

Inhalt

1	Einführung in die Arbeit.....	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Energieverbrauch in privaten Haushalten in Deutschland	3
1.3	Erzeugung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland.....	4
1.4	Literaturüberblick und Stand der Wissenschaft	7
1.4.1	Analyse von Interventionsstudien zu Energieeinsparungen in Haushalten	7
1.4.2	Bewertung unterschiedlicher Arten von Feedback	10
1.4.3	Verknüpfung von Feedback und sozialem Vergleich.....	11
1.4.4	Studie zur Digitalisierung als Enabler für die Steigerung der Energieeffizienz. 11	
1.5	Marktübersicht zu Energiedienstleistungen	14
1.6	Inhalt und Aufbau der Arbeit	16
2	Gamification und Social Energy Community.....	19
2.1	Gamification	19
2.1.1	Definition und Konzept.....	19
2.1.2	Beispiele aus Wissenschaft und Wirtschaft	24
2.2	Social Energy Community: Definition und Abgrenzung des Begriffs	35
2.2.1	Definition und Abgrenzung Social Community	35
2.2.2	Gruppe und Soziales Milieu: Die Rolle der Mitgliederanzahl einer Social Community	37
2.2.3	Definition Social Energy Community	38
2.2.4	Wettbewerb innerhalb der Social Energy Community	38
3	Konzept für die Entwicklung und Evaluierung einer Social Energy Community	39
3.1	Das Anreizkonzept von <i>sema</i>	39
3.2	Einbindung der Teilnehmer_innen in das Gebäude-Energiemanagementsystem von <i>sema</i>	39
3.3	Konzept für die Durchführung des Feldtests.....	40
3.3.1	Forschungsfragen.....	40
3.3.2	Zeitplan des Feldtests.....	41
3.3.3	Auswahl der Teilnehmer_innen	42
3.3.4	Gruppenbildung und Soziales Milieu der Teilnehmer_innen	45
3.3.5	Begleitende Befragungen der Teilnehmer_innen	46
3.3.6	Datenschutz, Datensicherheit und Datensparsamkeit.....	46
3.4	<i>sema</i> -Plattform.....	47

3.4.1	semaBox	47
3.4.2	semaMobil	50
3.4.3	semaSite	51
3.4.4	semaServer	52
3.4.5	WhatsApp-Gruppe <i>sema</i>	53
3.5	Integration des Anreizsystems in die sema-Plattform	53
3.5.1	Ziele des Anreizsystems	53
3.5.2	Visualisierung und Skalierung des semaLevels	54
3.5.3	Berechnung und Visualisierung der Level und Punkte	56
3.5.4	Wettbewerb innerhalb der Community	58
3.5.5	Visualisierung des Verbrauchsverhaltens	62
3.5.6	Interaktion und Kommunikation innerhalb der Community	64
3.6	Funktionen der Heizungssteuerung von sema	68
3.6.1	Manuelle Steuerung der Raum-Solltemperatur am Heizkörperthermostat	70
3.6.2	Manuelle Steuerung der Raum-Solltemperatur über semaBox und semaMobil	70
3.6.3	Automatische Heizungssteuerung	72
3.6.4	Eco-Modus	73
4	Evaluierung der Ergebnisse des Feldtests	75
4.1	Auswertung zur Anpassung des Strombezugs an die Erzeugung aus Erneuerbaren Energien	75
4.1.1	Modellansatz und Methodik	75
4.1.2	Kombinierte Darstellung von Durchschnittsverbrauch, semaLevel Strom und Anwesenheit	76
4.1.3	Vergleich des Energiebezugs bei hohem und niedrigem semaLevel	77
4.1.4	Bewertung des Anreizsystems hinsichtlich der erreichten Anpassung des Strombezugs	79
4.1.5	Diskussion der Ergebnisse zur Anpassung des Strombezugs an die Erzeugung aus Erneuerbaren Energien	79
4.2	Auswertung und Ergebnisse zur Reduzierung des Heizenergieverbrauchs	82
4.2.1	Modell und Methodik	82
4.2.2	Berechnung der Komforttemperatur sowie der mittleren Temperaturabsenkung im Realfall gegenüber dem Referenzfall	83
4.2.3	Korrelation mit dem Anreiz des <i>sema</i> -Wettbewerbs	85
4.2.4	Bewertung der relativen Einsparungen	86

4.2.5	Diskussion der Ergebnisse zur Reduzierung des Heizenergieverbrauchs	87
4.3	Ergebnisse der Online-Befragungen zur Nutzerakzeptanz und zur Motivation	88
4.3.1	Methodik der Auswertung	88
4.3.2	Online-Befragung zur Nutzerakzeptanz	92
4.3.3	Online- Befragung zur Motivation	115
4.3.4	Diskussion der Ergebnisse der Online- Befragungen	130
4.4	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse des Feldtests	133
4.4.1	Zusammenfassung der Ergebnisse des Feldtests	133
4.4.2	Diskussion der Ergebnisse des Feldtests	135
5	Anforderungen an eine intelligente Heizungssteuerung für Privathaushalte	137
5.1	Anforderungen zur Steigerung des Komforts sowie zur Verbesserung der Usability aus Sicht der Teilnehmer_innen	137
5.1.1	Benutzerinterface zur Heizungssteuerung	137
5.1.2	Automatische Heizungssteuerung mittels Anwesenheitserkennung	138
5.1.3	Selbstlernende Heizungssteuerung	139
5.1.4	Anforderungen an eine intelligente Heizungssteuerung	139
5.2	Einbindung der Anwesenheitserkennung in die Heizungssteuerung	140
5.2.1	Mehrwert durch Anwesenheitsinformationen	140
5.2.2	Technologien zur Anwesenheitserkennung	141
5.2.3	Identifikation geeigneter Verfahren zu Anwesenheitserkennung	144
5.3	Beschreibung von Anforderungen an eine intelligente Heizungssteuerung	146
6	Empfehlungen für die Entwicklung einer sektorenübergreifenden Community-basierten Beratungsplattform für das Energiesystem Wohnhaus	155
6.1	Einführung in das Themengebiet und das Marktumfeld	156
6.1.1	Definition Sektorenkopplung	156
6.1.2	Auswahl bestehender Angebote	157
6.2	Ableiten von Empfehlungen für die Entwicklung der Investitionsberatung	158
6.2.1	Zielsetzung für die Entwicklung der Investitionsberatung	158
6.2.2	Community	158
6.3	Wirtschaftlichkeit versus Nachhaltigkeit	160
6.4	Beispielablauf einer Investitionsberatung	162
7	Zusammenfassung sowie weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf	169
7.1	Zusammenfassung und wesentliche Erkenntnisse	169
7.2	Weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf	171

7.2.1	Erweiterung und Ausbau des sema-Feldtests	171
7.2.2	Entwicklung einer intelligenten Heizungssteuerung	173
7.2.3	Entwicklung einer sektorenübergreifenden Community-basierten Beratungsplattform für das Energiesystem Wohnhaus	174
8	Abbildungsverzeichnis	175
9	Tabellenverzeichnis	181
10	Abkürzungsverzeichnis	183
11	Literaturverzeichnis	185
12	Anhang	201
12.1	semaBox (Home Energy Management)	201
12.1.1	Raspberry Pi 3 mit Homematic Funkmodul	201
12.1.2	Gehäuse semaBox	201
12.1.3	Nutzeroberfläche und Funktionen semaBox	202
12.2	semaMobil (Android-App)	207
12.3	semaSite (Community-Plattform)	210
12.4	WhatsApp-Gruppe sema	213
12.5	Homematic	214
12.5.1	Funk-Innensensor ITH	214
12.5.2	Funk-Heizkörperthermostat	214
12.5.3	Funk-Tür-/Fensterkontakt	214
12.5.4	Funk-Bewegungsmelder	215
12.6	RExometer	216
12.6.1	RExometer	216
12.6.2	Stromwandler	216
12.6.3	RExoLink	216
12.7	Quellcode	217
12.7.1	Berechnung semaLevel	217
12.7.2	Berechnung Electricity Points	220
12.7.3	Berechnung Heating Points	224
12.8	Newsletter Wochensieger	227
12.9	Auswahlprozess Teilnehmende	228
12.9.1	Einladung Feldtest	228
12.9.2	Erinnerung Einladung Feldtest	229
12.10	Druckversion des Fragebogens Vorbereitung	230

12.11	Teilnehmervertrag	237
12.11.1	Teilnehmervertrag	237
12.11.2	Beschreibung der Software sema	244
12.12	Online- Befragungen Feedback und Motivation	245
12.12.1	Druckversion Fragebogen Feedback	245
12.12.2	Druckversion Fragebogen Motivation	255
12.13	Ergebnisse Diskussion „Wie machen wir unsere Häuser fit?“	261