

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>III</b>
<b>Abstract</b>	<b>V</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>IX</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>XV</b>
<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>XIX</b>
<b>1 Zielsetzung und Motivation: Notwendigkeit von Femtozellen</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen der Netzplanung</b>	<b>13</b>
2.1 Charakterisierung des Mobilfunkkanals . . . . .	13
2.2 Orthogonal Frequency Division Multiple Access . . . . .	26
2.3 Inter-Cell-Interferenz bei Makrozellen . . . . .	37
<b>3 Integration von Femtozellen</b>	<b>47</b>
3.1 Existierende Ansätze zur Interferenzvermeidung . . . . .	47
3.1.1 Koordinationsansätze . . . . .	48
3.1.2 Verfahren im Zeitbereich . . . . .	52
3.1.3 Verfahren im Frequenzbereich . . . . .	54
3.1.4 Verfahren mit dynamischen Ressourcenzuweisungen . . . . .	63
3.1.5 Autonome Verfahren . . . . .	68
3.1.6 Verfahren mit Sendeleistungssteuerung . . . . .	73
<b>4 Zufällige Frequenzsprungverfahren</b>	<b>77</b>
4.1 Prinzip und Wirkungsweise . . . . .	77
4.2 Definition von Szenarien . . . . .	91
4.3 Analytisches Modell für das Signal-zu-Stör-Verhältnis SINR . . . . .	96
4.3.1 Störung der Femtozelle . . . . .	101
4.3.2 Störung der Makrozelle . . . . .	114
4.3.3 Benötigte Sendeleistung . . . . .	116
4.4 Analytisches Modell für die Bitfehlerwahrscheinlichkeit BEP . . . . .	118
4.4.1 Störung der Femtozelle . . . . .	118
4.4.2 Störung der Makrozelle . . . . .	126

4.4.3	Benötigte Sendeleistung . . . . .	127
4.5	Analytische Modelle für Durchsatz und spektrale Effizienz . . . . .	130
4.6	Analytisches Modell für die Ausfallwahrscheinlichkeit . . . . .	131
4.6.1	Störung der Femtozelle . . . . .	133
4.6.2	Störung der Makrozelle . . . . .	138
<b>5</b>	<b>Kombination aus Frequenzsprungverfahren und FFR</b>	<b>139</b>
5.1	Prinzip der Kombination . . . . .	139
5.2	Wahrscheinlichkeitsdichten der Frequenzdifferenzen . . . . .	146
5.2.1	Gleichverteilte Trägerfrequenzen . . . . .	146
5.2.2	Gaussverteilte Trägerfrequenzen . . . . .	153
5.3	Anpassungen der analytischen Modelle . . . . .	162
<b>6</b>	<b>Leistungsbewertung der zufälligen Frequenzsprungverfahren</b>	<b>167</b>
6.1	Simulation . . . . .	167
6.2	Zufällige Frequenzsprungverfahren auf Unterträgerbasis . . . . .	171
6.2.1	Signal-zu-Stör-Verhältnis in Femtozellnetzen . . . . .	174
6.2.2	Bitfehlerwahrscheinlichkeit in Femtozellnetzen . . . . .	204
6.2.3	Durchsatz und spektrale Effizienz in Femtozellnetzen . . . . .	216
6.2.4	Ausfallwahrscheinlichkeit in Femtozellnetzen . . . . .	221
6.3	Kombination aus zufälligen Frequenzsprungverfahren und FFR . . . . .	226
6.4	Weiterführende Simulationen . . . . .	241
6.4.1	Änderung der digitalen Modulation . . . . .	241
6.4.2	Einsatz von SC-FDMA im Uplink . . . . .	252
6.4.3	Einfluss der Phase des Mobilfunkkanals . . . . .	254
6.4.4	Berücksichtigung der Dopplerverbreiterung . . . . .	260
6.4.5	Netz aus mehreren Femtozellen . . . . .	262
6.5	Abschließende Ergebnisübersicht . . . . .	271
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>275</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>279</b>