

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	IV
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	3
2.1 Technikanalyse	3
2.2 Bewertungsverfahren der Anlagen	5
2.3 Bilanzierungen und Verfahren	6
2.3.1 Allgemeine thermische Grundlagen	6
2.3.2 Allgemeine elektrische Grundlagen	9
2.3.3 Allgemeine Kennwerte zur Betriebscharakteristik	11
2.3.4 Allgemeine Verfahren	12
2.3.5 Fehlererkennung	17
2.3.6 Bewertung des Datenbestands	19
3 Aufbau und Umsetzung des Systems	20
3.1 Technisches Konzept	20
3.1.1 Struktur des Messsystems	20
3.1.2 Messtechnik	22
3.2 Grundlage Datenerfassung (TEKbox)	23
3.2.1 Kommunikations-TEKboxen	24
3.2.2 Thermische-TEKboxen	26
3.2.3 Elektrische TEKboxen	28
3.2.4 Modulare Erweiterungssensorik	30
3.3 Softwarestruktur der TEKbox	31
3.3.1 Betriebssystem	31
3.3.2 TEKServices	32
3.3.3 Offline-Betrieb	33
3.4 Backend TUD	34
3.4.1 Feldtestverwaltung	34
3.4.2 Steuerung und Kontrolle der Messsysteme	37
3.4.3 Konfiguration des Messsystems	37
3.4.4 Speicherung der Messdaten	38
3.4.5 Einbindung des Gateways in die Strukturen von Yados	39
3.5 Kommunikationsnetz	39
3.5.1 Kommunikationstechnik	39
3.5.2 Anforderungen an die Kommunikationstechnik	40
3.5.3 Auswahl der Kommunikationstechnik	42
3.5.4 Netzabdeckung	45
3.5.5 Ansätze zur Performancemessung	45
3.5.6 Design der Software für die Kommunikationsinfrastruktur	48
3.5.7 Inbetriebsetzung und Test der ausgewählten Kommunikationstechnologien im Labor	49
3.5.8 Überwachung und Verwaltung des Kommunikationsnetzes	51
3.5.9 LoRaWAN	52
3.5.10 PyMesh	52
3.5.11 OpenThread	53

4	Analysewerkzeuge/Anwendungsfälle	55
4.1	Allgemeine Anlagenkennwerte	56
4.1.1	Spitzenlasterkennung	56
4.1.2	Grundlasterkennung	57
4.1.3	Tagesprofile	57
4.1.4	Jahreslastgangermittlung	58
4.1.5	elektrischer BemessungsLeistungsvergleich	65
4.2	Betriebsanalysewerkzeuge	66
4.2.1	Analyse der thermischen Verbraucher	66
4.2.2	Analyse der thermischen Erzeuger	70
4.2.3	Analyse der elektrischen Erzeuger	81
4.2.4	Analyse der elektrischen Verbraucher	82
5	Analysen im Labor	83
5.1	Versuchsstand	83
5.2	Erweiterungen zum TEK-EKG Demonstrator	85
5.3	Validierung des Messsystems	86
5.4	Messtechnische Analyse der Brennstoffzelle	88
6	Praxiserprobung	92
6.1	Vorbereitende Arbeiten des Feldtest	92
6.1.1	Auswahl der Liegenschaften	92
6.1.2	Fragebogen für Liegenschaften	92
6.2	Liegenschaften	93
6.2.1	Yados - Firmenzentrale	93
6.2.2	Ausbildungszentrum	96
6.2.3	Wohn- und Geschäftsgebäude	100
6.2.4	Autohaus I - Hoyerswerda	103
6.2.5	Autohaus II - Senftenberg	105
6.2.6	Mehrfamilienhaus	107
6.2.7	Industriehalle	109
6.3	Softwareerprobung - Yados	111
6.4	Automatisierte Auswertung und Berichtswesen	115
7	Ergebnisse der Praxiserprobung	117
7.1	Firmenzentrale Yados	117
7.1.1	Energetische Datenanalyse	117
7.1.2	Datenverfügbarkeit	118
7.2	Ausbildungszentrum	119
7.2.1	Energetische Datenanalyse	119
7.2.2	Datenverfügbarkeit	123
7.3	Wohn- und Geschäftsgebäude	124
7.3.1	Energetische Kenndaten	124
7.3.2	Datenverfügbarkeit	126
7.4	Autohaus I - Hoyerswerda	127
7.4.1	Energetische Datenanalyse	127
7.4.2	Datenverfügbarkeit	132
7.5	Autohaus II - Senftenberg	133
7.5.1	Energetische Datenanalyse	133
7.5.2	Datenverfügbarkeit	134

7.6	Mehrfamilienhaus	135
7.6.1	Energetische Datenanalyse	135
7.6.2	Datenverfügbarkeit	140
7.7	Industriehalle	141
7.7.1	Energetische Datenanalyse	141
7.7.2	Datenverfügbarkeit	143
8	Weiterführende numerische Analysen	144
8.1	Modellanalysen	144
8.1.1	Anlagenmodelle	144
8.1.2	Elektrische Lastmodelle	146
8.1.3	Elektrische Liegenschaftsmodelle	147
8.1.4	Thermische Liegenschaftsmodelle	151
8.2	Quartiersanalysen - Ganzheitliches Energieversorgungskonzept	153
8.2.1	Thermische Betrachtungen	153
8.2.2	Elektrische Betrachtungen	155
8.2.3	Betriebsanalysen	156
8.3	Kopplung von PV und Fernwärme	160
9	Zusammenfassung und Ausblick	164
9.1	Zusammenfassung	164
9.2	Ausblick	165
	Literatur	166
	A Feldtest - Fragebogen	170
	B Veröffentlichungen	176