ladeinformationen, die die kundenspezifischen Tarifdaten beinhalten, ermittelt und bereitgestellt. Es handelt sich hierbei um vertrauliche Daten, die zur Einhaltung des Datenschutzes von dem LSB nur durchgeleitet werden dürfen. Ab diesem Zeitpunkt setzt eine Überwachung des Ladevorgangs ein, die das Entgegennehmen von Livemessdaten und ggf. eine Visualisierung dieser über ein Web-Interface oder Smartphone ermöglicht (s. Abbildung 4—G).

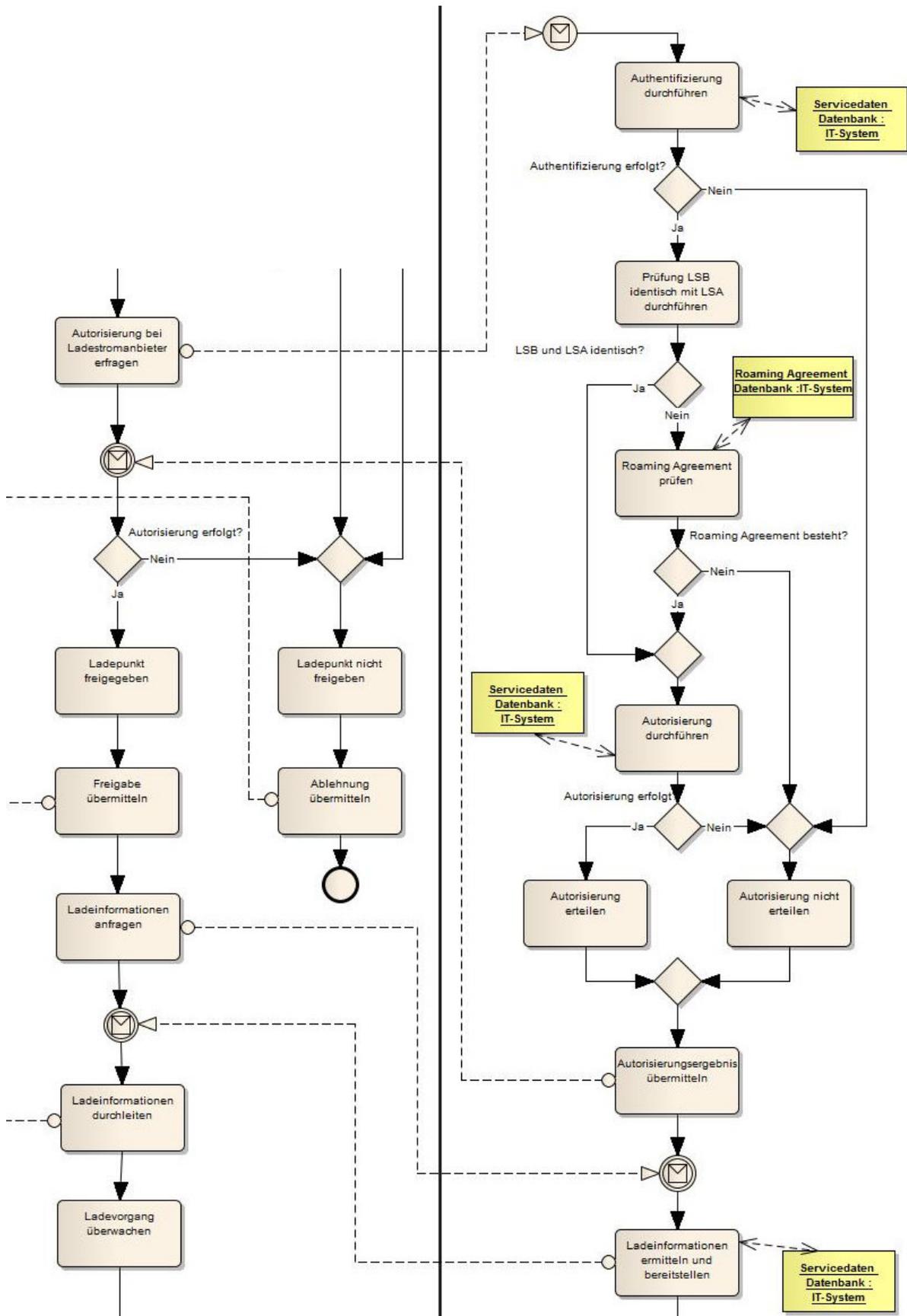


Abbildung 4—G: Prüfung der Authentifizierung und Autorisierung beim Ladestromanbieter – Roaming Card Access

In Abbildung 4—H wird das Prüfergebnis der Autorisierung auf dem Display der Ladestation angezeigt. Bei einer erfolglosen Autorisierung wird der Vorgang eingestellt, und der Ladestationsnutzer kann die geplante Aufladung seines Elektrofahrzeuges abbrechen oder eine der folgenden Aktionen durchführen:

- die Service-Hotline anrufen
- die RFID-Karte ein weiteres Mal an die Ladestation halten, um die Authentifizierung und Autorisierung erneut zu beginnen.

Die Ladestation begibt sich bei einer erfolglosen Autorisierung des Ladestationsnutzers nach einer gewissen Zeitspanne wieder in den Ausgangszustand und ist bereit für einen neuen Ladevorgang.

Ist der Nutzer nach einer positiven Autorisierungsprüfung mit den anschließend angezeigten Ladeinformationen nicht einverstanden, kann er den geplanten Ladevorgang ähnlich wie bei der erfolglosen Autorisierung ebenfalls beenden.

Ist der Nutzer hingegen mit den Ladeinformationen einverstanden, kann dieser das Ladekabel am Elektrofahrzeug und an der Ladestation einstecken. Das beidseitige Einstecken des Ladekabels ist eine Voraussetzung für die anschließende Verriegelung der Stecker. Sind die Stecker des Ladekabels beidseitig nicht ordnungsgemäß eingesteckt, können die Aktivitäten *Ladekabel fahrzeugseitig verriegeln* und *Ladekabel stationsseitig verriegeln* nicht gestartet werden.

Ist die Voraussetzung erfüllt, wird nun der fahrzeugseitige Stecker verriegelt. Daraufhin signalisiert das Elektrofahrzeug der Ladestation über eine CP-Kommunikation, dass es zur Energieaufnahme bereit ist (DIN/IEC 61851 2008, S. 26). Anschließend wird der Stecker auch ladestationsseitig verriegelt.

Der Verriegelungsmechanismus wird durch interne IT-Systeme des Elektrofahrzeuges und der Ladestation gesteuert und ausgelöst.

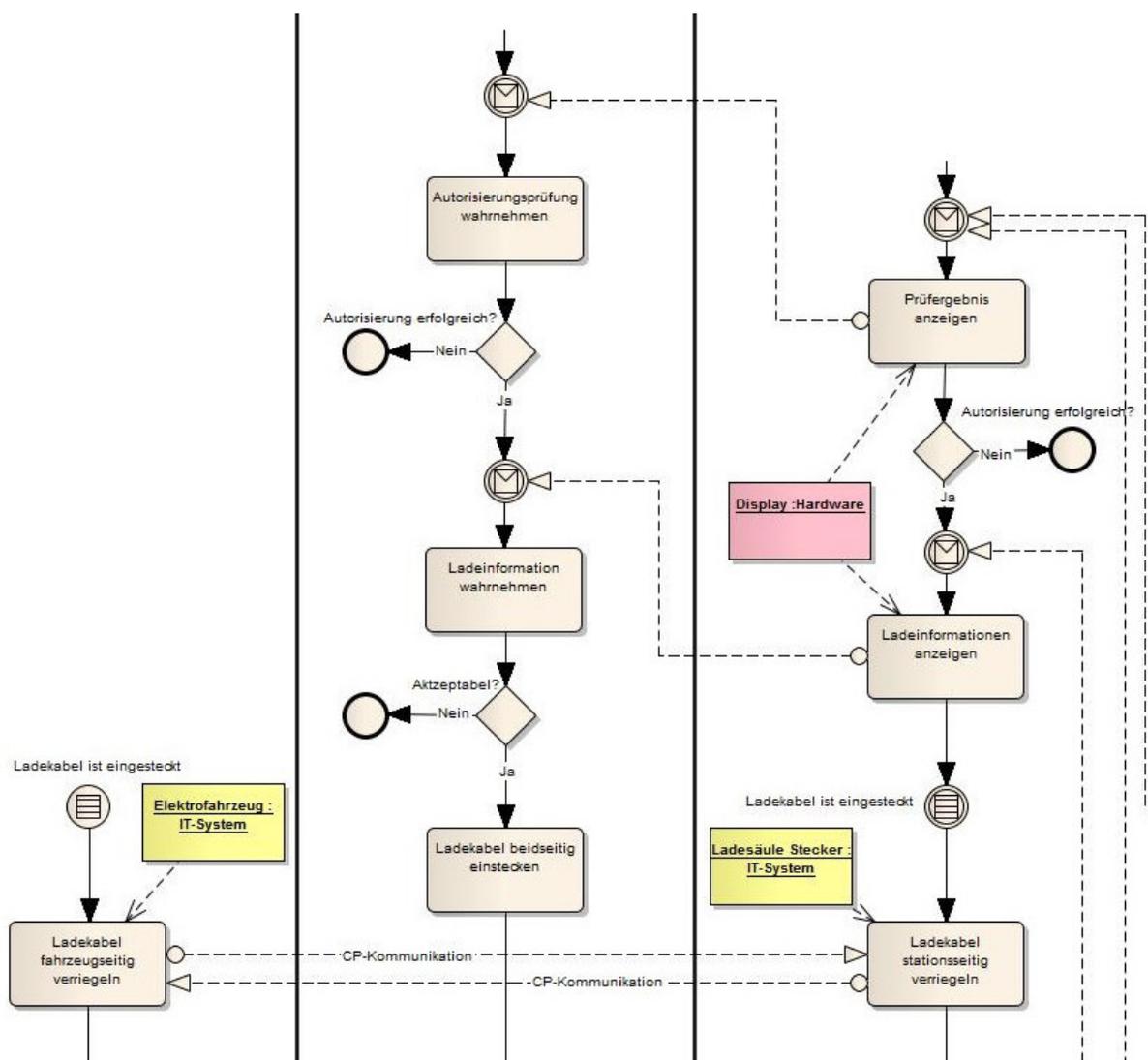


Abbildung 4—H: Ergebnis der Ladeberechtigungsprüfung – Roaming Card Access

Sind nach erneuter CP-Kommunikation zwischen Elektrofahrzeug und Ladestation die Stecker beidseitig verriegelt, kann das Ladegerät des Elektrofahrzeuges den Ladevorgang starten, ggf. auch mit interner oder externer Ladesteuerung (s. Abbildung 4—I). Hiermit ist gemeint, dass bei zukünftigen Fahrzeuggenerationen oder intelligenten Ladestationen das Einstellen von verschiedenen Lademodi möglich ist, wie z.B. eine vorher eingestellte Maximalbeladung von 50 Prozent der Batteriekapazität. Dazu sind aber weitere Kommunikationsmechanismen notwendig, die in diesem ausschließlich auf E-Roaming abzielenden Prozessbild nicht weiter spezifiziert sind.

Ist die Verriegelung jedoch fehlgeschlagen, kann der Nutzer entweder den Vorgang abbrechen, die Service-Hotline anrufen oder ein weiteres Mal die RFID-Karte an die Ladestation halten.

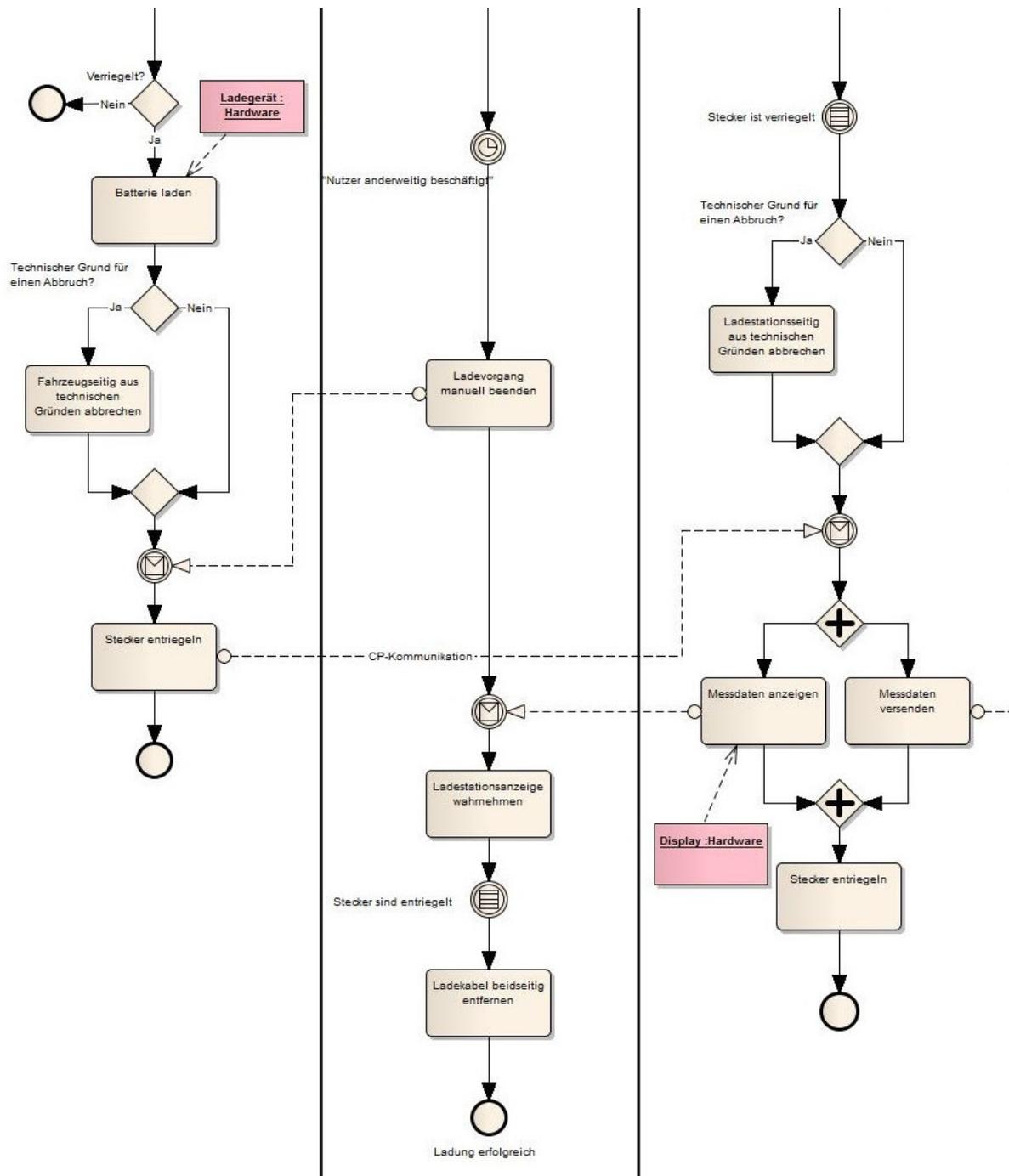


Abbildung 4—I: Ladevorgang (Start und Beendigung) – Roaming Card Access

Während des Ladevorgangs können sowohl fahrzeug- als auch ladestationsseitig technische Gründe zu einem Abbruch der Beladung führen. Ein Abbruch kann fahrzeugseitig z.B. durch eine volle oder zu warme Batterie und ladestationsseitig z.B.

durch einen Stromausfall ausgelöst werden. In beiden Fällen wird bei einem Abbruch die Verriegelung der Stecker beidseitig nicht freigegeben.

Die Entriegelung der Stecker erfolgt, auch wenn es zu keinem vorzeitigen Abbruch aus technischen Gründen gekommen ist, erst durch den Ladestationsnutzer, indem er die Zündung betätigt.

In zukünftigen Fahrzeuggenerationen kann ein manueller Abbruch bereits durch die Betätigung der Zentralverriegelung oder eines speziellen Stoptasters im Fahrzeuginnenraum erfolgen.

Mit dem manuellen Abbruch wird auf der Seite des Fahrzeugs die Entriegelung des Steckers ausgelöst und über eine CP-Kommunikation der Ladestation ein Signal zur Beendigung übermittelt. Bevor ladestationsseitig der Stecker entriegelt wird, werden die Messdaten des durchgeführten Ladevorganges angezeigt und an den Back-End-Server des LSBs versendet. Sobald die Stecker beidseitig entriegelt sind, kann das Ladekabel entfernt werden (s. Abbildung 4—I).

Die Messdaten des Ladevorgangs werden von dem LSB an den entsprechenden LSA weitergeleitet, und dort kann anschließend der Abrechnungsprozess auf Basis dieser Daten erfolgen (s. Abbildung 4—J).

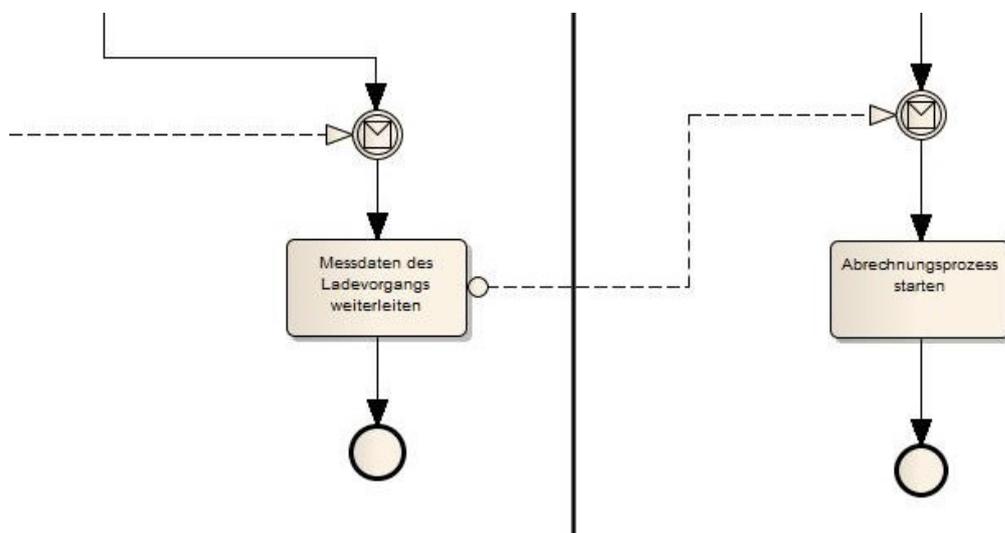


Abbildung 4—J: Versendung der Mess- und Abrechnungsdaten – Roaming Card Access

4.5.2 Prozessmodell – Roaming Phone Access (SIM)

Die Grobstruktur des Prozessmodells Phone Access (SIM) ist in Abbildung 4—K dargestellt. Der Prozess beginnt analog zum Roaming Card Access Prozess (RFID) mit der Initialisierung des Ladevorgangs. Im Gegensatz zum Roaming Card Access Prozess (RFID) wird die für die Ladeberechtigung nötige Authentifizierungsinformation von dem Ladestationsnutzer über das Mobilfunknetz direkt an seinen LSA übermittelt. Anschließend wird durch einen Prüfungsprozess des LSBs die mögliche Freigabe des Ladepunktes veranlasst. Der Prozessschritt *Ergebnis der Freigabeprüfung* zeigt die Übermittlung der Prüfungsergebnisse an die Ladestation und die Kenntnisnahme durch den Ladestationsnutzer. Die anschließenden Prozessschritte *Ladevorgang* (s. Abbildung 4—I) und *Versendung der Mess- und Abrechnungsdaten* (s. Abbildung 4—J) sind analog zum Roaming Card Access Prozess (s. Kapitel 4.5.1) und werden deshalb nicht mehr erneut für den Roaming Phone Access Prozess vorgestellt.

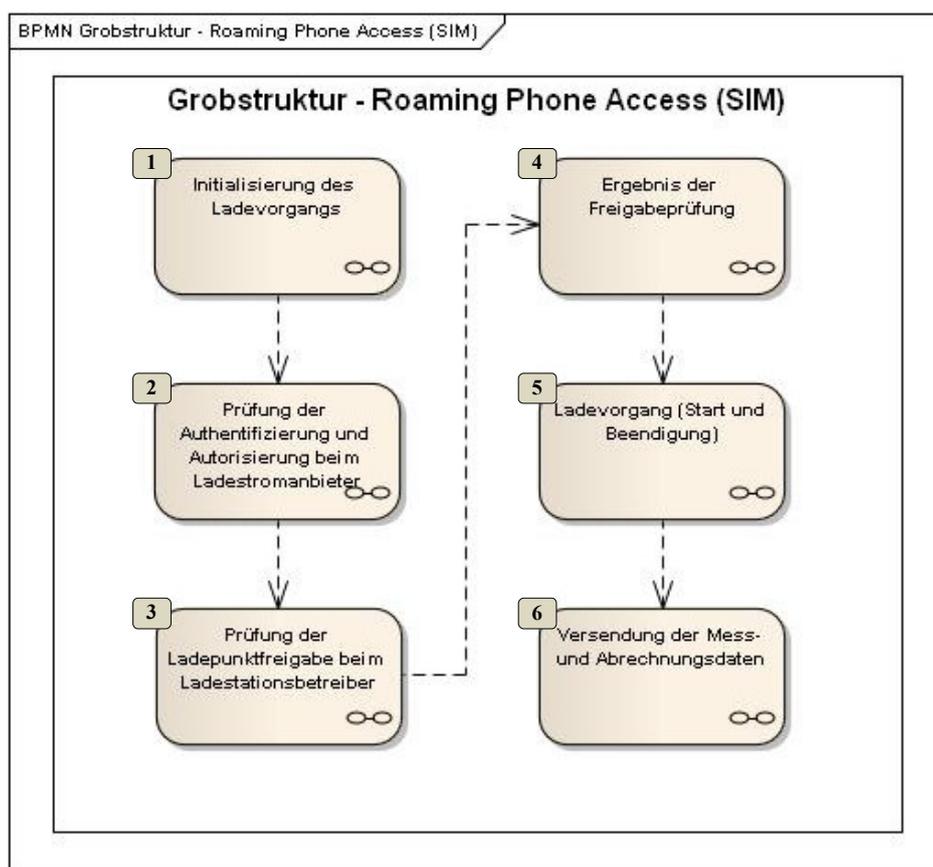


Abbildung 4—K: Grobübersicht – Roaming Phone Access

In Abbildung 4—L wird in einer verkleinerten Darstellung der detaillierte Prozess zur Verdeutlichung der Prozessstruktur und zur Veranschaulichung der einzelnen

dem die Beladung stattfinden soll, und zusätzlich seine Nutzer-Credentials, die seine Identität bestätigen. Die Anfrage und Übermittlung der Daten erfolgt über das Mobilfunknetz in Abhängigkeit des gewählten Kommunikationsszenarios entweder telefonisch mit dem Mobiltelefon, per SMS oder mit einer Smartphone Applikation, z.B. durch das Abfotografieren der EVSE ID oder durch Eingabe der EVSE ID, eines Benutzernamens und eines Passwortes.

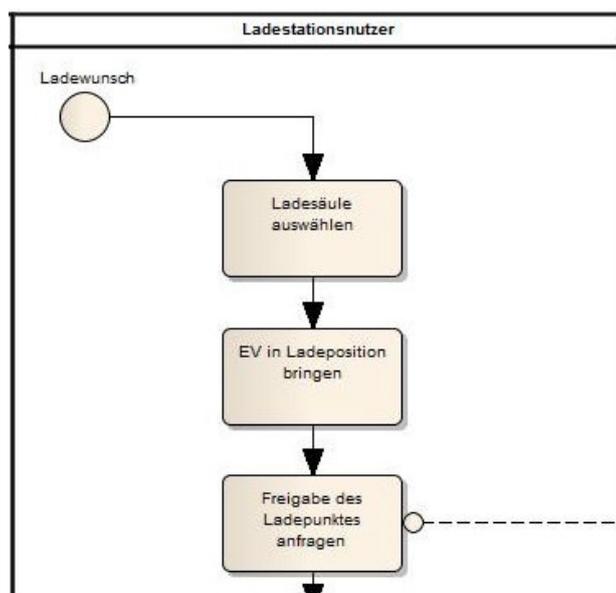


Abbildung 4—M: Initialisierung des Ladevorgangs - Roaming Phone Access

In Abbildung 4—N führt der LSA die Authentifizierung des Benutzers, abhängig von der gewählten Mittelungsart, entweder über eine fest hinterlegte Mobilfunknummer oder anhand der bei einer Smartphone Applikation eingegebenen Zugangsdaten, d.h. Benutzername und Passwort durch.

Nachdem im nächsten Prozessschritt der LSB ermittelt wurde, kann nachfolgend das Roaming Agreement geprüft und anschließend die Autorisierung durchgeführt werden. Die Autorisierung erfolgt ebenso anhand verschiedener spezifischer Nutzungsrechte einzelner Kunden (vgl. Roaming Card Access).

Ob es zu einer Ablehnung oder einer erfolgreichen Autorisierung des Ladestationsnutzers kommt, teilt der LSA dem Ladestationsnutzer direkt mit. Hierfür wird das zuvor gewählte Medium verwendet, mit der die Ladeanfrage gestellt wurde, d.h. telefonisch, per SMS oder per Nachricht auf ein Smartphone. Bei einer erfolgreichen Autorisierung des Ladestationsnutzers wäre eine mögliche Mitteilung: "Der Remote-Lock-On wird beim zuständigen LSB angefragt. Bitte warten Sie ggf. noch einen Moment, bis dieser den

Ladepunkt technisch freischaltet.“ Zur gleichen Zeit erfolgt die Anfrage der Ladepunktfreigabe bei dem zuständigen LSBs.

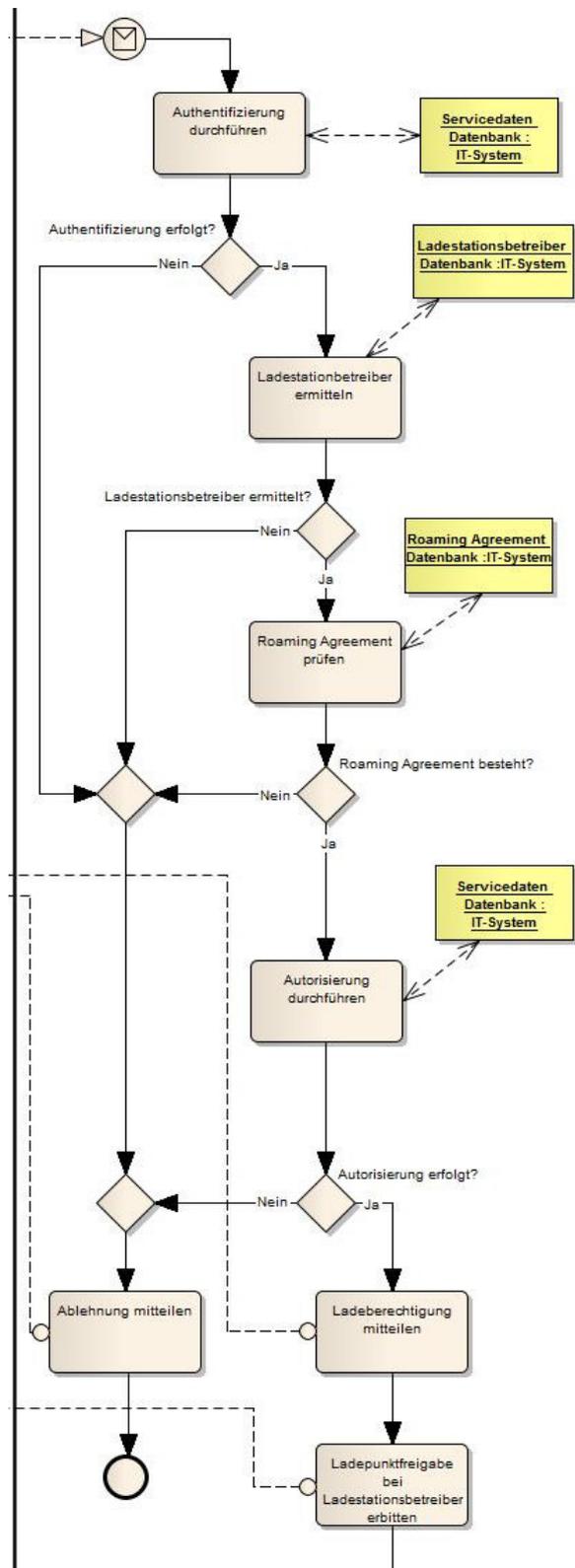


Abbildung 4—N: Prüfung der Authentifizierung und Autorisierung beim Ladestromanbieter – Roaming Phone Access

Daraufhin überprüft der LSB seinerseits das Roaming Agreement, schaltet bei einem bestehenden Roaming Agreement den Ladepunkt frei und signalisiert der Ladestation und dementsprechend dem Nutzer das Ergebnis (Abbildung 4—O).

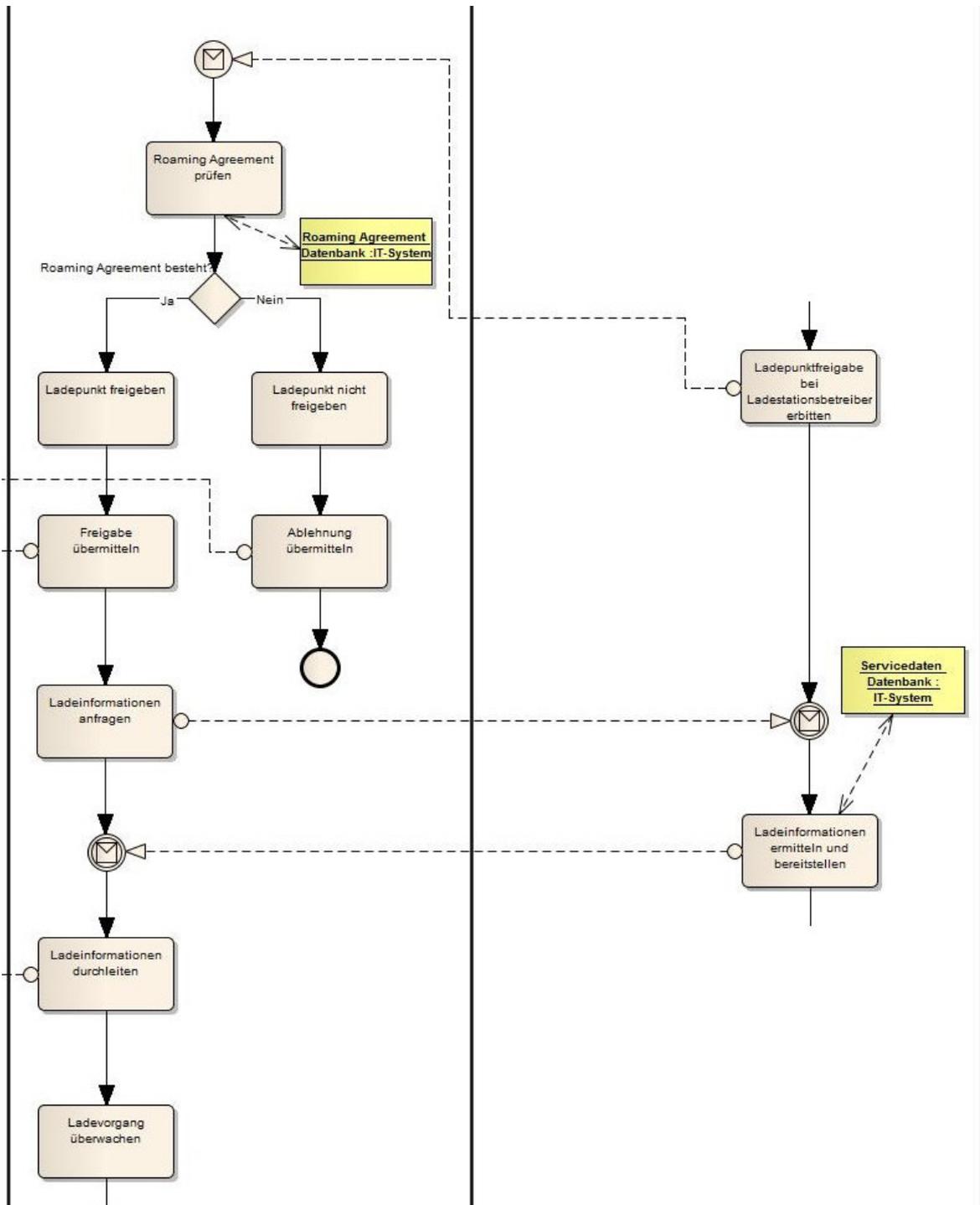


Abbildung 4—O: Prüfung der Ladepunktfreigabe beim Ladestationsbetreiber – Roaming
Phone Access

Abbildung sowie die übrigen Prozessschritte sind analog zum Roaming Card Access Prozess und können in Abbildung 4—I und in Abbildung 4—J nachvollzogen werden.

4.5.3 Prozessmodell – Roaming EV Access (IKT-Box)

Der Roaming EV Access Prozess mit der IKT-Box als Speicherort des Authentifizierungstokens stimmt mit dem Roaming Card Access Prozess in den meisten Prozessschritten überein. Dies wird bereits durch die identische Grobstruktur deutlich (s. Abbildung 4—Q). Unterschiede sind bei der Entwicklung des Prozesses nur in der Initialisierung des Ladevorgangs und im Ergebnis der Ladeberechtigungsprüfung aufgetreten. Alle weiteren Prozessschritte sind mit dem Roaming Card Access Prozess identisch und können mit Kapitel 4.5.1 verglichen werden.

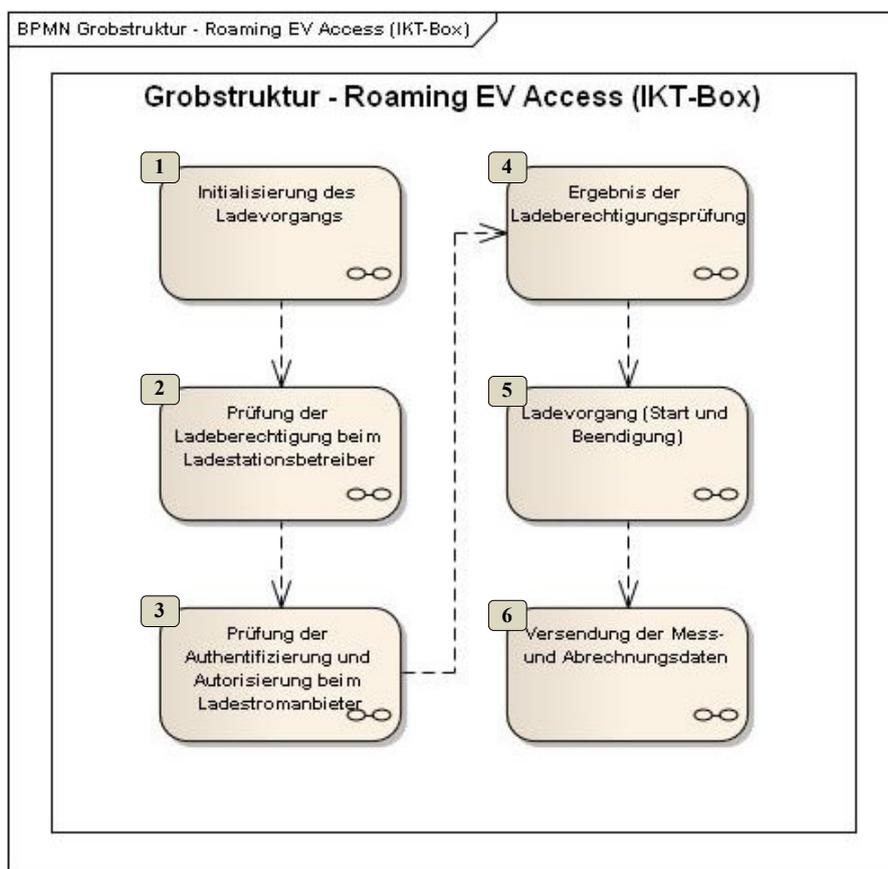


Abbildung 4—Q: Grobstruktur - Roaming EV Access

Die Abbildung 4—R zeigt in einer verkleinerten Darstellung den detaillierten Prozess zur Verdeutlichung der Prozessstruktur und zur Veranschaulichung der einzelnen Prozessausschnitte. Die Nummerierung orientiert sich wiederum an den einzelnen Prozessschritten der Grobstruktur.

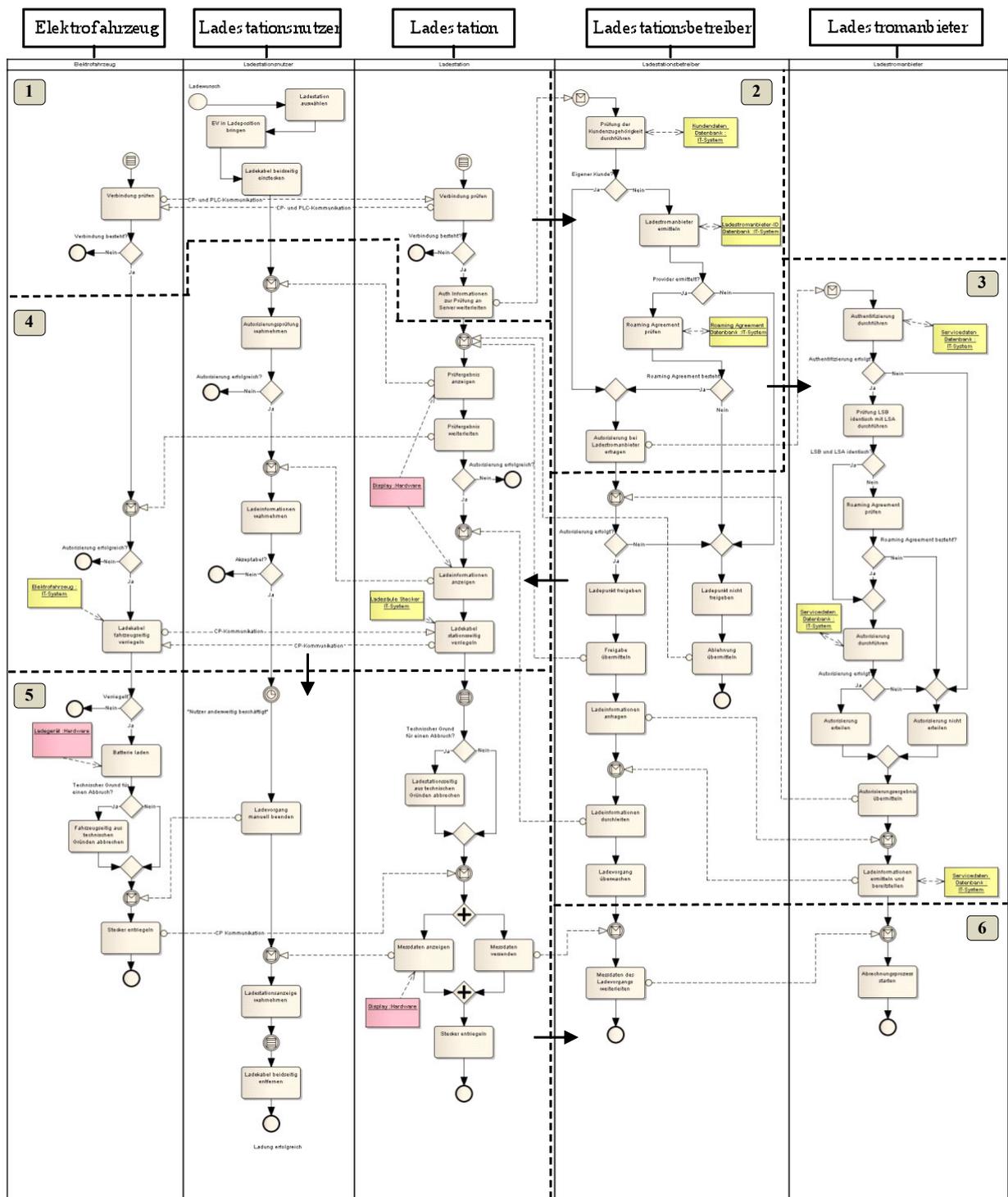


Abbildung 4—R: Prozessmodell - Roaming EV Access

In Abbildung 4—S ist die Initialisierung des Ladevorgangs beim Roaming EV Access Prozess dargestellt. Im Unterschied zum Roaming Card Access Prozess wird hier die in der IKT-Box des Fahrzeugs gespeicherte Authentifizierungsinformation direkt über das Ladekabel von der Ladestation an den Back-End-Server des LSBs weitergeleitet. Vor der

Übermittlung der Authentifizierungsinformation muss gewährleistet sein, dass nach beidseitigem Einstecken des Ladekabels eine intakte elektrische Verbindung zwischen dem EV und der Ladestation besteht. Dies wird mit einer CP-Kommunikation zwischen EV und Ladestation sichergestellt. Eine PLC-Kommunikation (Powerline Communications) sorgt dann schließlich für die Übertragung der Daten bzw. Authentifizierungsinformationen des Ladestationsnutzers über das Ladekabel. Analog zum Roaming Card Access Prozess beinhaltet die Authentifizierungsinformation die Contract ID des Benutzers.

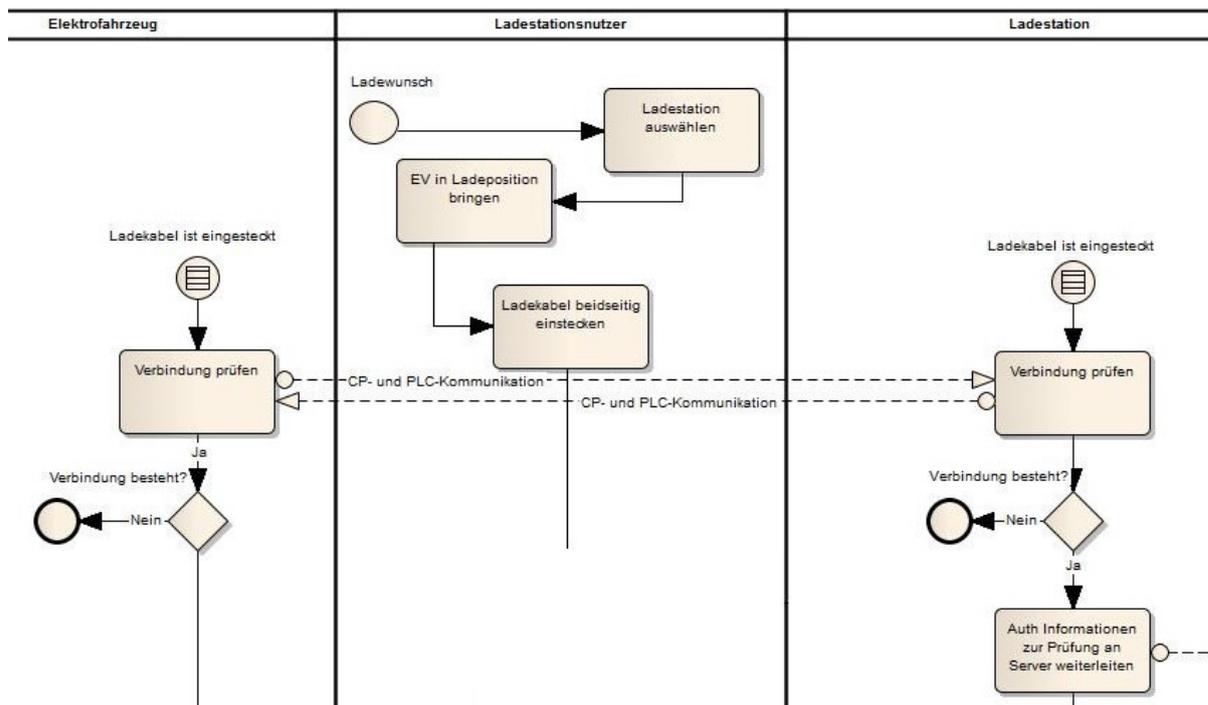


Abbildung 4—S: Initialisierung des Ladevorgangs - Roaming EV Access

Kann keine Verbindung registriert werden, kann der Nutzer die geplante Aufladung seines EV abbrechen, nochmals beidseitig das Ladekabel aus- und wieder einstecken oder die Service-Hotline in Anspruch nehmen.

Die nachfolgenden Authentifizierungs- und Autorisierungsprozesse sind übereinstimmend mit denen des Roaming Card Access Prozesses und sind in Abbildung 4—F und Abbildung 4—G ausführlich dargestellt.

Abbildung 4—T zeigt die Übermittlung des Prüfungsergebnisses der vorhergegangenen Authentifizierungs- und Autorisierungsprüfung. Der Unterschied zum Roaming Card Access Prozess besteht in der Weiterleitung des Prüfergebnisses an das EV, damit eine Verriegelung der Stecker ausgelöst werden kann. Bei einer erfolglosen Autorisierung wird dagegen der geplante Ladevorgang automatisch abgebrochen und die Ladestation begibt

sich wieder in den Ausgangszustand. Der Nutzer hat wiederum die Wahlmöglichkeit zwischen folgenden Handlungen: Die geplante Aufladung abbrechen, das Ladekabel aus- und wieder einstecken, um den Autorisierungsvorgang erneut zu starten, oder die Service-Hotline in Anspruch nehmen.

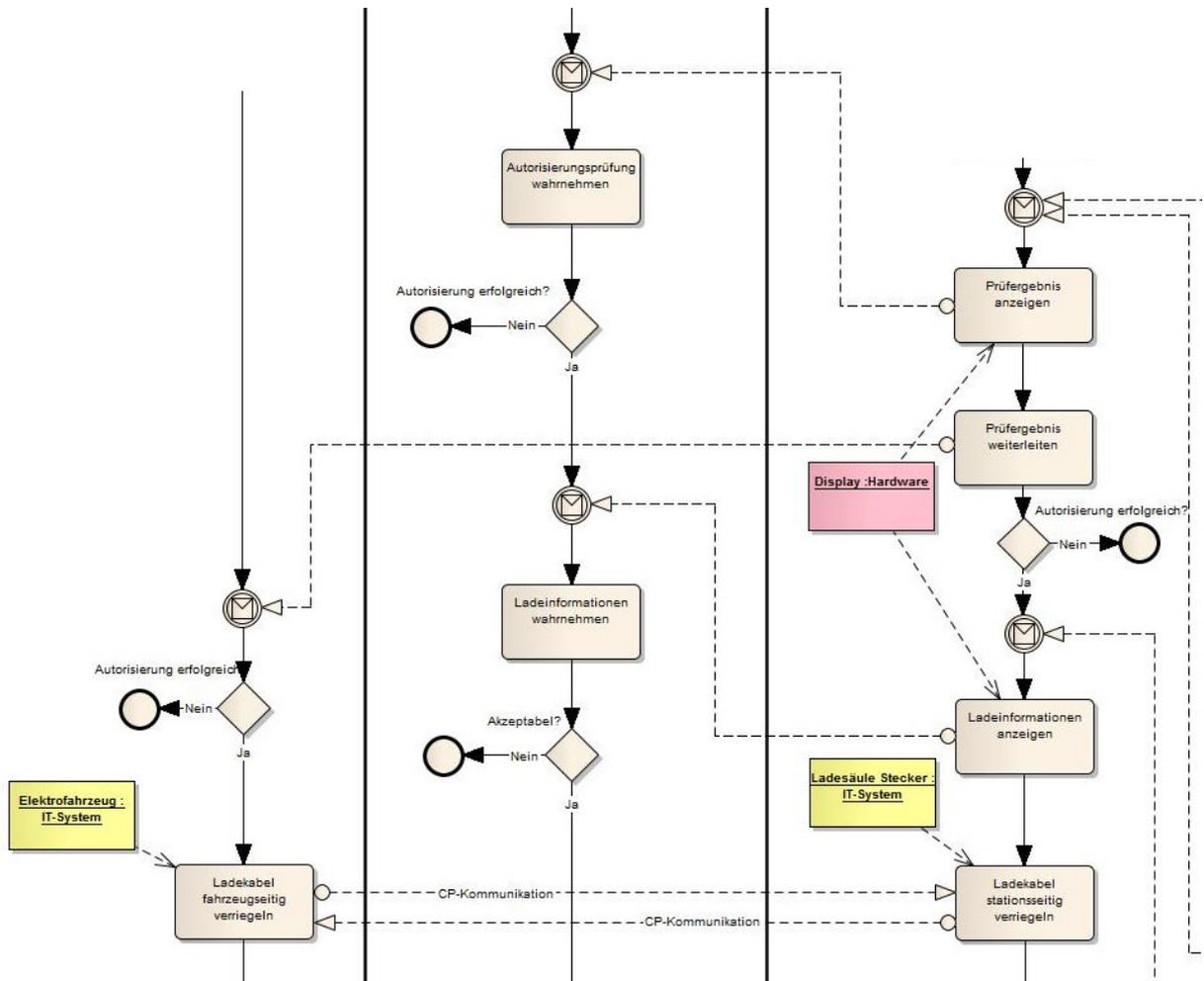


Abbildung 4—T: Ergebnis der Ladeberechtigungsprüfung - Roaming EV Access

Bei einer erfolgreichen Autorisierungsprüfung können die Stecker beidseitig verriegelt werden. Die weiteren Prozessschritte *Ladevorgang* (s. Abbildung 4—I) und *Versendung der Mess- und Abrechnungsdaten* (s. Abbildung 4—J) orientieren sich am Roaming Card Access Prozess (s. 36 f.).

A.3. Protokolle der Experteninterviews der Prozessmodelle des E-Roamings

Anhang B

Vorstellung der Experten:

Nr.	Name, Vorname	Unternehmen	Branche
1.	Röhlen, Jörg	regio iT aachen GmbH	Informationstechnik
2.	Dr. Rautenberg, Mathias	Nokia Siemens Networks	Telekommunikation
3.	Dr. Heuer, Jörg	Siemens AG	Informationstechnik
4.	Jundel, Sven	RWE Effizienz GmbH	Energiewirtschaft
5.	Pfeiffer, Andreas	smartlab Innovationsgesellschaft	Energiewirtschaft

Abbildung 0—B: Vorstellung der Experten

1. Herr Röhlen (regio iT aachen)

Herr Röhlen ist Produkt- und Projektmanager Center Energie und Entsorgung bei der regio IT Aachen GmbH (<http://www.regioit-aachen.de>). Regio IT betreut entlang der gesamten Wertschöpfungskette den gesamten Lebenszyklus komplexer IT-Systeme und ist Konsortialpartner im Rahmen des Forschungsprogramms „IKT für Elektromobilität“, in dem das Projekt "Smart Wheels" Geschäftsmodelle und konvergente IKT-Dienste zur Verbreitung der Elektromobilität entwickelt und erprobt (<http://www.smartwheels.de>).

2. Herr Dr. Rautenberg (Nokia Siemens Networks)

Herr Dr. Rautenberg ist Senior System Architect bei Nokia Siemens Networks (<http://www.nokiasiemensnetworks.com/>). Die smartlab Innovationsgesellschaft und Nokia Siemens Networks bieten zusammen mit e-clearing.net einen Service für Energieversorger an, der Autorisierungs- und Authentifizierungsvorgänge national wie international an den Ladestationen verschiedener Energieversorger ermöglicht (<http://www.smart-lab.de>).

3. Herr Dr. Heuer (Siemens)

Herr Dr. Heuer ist Program Manager Embedded System bei der Siemens AG (<http://www.siemens.com>). und zudem Mitglied des Projektes OpenV2G. Das Hauptziel von OpenV2G ist es eine Open Source-Implementierung des letzten Entwurfs der Norm ISO/IEC

Vehicle-to-Grid Communication Interface (V2G CI) bereitzustellen
(<http://openv2g.sourceforge.net/>).

4. Herr Jundel (RWE)

Herr Jundel ist bei der RWE Effizient GmbH für die Bereiche E-Mobility, Infrastruktur und Systeme verantwortlich (<http://www.rwe.com/web/cms/de/249850/effizienz/e-mobility/>). Die RWE Effizienz GmbH treibt durch die Mitarbeit in allen relevanten nationalen und internationalen Standardisierungsgremien wie auch der Nationalen Plattform Elektromobilität die Weiterentwicklung des Elektromobilitätsmarktes entscheidend voran.

5. Herr Pfeiffer (smartlab)

Herr Pfeiffer ist Geschäftsführer der smartlab Innovationsgesellschaft. Die Fokus von smartlab richtet sich auf die Entwicklung und Vermarktung von Dienstleistungen und Produkten im Zusammenhang mit Mobilitätsangeboten für Elektrofahrzeuge, d.h. unter anderem wirtschaftliche Geschäftsmodelle für die Elektromobilität auf den Infrastrukturen von Stadtwerken zu entwerfen und umzusetzen (<http://www.smart-lab.de>). Siehe zudem das Elektromobilitätsprojekt ladenetz.de und die Zusammenarbeit mit Nokia Siemens Networks in Bezug auf den Elektromobilitätsservice e-clearing.net.

Anhang C

Protokolle der Expertenbefragungen:

1. Herr Röhlen (regio iT aachen)

Besprechungsprotokoll: Experteninterview der Prozessmodelle des E-Roamings	
Teilnehmer:	Herr Jörg Röhlen (Experte), Tom Maibauer (Frager), Jonas Fluhr (Zuhörer)
Unternehmen	Regio IT Aachen Gesellschaft für Informationstechnologie mbh
Termin der Besprechung:	16.06.2011, 10:00 – 11:00 Uhr

Einführung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kurze Einführung in das Thema der Diplomarbeit ▪ Vorstellung der verschiedenen modellierten E-Roaming Prozesse anhand der Prozessübersicht ▪ Erklärung der im Prozessmodell verwendeten Lanes bzw. Rollen ▪ Vorstellung der Grobstruktur - Roaming Card Access (RFID)
Vorstellung und Besprechung des Roaming Card Access (RFID) Prozessmodells	
Initialisierung des Ladevorgangs	Keine Einwände von Herrn Röhlen.
Prüfung der Ladeberechtigung	Keine Einwände von Herrn Röhlen.
Prüfung der Authentifizierung und Autorisierung	<p>Herr Röhlen stimmt mit der doppelten Prüfung des Roaming Agreements durch den LSB und dem LSA überein. Allerdings kann dies in späteren Prozessen auch über eine zentrale Abfrage erfolgen.</p> <p>Herr Röhlen erwähnt, dass die Autorisierung durch den LSA anhand von spezifischen Nutzungsrechten einzelner Kunden, z.B. verschiedene Tarifmerkmale, Begrenzung der Ladeleistung, Unterscheidung zwischen Ladesäulen etc. erfolgt.</p> <p>Die Bereitstellung der Ladeinformationen in Form von Tarifdaten ist als optional anzusehen.</p> <p>Ansonsten hat Herr Röhlen keine weiteren Einwände für diesen Prozessausschnitt.</p>
Ergebnis der Ladeberechtigungsprüfung	Keine Einwände von Herrn Röhlen.
Ladevorgang (Start und Beendigung)	<p>Herr Röhlen empfiehlt bei der Anzeige der Messdaten die Einführung eines Zwischenschritts, der das Senden von Zwischenständen des Zählers vorsieht. In dem Prozessmodell werden momentan nur nach Beendigung des Ladevorgangs Messwerte verarbeitet und angezeigt. Aufgrund unterschiedlicher aktueller Ladesäulenttechnologien, die z.B. am Anfang und am Ende eines Ladevorgangs Zählerstände anzeigen, und zukünftiger komplexer Tarifmodelle (z.B. uhrzeitabhängige Tarife, Nachtarife) ist die Abfrage von Zwischenständen von sinnvoll.</p>

Versendung der Mess- und Abrechnungsdaten	Herr Röhlen merkt an, dass laut dem Prozessmodell die sofortige Übersendung der Messdaten theoretisch möglich und auch richtig ist, aber die Weiterleitung an den LSA vorrangig eine rein informatorische Wirkung hat. Relevant ist für den LSB vor allem eine periodische Saldierung der verbrauchten Mengen, damit dieser dem LSA nach einer fest definierten Zeitspanne eine Gesamtrechnung stellen kann. Hier sollte der Prozess zusätzlich zur informatorischen Weiterleitung der Verbrauchsdaten um eine periodische Rechnungsstellung durch den LSB an den LSA erweitert werden.
Prozessmodelle Phone Access und Pkw Autorisierung	Anschließend wurden noch kurz die zwei anderen Prozessmodelle angesprochen. Aufgrund von Redundanzen zum E-Roaming Prozess wurden nur die vorhandenen Unterschiede der Prozessmodelle gezeigt. Herr Röhlen hatte zu diesen keine weiteren Einwände.
Sonstiges	Herr Röhlen merkt an, dass für die Beendigung des Ladevorgangs in manchen Fällen, je nach Ausführung der Ladesäule, u.U. eine weitere Autorisierung erforderlich ist. In dem Prozessmodell ist jedoch die Annahme getroffen worden, dass eine CP-Kommunikation vorhanden ist und wahrscheinlich den zukünftigen Standard darstellt. Im Sinne der Vollständigkeit wird der Einwand von Herrn Röhlen allerdings als Kommentar in die Aktivität des Ladestationsnutzers <i>Ladevorgang manuell beenden</i> hinzugefügt.

Tabelle 0—A: Protokoll Expertenbefragung - Herr Röhlen

2. Herr Dr. Rautenberg (Nokia Siemens Networks)

Besprechungsprotokoll: Experteninterview der Prozessmodelle des E-Roamings	
Teilnehmer:	Herr Dr. Mathias Rautenberg (Experte), Tom Maibauer (Frager), Jonas Fluhr (Zuhörer)
Unternehmen	Nokia Siemens Networks (NSN)
Termin der Besprechung:	30.06.2011, 13:00 – 14:00 Uhr
Einführung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kurze Einführung in das Thema der Diplomarbeit ▪ Vorstellung der verschiedenen modellierten E-Roaming Prozesse anhand der Prozessübersicht ▪ Erklärung der im Prozessmodell verwendeten Lanes bzw. Rollen ▪ Vorstellung der Grobstruktur - Roaming Card Access (RFID)

Vorstellung und Besprechung des Roaming Card Access (RFID) Prozessmodells	
Initialisierung des Ladevorgangs	Keine Einwände von Herrn Rautenberg.
Prüfung der Ladeberechtigung	Keine Einwände von Herrn Rautenberg.
Prüfung der Authentifizierung und Autorisierung	<p>Es gab eine kurze Diskussion darüber, welche Autorisierungskriterien angewendet werden. Die Autorisierung eines Kunden kann anhand spezifischer Nutzungsrechte wie z.B. verschiedene Tarifmerkmale, Begrenzung der Ladeleistung, Unterscheidung zwischen Ladesäulen, Sperrung infolge von Zahlungsverzug etc. nicht erfolgen.</p> <p>Herr Rautenberg weist bei der Anzeige von Tarifdaten darauf hin, dass das ausschließliche Anzeigen von Tarifinformationen voraussichtlich nicht im Sinne des LSBs sein wird. Dieser wird ungern aus wettbewerblichen Gründen einem potentiellen direkten Konkurrenten eine reine Preisanzeige an seiner Ladestation genehmigen. Deshalb ist diesbezüglich der Vorschlag von Herrn Rautenberg, Container, die verschiedene Textmitteilungen enthalten können, zu verwenden. Zudem könnten über die Anzeige Nachrichten in der Landessprache des jeweiligen Kunden angezeigt werden.</p>
Ergebnis der Ladeberechtigungsprüfung	Herr Rautenberg schlägt vor die Lane des Ladestationsnutzers um einen Timer zu erweitern, falls sich der Nutzer nach Wahrnehmung der Tarifdaten dazu entschließt sein Fahrzeug nicht zu beladen und ohne weiteres Handeln (z.B. den Vorgang aktiv abzubrechen) sich entfernt. In diesem Fall wäre die Ladestation in einem undefinierten Zustand, und es bestünde u.U. die Möglichkeit, dass ein anderer Nutzer unerlaubterweise sein Fahrzeug belädt. Die Timerfunktion muss sorgsam gewählt werden, nicht zu kurz und nicht zu lang.
Ladevorgang (Start und Beendigung)	Herr Rautenberg merkt an, dass es sinnvoll wäre, bei ladestationsseitigem Abbruch der Beladungsphase den LSB anhand der Versendung einer Fehlermeldung zu informieren.
Versendung der Mess- und Abrechnungsdaten	Herr Rautenberg weist darauf hin, dass die Messdaten auch bei dem LSB gespeichert und archiviert werden. Anhand der kumulierten Messdaten verschiedener Beladungen stellt der LSB dem LSA eine periodische Rechnung.
Prozessmodell Roaming Phone Access	Anschließend wurde noch kurz das Prozessmodell Roaming Phone Access vorgestellt. Hier hat es keine besonderen Einwände gegeben.

Sonstiges	<p>Herr Rautenberg hätte aufgrund der Analogie zur Telekommunikation zusätzliche Akteure zu dem LSB und dem LSA für die E-Roaming Prozesse erwartet. Auch das benutzte Wording für diese ist nicht ganz eindeutig. Nach kurzer Diskussion stellt sich allerdings heraus, dass die Rollen des LSBs und des LSAs mit den in der Telekommunikation bekannten Visitor Location Register (VLR) und Home Location Register (HLR) weitestgehend übereinstimmen. Der LSB betreibt die Infrastruktur vor Ort, national wie grenzübergreifend, und der LSA ist in vertraglicher Beziehung mit dem Kunden.</p>
	<p>Herr Rautenberg erwähnt weitere Kommunikationsszenarien für einen E-Roaming-Fall. Es besteht außerdem die Möglichkeit mittels einer SMS an den LSB die Authentifizierung und Autorisierung zu initiieren. Hierbei steht eine Mobilfunknummer an der Ladestation und der Ladestationsnutzer versendet eine SMS an den LSB. Anschließend ist der Prozessablauf identisch mit dem RFID-Prozess.</p> <p>Als Ausblick schlägt Herr Rautenberg u.U. die Verfeinerung der für die Prüfung der Autorisierung weitergegebenen Daten vor. Hier könnte man aus Sicherheitsgründen die in den Autorisierungsdaten enthaltene Contract-ID um die Serial Number, um Signierungen etc erweitern.</p>

Tabelle 0—B: Protokoll Expertenbefragung - Herr Dr. Rautenberg

3. Herr Dr. Heuer (Siemens)

Besprechungsprotokoll: Experteninterview der Prozessmodelle des E-Roamings	
Teilnehmer:	Herr Dr. Jörg Heuer (Experte), Tom Maibauer (Frager), Jonas Fluhr (Zuhörer)
Unternehmen	Siemens
Termin der Besprechung:	11.07.2011, 17:00 – 17:30 Uhr
Einführung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kurze Einführung in das Thema der Diplomarbeit ▪ Vorstellung der verschiedenen modellierten E-Roaming Prozesse anhand der Prozessübersicht ▪ Erklärung der im Prozessmodell verwendeten Lanes bzw. Rollen ▪ Vorstellung der Grobstruktur – Roaming Phone Access (SIM)
Vorstellung und Besprechung des Roaming Phone Access (SIM) Prozessmodells	

Initialisierung des Ladevorgangs	Keine Einwände von Herrn Heuer.
Prüfung der Authentifizierung und Autorisierung	Eine vorläufige Mitteilung der Ladeberechtigung von Seiten des LSAs an den Ladestationsnutzer ist laut Herrn Heuer nicht zwingend erforderlich, sondern bei einem schnellen Prozessablauf sogar irritierend und sollte deshalb entweder entfernt oder entsprechend dokumentiert werden (zur Erklärung: der Ladestationsnutzer würde u.U. eine Mitteilung bekommen und im selben Moment oder nur minimal danach würde der Ladepunkt freigeschaltet werden). Eine Mitteilung erscheint nur sinnvoll, wenn es sich um einen spürbar längeren Zeitraum bis zur endgültigen Ladepunktfreigabe handelt.
Prüfung der Ladepunktfreigabe	Die Prüfung der Ladepunktfreigabe ist außer der Bereitstellung der Ladeinformationen (d.h. Tarifdaten) soweit korrekt. Laut Herrn Heuer wird zum einen keine dedizierte Informationsanzeige an der Ladestation bei geeignetem Zähler mehr nötig sein und zweitens wird es nicht im Interesse des Energieversorgers sein, dass dem Ladeinfrastrukturbetreiber das jeweilige Geschäftsmodell offengelegt wird. Außerdem werden in zukünftigen Szenarien die Konditionen im Vorfeld vereinbart. In der Standardisierung ist das Thema der Preisinformationen in der End-to-End Beziehung als besonders vertraulich deklariert. Zudem merkt Herr Heuer an, dass in einem solchen Prozessmodell der Aspekt der Datensparsamkeit von besonderer Bedeutung ist, weshalb hier ein Informationsaustausch zwischen LSB und LSA von geringer Bedeutung und in zukünftigen Szenarien wohl überflüssig ist.
Ergebnis der Freigabeprüfung	Hier ist das Wording der CP-Kommunikation in CP-Signalisierung zu ändern, da es sich nicht um die in 15118 spezifizierte Kommunikation handelt. Es könnte sonst zu Verwirrungen kommen.
Ladevorgang (Start und Beendigung)	Für eine vollständige Darstellung des Ladevorgangs empfiehlt Herr Heuer die Lane <i>Ladestation</i> um eine Aktivität <i>Ladeprozess</i> “ identisch zur Aktivität <i>EV laden</i> in der Lane <i>Elektrofahrzeug</i> zu ergänzen und diese mit einer PLC-Kommunikation gemäß 15118 (Charging Loop) miteinander zu verbinden. Herr Heuer merkt an, dass die Beendigung des Ladevorgangs auch per Handy durch den Ladestationsnutzer ausgelöst werden kann.
Versendung der Mess- und Abrechnungsdaten	Keine Einwände von Herrn Heuer.

Tabelle 0—C: Protokoll Expertenbefragung - Herr Dr. Heuer

4. Herr Jundel (RWE)

Besprechungsprotokoll: Experteninterview der Prozessmodelle des E-Roamings	
Teilnehmer:	Herr Sven Jundel (Experte), Tom Maibauer (Frager), Jonas Fluhr (Zuhörer)
Unternehmen	RWE
Termin der Besprechung:	12.07.2011, 09:00 – 10:00 Uhr
Einführung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kurze Einführung in das Thema der Diplomarbeit ▪ Vorstellung der verschiedenen modellierten E-Roaming Prozesse anhand der Prozessübersicht ▪ Erklärung der im Prozessmodell verwendeten Lanes bzw. Rollen ▪ Vorstellung der Grobstruktur - Roaming Card Access (RFID)
Vorstellung und Besprechung des Roaming Card Access (RFID) Prozessmodells	
Initialisierung des Ladevorgangs	Keine Einwände von Herrn Jundel.
Prüfung der Ladeberechtigung	Der Prozess ist als Maximalfall bzgl. der Kommunikation zwischen dem LSB und dem LSA modelliert. Herr Jundel erwähnt dazu, dass auch Cache-Szenarien denkbar sind. Diese ermöglichen z.B. durch eine Black and White Liste die Kommunikation schon zu einem früheren Zeitpunkt abzufangen und somit den Prozess technisch effizienter auszuführen.
Prüfung der Authentifizierung und Autorisierung	Laut Herrn Jundel sollte die Aktivität „Ladevorgang überwachen“ anders benannt werden, da der Ladevorgang gemäß der Norm 61851 an der Ladestation überwacht wird und der LSB nur den Service überwachen kann.
Ergebnis der Ladeberechtigungsprüfung	<p>Die Ladestation ist laut Annahme in dem Prozessmodell mit einem Display versehen. Herr Jundel merkt an, dass ein Display nicht zwingend notwendig ist und mit einem HMI (Human Maschine Interface) allgemeiner ist und mehrere Ladestationstechnologien abgedeckt.</p> <p>Des Weiteren erwähnt Herr Jundel, dass bei einem E-Roaming Szenario mit einem RFID-Authentifizierungstoken der Ladepunkt nicht zwangsläufig verschlossen sein muss (z.B. mit einer Verschlussklappe). Auch ein unverschlossener Ladepunkt ist laut der Norm 61851 zulässig. Ein Pilotsignal bzw. die Spannung wird auch dann erst nach erfolgreicher Autorisierung freigeschaltet.</p>

Ladevorgang (Start und Beendigung)	<p>Automatisches Verriegeln und starten der Beladung des Fahrzeugs ist nur bei Typ 2 möglich. Laut Herrn Jundel sollte vorweg die Annahme getroffen werden, dass es sich bei dem modellierten Prozess um Fahrzeuge des Typs 2 und bei der Ladeart um Mode 3 handelt. Momentan sind nämlich die meisten auf Deutschlands Straßen registrierten Fahrzeuge vom Typ 1 und diese besitzen keinen Verriegelungsmechanismus.</p> <p>In der Lane <i>Ladestation</i> sollte zudem eine Aktivität <i>Ladeprozess überwachen</i> eingefügt werden, die mit einer PVM-Verbindung durchgängig von der Ladestation zum Fahrzeug versehen ist.</p>
Versendung der Mess- und Abrechnungsdaten	<p>Aus energiewirtschaftlicher Sicht findet in der Lane <i>Ladestationsbetreiber</i> noch eine energiewirtschaftliche Marktkommunikation/Abrechnung mit dem Messstellenbetreiber statt. Zusätzlich zur Weiterleitung der Messdaten für E-Roaming Abrechnungsprozesse, fehlt die Darstellung der Bereitstellung der Messdaten für eine energiewirtschaftliche Abrechnung. Dies könnte mit der Aktivität <i>Messdaten für energiewirtschaftliche Abrechnung bereitstellen</i> behoben werden. Es sollte aber zusätzlich erwähnt werden, dass der energiewirtschaftliche Teil in diesem Prozessmodell auf ein Minimum beschränkt wurde.</p>
Prozessmodell Roaming EV Access	<p>Anschließend wurde noch kurz der Prozess Roaming EV Access vorgestellt. Hier haben sich keine weiteren Einwände ergeben.</p>

Tabelle 0–D: Protokoll Expertenbefragung - Herr Jundel

5. Herr Pfeiffer (SmartLab)

Besprechungsprotokoll: Experteninterview der Prozessmodelle des E-Roamings	
Teilnehmer:	Herr Andreas Pfeiffer (Experte), Tom Maibauer (Frager), Jonas Fluhr (Zuhörer)
Unternehmen	SmartLab
Termin der Besprechung:	15.07.2011, 09:00 – 10:30 Uhr
Einführung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kurze Einführung in das Thema der Diplomarbeit ▪ Vorstellung der verschiedenen modellierten E-Roaming Prozesse anhand der Prozessübersicht ▪ Erklärung der im Prozessmodell verwendeten Lanes bzw. Rollen ▪ Vorstellung der Grobstruktur - Roaming Card Access (RFID)

Vorstellung und Besprechung des Roaming Card Access (RFID) Prozessmodells	
Initialisierung des Ladevorgangs	Keine Einwände von Herrn Pfeiffer.
Prüfung der Ladeberechtigung	Neben der bilateralen Autorisierungsanfrage sollte laut Herrn Pfeiffer die Variante eines zentralen Systems in den Dokumentationen erwähnt werden.
Prüfung der Authentifizierung und Autorisierung	Für ein einheitliches Verständnis sollten nach Meinung Herrn Pfeiffers die Begrifflichkeiten Identifikation, Authentifizierung und Autorisierung definiert werden. Es handelt sich bei den Ladeberechtigungsprüfungen aus Gründen des Datenschutzes um keine personalisierten Prüfungen. Außerdem sollte die Prüfziffer der Karte aus Sicherheitsgründen einer Prüfung unterzogen werden. Dieser Aspekt wurde bereits zuvor in das Prozessmodell integriert.
Ergebnis der Ladeberechtigungsprüfung	Herr Pfeiffer erwähnt, dass der Ladepunkt bei einem RFID Authentifizierungstoken nicht zwangsläufig verschlossen sein muss.
Ladevorgang (Start und Beendigung)	Herr Pfeiffer merkt hier an, dass die Ladung erst nach erfolgreicher Autorisierung und Verriegelung der Stecker starten darf. Diese Bedingung ist in den Annahmen vermerkt.
Versendung der Mess- und Abrechnungsdaten	Da die Abrechnungsprozesse in dem Modell nicht tiefgehend modelliert wurden, schlägt Herr Pfeiffer vor die Aktivität <i>Abrechnungsprozesse starten</i> in <i>Clearing Prozess starten</i> umzubenennen. Somit wäre die Schnittstelle klarer definiert.

Tabelle 0—E: Protokoll Expertenbefragung - Herr Pfeiffer

A.4. Studie 1

A.4.1. Beschriebene Prozessabläufe

Kaffeeproduktion

Kaffeeplaner ernten die Kaffeekirschen und entscheiden anschließend, ob diese in die trockene oder die nasse Aufbereitung gehen. Bei der trockenen Aufbereitung werden die Kaffeekirschen getrocknet. Bei der nassen Aufbereitung werden die Kerne mit Hilfe einer Quetschmaschine vom Fruchtfleisch getrennt. Nach beiden Aufbereitungsarten werden die grünen Kaffeebohnen mit einem Holzfeuertrockner getrocknet.

Ein Exportagent führt folgende Schritte sequentiell aus:

- Sammeln der Kaffeebohnen bis genügend vorhanden sind .
- Wenn genug Kaffeebohnen angesammelt sind, finden Preisverhandlungen in synchroner Zusammenarbeit mit der Rösterei statt. Dabei steht der aktuelle Kaffeepreis auf dem Weltmarkt beiden Seiten als Information zur Verfügung.
- Anschließend exportiert der Exportagent die Kaffeebohnen.

Eine Rösterei importiert die grünen Kaffeebohnen. Export und Import werden als Schwachstellen im Prozess gekennzeichnet und mit dem Hinweis „Begrenzte Haltbarkeit der grünen Kaffeebohnen“ versehen. Die Rösterei röstet die Kaffeebohnen anschließend in einer Fermentiermaschine. Danach werden folgende Aktivitäten parallel ausgeführt:

- Ein Teil des Kaffees wird als ganze Bohnen verpackt.
- Der andere Teil wird mit einer Kaffeemühle gemahlen und anschließend als gemahlener Kaffee verpackt.
- Beide Kaffeearten verkauft.

Diamantenförderung gemäß des Kimberley Prozesses

Hintergrundinformation:

Das Zertifizierungssystem des Kimberley-Prozesses ist im Wesentlichen eine Regelung zur Kontrolle der Exporte und der Importe von Rohdiamanten. Die Förderländer kontrollieren die Produktion und den Transport der Rohdiamanten von der Mine bis zum Ort des Exportes.

Modellierungsaufgabe:

Das Förderland erteilt einer Diamantengesellschaft eine Schürferlaubnis. Die Diamantengesellschaft baut das Erz mit Hilfe von Erdbewegungsmaschinen ab und gewinnt daraus die Diamanten mit Hilfe einer festen Waschstation. Parallel hierzu kontrolliert das Förderland alle Diamantengesellschaften im Land.

Bevor die Diamanten exportiert werden dürfen, erhalten sie von der Mine in synchroner Zusammenarbeit mit dem Förderland das Kimberley-Prozess-Zertifikat.

Die Diamanten werden von der Diamantengesellschaft exportiert und von der Diamantenbörse importiert, wobei das Kimberley-Prozess-Zertifikat als Information für den Export dient. Export und Import werden als Schwachstellen im Prozess gekennzeichnet und mit dem Hinweis „Beimischung von Blutdiamanten möglich“ versehen. Die Qualität der Diamanten wird von der Diamantenbörse überprüft. Crushing Bort wird von Schleifmittelherstellern gekauft, während Diamanten höherer Qualität auf Auktionen verkauft werden.

Der Schleifmittelhersteller zerstößt das Crushing Bort solange es nicht fein genug ist (max. 3 mal). Ist es fein genug stellt der Schleifmittelhersteller Polierpaste daraus her.

Durchführung eines Simulationsprojekts bei der Weld.ING GmbH

Die Weld.ING GmbH möchte das Fertigungsverhalten einer Vielpunktschweißanlage simulieren, besitzt im Bereich der Simulation aber keine eigene Fachkompetenz. Die Geschäftsführung wählt die Vorgehensweise nach VDI Richtlinie 3633 und bestimmt zunächst ein geeignetes Projektteam. Dieses besteht aus einem externen Simulationsexperten und einem Planer der Weld.ING GmbH. Im Kick-Off Meeting wird gemeinsam das Dokument Pflichtenheft erstellt. Der Planer und der Simulationsexperte ermitteln zunächst relevante Daten aus den Datenbanken der Weld.ING GmbH. Im Wesentlichen werden Daten aus der Betriebsdatenerfassung (BDE) und der Maschinendatenerfassung (MDE) für die Erstellung des Simulationsmodells verwendet. Zusätzlich werden Informationen hinsichtlich der Verfügbarkeit der Schweißzangen integriert. Die Datenermittlung wird als Schwachstelle im Prozess gekennzeichnet und mit dem Hinweis „Das Simulationsergebnis ist nur so gut wie die zugrunde liegenden Eingangsdaten!“ versehen. Der Simulationsexperte erstellt das Simulationsmodell mit einem Level 2 Simulationswerkzeug. Die Verifizierung des Modells erfolgt durch eine analytische Überprüfung der Modellelemente unter Zuhilfenahme der Grenzleistungsrechnung und eines Plausibilitätstests. Anschließend kann das Simulationsexperiment durchgeführt werden. Die Ergebnisse wiederum werden vom Planer und dem Simulationsexperten ausgewertet. Stimmen die Ergebnisse des Experiments nicht mit der Realität überein, so wird das Simulationsmodell überarbeitet und das Experiment maximal zweimal wiederholt, sonst wird das Simulationsprojekt von der Geschäftsführung abgebrochen. Stimmen die Ergebnisse mit der Realität überein, werden die Ergebnisse gemeinsam vom Planer und Geschäftsführung umgesetzt.

A.4.2. Legende

Der **Startpunkt** eines Prozesses besitzt nur ausgehende Kontrollflüsse.

Eine **Information** sollte möglichst kurz beschrieben werden.

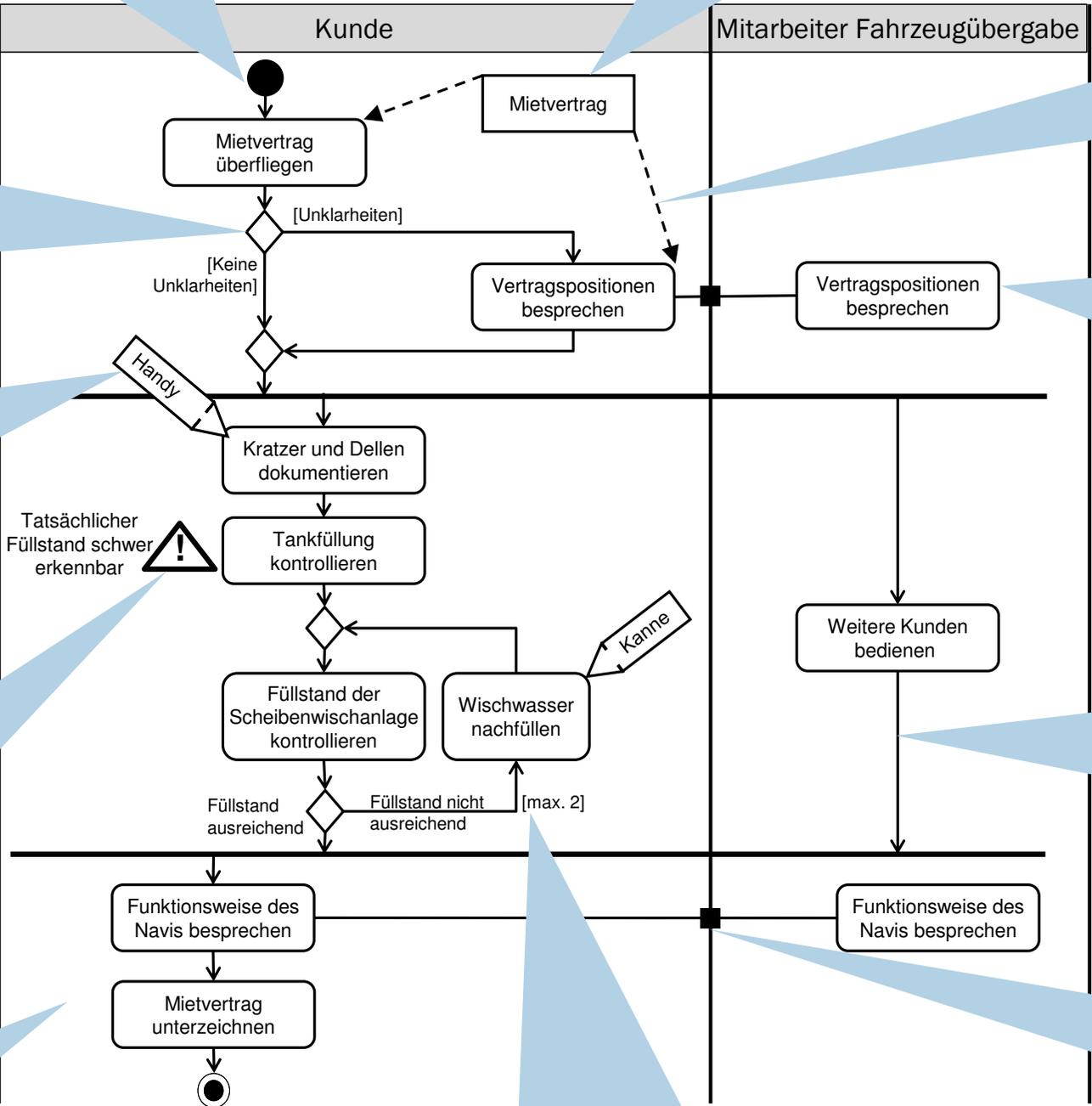
Der **Informationsfluss** verbindet eine Information mit einer Aktivität und verläuft diagonal von Ecke zu Ecke. Der Informationsfluss wird als gestrichelter Pfeil mit ausgefüllter Pfeilspitze gezeichnet.

Eine **Entscheidung** verzweigt den Kontrollfluss. Diese Verzweigung ist an bestimmte Bedingungen geknüpft, die in eckige Klammern gesetzt werden. Die Entscheidung besteht aus einer öffnenden Raute (wahlweise mit Beschriftung) und einer zusammenführenden Raute.

Ein **Werkzeug** kann zur Ausführung einer Aktivität notwendig sein. Als Werkzeug kommt bspw. ein Bleistift, Hammer, Maschine und Software in Frage. Das Werkzeug wird schräg an die Aktivität gesetzt.

Eine **Schwachstelle** kennzeichnet eine problembehaftete Stelle im Prozessablauf. Das bestehende Problem wird kurz in unmittelbarer Nähe des Elements beschrieben. Eine Schwachstelle wird mit keinem anderen Element verbunden, aber in der Nähe der jeweiligen Aktivität positioniert.

Mit **Swimlanes** können einzelne Personen, Gruppen, Abteilungen, Unternehmensbereiche oder ein ganzes Unternehmen modelliert werden.



Der **Endpunkt** eines Prozesses besitzt nur eingehende Kontrollflüsse.

Die **Iteration** ermöglicht die Modellierung von mehrfach zu durchlaufenden Aktivitäten. Es besteht die Möglichkeit, die minimal oder maximal notwendigen Durchläufe durch Angabe der Kardinalität anzugeben.

Eine **Aktivität** wird durch ein Objekt und ein Verb beschrieben und muss genau einer Swimlane zugeordnet werden. Eine Organisationseinheit zu. Ein klassifizierendes Adjektiv kann hinzugefügt werden.

Der **Kontrollfluss** beschreibt den Prozessablauf, d.h. die Reihenfolge der Aktivitäten vom Start- zum Endpunkt. Ein Kontrollfluss wird als Pfeil mit geöffneter Pfeilspitze gezeichnet und verläuft ausschließlich horizontal oder vertikal.

Die **Synchronität** verbindet Aktivitäten, die gemeinsam von mehreren Personen ausgeführt werden. Diese Aktivitäten werden identisch benannt und von allen Beteiligten gleichzeitig aufgenommen, durchgeführt und beendet.

A.4.3. Analyse der statistischen Ergebnisse für Studie 1

In diesem Anhang befindet sich ein Überblick über die genauen Ergebnisse der statistischen Analyse der ersten Studie.

Tabelle 0-1: Quartile für Gesamtfehlerzahl

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Untester Wert	2
E	25%-Quartil	12
E	Median	19
E	75%-Quartil	28
E	Oberster Wert	39
I	Untester Wert	10
I	25%-Quartil	19,5
I	Median	28
I	75%-Quartil	35
I	Oberster Wert	48
N	Untester Wert	16
N	25%-Quartil	28,25
N	Median	32,5
N	75%-Quartil	41
N	Oberster Wert	55

Tabelle 0-2: Quartile für die Gesamtfehlerzahl (Kaffee)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	3
E	Median	6
E	75%-Quartil	10
E	Oberster Wert	16
I	Unterster Wert	1
I	25%-Quartil	6,5
I	Median	10
I	75%-Quartil	14,5
I	Oberster Wert	21
N	Unterster Wert	5
N	25%-Quartil	7,25
N	Median	12
N	75%-Quartil	16,75
N	Oberster Wert	21

Tabelle 0-3: Quartile für Gesamtfehlerzahl (Diamant)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	1
E	25%-Quartil	3
E	Median	5
E	75%-Quartil	9
E	Oberster Wert	13
I	Unterster Wert	1
I	25%-Quartil	4
I	Median	7
I	75%-Quartil	10,5
I	Oberster Wert	17
N	Unterster Wert	4
	25%-Quartil	6,5
N	Median	10
N	75%-Quartil	14
N	Oberster Wert	16

Tabelle 0-4: Quartile für die Auslassungsfehler in allen Aufgaben

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	2
E	25%-Quartil	4
E	Median	5
E	75%-Quartil	6
E	Oberster Wert	9
I	Unterster Wert	2
I	25%-Quartil	5
I	Median	7
I	75%-Quartil	8
I	Oberster Wert	12
N	Unterster Wert	3
N	25%-Quartil	7,25
N	Median	9
N	75%-Quartil	11,75
N	Oberster Wert	17

Tabelle 0-5: Quartile für den Mediantest der Gesamtzahl der Auslassungsfehler für die Kaffeeaufgabe

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	1
E	Median	1
E	75%-Quartil	2
E	Oberster Wert	3
E	Ausreißer	4
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	1,5
I	Median	3
I	75%-Quartil	4
I	Oberster Wert	7
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	2
N	Median	3
N	75%-Quartil	5,75
N	Oberster Wert	8

Tabelle 0-6: Quartile und Ausreißer für den Mediantest der Gesamtzahl der Auslassungsfehler für die Diamantenaufgabe

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	1
E	Median	1
E	75%-Quartil	2
E	Oberster Wert	3
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	1
I	Median	2
I	75%-Quartil	2
I	Oberster Wert	3
I	Ausreißer	4
N	Unterster Wert	1
N	25%-Quartil	1
N	Median	2
N	75%-Quartil	3
N	Oberster Wert	4
N	Ausreißer	7

Tabelle 0-7: Quartile und Ausreißer für den Mediantest der Gesamtzahl der Auslassungsfehler für die Simulationsaufgabe

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	1
E	25%-Quartil	1
E	Median	2
E	75%-Quartil	3
E	Oberster Wert	6
I	Extremer Ausreißer nach unten	0
I	Ausreißer nach unten	1 (4fach)
I	Unterster Wert	2
I	25%-Quartil	2
I	Median	2
I	75%-Quartil	2,5
I	Oberster Wert	3
I	Ausreißer nach oben	4
I	Extremer Ausreißer nach oben	5
N	Ausreißer nach unten	1 (2fach)
N	Unterster Wert	2
N	25%-Quartil	3
N	Median	3
N	75%-Quartil	4
N	Oberster Wert	5
N	Ausreißer nach oben	6 (2fach), 7

Tabelle 0-8: Quartile und Ausreißer für den Mediantest der Gesamtzahl der kompletten Auslassungen (G)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	1
E	Median	1
E	75%-Quartil	2
E	Oberster Wert	3
E	Ausreißer nach oben	4
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	0
I	Median	1
I	75%-Quartil	2
I	Oberster Wert	4
N	Unterster Wert	1
N	25%-Quartil	2
N	Median	3
N	75%-Quartil	5,75
N	Oberster Wert	10
N	Ausreißer nach oben	12

Tabelle 0-9: Quartile und Ausreißer für den Mediantest der Gesamtzahl der kompletten Auslassungen (K)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	0
E	Median	0
E	75%-Quartil	0
E	Oberster Wert	0
E	Extremer Ausreißer nach oben	1 (3fach)
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	0
I	Median	0
I	75%-Quartil	1
I	Oberster Wert	2
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	0
N	Median	1
N	75%-Quartil	2
N	Oberster Wert	4
N	Ausreißer nach oben	6

Tabelle 0-10: Quartile und Ausreißer für den Mediantest der Gesamtzahl der kompletten Auslassungen (D)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	0
E	Median	0
E	75%-Quartil	0
E	Oberster Wert	0
E	Extremer Ausreißer nach oben	1 (3fach)
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	0
I	Median	0
I	75%-Quartil	1
I	Oberster Wert	2
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	0
N	Median	0,5
N	75%-Quartil	1
N	Oberster Wert	2
N	Extreme Ausreißer nach oben	3, 4

Tabelle 0-11::Quartile und Ausreißer für den Mediantest der Gesamtzahl der kompletten Auslassungen (S)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	0
E	Median	1
E	75%-Quartil	2
E	Oberster Wert	3
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	0
I	Median	0
I	75%-Quartil	1
I	Oberster Wert	2
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	1
N	Median	2
N	75%-Quartil	3
N	Oberster Wert	4

Tabelle 0-12::Quartile und Ausreißer für den Mediantest der Gesamtzahl der kompletten Auslassungen (S)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	1
E	25%-Quartil	3
E	Median	4
E	75%-Quartil	5
E	Oberster Wert	6
I	Unterster Wert	2
I	25%-Quartil	4
I	Median	5
I	75%-Quartil	7
I	Oberster Wert	11
N	Unterster Wert	1
N	25%-Quartil	4
N	Median	5
N	75%-Quartil	7,5
N	Oberster Wert	9

Tabelle 0-13: Quartile für die Anzahl der Konfigurationsfehler (G)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	1
E	Median	1
E	75%-Quartil	2
E	Oberster Wert	3
E	Ausreißer nach oben	4
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	1
I	Median	2
I	75%-Quartil	3
I	Oberster Wert	6
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	1
N	Median	2
N	75%-Quartil	3
N	Oberster Wert	6

Tabelle 0-14: Quartile und Ausreißer für die Anzahl der Konfigurationsfehler (K)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	1
E	Median	1
E	75%-Quartil	2
E	Oberster Wert	3
E	Ausreißer nach oben	4
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	1
I	Median	2
I	75%-Quartil	3
I	Oberster Wert	6
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	1
N	Median	2
N	75%-Quartil	3
N	Oberster Wert	6

Tabelle 0-15: Quartile für die Anzahl der vergessenen Informationen (G)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	1
E	Median	2
E	75%-Quartil	4
E	Oberster Wert	6
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	1,5
I	Median	4
I	75%-Quartil	5,5
I	Oberster Wert	8
N	Unterster Wert	1
N	25%-Quartil	3
N	Median	4
N	75%-Quartil	5
N	Oberster Wert	7

Tabelle 0-16: Quartile für die Anzahl der vergessenen Informationen (K)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	0
E	Median	0
E	75%-Quartil	1
E	Oberster Wert	2
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	0
I	Median	0
I	75%-Quartil	1
I	Oberster Wert	2
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	0
N	Median	0
N	75%-Quartil	1
N	Oberster Wert	2

Tabelle 0-17: Quartile für die Anzahl der vergessenen Informationen (D)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	0
E	Median	1
E	75%-Quartil	1
E	Oberster Wert	2
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	0
I	Median	1
I	75%-Quartil	1,5
I	Oberster Wert	2
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	1
N	Median	1
N	75%-Quartil	1,75
N	Oberster Wert	2

Tabelle 0-18: Quartile für die Anzahl der vergessenen Informationen (S)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	0
E	Median	1
E	75%-Quartil	2
E	Oberster Wert	4
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	0,5
I	Median	2
I	75%-Quartil	3
I	Oberster Wert	5
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	1
N	Median	2
N	75%-Quartil	3,75
N	Oberster Wert	5

Tabelle 0-19: Quartile für die Anzahl der vergessenen Werkzeuge (G)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	1
E	25%-Quartil	1
E	Median	3
E	75%-Quartil	3
E	Oberster Wert	6
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	1
I	Median	3
I	75%-Quartil	4
I	Oberster Wert	8
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	2
N	Median	4
N	75%-Quartil	5,75
N	Oberster Wert	8

Tabelle 0-20: Quartile und Ausreißer für die Anzahl der vergessenen Werkzeuge (K)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	1
E	Median	1
E	75%-Quartil	2
E	Oberster Wert	3
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	1
I	Median	2
I	75%-Quartil	2,5
I	Oberster Wert	4
I	Ausreißer nach oben	5
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	1
N	Median	2
N	75%-Quartil	3,75
N	Oberster Wert	5

Tabelle 0-21: Quartile und Ausreißer für die Anzahl der vergessenen Werkzeuge (D)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	0
E	Median	0
E	75%-Quartil	1
E	Oberster Wert	2
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	0
I	Median	0
I	75%-Quartil	0,5
I	Oberster Wert	1
I	Ausreißer nach oben	2
I	Extermer Ausreißer nach oben	3
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	0
N	Median	0
N	75%-Quartil	1
N	Oberster Wert	2
N	Ausreißer nach oben	3

Tabelle 0-22: Quartile und Ausreißer für die Anzahl der vergessenen Werkzeuge (S)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	0
E	Median	0
E	75%-Quartil	2
E	Oberster Wert	2
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	0
I	Median	0
I	75%-Quartil	1,5
I	Oberster Wert	3
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	0
N	Median	1
N	75%-Quartil	2
N	Oberster Wert	3

Tabelle 0-23: Quartile und Ausreißer für die Anzahl der vergessenen Schwachstellen (G)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	0
E	Median	0
E	75%-Quartil	0
E	Oberster Wert	0
E	Extremer Ausreißer nach oben	1 (2fach)
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	0
I	Median	0
I	75%-Quartil	1
I	Oberster Wert	2
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	0
N	Median	0
N	75%-Quartil	0
N	Oberster Wert	0
N	Extreme Ausreißer nach oben	1, 2

Tabelle 0-24: Quartile und Ausreißer für die Anzahl der vergessenen Schwachstellen (K)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	0
E	Median	0
E	75%-Quartil	0
E	Oberster Wert	0
	Extremer	
E	Ausreißer nach oben	1
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	0
I	Median	0
I	75%-Quartil	0
I	Oberster Wert	0
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	0
N	Median	0
N	75%-Quartil	0
N	Oberster Wert	0
	Extremer	
N	Ausreißer nach obne	1

Tabelle 0-25: Quartile und Ausreißer für die Anzahl der vergessenen Schwachstellen (D)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	0
E	Median	0
E	75%-Quartil	0
E	Oberster Wert	0
	Extremer	
E	Ausreißer nach oben	1
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	0
I	Median	0
I	75%-Quartil	0,5
I	Oberster Wert	1
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	0
N	Median	0
N	75%-Quartil	0
N	Oberster Wert	0
	Extremer	
N	Ausreißer nach oben	1 (2fach)

Tabelle 0-26: Quartile und Ausreißer für die Anzahl der vergessenen Schwachstellen (S)

Kategorie	Bedeutung	Wert
E	Unterster Wert	0
E	25%-Quartil	0
E	Median	0
E	75%-Quartil	0
E	Oberster Wert	0
I	Unterster Wert	0
I	25%-Quartil	0
I	Median	0
I	75%-Quartil	0
I	Oberster Wert	0
	Extrmer	
I	Ausreißer nach oben	1 (3fach)
N	Unterster Wert	0
N	25%-Quartil	0
N	Median	0
N	75%-Quartil	0
N	Oberster Wert	0

A.5. Studie 2

A.5.1. Fragebogen Studie 2

0% completed

1. What is your age?

- < 20
- 20 – 24
- 25 – 29
- 30 – 36
- > 36

2. What is your gender?

- male
- female

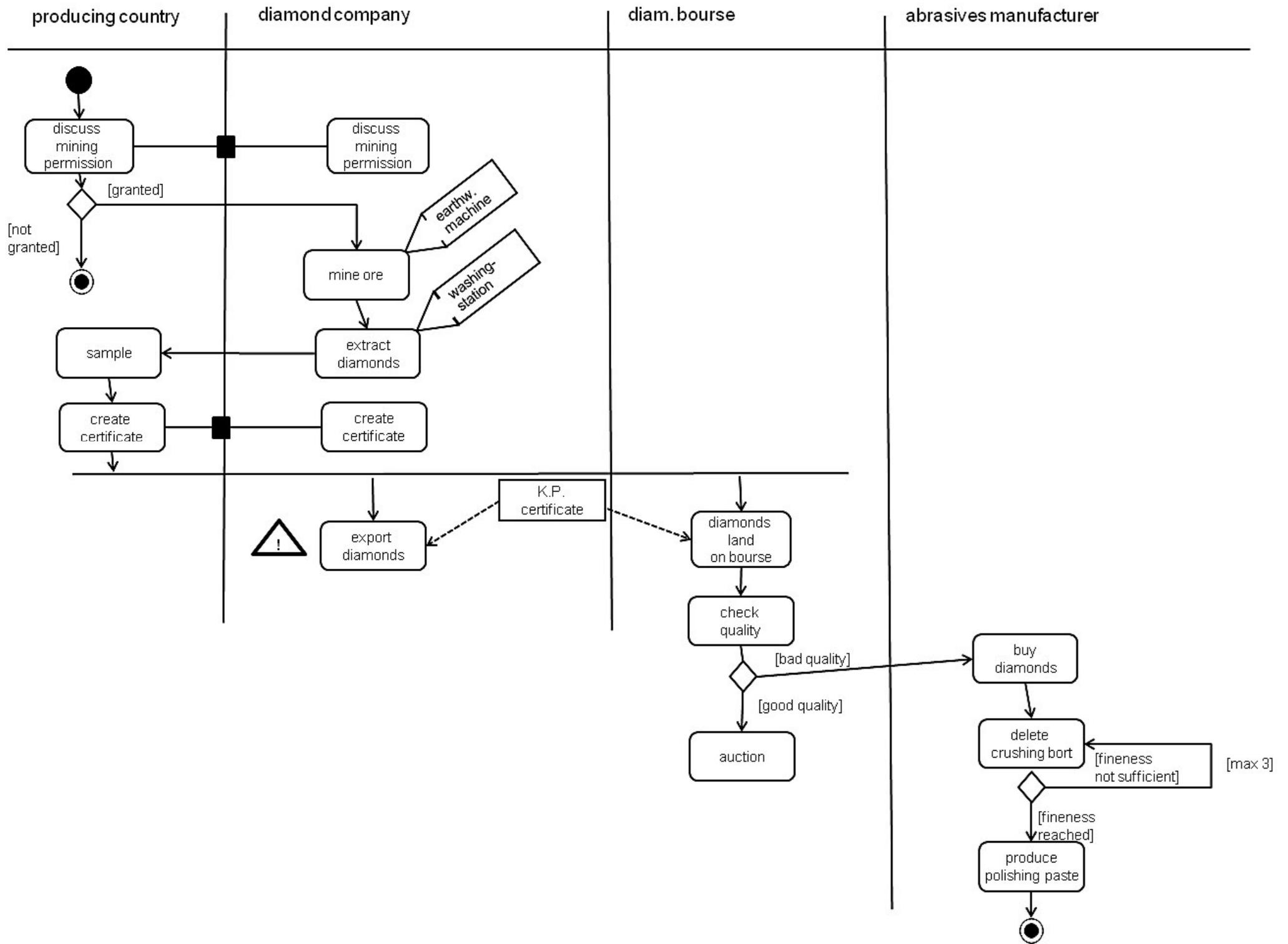
3. What is your nationality?

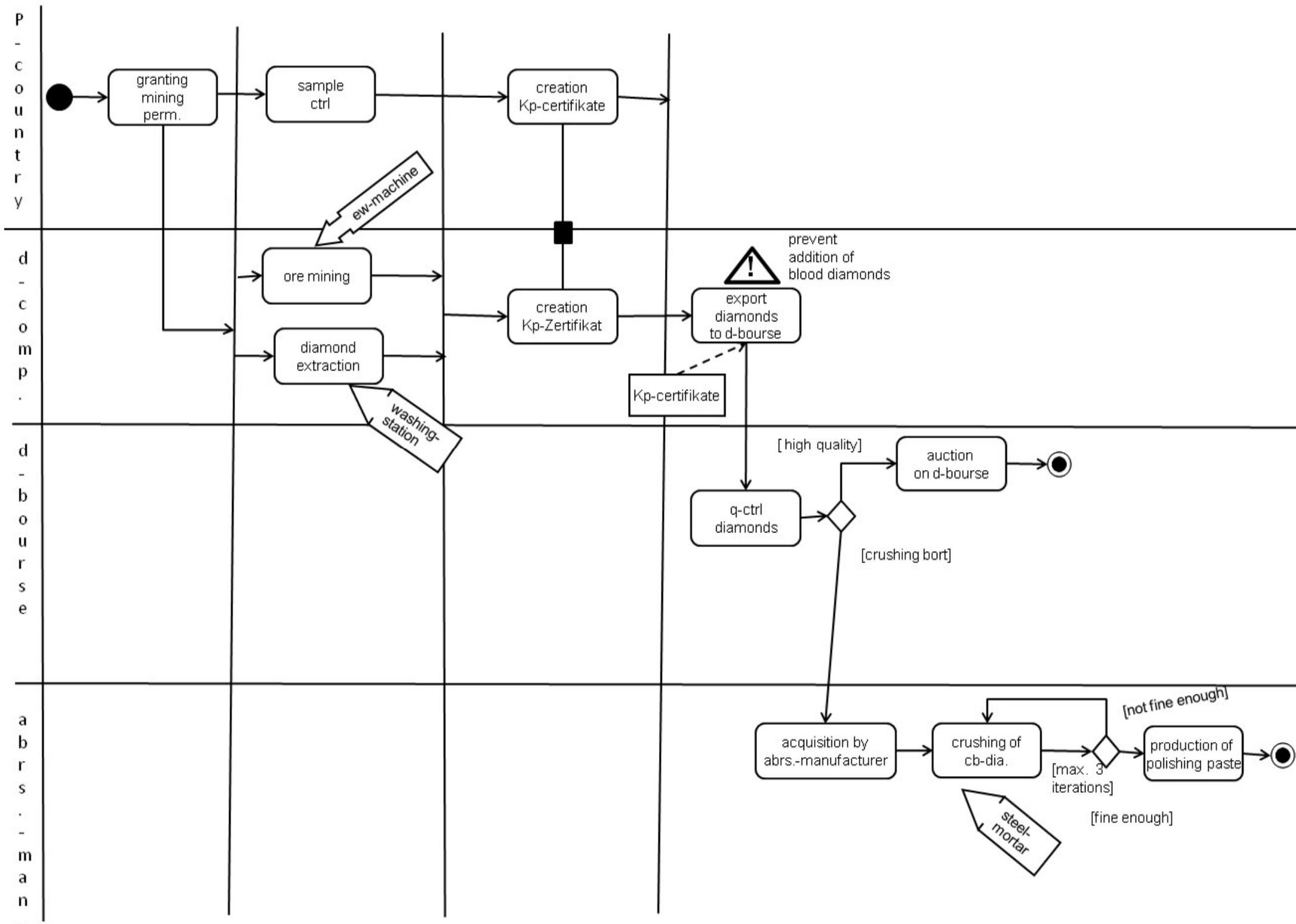
Next

Denise Költer RWTH Aachen University Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Operations Research
Templergraben 64/V 52062 Aachen www: <http://www.winfor.rwth-aachen.de> E-Mail:
koelter@winfor.rwth-aachen.de Tel.: +49 (0)241-8096193

A.5.2. Autovermietungsmodell

A.5.3. Diamantenmodell

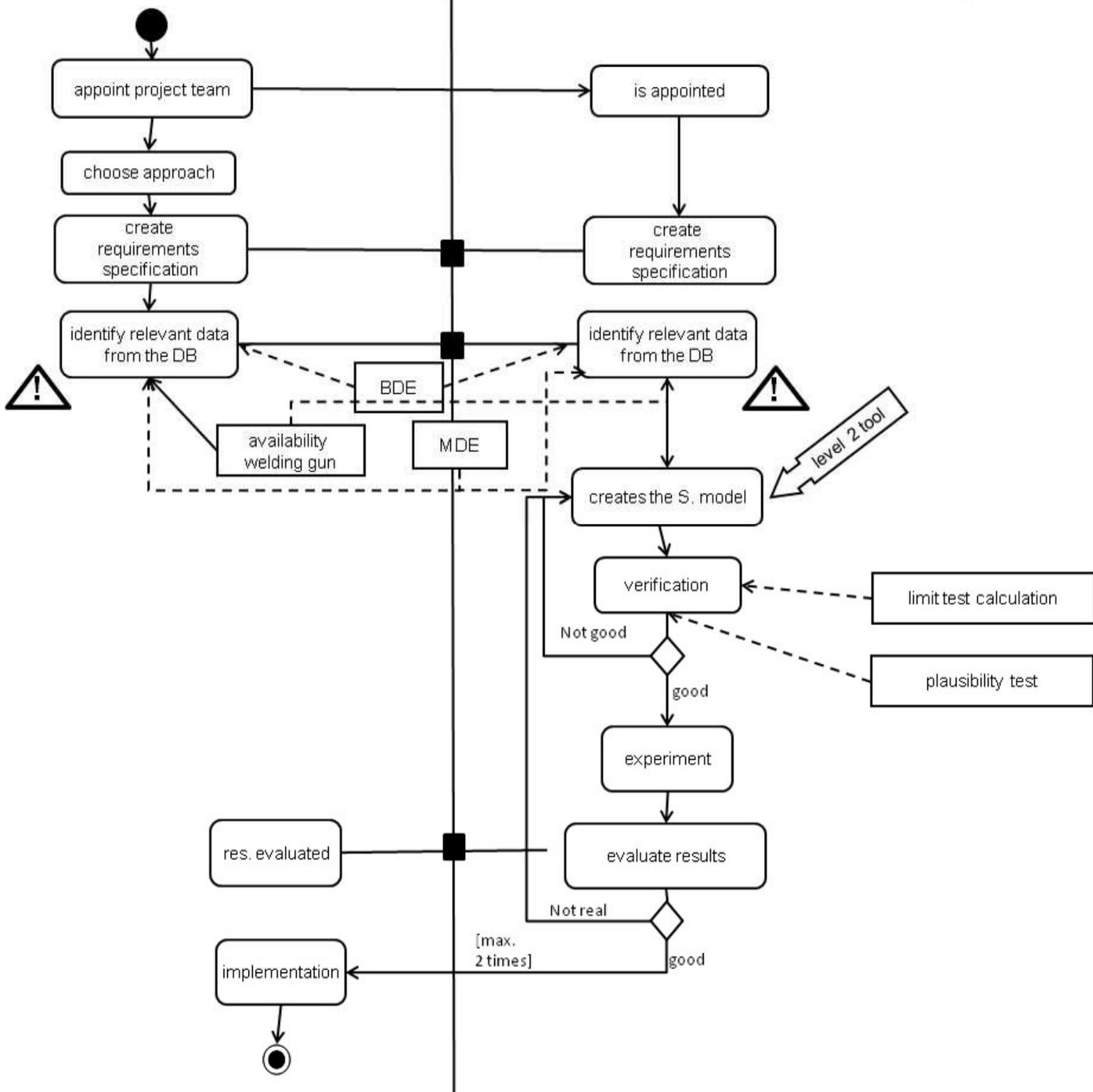


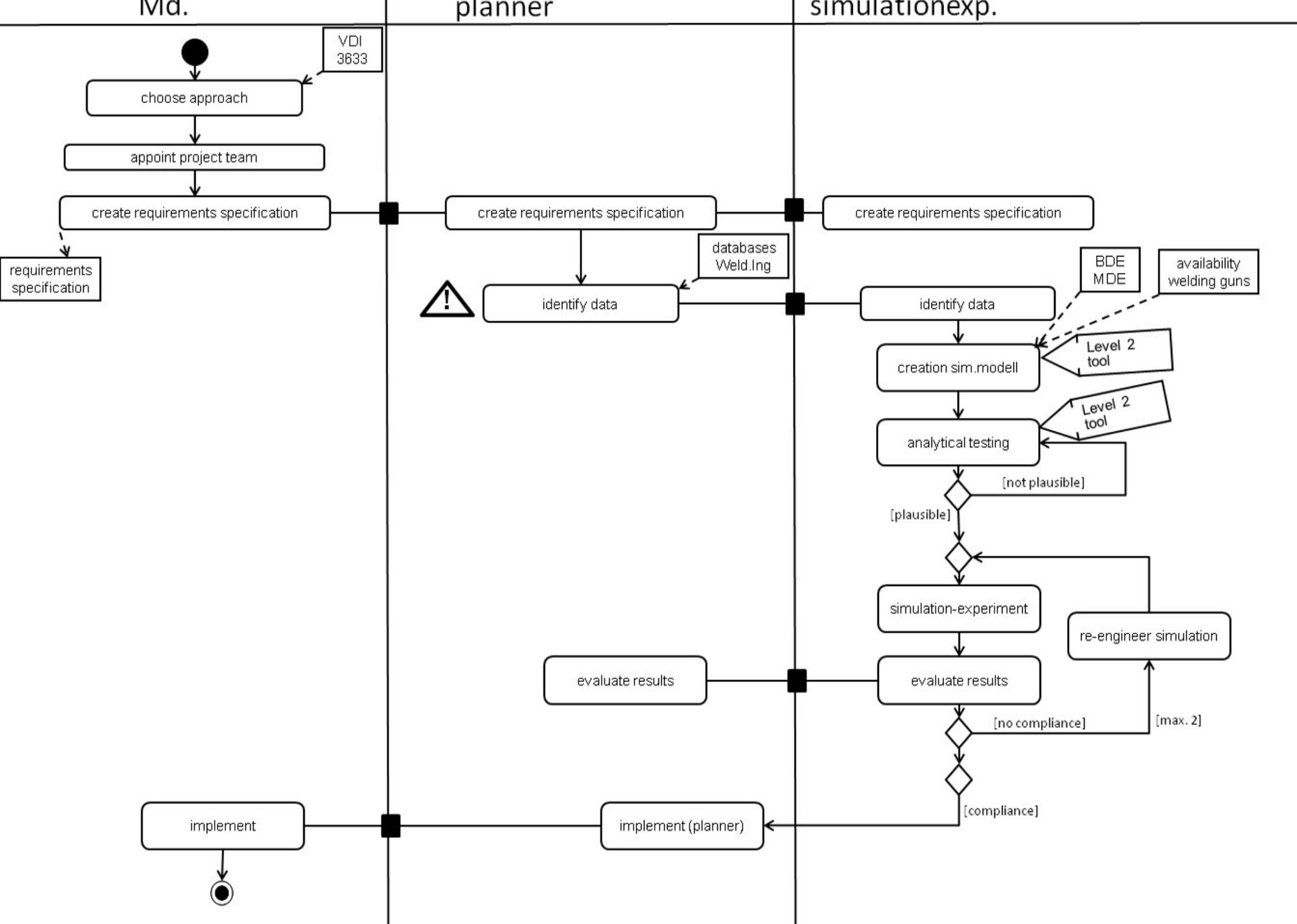


A.5.4. Simulationsmodell

Weld.Ing

S.Expert (extern)





Literaturverzeichnis

- [Alfaro und Chen 2009] ALFARO, Laura ; CHEN, Maggie: The Global Networks of Multinational Firms. In: *NBER Working Paper* (2009). – URL http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1522365
- [Allweyer 2005] ALLWEYER, Thomas ; BALZERT, Prof. Dr. H. (Hrsg.): *Geschäftsprozessmanagement*. 1. Herdecke, Bochum : W3L GmbH, 2005. – ISBN 978-3937137117
- [Bair 2005] BAIR, J.: Global Capitalism and Commodity Chains: looking back, going forward. In: *Competition and change* 9 (2005), S. 153–180
- [Bandara 2007] BANDARA, Wasana: *Process Modelling Success Factors and Measures*, School of Information Systems, Queensland University of Technology, PhD Thesis, 2007
- [Becker u. a. 2008] BECKER, J. (Hrsg.) ; KUGELER, M. (Hrsg.) ; ROSEMANN, M. (Hrsg.): *Prozessmanagement: Ein Leitfaden zur prozessorientierte Organisationsgestaltung*. Bd. 6. 2008
- [Benz u. a. 1999] BENZ, Roger ; FLEISCH, Elgar ; GRÜNAUER, Karl-Maria ; ÖSTERLE, Hubert ; ZURMÜHLEN, Rudolf: Entwurf von Prozessnetzwerken am Beispiel von Zwei Business Networking-Projekten der Swatch Group. In: SCHEER, August-Wilhelm (Hrsg.) ; NÜTTGENS, Markus (Hrsg.): *Electronic Business Engineering / 4. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik*. Heidelberg : Physica-Verlag, 1999, S. 310–329. – URL http://wi99.iwi.uni-sb.de/teilnehmer/pdf-files/EF_15_WiB061.pdf
- [Breton und Bézivin 2001] BRETON, E. ; BÉZIVIN, J.: Using Meta-Model Technologies to Organize Functionalities for Active System Schemes. In: *Workshop of Ontologies in Agent Systems (OAS 2001), 5th International Conference on Autonomous Agents*. Montreal, Canada, 2001
- [Browning und Ramasesh 2007] BROWNING, Tyson R. ; RAMASESH, Ranga V.: A Survey of Activity Network-Based Process Models for

- Managing Product Development Projects. In: *Production and Operations Management Society* 16 (2007), Nr. 2, S. 217–240
- [Busse u. a. 2012] BUSSE, Johannes ; HUMM, Bernhard ; LÜBBERT, Christoph ; MOELTER, Frank ; REIBOLD, Anatol ; REWALD, Matthias ; SCHLÜTER, Veronika ; SEILER, Bernhard ; TEGTMEIER, Erwin ; ZEH, Thomas: Was bedeutet eigentlich Ontologie? In: *Informatik-Spektrum* (2012), Juni, S. 1–12. – URL <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s00287-012-0619-2>. – ISSN 0170-6012
- [Coe u. a. 2008a] COE, N. M. ; DICKEN, P. ; HESS, M.: Introduction: Global Production Networks - Debates and Challenges. In: *Journal of Economic Geography* 8 (2008), Februar, Nr. 3, S. 267–269. – URL <http://joeg.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/jeg/1bn006>. – ISSN 1468-2702
- [Coe u. a. 2008b] COE, Neil M. ; DICKEN, Peter ; HESS, Martin: Global Production Networks: Realizing the Potential. In: *Journal of Economic Geography* 8 (2008), S. 271–295. – URL <http://www.joeg.oxfordjournals.org/content/8/3/271.full>
- [Cooper 1994] COOPER, R.B.: The inertial impact of culture on IT implementation. In: *Information Management* 27 (1994), July, S. 17–31
- [Dicken 2003] DICKEN, Peter: *Global Production Networks in Europe and East Asia: The Automobile Components Industries*. 2003
- [El-Mafaalani 2008] EL-MAFAALANI, A.: *Globaler Handel nach lokaler Art. Kulturspezifisches Vertrauen im Online-Handel mit Endkunden*. Tectum-Verlag, 2008
- [Ernst und Kim 2002] ERNST, Dieter ; KIM, Linsu: Global production networks, knowledge diffusion, and local capability formation. In: *Research Policy* 31 (2002), Nr. 8-9, S. 1417–1429. – ISBN 0048-7333
- [Fleischmann u. a. 2006] FLEISCHMANN, Bernhard ; FERBER, Sonja ; HENRICH, Peter: Strategic Planning of BMW's Global Production Network. In: *Interfaces* 36 (2006), Nr. 3, S. 194–208. – URL <http://interfaces.journal.informs.org/cgi/doi/10.1287/inte.1050.0187>. – ISSN 00922102
- [Fluhr und Lutz 2009] FLUHR, J. ; LUTZ, T.: SmartWheels: Integration einer intelligenten Elektromobilität in das "Internet der Energie". In: *UdZ Unternehmen der Zukunft - FIR-Zeitschrift für Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung* 3 (2009)

- [Gennari u. a. 2003] GENNARI, John H. ; MUSEN, Mark a. ; FERGERTSON, Ray W. ; GROSSO, William E. ; CRUBÉZY, Monica ; ERIKSSON, Henrik ; NOY, Natalya F. ; TU, Samson W.: The Evolution of Protégé: An Environment for Knowledge-Based Systems Development. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 58 (2003), Januar, S. 89–123. – URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1071581902001271>. – ISSN 10715819
- [Gereffi 2001] GEREFFI, G.: Shifting Governance Structures in Global Commodity Chains, With Special Reference to the Internet. In: *American Behavioral Scientist* 44 (2001), Juni, S. 1616–1637. – URL <http://abs.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/00027640121958087>. – ISSN 0002-7642
- [Goeken u. a. 2009] GOEKEN, Matthias ; ALTER, Stefanie ; MILICEVIC, Danijel ; PATAS, Janusch: Metamodelle von Referenzmodellen am Beispiel ITIL-Vorgehen, Nutzen, Anwendung. In: *GI Jahrestagung*, 2009, S. 3701–3714
- [Hall 1976] HALL, Edward T.: Beyond culture. (1976)
- [Hampden-Turner und Trompenaars 1997] HAMPDEN-TURNER, C. ; TROMPENAARS, F.: *Riding the Waves of Culture: Understanding Diversity in Global Business*. 2nd. McGraw-Hill, 1997
- [Hampton-Turner und Trompenaars 1993] HAMPTON-TURNER, C. ; TROMPENAARS, A.: *The seven cultures of capitalism: value systems for creating wealth in the United States, Japan, Germany, France, Britain, Sweden, and the Netherlands*. 1. 1993
- [Hansmann und Ringle 2005] HANSMANN, Karl-Werner ; RINGLE, Christian M.: Wirkung einer Teilnahme an Unternehmensnetzwerken auf die strategischen Erfolgsfaktoren von Partnerunternehmen - eine Empirische Untersuchung. In: *Die Unternehmung* 59 (2005), Nr. 3, S. 217–236
- [Hinds und Pfeffer 2003] HINDS, Pamela J. ; PFEFFER, Jeffrey: Why Organizations Don't "Know What They Know": Cognitive and Motivational Factors Affecting the Transfer of Expertise. In: ACKERMAN, M. S. (Hrsg.) ; PIPEK, V. (Hrsg.) ; WULF, Volker (Hrsg.): *Sharing expertise: beyond knowledge management*. Cambridge, MA : The MIT Press, 2003, Kap. 1, S. 3–26
- [Hofstede 1980] HOFSTEDE, G: Motivation, leadership, and organization: Do American theories apply abroad? In: *Organizational Dynamics*

- 9 (1980), Nr. 1, S. 42–63. – URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0090261680900133>. – ISSN 00902616
- [Hollnagel 1993] HOLLNAGEL, Erik: *Human reliability analysis: Context and control*. Academic Press London, 1993
- [Hurley und Hult 1998] HURLEY, R. ; HULT, G.: Innovation, market orientation, and organizational learning: an integration and empirical examination. In: *Journal of Marketing* 3 (1998), Nr. 62, S. 42–54
- [Jung 1923] JUNG, C. G.: *Psychological Types*. Routledge and Kegan Paul, 1923
- [Kalpic und Bernus 2002] KALPIC, B. ; BERNUS, Peter: Business process modelling in industry—the powerful tool in enterprise management. In: *Computers in Industry* 47 (2002), März, Nr. 3, S. 299–318. – URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166361501001518>. – ISSN 01663615
- [Kroeber und Kluckhohn 1952] KROEBER, A.L. ; KLUCKHOHN, C.: In: *Harvard University Peabody Museum of American Archeology and Ethnology Papers* 47 (1952)
- [Lackes] LACKES, Prof. Dr. R.: *Wirtschaftsinformatik*. – URL <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/75122/wirtschaftsinformatik-v10.html>. – Zugriffsdatum: 2015-12-11
- [Lauesen und Vinter 2001] LAESEN, Soren ; VINTER, Otto: Preventing Requirement Defects: An Experiment in Process Improvement. In: *Requirements Engineering* 6 (2001), Februar, Nr. 1, S. 37–50. – URL <http://www.springerlink.com/index/10.1007/PL00010355>. – ISSN 0947-3602
- [Leidner und Kayworth 2006] LEIDNER, Dorothy E. ; KAYWORTH, Timothy: Review: A Review of Culture in Information Systems Research: Toward a Theory of Information Technology Culture Conflite. In: *MIS Qua* 30 (2006), Nr. 2, S. 357–399
- [Lewis 1992] LEWIS, R.D.: *Finland: Cultural Lone Wolf-Consequences in International Business*. Richard Lewis Communication, 1992
- [Luczak 1987] LUCZAK, H. (Hrsg.): *"Arbeitswissenschaft: Kerndefinition - Gegenstandskatalog - Forschungsgebiete*. 1987
- [Maibauer 2011] MAIBAUER, Tom: *Modellierung unternehmensübergreifender und IKT-gestützter Prozesse für die Elektromobilität*, Fakultät für Maschinenwesen und Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, RWTH Aachen University, Diplomarbeit, 2011

- [Martin 2002] MARTIN, J.: *Organizational Culture: Mapping the Terrain*. Sage Publications, 2002
- [Meise 2001] MEISE, V.: *Ordnungsrahmen zur prozessorientierten Organisationsgestaltung - Modelle für das Management komplexer Reorganisationsprojekte*. Verlag Dr. Kovač, 2001. – ISBN 978-3-8300-0354-0
- [Mendling u. a. 2010] MENDLING, J. ; REIJERS, H.a. ; AALST, W.M.P. van der: Seven process modeling guidelines (7PMG). In: *Information and Software Technology* 52 (2010), Februar, Nr. 2, S. 127–136. – URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950584909001268>. – ISSN 09505849
- [Moody 2005] MOODY, D.: Theoretical and practical issues in evaluating the quality of conceptual models: current state and future directions. In: *Data & Knowledge Engineering* 55 (2005), Dezember, Nr. 3, S. 243–276. – URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169023X04002307>. – ISSN 0169023X
- [Myers und Tan 2003] MYERS, Michael D. ; TAN, Felix B.: Beyond models of national culture in information systems research. In: *Advanced topics in global information management* 2 (2003), S. 14–29
- [Noy u. a. 2000] NOY, Natalya F. ; SINTEK, Michael ; DECKER, Stefan ; CRUBÉZY, Monica ; FERGERSON, Ray W. ; MUSEN, Mark A.: Creating Semantic Web Contents with Protégé-2000. (2000)
- [Overhage u. a. 2012] OVERHAGE, Sven ; BIRKMEIER, Dominik Q. ; SCHLAUDERER, Sebastian: Qualitätsmerkmale, -metriken und -messverfahren für Geschäftsprozessmodelle. In: *Wirtschaftsinformatik* 54 (2012), September, Nr. 5, S. 217–235. – URL <http://link.springer.com/10.1007/s11576-012-0335-1>. – ISSN 0937-6429
- [Porter 1985] PORTER, Roy: Book Review: Sally Shuttleworth, George Eliot and Nineteenth Century Science. The Make-Believe of a Beginning. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. Pp. xiv + 257, £20.00 Redmond O’Hanlon, Joseph Conrad and Charles Darwin. The Influence of Scientific Thought on Conrad’s Fiction. Edinburgh: The Salamander Press, 1984. Pp. 189, £17.50. In: *j-BRITISH-J-HIST-SCI* 18 (1985), März, Nr. 1, S. 107–109. – URL <http://www.jstor.org/stable/4026289>. – ISSN 0007-0874 (print), 1474-001X (electronic)
- [Recker u. a. 2006] RECKER, Jan ; INDULSKA, Marta ; ROSEMANN, Michael ; GREEN, Peter: How Good is BPMN Really? Insights from Theory and Practice. In: LJUNGBERG, Jan (Hrsg.) ; ANDERSSON,

- Magnus (Hrsg.): *Proceedings 14th European Conference on Information Systems*. Goeteborg, Sweden, 2006
- [Ringle u. a. 2005] RINGLE, Christian M. ; HANSMANN, Karl-Werner ; BOYSEN, N.: Erfolgswirkung einer Partizipation an Virtuellen Unternehmen. In: *Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung* (2005), S. 147–166
- [Schein 2004] SCHEIN, E.H.: *Organizational Culture and Leadership*. 3rd. John Wiley & Sons, 2004
- [Schmelzer und Sesselmann 2008] SCHMELZER, Hermann J. ; SESSELMANN, Wolfgang: *Geschäftsprozessmanagement in der Praxis*. 6. München : HANSER, 2008
- [Straub 2002] STRAUB, D.: In: *Journal of Global Information Management* (2002), Nr. 10, 13–23 S
- [Sturgeon u. a. 2008] STURGEON, Timothy ; VAN BIESEBROEK, Johannes ; GEREFFI, Gary: Value chains, networks and clusters: reframing the global automotive industry — *J ECON GEOGR.* (2008), S. 297–321. – URL <http://www.joeg.oxfordjournals.org/content/8/3/297.full>
- [UNESCAP 2007] UNESCAP: *Asia-Pacific Trade and Investment Review*. (2007)