

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Problemstellung	7
1.3	Zielsetzung und Forschungsfrage	8
1.4	Relevanz des Themas	9
1.5	Methodik	12
2	Grundlagen digitaler Bauwerksmodellierung	15
2.1	Merkmale	18
2.1.1	Faktor „Kooperation“	23
2.1.2	Faktor „Prozesse“	30
2.1.3	Faktor „Richtlinien“	34
2.1.3.1	Richtlinien national	34
2.1.3.2	Richtlinien international	35
2.1.3.3	Vertragsmodelle und Abgeltung	38
2.1.4	Faktor „Technologie“	41
2.1.4.1	Technologische Stufen	42
2.1.4.2	Reifegradmodell	43
2.1.4.3	Detaillierungsgrade	44
2.1.4.4	Parametrische Modellierung	47
2.2	Struktur und Anwendung	48
2.2.1	Softwareintegration	49
2.2.1.1	Modellierungssoftware	49
2.2.1.2	Zusatzapplikationen	52
2.2.2	Schnittstellen	54
2.2.2.1	IFC Struktur	54

2.2.2.2	Ifcxml	58
2.2.2.3	BIM-Klassifikation nach STLB-Bau	59
2.2.2.4	COBie	60
2.2.2.5	Solibri Model Checker	63
2.2.3	Datenmanagement	65
2.2.3.1	Datenbanken	66
2.2.3.2	Ordnungssysteme	69
2.3	Stand der Literatur	70
3	Modellbasierte Renditebetrachtung	73
3.1	Systeme zur Flächenermittlung	75
3.2	Aufwände im Lebenszyklus	78
3.2.1	Kostengliederung	79
3.2.1.1	Errichtungskosten	81
3.2.1.2	Folgekosten	87
3.2.1.3	Lebenszykluskosten	88
3.2.1.4	Lebenszyklusrendite	100
3.2.2	Energieeffiziente Kostenbetrachtung	102
3.2.2.1	Einfluss von Bauteilen	103
3.2.2.2	Haustechnik	104
3.3	Erträge im Lebenszyklus	109
3.4	Auswertung von Bauwerksmodellen	117
3.4.1	Quantitative Auswertung in Bauwerksmodellen [31]	118
3.4.2	Auswertung modellbasierter Daten [31]	118
3.5	Stand der Literatur	121
4	LZR Kalkulationsmodell	125
4.1	Einleitung	125
4.2	Aufbau des Raummodells	129
4.2.1	Konzept	131
4.2.1.1	Raummodell – Modellierungsrichtlinien	133
4.2.2	Baumassen und Informationen	134
4.2.2.1	Basiskonzeptstudie	136
4.2.2.2	erweiterte Konzeptstudie	137
4.2.2.3	vertiefte Konzeptstudie	138
4.2.2.4	energetische Konzeptstudie	140
4.2.3	Raubegrenzungen	143
4.2.4	Schnittstelle zur Kostenermittlung	150
4.3	Struktur des Kalkulationsmodells	154
4.3.1	Lebenszykluskosten	157

4.3.2	Referenzwertbetrachtung	159
4.3.2.1	Basiskostenermittlung	159
4.3.2.2	erweiterte Kostenermittlung	160
4.3.2.3	vertiefte Kostenermittlung	161
4.3.3	Energetische Kostenermittlung	161
4.3.3.1	Festlegung Kostenkennwerte Bauteile	163
4.3.3.2	Berechnung Wärmebedarf lt. PHPP (Passivhaus Projektierungspaket)	163
4.3.3.3	Berechnung der Wirtschaftlichkeit lt. VDI 2067 und BNB	167
4.3.4	Erträge	169
4.3.4.1	Berechnungsmethodik	169
4.3.5	Lebenszyklusrendite	173
4.4	Interpretation der Ergebnisse	174
4.4.1	Beurteilungsverfahren	175
4.4.1.1	Pareto Prinzip	175
4.4.1.2	Risikoanalyse	176
4.4.1.3	Sensitivitätsanalyse	180
4.4.1.4	Regressionsanalyse	182
4.4.2	Ergebnisdarstellung	184
4.4.2.1	Bauteilauffistung	184
4.4.2.2	Detailkosten der Haustechnik	185
4.4.2.3	Passivhaus Nachweis (lt. Passivhaus Projektierungspaket)	185
4.4.2.4	Berechnungsblatt Kostenrahmen	185
4.4.2.5	DCF Berechnung	185
5	Aufbau und Anwendung LZR Tool	189
5.1	Darstellung der Relevanz	190
5.2	Umfang und Funktionsweise	192
5.2.1	Komponenten	193
5.2.1.1	Basiskalkulation	196
5.2.1.2	energetische Kalkulation	199
5.2.1.3	individuelle Kalkulation	201
5.2.1.4	Ergebnisse Kostenberechnung	203
5.2.1.5	Ergebnisse Lebenszyklusrendite	203
5.2.2	Prozesse	205
5.2.2.1	Datenquellen	207
5.2.2.2	Lebenszyklusrendite	207

5.3	Ergebnisdarstellung	209
5.3.1	Ergebnisregister	209
5.3.1.1	Übersichtstabelle	210
5.3.1.2	Auflistung der Ergebnisse	210
5.3.2	Ergebnisdokumente	213
5.3.2.1	Übersichtstabelle	214
5.3.2.2	Projektdatenblatt	214
6	Verifikation	219
6.1	Kurzbeschreibung	220
6.2	Ergebnisse	221
6.2.1	Errichtungskosten	223
6.2.2	Folgekosten	226
6.2.3	Erträge	227
6.2.4	Lebenszyklusrendite	229
6.3	Fazit	229
7	Zusammenfassung und Ausblick	231
7.1	Zusammenfassung	231
7.2	Diskussion der Ergebnisse	235
7.3	Ausblick	238
	Literaturverzeichnis	241