

1	Einleitung	1
1.1	Internetmodelle	1
1.1.1	Übersicht	1
1.1.2	Quality of Experience, QoE	2
1.1.3	Quality of Control, QoC	3
1.1.4	Lastmodelle	3
1.1.5	Zugriffsregelung	4
1.1.6	Infrastruktur	5
1.1.7	Lastprognosen	5
1.2	Julia	6
1.2.1	Starten	6
1.2.2	Diagramme, Animationen mit Plot.jl	7
2	Quality of Experience, QoE	11
2.1	Einleitung	11
2.2	Multimediaanwendungen	12
2.2.1	Audio	12
2.2.2	Video	14
2.2.3	Web	15
2.3	Fairness	16
2.3.1	Varianz	16
2.3.2	Fairness	19
2.4	Abbildung QoS auf QoE	21
2.4.1	Sprachübertragung	21
2.4.1.1	E-Modell	21
2.4.1.2	R-Wert-Approximation	24
2.4.2	Streaming Video	26
2.4.2.1	QoE-Modelle	26
2.4.2.2	Faire Übertragungsrate	28
2.5	Vorschläge für weitere Analysen	31

3	Quality of Control, QoC	33
3.1	Einleitung	33
3.2	Assistiertes Fahren	38
3.2.1	Systembeschreibung	38
3.2.2	Risikometrik	42
3.2.2.1	Zuverlässigkeit	42
3.2.2.2	Effektiver Risikofaktor Paketverluste	43
3.2.2.3	Alter der Information	45
3.3	Extremwertmodellierung	46
3.3.1	Einführung	46
3.3.2	Theorem von Pickands-Balkema-de Haan	48
3.3.3	Mean Residual Life Plot, MRL	49
3.3.4	Parameterbestimmung GPD	50
3.3.5	Return Level Plots, RLP	51
3.3.6	Extremwertanalyse mit Julia	52
3.3.6.1	MRL Plot	52
3.3.6.2	GPD-Parameterbestimmung	53
3.3.6.3	RL-Plot	54
3.3.7	Zusammenfassung	55
3.4	Vorschläge für weitere Analysen	56
4	Lastmodelle	59
4.1	Einleitung	59
4.2	Merkmale von Lastmodellen	61
4.2.1	Phasen, Korreliertheit	61
4.2.2	Einfluss Varianzparameter	63
4.3	Modellentwicklung mit Julia	65
4.3.1	Entwicklungsschritte	65
4.3.2	Korrelationsanalyse	67
4.3.3	Histogramm und Verteilungsfunktion	68
4.3.4	Verteilungstest	70
4.4	Standardisierte Lastmodelle	72
4.4.1	Gaming	72
4.4.2	FTP File Transfer Protocol	74
4.4.3	Web-Browsing	76
4.4.4	Video-Streaming	79
4.4.5	VoIP, Voice over IP	79
4.4.6	M2M, Machine to Machine	80
4.5	Lastgeneratoren	81
4.5.1	Grundlagen	81
4.5.2	Zufallszahlen	83
4.6	Vorschläge für weitere Analysen	83

5	Zugriffsregelung	85
5.1	Einleitung	85
5.2	Session Admission	89
5.2.1	Typen, Modelle	89
5.2.1.1	Klassen	89
5.2.1.2	Full Sharing Model	93
5.2.1.3	Full Split Model	94
5.2.1.4	Russian Doll Model	95
5.2.2	Optimierung	97
5.2.2.1	Simulationsmodell	97
5.2.2.2	Q-Learning	101
5.3	Scheduling	107
5.3.1	Durchsatzserhöhung	107
5.3.2	Verringerung der Übertragungsdauer	109
5.3.3	Aktuelle Entwicklungen	112
5.4	Vorschläge für weitere Analysen	113
6	Infrastruktur	115
6.1	Einleitung	115
6.2	Funknetze	116
6.2.1	Grundlagen	116
6.2.2	Grid-Algorithmus	118
6.2.3	Implementierung mit Julia	121
6.2.4	5G-Szenarien	125
6.3	Festnetz	127
6.3.1	Kruskal-Algorithmus	127
6.3.2	Steiner-Baum	129
6.3.3	Routing	129
6.4	Vorschläge für weitere Analysen	132
7	Prognosemodelle	135
7.1	Einleitung	135
7.1.1	Klassifizierungen	135
7.1.2	Beispiele	140
7.2	Prognosemodelle mit Julia Flux	143
7.2.1	Grundlagen Perzeptron	143
7.2.2	Implementierung Perzeptronennetz	144
7.2.3	Flux	150
7.2.4	Experimentieren mit realen Messdaten	153
7.2.4.1	Beschreibung der Messdaten	153
7.2.4.2	Langzeitprognose im Stundenintervall	155
7.2.5	GPU-Einsatz	156

7.3 Vorschläge für weitere Analysen	157
Literatur	159
Stichwortverzeichnis	165