

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	ENTWICKLUNG DES ENERGIEEFFIZIENTEN BAUENS	1
1.2	MOTIVATION	2
1.3	ZIELE DER ARBEIT	4
1.4	HERANGEHENSWEISE	5
1.5	AUFBAU DER ARBEIT	9
2	AKTUELLE GEBÄUDESTANDARDS	10
2.1	NIEDRIGSTENERGIEHAUS UND NULLENERGIEHAUS	10
2.2	PLUSENERGIEHAUS®	10
2.3	EFFIZIENZHAUS PLUS	11
2.4	ENERGIEPLUS-STANDARD	11
2.5	AKTIVHAUS	12
2.6	EUROPÄISCHE STANDARDS	13
3	DEFINITION VON ENERGIE[⊕]	14
3.1	VORAUSSETZUNGEN FÜR ENERGIE [⊕]	14
3.1.1	Nutzungsarten	14
3.1.2	Objekttypen	15
3.1.3	Konzeptgrößen	15
3.1.4	Baualtersklassen	16
3.1.5	Energetische Qualität der Gebäudehülle	16
3.1.6	Energetische Eigenversorgung	17
3.1.7	Energieträger	17
3.1.8	Eingespeiste Energieüberschüsse	19
3.1.9	Energetische und CO ₂ -Ziele	21
3.2	BERÜCKSICHTIGTE ENERGIEN FÜR DEN GEBÄUDEBETRIEB	23
3.2.1	Nach Energieeinsparverordnung (EnEV)	23
3.2.2	Haushalts- und Allgemeinstrom	27
3.2.3	Beleuchtung	28
3.2.4	Kälteanwendungen	28
3.2.5	Gesamtübersicht Gebäudebetrieb	29
3.3	GRAUE ENERGIE UND ELEKTRO-MOBILITÄT	30
3.3.1	Graue Energie	30
3.3.2	Elektro-Mobilität	31
3.3.3	Sonstige	31
3.4	AKTUELLE GEBÄUDESTANDARDS UNTER ENERGIE [⊕] -GESICHTSPUNKTEN	32
4	PLANUNG UND BETRIEB VON ENERGIE[⊕]-VERSORGUNGSKONZEPTEN ..	34
4.1	ZU BERÜCKSICHTIGENDE EINFLUSSFAKTOREN	34
4.1.1	Standort	34
4.1.2	Gebäude	36
4.1.3	Nutzerverhalten	38

4.2 ENERGIEERZEUGUNG	42
4.2.1 Thermische Energieerzeugung	42
4.2.2 Elektrische Energieerzeugung.....	45
4.2.3 Gekoppelte Energieerzeugung	46
4.3 ENERGIEVERTEILUNG	48
4.3.1 Wärmeverteilung Heizung	48
4.3.2 Wärmeverteilung Trinkwarmwasser	48
4.3.3 Gekoppelte Wärmeverteilung	50
4.4 ENERGIESPEICHERUNG	51
4.4.1 Thermische Energiespeicherung.....	51
4.4.2 Elektrische Energiespeicherung.....	54
4.5 HILFSENERGIEN.....	56
4.6 ENERGETISCHE BETRIEBSOPTIMIERUNG	57
4.6.1 Energetische Optimierungsmaßnahmen.....	57
4.6.2 Messtechnische Erfassung	58
4.6.3 Datennutzung	60
4.6.4 Einsparpotential durch Betriebsoptimierung	61
4.7 GESAMTÜBERSICHT ENERGIEBEREITSTELLUNG	62
5 ENERGIESTRÖME IN ENERGIE^θ-VERSORGUNGSKONZEPTEN.....	64
5.1 MÖGLICHKEITEN DER BEDARFSDECKUNG	64
5.1.1 Vollständiger Energiebezug	64
5.1.2 Vorrangige Eigendeckung mit Energiebezug	64
5.1.3 Vollständige Eigendeckung	66
5.2 NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN FÜR EIGENERZEUGTE ENERGIE.....	67
5.2.1 Vollständige Einspeisung	67
5.2.2 Vorrangige Eigennutzung mit Überschusseinspeisung.....	67
5.2.3 Vollständige Eigennutzung	68
5.3 ENERGIEBEZUG	69
5.4 ENERGIEABGABE	69
5.5 ZUSAMMENHANG DER ENERGIESTRÖME.....	70
6 NUTZERVERHALTEN.....	72
6.1 NUTZERVERSTÄNDNIS.....	72
6.1.1 Entscheidungskriterien für energieeffiziente Gebäude	74
6.1.2 Erwartungen an energieeffiziente Gebäude	74
6.1.3 Einstellung der Nutzer zum Thema Energiesparen	74
6.1.4 Einsparungsmöglichkeiten aus Sicht der Nutzer	77
6.1.5 Erkenntnisse für Energie ^θ -Konzepte.....	78
6.2 NUTZEREINFLUSS	79
6.2.1 Abweichung von Nutzenergieverbräuchen	79
6.2.2 Statistische Analyse des Nutzerverhaltens.....	82
6.2.3 Richtwerte für die Planung	88

6.3	NUTZERSENSIBILISIERUNG	90
6.3.1	Sensibilisierungswerzeuge.....	90
6.3.2	Anforderungen an eine Verbrauchsvisualisierung.....	92
6.3.3	Ermittlung von Vergleichswerten.....	93
6.3.4	Benötigte Infrastruktur für eine Verbrauchsvisualisierung	94
6.3.5	Visuelle Darstellung von Energieverbräuchen	94
6.3.6	Einsparpotentiale durch Nutzersensibilisierung	96
7	BILANZIERUNG UND BEWERTUNG VON ENERGIE\oplus-OBJEKten	98
7.1	RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DIE BILANZIERUNG	98
7.1.1	Systemgrenze	98
7.1.2	Betrachtungszeitraum	100
7.1.3	Energieform.....	101
7.2	BENÖTIGTE INFORMATIONEN	102
7.2.1	Allgemeine Projektdaten.....	102
7.2.2	Ermittlung der Energieströme in der Planung	103
7.2.3	Ermittlung der Energieströme in Nutzung und Betrieb	104
7.3	ENERGIE\oplus-EFFIZIENZKLASSEN	105
7.3.1	Energie \oplus -Effizienzklassen A-H.....	105
7.3.2	Energie \oplus -Effizienzklasse A $^{+}$	108
7.3.3	Energie \oplus -Effizienzklasse A $^{++}$	108
7.3.4	Sonstige Energie \oplus -Effizienzklassen.....	109
7.3.5	Übersicht	110
7.4	BILANZIERUNG UND BEWERTUNG GEBÄUDEBETRIEB.....	112
7.4.1	Berücksichtige Energieströme	112
7.4.2	Datenblatt und Gesamtübersicht.....	112
7.5	BILANZIERUNG UND BEWERTUNG GESAMTSYSTEM	115
7.5.1	Berücksichtige Energieströme.....	115
7.5.2	Effizienzhaus \oplus	116
7.5.3	Elektrischer Eigendeckungsgrad.....	116
7.5.4	Elektrischer Eigennutzungsgrad	118
7.5.5	Graue Energie	118
7.5.6	Weitere Bilanzierungsmöglichkeiten	119
7.5.7	Datenblatt und Gesamtübersicht.....	120
7.6	VERGLEICH VON UMSETZUNGSVARIANTEN.....	122
7.6.1	Betrachtete Größen.....	122
7.6.2	Effizienzklassen-Diagramm	123
7.6.3	Datenblatt und Gesamtübersicht.....	124
8	SCHLUSSBEMERKUNGEN	126
8.1	ZUSAMMENFASSUNG	126
8.2	AUSBLICK UND WEITERE FORSCHUNGSANSÄTZE.....	130

VERZEICHNISSE.....	XIII
V.1 LITERATUR.....	XIII
V.2 ABKÜRZUNGEN.....	XVIII
V.3 ABBILDUNGEN.....	XIX
V.4 DIAGRAMME	XX
V.5 TABELLEN.....	XX
ANHANG	XXI
A.1 TABELLARISCHER LEBENSLAUF.....	XXI
A.2 VERZEICHNIS DER WISSENSCHAFTLICHEN VERÖFFENTLICHUNGEN/VORTRÄGE	XXII
A.3 SCHRIFTLICHE ERKLÄRUNG ZU DEN SACHVERHALTEN GEMÄß §11 DER PROMOTIONSORDNUNG DER FAKULTÄT ARCHITEKTUR	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.