

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und Formelzeichen	V
1 Einleitung	1
1.1 Vorgehensweise	1
1.2 Virtuelle Kraftwerke	3
2 Das Regionale Virtuelle Kraftwerk	6
2.1 Beschreibung	6
2.2 Anwendungsfälle	9
2.2.1 Anwendungsfall - Vermarktung als Regelleistung	11
2.2.2 Anwendungsfall - Börsenvermarktung	13
2.2.3 Anwendungsfall - Bilanzkreismanagement	15
2.2.4 Anwendungsfall - Netzampel	16
2.3 Systemkonzept	17
2.3.1 Allgemeines	17
2.3.2 RVK-Zentrale	18
3 Vorbereitung und Aufbau des Feldtests	23
3.1 Einleitung	23
3.2 Feldtestgebäude	23
3.2.1 Auswahl der Feldtestgebäude	23
3.2.2 Bauphase	25
3.2.3 Instandhaltung	26
3.3 Hydraulische Einbindung der Wärmeerzeuger	26
3.4 Messkonzept	28
3.5 RVK-Gateway	32
3.5.1 Statusüberwachung und -darstellung angebundener Messtechnik und Erzeugersysteme (RVK-Worker / RVK-Viewer)	35
3.5.2 Implementierung des Kommunikationsprotokolls (IEC60870-5-104 Interface)	39
3.5.3 Kommunikationsanbindung an einen zentralen Wetterdienst (OpenWheaterMap)	39
3.5.4 Kommunikationsverbindung an die KWK-Einheit (Vaillant-Systemregler)	39
3.5.5 Thermische Bedarfsprognose	40
3.5.6 Fahrplanprognose (ScheduleCreator)	40
3.5.7 Fahrplan- und Sollsignalumsetzung (ScheduleManager)	40
3.5.8 Verbindungsaufbau zur RVK-Zentrale	41
3.5.9 Weitere Funktionalitäten	41
3.6 Installation	41
3.6.1 Ablauf	41
3.6.2 Erfahrungen	42
4 Bilanzierungen und Berechnungsverfahren des RVK	46
4.1 Bilanzgrößen	46
4.2 Prognosen	50
4.2.1 Prognosehorizont	50
4.2.2 thermische Bedarfsprognose	51
4.2.3 Fahrplanprognose - Einsatzplanung der Anlagen	56

5	Aufbau und Umsetzung der Systemarchitektur	58
5.1	Systemarchitektur und Steuersystematik	58
5.1.1	Überblick zur Systemarchitektur und Steuersystematik	58
5.1.2	Umsetzung der Systemarchitektur und Steuersystematik auf dem RVK-Gateway	62
5.2	Entwickelte Testszenarien	64
5.3	Ausbaustufen der RVK-Zentrale und Prozessabläufe	66
5.3.1	Prozessablauf Ausbaustufe 1 - Verfolgen von Abweichungen	66
5.3.2	Prozessablauf Ausbaustufe 2 - Gesteuerter Betrieb	68
5.3.3	Prozessablauf Ausbaustufe 3 - Verbundprognose	70
6	Ergebnisse des Feldtests	72
6.1	Einleitung	72
6.2	Allgemeine Auswertungen auf Gebäudeebene	73
6.2.1	Mittleres Gebäude- und Anlagenprofil	73
6.2.2	Gebäudemonitoring	78
6.2.3	Thermische Prognose	83
6.2.4	Fahrplan und Regelpotential	89
6.2.5	Anlagenbetriebsverhalten	91
6.2.6	Verfügbarkeit der Anlagen	108
6.3	Spezifische Auswertungen zum RVK-Betrieb	118
6.3.1	Übersicht der durchgeführten Testszenarien und MRL-Abrufe	119
6.3.2	Fahrplanerfüllung und Güte im RVK-Verbundbetrieb	120
6.3.3	Energetische Auswirkungen des RVK-Betriebs	144
6.3.4	Auswirkungen des RVK-Betriebs auf das Anlagenbetriebsverhalten	151
6.3.5	MRL-Abrufe	159
6.3.6	Fazit	171
7	Assoziierende Feldtestergebnisse	172
7.1	Energiebericht	172
7.2	Auslegungstool für KWK-Anlagen in Wohngebäuden	174
7.2.1	Struktur und Ablauf des Auslegungstools	174
7.2.2	Auslegungsbeispiel/Validierung	178
7.3	Ausgewählte Ergebnisse der Befragung der Feldtestteilnehmer	180
8	Simulationen	184
8.1	Modellierung der Feldtestgebäude	184
8.1.1	Software	184
8.1.2	Gebäudemodelle	184
8.1.3	Simulationsergebnisse	190
8.2	Einfluss auf das elektrische Verteilnetz	196
8.2.1	Einleitung	196
8.2.2	Überblick der betrachteten Szenarien	196
8.2.3	Annahmen für die Simulationen	196
8.2.4	Einfluss der RVK-Betriebsweisen	198
8.2.5	Flexibilitätsabruf im elektrischen Niederspannungsnetz mit KWK-Anlagen, Heizstäben und PV-Anlagen	211
9	Wirtschaftlichkeitsanalysen	221
9.1	Einleitung	221
9.2	Betrachtungen aus Sicht des RVK-Betreibers	221
9.2.1	Umfeldfaktoren	221

9.2.2	Geschäftsmodell	222
9.2.3	Annahmen	223
9.2.4	Kostenentwicklung	224
9.2.5	Vermarktbare Leistung	224
9.2.6	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	225
9.2.7	Sensitivität	227
9.2.8	Weitere Vorteilsargumentation für RVK-Betreiber	227
9.3	Betrachtungen aus Sicht des Einzelanlagenbesitzers	229
9.3.1	Definition Musterkunde	229
9.3.2	Annahmen auf Einzelanlagenebene	230
9.3.3	Kostenentwicklung	230
9.3.4	Weitere Vorteilsargumentation auf Einzelanlagenebene	231
9.4	Fazit	232
10	Fazit	233
	Literatur	235
	Anhang	239
A	Monitoringergebnisse - Gebäudeebene	240
A.1	Feldtestgebäude 1	240
A.2	Feldtestgebäude 2	242
A.3	Feldtestgebäude 3	243
A.4	Feldtestgebäude 4	245
A.5	Feldtestgebäude 5	246
A.6	Feldtestgebäude 6	248
A.7	Feldtestgebäude 7	249
A.8	Feldtestgebäude 8	251
A.9	Feldtestgebäude 9	252
A.10	Feldtestgebäude 10	254
A.11	Feldtestgebäude 11	255
A.12	Feldtestgebäude 12	257
A.13	Feldtestgebäude 13	258
A.14	Feldtestgebäude 14	260
A.15	Feldtestgebäude 15	261
A.16	Feldtestgebäude 16	263
A.17	Feldtestgebäude 17	264
A.18	Datenverfügbarkeit der Gateways	266
B	Annahmen für die Netzsimulationen	267
B.1	Erläuterung zu den ausgewerteten Kenngrößen	267
B.2	Modellierung der Ortsnetze	268
B.2.1	Grundlagen	268
B.2.2	Beispielnetze	269
B.3	Bestimmung und Verteilung der Lastgänge für den elektrischen Allgemeinverbrauch	270
B.3.1	Zuordnung der synthetischen Lastprofile zu den Hausanschlüssen	273
B.4	Annahmen für die Integration der PV-Anlagen	274
C	Erläuterungen zu Kenngrößen für die Auswertungen des Feldtests	276
D	Vorlage des Energieberichts	279
E	Veröffentlichungen	283